



**UJED**

Universidad Juárez  
del Estado de Durango



**FAZ**  
Facultad de  
Agricultura y Zootecnia

# XXXVI SEMANA INTERNACIONAL de AGRONOMÍA

**2 AL 6  
SEPTIEMBRE  
2024**

CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA FRENTE  
AL CAMBIO CLIMÁTICO  
Y SU IMPACTO EN EL  
SECTOR AGROPECUARIO

**ISSN: 2594-1437**



## **EDITORES**

Dr. Urbano Nava Camberos  
Dr. Francisco Javier Ruiz Ortega  
Dr. Uriel González Salas  
MC Judith Puentes Gutiérrez

Venecia, Gómez Palacio, Dgo. México  
<http://faz.ujed.mx/>



**UJED**

Universidad Juárez  
del Estado de Durango



**FAZ**

Facultad de  
Agricultura y Zootecnia

# XXXVI SEMANA INTERNACIONAL de AGRONOMÍA

2 AL 6  
SEPTIEMBRE  
2024

**ISSN: 2594-1437**

Artículos presentados durante el evento científico de la XXXVI semana internacional de agronomía llevada a cabo en las instalaciones de la Facultad de Agricultura y Zootecnia los días 4, 5 y 6 de septiembre del 2024.

Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED)  
Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ)  
Carretera Gomez Palacio-Tlahualilo Km 32  
Venecia, Durango, México  
Teléfono: 8717118876 y 8717118875





# UJED

Universidad Juárez  
del Estado de Durango



# FAZ

Facultad de  
Agricultura y Zootecnia

# XXVI SEMANA INTERNACIONAL de AGRONOMÍA

**ISSN: 2594-1437**

**2 AL 6  
SEPTIEMBRE  
2024**

**SIA 2024** Semana Internacional de Agronomía Enero-Diciembre 2024, es una publicación arbitrada periódica electrónica anual editada y publicada por la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), con domicilio Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo Km. 32 Venecia Durango México. Web <http://faz.ujed.mx/>. Editores responsables Dr. Urbano Nava Camberos, Dr. Uriel González Salas, Dr. Francisco Javier Ruiz Ortega y MC Judith Puentes Gutiérrez. ISSN: 2594-1437. La Facultad de Agricultura y zootecnia (FAZ-UJED) no respalda la validez de los experimentos ni los resultados obtenidos. La responsabilidad de estos recae en los autores de cada artículo. Por ende, el contenido de los artículos publicados es atribuible únicamente a sus respectivos autores y no refleja la posición oficial del cuerpo editorial de la publicación. Se autoriza la reproducción parcial o total de los contenidos e imágenes de la publicación, incluyendo el almacenamiento electrónico, siempre y cuando sea con fines no lucrativos o exclusivamente para propósitos académicos. En todos los casos, se debe citar la fuente de manera invariable y sin modificar el contenido, ateniéndose a los criterios establecidos por el autor.



**UJED**

Universidad Juárez  
del Estado de Durango



**FAZ**

Facultad de  
Agricultura y Zootecnia

# XXVI SEMANA INTERNACIONAL de AGRONOMÍA

2 AL 6  
SEPTIEMBRE  
2024

**ISSN: 2594-1437**

## **COMITÉ CIENTÍFICO**

Dr. Cirilo Vázquez Vázquez

Dr. Pablo Preciado Rangel

Dr. Manuel Fortis Hernández

Dr. Francisco Javier Ruiz Ortega

Dr. Urbano Nava Camberos

Dr. Miguel Ángel Gallegos Robles

Dr. Héctor Donaciano García Sánchez

Dr. Uriel González Salas

Dra. Nery Cecilia García de la paz

Dr. Ulises Noel Gutiérrez Guzmán

Dr. Apolinar González Mancilla

Dr. Ignacio Orona Castillo

MC. Judith Puentes Gutiérrez



## **PRESENTACIÓN**

Una vez más, la Facultad de Agricultura y Zootecnia organiza, de manera ininterrumpida, la Semana Internacional de Agronomía, gracias al esfuerzo conjunto de las autoridades universitarias, académicos e investigadores de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), nuestra máxima casa de estudios. Este año celebramos la XXXVI edición de este magno evento, lo que representa una valiosa oportunidad para intercambiar experiencias, adquirir nuevos conocimientos y cumplir con nuestra misión de difundir el conocimiento científico, entendido como el proceso de transmitir y diseminar los resultados de la investigación.

Una vez más, contaremos con la participación de expertos nacionales e internacionales, cuyas contribuciones están orientadas a mejorar la eficiencia en la producción de alimentos. En un momento crítico para el equilibrio ambiental, con una creciente demanda de alimentos, el cambio climático y los desafíos de la sanidad vegetal, es imprescindible que contribuyamos desde todas las áreas posibles para encontrar soluciones alternativas que aseguren un abastecimiento sostenible de productos agroalimentarios sanos, con modelos de producción en armonía con la naturaleza.

Este evento científico tiene como objetivo ofrecer un espacio a todas las personas interesadas en investigar y presentar nuevos conocimientos o enfoques para utilizar los recursos disponibles en los distintos agroecosistemas para la producción de alimentos, con énfasis en la producción agrícola, producción animal y agricultura orgánica.

Los trabajos de investigación contenidos en estas memorias ofrecen un excelente material de consulta para estudiantes, académicos, investigadores y productores del sector agropecuario, constituyendo un referente para actualizar conocimientos y fomentar el interés por la ciencia y la socialización de sus resultados.

Reitero mi reconocimiento y agradecimiento a todos los participantes en este magno evento, convencido de que se han cumplido sus expectativas al participar en la XXXVI Semana Internacional de Agronomía, y de que nosotros hemos cumplido con la misión de promover el conocimiento científico.

A T E N T A M E N T E



DR. CIRILO VÁZQUEZ VÁZQUEZ

Director de la Facultad de Agricultura y Zootecnia

# Índice

## CONFERENCIAS MAGISTRALES

<b>PARÁMETROS SANGUÍNEOS DE CAPRINOS EN PASTOREO EN TRES ETAPAS FISIOLÓGICAS A LO LARGO DEL AÑO .....</b>	<b>1</b>
Héctor Donaciano García Sánchez, Edmundo Castellanos Pérez, Miguel Ángel Gallegos Robles, José Luis García Hernández	
<b>TECNOLOGÍA PARA LA AGRICULTURA DEL FUTURO: DRONES, IA Y CAMBIO CLIMÁTICO .....</b>	<b>7</b>
Martínez S. A. R.	
<b>BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA: UNA ALTERNATIVA CONTRA LA SEQUÍA DEL CAMPO MEXICANO.....</b>	<b>11</b>
Delgado-Sánchez Pablo	
<b>CAMBIOS Y RETOS PARA ACTUALIZAR LOS COMPONENTES DE LAS TECNOLOGÍAS PARA LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA, POR EFECTO DEL CALENTAMIENTO GLOBAL, EN ZACATECAS .....</b>	<b>17</b>
Echavarría C. F.G.	
<b>ESTRATEGIAS DE MANEJO DE NEMATODOS NODULADORES EN GUAYABO.....</b>	<b>26</b>
González-Gaona Ernesto, Karla Vanessa De Lira-Ramos, Roberto Sánchez-Lucio, Catarino Perales Segovia, Olga Lidia Rivera Dávila, Alberto Margarito García Mungía José Mario Miranda Ramírez	
<b>LONG-TERM VEGETATION TRENDS ON GRAZED AND UNGRAZED CHIHUAHUAN DESERT RANGELANDS ...</b>	<b>42</b>
Francisco Molinar	
<b>MICROORGANISMOS BENÉFICOS Y SU IMPORTANCIA COMO BIOFERTILIZANTES EN LA AGRICULTURA ....</b>	<b>45</b>
Vázquez L. P., González M. A., Vázquez N. J. M., Gutiérrez G. U. N., Orona C. I.	
<b>MEJORAMIENTO GENÉTICO DE PAPA EN MÉXICO.....</b>	<b>51</b>
Victor M. Parga Torres y Juan M. Covarrubias Ramírez.	
<b>IMPORTANCIA DEL CAMBIO DE CLIMA EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES EN LA COMARCA LAGUNERA ..</b>	<b>57</b>
Sánchez D. J. I.; Reta S. D. G.; Ochoa M. E.; Reyes G. A..	

## AGRICULTURA ORGÁNICA

<b>CAMBIOS EN LA ESTABILIDAD DE AGREGADOS DEL SUELO BAJO DIFERENTE LABRANZA.....</b>	<b>70</b>
Osuna C. E. S., Martínez G. M. Á., Nava. R. E., Sánchez C. I., Pimentel L. J. y García S. P. Fonteyne S y Saldivia T. A.	
<b>OPTIMIZACIÓN DEL CONTROL DE ARVENSES EN LIMÓN MEDIANTE POTENCIALIZADORES EN HERBICIDAS AL 50 % EN TLALCOZOTITLÁN, COPALILLO, GUERRERO .....</b>	<b>77</b>
Arispe V. J. L.º; Noriega C. D. H.; Toledo A. R.; Flores H. L. A.	
<b>POTENCIALIZADORES EN HERBICIDAS REDUCIDOS AL 50 %: UNA NUEVA PERSPECTIVA PARA EL MANEJO DE ARVENSES EN LIMÓN EN IGUALA DE LA INDEPENDENCIA, GUERRERO .....</b>	<b>84</b>
Arispe V. J. L.º; Noriega C. D. H.; Toledo A. R.; Flores H. L. A.	
<b>CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN UNA POBLACIÓN SEMI-DOMESTICADA DE ORÉGANO MEXICANO.....</b>	<b>92</b>
Priscilla Yamilhet Montes-Orona, José Luis Hernández-García, Jared Ceniceros-García, Mercedes Georgina Ramírez-Aragón	
<b>CAMBIOS EN LA ESTABILIDAD DE AGREGADOS DEL SUELO BAJO DIFERENTE LABRANZA.....</b>	<b>99</b>
Osuna C. E. S., Martínez G. M. Á., Nava. R. E., Sánchez C. I., Pimentel L. J. y García S. P. Fonteyne S y Saldivia T. A.	
<b>ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA EN UN BOSQUE DE ENCINO-PINO EN EL POBLADO DE ECHEVERRÍA DE LA SIERRA DURANGO.....</b>	<b>106</b>
Constante G.V; Nava R. E; Marcial P.MJ; Urrieta V.J. A; Muñoz V.J.A	



<b>EVALUACIÓN DE VARIEDADES TRIGO CRISTALINO EN PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE BAJOS INSUMOS .....</b>	<b>113</b>
Ortiz A. A. A.; Cortés J. J. M.; Rosas J. I. A. y Félix F. J. L.	
<b>NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC PARA INCREMENTAR COMPUESTOS BIOACTIVOS EN EL CULTIVO DE MAÍZ GRANO .....</b>	<b>118</b>
Fortis-Hernández, Manuel; Vizcarra-Gallegos, Eunice A.; Preciado-Rangel, Pablo; Ruíz-Ortega, Francisco J.; Trejo-Valencia, Radames	
<b>ANÁLISIS FACTORIAL DE LA CONCENTRACIÓN DE AUXINAS EN PLANTAS DE <i>Capsicum annuum</i> INOCULADAS CON <i>Fusarium sp.</i>.....</b>	<b>124</b>
Herrera M.D.; Ibarra V.G.A; Salas M.S.; Reveles-Torres L.R.; Salazar B.F.B.	
<b>BIOPESTICIDA DE QUERCETINA OBTENIDO DE HOJA Y TALLO DE <i>Larrea tridentada</i> EN DOS LOCALIDADES .....</b>	<b>131</b>
Díaz-Jiménez L.; Covarrubias-Ramírez J. M.	
<b>CUANTIFICACIÓN DE KAEMPFEROL OBTENIDO DE HOJAS Y TALLOS DE <i>Larrea tridentada</i> EN DOS LOCALIDADES.....</b>	<b>138</b>
Díaz-Jiménez L.; Covarrubias-Ramírez J.M.	
<b>ALTERNATIVAS EN EL MANEJO DEL MOHO GRIS (<i>BOTRYTIS CINEREA</i>) EN FRUTOS DE FRAMBUESA .....</b>	<b>152</b>
Camacho A. A. J., Márquez L. G., Solano B. A. R., Trejo E. J. L., Rodríguez B. G.	
<b>CULTIVANDO FUTURO: EVALUACIÓN DE MANEJO ORGÁNICO EN EL VIVERO FORESTAL DEL IST QUININDÉ .....</b>	<b>158</b>
Cabrera, A.M.J., Meza, C.J.A., Pastor, L.F.J., Alcalá, E.K.I.	
<b>DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA VERMICULTURA EN EL CANTÓN QUININDÉ .....</b>	<b>166</b>
Meza C.J.A.; Cabrera A. M.; Intriago M. F.; Talledo V.D.; Pastor L.F.J.	
<b>PROCESO DE SOLARIZADO PARA REDUCCION DE CARGA MICROBIANA EN ESTIERCOL BOVINO .....</b>	<b>174</b>
Gallegos R. M. A; Sánchez G. L. G; González S. U; Castellanos P. E; Sánchez L. R, Ayala N. C	
<b>EFFECTO DE DOS TIPOS DE VERMICOMPOST EN RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL CILANTRO (<i>Coriandrum sativum</i>).....</b>	<b>181</b>
Ayala N.C; Gallegos R. M. A; González M. A; González S. U	
<b>LOS CONSORCIOS DE RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL MEJORAN LA GERMINACIÓN DE LA SEMILLA Y CRECIMIENTO DE TOMATE SALADETE .....</b>	<b>189</b>
Andrade-Sifuentes, Alfonso.; Sáenz-Mata, Jorge.; Quezada-Rivera, Jesús. Josafat ; Palacio-Rodríguez, Ruben, Sánchez-Galván, Homero.	
<b>NIVELES DE ELEMENTOS MENORES EN MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.) FORRAJERO REGADO CON AGUAS RESIDUALES TRATADAS .....</b>	<b>195</b>
Muñoz V. J. A., Cerano P. J., Nava R. E., Constante G. V.	
<b>INSECTOS BENÉFICOS ASOCIADOS A LOS PULGONES DEL NOGAL PECANERO EN LA COMARCA LAGUNERA .....</b>	<b>202</b>
Jared Cenicerros-García, Urbano Nava-Camberos, José Luis García-Hernández, Priscilla Yamilhet Montes-Orona, Verónica Ávila-Rodríguez, Jorge Maltos-Buendía	
<b>USO DEL MODELO HIDROLÓGICO SWAT PARA ESTIMAR EL BALANCE HIDRÍCO EN LA ZONA DEL ALTO AGUASCALIENTES .....</b>	<b>208</b>
Santiago A. V., Montoya E. F. Corrales S. A., Alfaro G. M., Verduzco G.L.	
<b>RESPUESTA HIDROLÓGICA AL CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA REGION HIDROLÓGICA XII LERMA-SANTIAGO MEDIANTE REGCM-SWAT.....</b>	<b>213</b>
Santiago A. V., Corrales S. A., Avalos C. D.	
<b>CALIDAD BROMATOLOGICA DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ (<i>Zea mays</i>) CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA – INORGÁNICA.....</b>	<b>220</b>
González-T. Anselmo, Vásquez-M. Regino, García-C. Mario, Flores-H. Eduardo. A. Ávila C. Rafa	

<b>METODOLOGIA PARA CUANTIFICACIÓN DE NITRÓGENO ORGÁNICO LÁBIL, MEDIO RECALCITRANTE y NITRÓGENO TOTAL EN SUELOS.....</b>	<b>228</b>
Puente-V. C. O.; Nava-R. E.; González-C. G.; González-B. J. L.; García-A. R.	
<b>EVALUACIÓN DE SEMBRADORA DE TRIGO. VALLE DEL YAQUI, SONORA.....</b>	<b>234</b>
Cortés J. J. M.; Ortiz A. A. A.; Rosas J. I. A.; Félix F. J. L.	
<b>ETIOLOGÍA DEL AGENTE CAUSAL DE LA MANCHA FOLIAR DE LA ZARZAMORA.....</b>	<b>238</b>
Nava D. J.; Márquez L. G.; Solano B. A. R.; Rodríguez B. G.	
<b>EVALUACIÓN DE <i>Agave durangensis</i> FERTILIZADO CON TRATAMIENTOS QUÍMICOS Y ORGÁNICOS .....</b>	<b>244</b>
Ortiz-Sanchez Ixchel Abby, Valdez-Ortega Sonia, Nava-Berumen Cynthia Adriana, Chávez-Simental Jorge Armando, Díaz-Oliveros Joaquín Israel	
<b>SISTEMA PARA DETECCIÓN DEL POSICIONAMIENTO DEL DIENTE DE AJO.....</b>	<b>250</b>
Rojas C. S.; Narváez M. P. M.; Juárez S. A. T	
<b>ESTIMACIÓN DE GRADOS DÍA DE DESARROLLO PARA DESCORTEZADOR <i>D. MEXICANUS</i> EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES .....</b>	<b>254</b>
Corrales S. A.; González G. M. A.; Sánchez M. G.	
<b>ESTRATEGIAS DE CONTROL DE ARVENSES EN LIMÓN: EFECTO DE REDUCIR LA DOSIS DE HERBICIDAS AL 60 % CON POTENCIALIZADORES EN TLALCOZOTITLÁN, COPALILLO, GUERRERO .....</b>	<b>261</b>
Arispe V. J. L.; Noriega C. D. H.; Toledo A. R.; Flores H. L. A	
<b>INNOVACIÓN EN EL CONTROL DE ARVENSES: POTENCIALIZADORES Y HERBICIDAS AL 60% EN CULTIVOS DE LIMÓN EN IGUALA DE LA INDEPENDENCIA, GUERRERO .....</b>	<b>267</b>
Arispe V. J. L.; Noriega C. D. H.; Toledo A. R.; Flores H. L. A.	
<b>MAXIMIZANDO EL CONTROL DE ARVENSES EN LIMÓN: IMPACTO DE POTENCIALIZADORES EN HERBICIDAS REDUCIDOS AL 50% EN IGUALA DE LA INDEPENDENCIA, GUERRERO .....</b>	<b>274</b>
Arispe V. J. L.; Noriega C. D. H.; Toledo A. R.; Flores H. L. A.	
<b>EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN EL DESARROLLO VEGETATIVO Y RADICULAR EN PLANTAS DE PEPINO (<i>Cucumis sativus</i>) .....</b>	<b>282</b>
Cristina Y., García-Vargas; Homero, Sánchez-Galván; Lucila Armijo-Gómez; Karlo J., Armendariz-Alanis y Urbano, Nava-Camberos	
<b>EFFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS EN EL DESARROLLO Y REPRODUCCIÓN DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (<i>Eisenia foetida</i>).....</b>	<b>290</b>
Homero Sánchez-Galván, Sebastián Candela-Hernández, Urbano Nava-Camberos, David Ovalle-Ríos y Jorge Maltos-Buendía	
<b>EFFECTO DE LOS ABONOS ORGÁNICOS EN LA PRODUCCIÓN DE AJO (<i>ALLIUM SATIVUM</i>) Y EN LA CALIDAD DEL SUELO BAJO RIEGO POR GOTEJO EN LA COMARCA LAGUNERA .....</b>	<b>298</b>
Lucio M. A. O.; Vázquez V. C.; Orona C. I.; Gallegos R. M. Á.; Cervantes, V. T. J. Á.	
<b>ADAPTACIÓN DE TRES ESPECIES DE MAGUEY EN PLANTACIONES COMERCIALES ESTABLECIDAS EN DURANGO MÉXICO .....</b>	<b>303</b>
Julio César Ríos Saucedo, Rigoberto Rosales-Serna, Donaji Sierra Zurita y Saúl Santana-Espinoza	

## PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

<b>EFFECTIVIDAD DE INSECTICIDAS CONVENCIONALES EN EL CONTROL DE ADULTOS DE <i>Aedes aegypti</i> (L.) (DIPTERA: CULICIDAE) EN TRES LOCALIDADES DEL ESTADO DE DURANGO.....</b>	<b>311</b>
Carla Briseida González-García, Verónica Ávila-Rodríguez, Urbano Nava-Camberos, Homero Sánchez-Galván, Alexander M. Czaja	
<b>EFFECTIVIDAD DE INSECTICIDAS MICROBIALES Y REGULADORES DEL CRECIMIENTO EN EL CONTROL DE LARVAS DE <i>Aedes aegypti</i> (L.) (DIPTERA: CULICIDAE) EN TRES LOCALIDADES DEL ESTADO DE DURANGO</b>	<b>320</b>
Jacqueline Rodríguez-Zúñiga, Verónica Ávila-Rodríguez, Urbano Nava-Camberos, Rafael Pérez-Muñoz, Alexander M. Czaja	



<b>POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE GRANO EN LINEAS S<sub>1</sub> DE MAÍZ.....</b>	<b>329</b>
Antuna G. O.; Espinoza B. A.; Andrio E. E.; Quiroz M. J. y Coyac R. J. L.	
<b>RESPUESTA DE GENOTIPOS DE CHILE JALAPEÑO PARA LA PLANICIE HUASTECA, CICLO O-I 2023-2024 ....</b>	<b>333</b>
Méndez-Aguilar Reinaldo, Ramírez-Meraz Moisés, Bautista-Pérez Cristobal Ervi, Salas-Gómez Alma Leticia, Julian-Santiago German	
<b>SALINIDAD, DRENAJE Y ADAPTACIÓN AL CALENTAMIENTO GLOBAL EN DISTRITOS DE RIEGO .....</b>	<b>337</b>
Leonardo Pulido Madrigal	
<b>AGUA SUBTERRÁNEA PARA RIEGO, SALINIDAD, DRENAJE Y CALENTAMIENTO GLOBAL .....</b>	<b>345</b>
Pulido, M.L.; Pulido, R. J.	
<b>ALGUNOS ASPECTOS DE LA COMERCIALIZACIÓN DEL MAÍZ BLANCO EN VILLA BENITO JUÁREZ, SALVADOR ALVARADO, SINALOA.....</b>	<b>353</b>
Avenidaño-López C. R., Espinoza-Arellano J. de J. , Molina- Morejón, V. M., Guerrero-Ramos, L. A., y Díaz-Gurrola, E. R.	
<b>IMPACTO ECONÓMICO DE LA VARIEDAD DE TAMARINDO COLIMA 204 EN LOS INGRESOS DE LOS PRODUCTORES.....</b>	<b>360</b>
Borja M. B.; Arellano S. A.; Orozco M. S.; Vélez A. I. y Almeraya S. X. Q.	
<b>CARACTERÍSTICAS Y MOTIVACIONES DE LOS PRODUCTORES QUE ADOPTAN TECNOLOGÍA PARA EL CONTROL DE ANTRACNOSIS DE LIMÓN MEXICANO EN COLIMA, MÉXICO.....</b>	<b>368</b>
Borja M. B.; Arellano S. A.; Orozco M. S.; Sánchez B. I. T. y Alcalá J. S. G. J. R.	
<b>REVISIÓN DE LAS PRINCIPALES BASES DE DATOS DE SUELOS EN MEXICO Y A NIVEL INTERNACIONAL .....</b>	<b>375</b>
López H. N. A., Rodríguez M. V. M., Martínez, S. A. R.	
<b>DOSIS ECONÓMICA DE FERTILIZACIÓN EN HIGUERILLA (Ricinus communis L.) MEDIANTE PRESUPUESTOS PARCIALES .....</b>	<b>380</b>
Osias Ruiz Alvarez, Eileen Salinas Cruz y Jesús Martínez Sánchez	
<b>EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE POLVO DE GUAYABA SECADO EN SECADORES RÚSTICOS MEDIANTE ENERGÍA SOLAR .....</b>	<b>385</b>
Figueroa G. J. J.; Ibarra O.	
<b>EVALUACIÓN NUTRIMENTAL EN ADEREZO DE AJO ESTILO “DIP” BAJO EN GRASA .....</b>	<b>390</b>
Figueroa G. J. J.; Isidro R. L. M.	
<b>INFLUENCIA DEL GRADO DE MADUREZ DE SEMILLAS DE MAÍZ SOBRE LA CALIDAD DE PLÁNTULA Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA .....</b>	<b>395</b>
Escobar-Álvarez José Luis; Estrada-Urbina Juan	
<b>CONSORCIOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NATIVOS DEL CENTRO-NORTE Y EL NORESTE DE MÉXICO EN EL CULTIVO DE MAÍZ MEDIANTE EL MÉTODO DE CULTIVO TRAMPA.....</b>	<b>402</b>
Mena A. E.; Ramos C. M. C. ; Hipólito R. P. P.; Méndez H. C	
<b>MARRS Y HAMLIN DOS VARIEDADES DE NARANJA TEMPRANA PARA EL VALLE DEL YAQUI, SONORA .....</b>	<b>409</b>
Márquez C.J.A.; Ortiz E.J.E.	
<b>DERECHO LABORAL Y AGRICULTURA: DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES EN EL SIGLO XXI.....</b>	<b>414</b>
Vázquez-Fernández Claudia María Teresa*; Cepeda-Rubio abril; Hernández González José Ángel; Cortez-Ceniceros José Ángel; Villarreal-Cárdenas Martín Evaristo	
<b>RESPUESTA DE 55 GENOTIPOS DE TRIGO AL ESTRÉS POR SALINIDAD EN EL VALLE DEL YAQUI SONORA ..</b>	<b>419</b>
Salazar-Huerta, Francisco Javier; Casas-Ramírez, Miguel; Castillo-Ortiz, Mario Chavez-Bauman Oscar y Bacasegua-Nocamea Mario	
<b>COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE 10 VARIEDADES DE CEBADA (<i>Hordeum vulgare</i>) EN TRES FECHAS DE SIEMBRA EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA .....</b>	<b>427</b>
Salazar-Huerta, Francisco Javier; Ávila-Perches, Miguel Angel; Muñoz-Valenzuela, Sergio; Casas-Ramírez, Miguel y Bacasegua-Nocamea, Mario	
<b>COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD POSTCOSECHA DE FRUTOS DE NARANJA VALENCIA .....</b>	<b>434</b>
Tochihuitl M.G. A.; Tochihuitl M.A.; Ramos C.C.M.; Bermúdez G.M de J.; Vargas H.J.	

<b>PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y FERTILIZACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD DE MAÍZ.....</b>	<b>440</b>
<sup>1</sup> Báez-Pérez, A.; Grageda-Cabrera, O.A.	
<b>EFFECTO DE LA FECHA DE SIEMBRA SOBRE EL RENDIMIENTO DEL GRANO DE MAÍZ EN EL SUR DE SONORA .....</b>	<b>445</b>
Barrales G. B; Cubedo R. E. A.; Arvizu M. C. N.; Marroquín M. J. A.	
<b>DIVERSIDAD PARA COLOR DE LA TESTA ENTRE POBLACIONES DE AJONJOLÍ, COLECTADAS EN EL CENTRO Y NOROESTE DE MÉXICO .....</b>	<b>452</b>
Llaven V. G; Castillo G. F; García L. E, Cruz I. S; Hernández H. A	
<b>RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN CULTIVOS DE INVIERNO BAJO RIEGO DEFICITARIO .....</b>	<b>460</b>
Ortiz D. S. A; Preciado R. P; Rocha S. J. J; Reyes G. A	
<b>MODELACIÓN ANUAL DEL NÚMERO POTENCIAL DE GENERACIONES DE <i>DENDROCTONUS MEXICANUS</i> EN MÉXICO.....</b>	<b>465</b>
González G. M. A.; Corrales S. A.; Sánchez M. G.	
<b>FINORTE F2024: VARIEDAD DE TRIGO HARINERO PARA EL NOROESTE DE MÉXICO.....</b>	<b>471</b>
Chávez V. G.; Borbón G. A.; Elizabeth G. L.; Marroquín M. J. A. y Alvarado P. J. I	
<b>CALIDAD INDUSTRIAL DE PITAHAYA M2024: NUEVA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO PARA EL NOROESTE DE MÉXICO .....</b>	<b>476</b>
Chávez V., G.; Borbón G. A., Marroquin M. J. A., Alvarado P., J. I y Fuentes D. G.	
<b>CALIDAD INDUSTRIAL DE TRIGO DURO MEXICANO PRODUCIDO BAJO DIFERENTES MODALIDADES DE RIEGO .....</b>	<b>482</b>
Chávez V., G.; Borbón G. A., Marroquín M. J. A., Alvarado P., J. I y Díaz C. H. L	
<b>FINANZAS EN EL SECTOR AGRÍCOLA: PERSPECTIVAS PARA PEQUEÑOS Y MEDIANOS PRODUCTORES.....</b>	<b>487</b>
Cuellar-Vázquez Enrique; Hernández-Gaytán Mireya; Guerrero Ávila Yasmín; García-Guerrero Nancy; Solís-Velásquez Luz Elena	
<b>EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS DE LA CALABACITA (<i>Cucurbita pepo</i> L.) DEL TIPO ZUCCHINI EN UN DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR CON TRATAMIENTOS DE SOLARIZACIÓN Y ALCOHOL COMERCIAL.....</b>	<b>492</b>
Avila-Cisneros; R., González-Ávalos; R. Rocha-Quiñones; J.L., González-Torres; A, Avila-Berúmen; S.M.	
<b>RENDIMIENTO DE FRIJOL BAJO DOS DENSIDADES DE SIEMBRA EN AGUASCALIENTES .....</b>	<b>499</b>
Arellano S. A., Borja M. B., Sánchez B. I. T., Alcalá J. S. G. J. R. y Rojas C. S.	
<b>EVALUACIÓN DE INSECTICIDA Y BIOINSECTICIDA PARA EL CONTROL DE PULGÓN AMARILLO EN SORGO</b>	<b>505</b>
Rodríguez-Morales, Salomón Isaías; Flores-Naveda, Antonio; Álvarez-Vázquez, Perpetuo; Camposeco-Montejo, Neymar; García-López, Josué Israel	
<b>RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE DIEZ GENOTIPOS DE GARBANZO BLANCO (<i>Cicer arietinum</i> L.) Y REACCIÓN A CONFRONTACIÓN NATURAL A <i>Fusarium</i> spp EN CAMPO.....</b>	<b>510</b>
Fierros L.G.A., Valenzuela H. V., Ortega M. P. F., Padilla V.I., y Acosta G.J.A.	
<b>ENSAYO PRELIMINAR DE RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE 13 LÍNEAS ÉLITE Y TRES VARIEDADES DE GARBANZO BLANCO. C.E. COSTA DE HERMOSILLO. CICLO 2021-22 .....</b>	<b>516</b>
Fierros L.G.A., Valenzuela H. V., Ortega M. P. F., Padilla V.I., y Acosta G.J.A.	
<b>LA APLICACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE ZNO COMPROMETEN EL DESARROLLO FOLIAR Y LA ABSORCIÓN DE NITRÓGENO EN PLANTAS DE ACELGA .....</b>	<b>522</b>
García-López Josué I, Flores-Naveda Antonio, Álvarez-Vázquez Perpetuo, Camposeco-Montejo Neymar, Ruelas-Chacón Xóchitl	
<b>CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES EN GERMINADOS DE CEBADA (<i>HORDEUM VULGARE</i>) SOMETIDOS CON NANOMATERIALES DE ZNO.....</b>	<b>528</b>
Ramírez-López Rocío M, García-López Josué I, Ruiz-Torres Norma, Vázquez-Badillo Mario E, Ramírez-Barrón Sonia N, Niño-Medina Guillermo	
<b>IMPACTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE CU(OH)<sub>2</sub> Y NANOPARTÍCULAS DE CUO EN PARÁMETROS AGRONÓMICOS Y PEROXIDACIÓN DE LÍPIDOS EN <i>SPINACEA OLERACEA</i>.....</b>	<b>534</b>
García-López Josué I, Álvarez-Vázquez Perpetuo, Hernández-Juárez Agustín, Ruiz Torres Norma, Ramírez-Barrón Sonia	



<b>PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN LÍNEAS DE TRIGO ÉLITE CON ALTO ÍNDICE DE FLORES FÉRTILES EN TORREÓN, COAHUILA .....</b>	<b>540</b>
Quiroz J. M.; Antuna O. G.; Espinoza A. B.; Ortiz L. A. B.	
<b>CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES EN DIFERENTES GENOTIPOS DE CHILE (<i>Capsicum annuum</i>) .....</b>	<b>548</b>
Herrera M.D.; Santiago L.U.; Ramírez M.M.; Bautista P.C.E.; Ibarra V.G.A	
<b>COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES DE FRIJOL AL TIZÓN COMÚN Y TIZÓN DEL HALO EN EL SUR DE SONORA.....</b>	<b>557</b>
Ramírez A. J. A. y Padilla V. I.	
<b>COMPLEJO DE ENFERMEDADES FOLIARES DEL MAÍZ EN EL SUR DE SONORA .....</b>	<b>564</b>
Ramírez Arredondo José Alfonso y Marroquín Morales José Ángel.	
<b>COMPORTAMIENTO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ AL COMPLEJO DE ENFERMEDADES FOLIARES EN TRES NIVELES DE RIEGO EN EL SUR DE SONORA.....</b>	<b>572</b>
Ramírez Arredondo José Alfonso y Marroquín Morales José Ángel.	
<b>EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE HIDROXIAPATITA DE CALCIO EN AVENA FORRAJERA .....</b>	<b>578</b>
Nahle-M., A.; Rocha-Q. J. L.; Buendía-G. A.; Castañeda-E. L. Y.; Ramírez-G. R. I.	
<b>CARACTERIZACIÓN Y DIVERSIDAD GENÉTICA DE CULTIVARES DE MANDARINA, TORONJA Y LIMÓN .....</b>	<b>583</b>
Almeyda L. I. H. , Álvarez O. M. G., Pecina Q. V., Rodríguez G. R., Nuñez C. C. A.	
<b>SELECCIÓN DE GERMOPLASMA DE PAPA (<i>Solanum tuberosum</i> L.) CON CARACTERÍSTICAS DE TOLERANCIA AL SÍNDROME PUNTA MORADA DE LA PAPA .....</b>	<b>590</b>
Isidro Humberto Almeyda León, Margarita Díaz Valasis, María Genoveva Álvarez Ojeda	
<b>PREDICCIÓN DE EPÍTOPOS EN LA PROTEÍNA DE MEMBRANA EXTERNA DR-7 DE <i>Candidatus Liberibacter asiaticus</i>.....</b>	<b>596</b>
Isidro Humberto Almeyda León, Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera, María Genoveva Álvarez Ojeda	
<b>FERTILIZACIÓN FOLIAR CON NANOPARTÍCULAS DE POTASIO EN EL CULTIVO DE DE MELÓN.....</b>	<b>602</b>
Zoraida M. Galván-Cardona, Alain Buendía-García, Bernardo Espinosa-Palomeque, María de los Ángeles Sariñana-Navarrete, Pablo Preciado-Rangel	
<b>CONTENIDO NUTRIMENTAL DE GRANOS DE MAÍZ BLANCO EN TRES MUNICIPIOS DE TAMAULIPAS .....</b>	<b>607</b>
Ortiz C. F.E.; Rodríguez F. R.; Vicente H. E.; Reséndiz R. Z.; Hernández M. R.	
<b>FORMAS DE PRODUCCIÓN DE PLANTA DE AGAVE CENIZO EN VIVERO PARA ESTABLECER PLANTACIONES COMERCIALES EN DURANGO .....</b>	<b>613</b>
García R. J. L; Sigala R. J. Á., Sarmiento L. H. y Erickson Basave V. E.	
<b>EVALUACIÓN DEL EXTRACTO DE <i>SARGASSUM SPP</i> EN LA GERMINACION DE SEMILLAS DE TOMATE .....</b>	<b>620</b>
Hermosillo A. M. C.; Guillén E. R. R.; Peña R. B. P.; González A. R.; Preciado R. P.	
<b>EVALUACION DE GENOTIPOS DE CHILE SERRANO PARA LA PLANICIE HUASTECA POTOSINA CICLO O-I 2023-2024.....</b>	<b>627</b>
Bautista-P. C. E.; Ramírez-M. M.; Méndez-A. R.	
<b>EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE MAÍZ Y SU COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO EN LA PLANICIE HUASTECA .....</b>	<b>632</b>
Bautista-P. C. E. ; Hernández-M. R.; Ledesma-M., A.; Hernández-M. J. A.	
<b>COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL CHILE POBLANO DESHIDRATADO .....</b>	<b>638</b>
Sánchez T. B.; Figueroa G. J.; Zegbe D. J.	
<b>PRINCIPALES ATRIBUTOS VALORADOS EN EL CONSUMO DE QUESO ENRIQUECIDO CON HARINA DE FRIJOL .....</b>	<b>644</b>
Sánchez T. B.; García V. R.; Cruz B. R. López S. M.	

<b>PRINCIPALES COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN MAÍZ FORRAJE</b> .....	<b>649</b>
Urrieta V. J. A., Marcial P. M. de J., Jiménez J. S. I.	
<b>BENEFICIOS DEL CONTROL DE MALEZAS EN NOGAL PECANERO</b> .....	<b>655</b>
Urrieta V. J. A.; Puente V. C. O.; Carnero A. L.	
<b>IDENTIFICACIÓN DE COSTRAS BIOLÓGICAS DEL SUELO EN TERRENOS AGRÍCOLAS DEGRADADOS</b> .....	<b>661</b>
Echavarría-Chairez F.G., Casas-Flores J.L., Serna-Perez A, Longoria-Ramirez P.S.	
<b>PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE PASTO CON LÁMINAS DE RIEGO PEQUEÑAS DE LA VARIEDAD “BANDERITA DIANA”</b> .....	<b>668</b>
Echavarría-Chairez F.G., Sánchez-Gutiérrez R.A., Álvarez-Holguín A.	
<b>HERBICIDA ALTERNATIVO A GLIFOSATO EN PRE SIEMBRA PARA EL CONTROL DE <i>Solanum elaeagnifolium</i> CAV.</b> .....	<b>675</b>
Cisneros, L. Ma. E., Espinosa, R. M., Valdez, H. M. A., Hernández, M. R.	
<b>BIOENSAYO PARA EVALUAR LA RESISTENCIA DEL POLOCOTE (<i>HELIANTHUS ANNUUS</i> L.) AL PROSULFURON</b> .....	<b>681</b>
Cisneros, L. MA. E., Valdez, H. M. A., Ortiz, CH. F. E., Espinosa R. M.	
<b>CONTROL QUÍMICO DE <i>BOERHAVIA ERECTA</i> L. EN PRE SIEMBRA: NORTE DE TAMAULIPAS</b> .....	<b>689</b>
Cisneros, L. MA. E., Espinosa, R. M., Valdez, H. M. A., Hernández, M. R.	
<b>RELACIÓN DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA CON EL RENDIMIENTO DE FRIJOL DE PRIMAVERA BAJO RIEGO POR GOTE, EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA</b> .....	<b>696</b>
Félix V. P.; Fuentes D. G.; Torres C. M. M.; Ortiz E.J.E.; y Padilla V.I.	
<b>RIESGO TÉRMICO PARA EL MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.) DE INVIERNO-PRIMAVERA EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA</b> .....	<b>703</b>
Félix V. P.; Torres C. M. M.; y Fuentes D. G.	
<b>CONTROL DE <i>Solanum elaeagnifolium</i> CAV. y <i>Parthenium hysterophorus</i> L CON HERBICIDAS ALTERNATIVOS AL GLIFOSATO</b> .....	<b>710</b>
Espinosa R. M; Valdez H. M. A y Hernández M. R	
<b>ANÁLISIS COMPARATIVO DE AGRICULTORES ASOCIADOS Y NO ASOCIADOS: ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS, PRODUCTIVOS Y EMPRESARIALES</b> .....	<b>716</b>
Baltazar B. E.; Borja B. M.	
<b>IDENTIFICACIÓN DE LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ: UN ESTUDIO EMPÍRICO EN JALISCO</b> .....	<b>722</b>
Baltazar B. E.; Borja B. M.	
<b>CRECIMIENTO DE <i>P. engelmannii</i> y <i>Pinus cooperi</i> EN VIVERO AL APLICAR TRES DOSIS DE POTASIO</b> .....	<b>728</b>
Sarmiento-López H; Ramírez-Fuentes, MA; Ramírez-Valadez MG; Basave-Villalobos E y Sigala-Rodríguez JA	
<b>APTITUD AGROCLIMÁTICA PARA PRODUCIR <i>Amaranthus sp</i> BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN MÉXICO</b> .....	<b>736</b>
Ramírez J. G.; Lozano C. M.; Ramírez S. J.; De la O. O. M.	
<b>RESPUESTA DE TRES LEGUMINOSAS A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA E INOCULACIÓN CON BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO EN DELICIAS, CHIHUAHUA</b> .....	<b>741</b>
David Guadalupe Reta-Sánchez, Esmeralda Ochoa-Martínez, Yasmin Ileana Chew-Madinaveitia, Juan Isidro Sánchez-Duarte, Arturo Reyes-González	
<b>RENDIMIENTO Y EXTRACCIÓN DE NITRÓGENO DE TRES LEGUMINOSAS CON FERTILIZACIÓN NITROGENADA E INOCULADAS CON BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO EN DELICIAS, CHIHUAHUA</b> .....	<b>749</b>
David Guadalupe Reta-Sánchez, Esmeralda Ochoa-Martínez, Yasmin Ileana Chew-Madinaveitia, Juan Isidro Sánchez-Duarte, Arturo Reyes-González	

<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE GRANOS DE MAÍZ PIGMENTADO PROVENIENTES DE 10 RAZAS .....</b>	<b>757</b>
Hidalgo R. D. M.; Mancera R. A.; López B. A.; Lozano R. J. A. García O. H. T.	
<b>MARCAJE DE FOLIOLOS DE TOMATE Y NINFAS DE <i>Bactericera cockerelli</i> (Šulc) CON COLORANTES ALIMENTICIOS.....</b>	<b>762</b>
Sánchez Peña Sergio Rene, Delgado Luna Carolina, Azuara Domínguez Ausencio	
<b>MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO EN UN AGOSTADERO DEGRADADO POR SOBREPASTOREO.....</b>	<b>767</b>
Basave-Villalobos E.; Nava-Reyna E. ; Urrieta-Velázquez J. A.; Constante-García V. y Marcial-Pablo M. J.	
<b>MEJORA DE LA EFICIENCIA DEL GLUFOSINATO DE AMONIO AL 50% CON UREA: ESTRATEGIAS PARA REDUCCIÓN DE DOSIS .....</b>	<b>772</b>
Arispe V. J. L.; Ramírez S. S. E.	
<b>NIVELES DE FERTILIZACIÓN Y SU EFECTO SOBRE EL CRECIMIENTO Y ACUMULACIÓN DE MINERALES EN LA NUEZ PRODUCIDA EN DURANGO.....</b>	<b>780</b>
Sierra Z. D.; Puente V. C. O.; Ponce G. O. C.; Franco G. I. y Rosales S. R.	
<b>ADAPTABILIDAD DEL NOGAL EN EL NORTE-CENTRO DE MÉXICO ESTABLECIDA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SUPERPOSICIÓN ADITIVA Y PONDERADA DE CAPAS .....</b>	<b>787</b>
Sierra Z. D.; Rosales S. R.; Santana E. S. y Becerra L. J. L.	
<b>VIABILIDAD DE SEMILLAS DE CHILE DULCE (<i>Capsicum annuum</i> L.) EN RESPUESTA AL ALMACENAMIENTO .....</b>	<b>794</b>
Basto P. C.; Zavala L. M.; Santamaria B. F.	
<b>EFFECTO DE CALENDARIOS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO DE GENOTIPOS DE TRIGO DURO EN EL NOROESTE DE MÉXICO .....</b>	<b>798</b>
Marroquín M. J. A.; Borbón G. A.; Chávez V.G.; Fuentes D.G.; y Cantúa A. J. A.	
<b>EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE TRIGO HARINERO CON DIFERENTES REGÍMENES DE HUMEDAD EN EL SUR DE SONORA .....</b>	<b>805</b>
Borbón-Gracia Alberto, Marroquín-Morales José Ángel, Chávez-Villalba Gabriela, Fuentes-Dávila Guillermo y Alvarado-Padilla Jorge Iván	
<b>EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE TRIGO HARINERO EN FECHAS DE SIEMBRA EN EL SUR DE SONORA .....</b>	<b>810</b>
Borbón-Gracia, Alberto, José Ángel Marroquín-Morales, Chávez-Villalba Gabriela, Fuentes-Dávila Guillermo y Alvarado-Padilla Jorge Iván	
<b>COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO de GENOTIPOS DE Frijol EN EL VALLE DE SANTO DOMINGO, BAJA CALIFORNIA SUR.....</b>	<b>815</b>
Navejas-Jiménez, Jesús, Padilla-Valenzuela, Isidoro, Cota-Barreras, Carlos Ivan, Loya- Ramírez, José Guadalupe, Mercado-Mancera, Gustavo	
<b>ENSAYO PARA LA SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE CÁrtamo EN AMBIENTE ÁRIDO.....</b>	<b>820</b>
Navejas-Jiménez, Jesús, Montoya-Coronado, Lope, Ochoa-Espinoza, Xochitl Militza, Loya-Ramírez, José Guadalupe, Mercado-Mancera, Gustavo	
<b>PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y FERTILIZACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD DE MAÍZ.....</b>	<b>825</b>
Báez-Pérez, A.; Grageda-Cabrera, O.A.	
<b>CUANTIFICACIÓN DE LAS FRACCIONES DE NITRÓGENO Y CARBONO EN SUELO CON DIFERENTE NIVEL DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN .....</b>	<b>830</b>
Puente-V. C. O.; Nava-R. E.; Martínez-G. A.; González-C. G.; González-B. J. L	
<b>MÉTODO Y DENSIDAD DE SIEMBRA EN TRIGO, VALLE DEL YAQUI, SONORA.....</b>	<b>837</b>
Cortés-Jiménez Juan Manuel; Ortiz-Ávalos Alma Angélica; Félix-Fuentes José Luis; Rosas Jáuregui Ivón Alejandra	
<b>INHIBIDORES DE LA UREASA EN TRIGO, VALLE DEL YAQUI, SONORA .....</b>	<b>842</b>
Cortés-Jiménez Juan Manuel; Ortiz-Ávalos Alma Angélica; Félix-Fuentes José Luis; Rosas Jáuregui Ivón Alejandra	
<b>EVALUACIÓN DE DOS METODOLOGÍAS PARA LA FORMACIÓN DE GRUPOS HETERÓTICOS EN MAÍZ .....</b>	<b>847</b>
Cubedo Ruiz Edgar Aadalberto; Peinado Fuentes Luis Alberto; Barrales Gámez Benjamín; Ortiz Enríquez José Eliseo	

<b>RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FORRAJE EN MAÍZ DE TEMPORAL CON DIFERENTES DOSIS FERTILIZACIÓN DE NITRÓGENO .....</b>	<b>854</b>
Ramírez-Uribe, Emanuel, Gayosso-Barragán, Odilon, Marroquín-Morales, José Ángel, Tirado-González, Deli Nazmín, Hidalgo-Ramos, Dreyli Maygualida	
<b>CONSERVACIÓN Y USO DE LA DIVERSIDAD DE MAÍCES NATIVOS PIGMENTADOS .....</b>	<b>859</b>
Campos-Alvarado, José Roberto, Gayosso-Barragán, Odilón, José Ángel Marroquín-Morales, Hidalgo-Ramos, Dreyli Maygualida	
<b>CALIDAD DE CULTIVARES DE MANDARINA DE LA REGIÓN CITRÍCOLA DE NUEVO LEÓN .....</b>	<b>864</b>
Emilia Raquel Pérez-Evangelista, Carlos Miguel Ramos-Cruz, Guillermina Areli Tochihiuitl-Martión, Juan Vargas-Hernández; Manuel de Jesús Bermúdez Guzmán	
<b>SERVICIO WEB PARA COMPARTIR DATOS DE INDICADORES DEL SUELO: ESTUDIO DE CASO .....</b>	<b>870</b>
Medina G. G., Rodríguez M. V. M., Echavarría Ch. F. G., Casas F. J. I.	
<b>DESARROLLO DE SOFTWARE PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y DIVULGACIÓN DE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA. ....</b>	<b>878</b>
González J. L., Chávez S. N., Corrales S. A., González G. M.	
<b>EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN GENERADA POR LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMATIZADAS UBICADAS EN CHIHUAHUA. ....</b>	<b>883</b>
González J. L., Chávez S. N., Corrales S. A., González G. M.	
<b>IDENTIFICACIÓN DEL SITIO DE ESTACIONES EN LAS ÁREAS DE MAYOR REPRESENTATIVIDAD DE ZONAS FORESTALES Y DE PASTIZAL .....</b>	<b>889</b>
González J. L., Chávez S. N., Corrales S. A., González G. M.	
<b>PRODUCCIÓN DE AJO PLATERO CON RIEGO POR CINTILLA EN LA COMARCA LAGUNERA.....</b>	<b>895</b>
Cervantes V. M. G.; Cervantes V. T. J. Á.; Vázquez V. C.; Luna O. J. G.; Navarro M. M.	
<b>INFECCIÓN NATURAL DE LÍNEAS AVANZADAS ELITE DE TRIGO HARINERO CON PUNTA NEGRA.....</b>	<b>901</b>
Fuentes D. G.; Borbón G. A.; Díaz C. H. L.; Torres C. M. M.; y Félix V. P.	
<b>REACCIÓN DE VARIEDADES Y LÍNEAS EXPERIMENTALES DE TRIGO CRISTALINO A LA INOCULACIÓN CON CARBÓN PARCIAL EN EL CICLO 2022-2023.....</b>	<b>907</b>
Fuentes D.G.; Borbón G.A.; Díaz C.H.L.; Torres C.M.M.; Rosas J.I.A.	
<b>EFFECTIVIDAD DE HERBICIDAS EN EL MUNICIPIO DE ABASOLO, TAMAULIPAS.....</b>	<b>913</b>
Valdez H. M. A., Espinosa R. M., Hernández M. R., Cisneros L. Ma. E	
<b>BIOENSAYO DE LA PRESENCIA DE RESISTENCIA DE HERBICIDAS SOBRE LA MALEZA POLOCOTE (<i>HELIANTHUS ANNUUS</i> L.).....</b>	<b>918</b>
Valdez H. M. A., Cisneros L. Ma. E., Ortiz C. F. E., Espinosa R. M	
<b>RESPUESTA COMÚN DEL CRECIMIENTO DE <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco EN LA SIERRA MADRE ORIENTAL.....</b>	<b>923</b>
Cerano-Paredes, Julián; Avendaño-González, Areli; Cornejo-Oviedo, Eladio Heriberto; Cervantes-Martínez, Rosalinda	
<b>ESTUDIO DE MERCADO SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DEL CULTIVO DE STEVIA REBAUDIANA EN LA REGIÓN DE GUASAVE, SINALOA. ....</b>	<b>930</b>
Moreno L. A.; Graciano O. A.; Rodríguez A. J. R y Maldonado P. R.	
<b>MANEJO DE HERBICIDAS PRE EMERGENTES PARA EL CONTROL DE MALEZAS EN ALGODÓN CONVENCIONAL.....</b>	<b>938</b>
Franco G.I., Hernández L.E., Bonilla B.O., Anaya S.A., Santana E.S	
<b>MANEJO DE PLAGAS EN ALGODÓN CONVENCIONAL (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) MEDIANTE LA CONSERVACIÓN DE SUS ENEMIGOS NATURALES .....</b>	<b>945</b>
Franco G.I., Maltos B.J., Hernández L.E., Bonilla B.O., Anaya S.A., Nava C.U. Rivera Z.A.D.	

<b>MANEJO DE LAMINAS DE RIEGO OPTIMAS MEDIANTE TELEDETECCIÓN EN HÍBRIDOS DE MAÍZ FORRAJERO</b> .....	<b>952</b>
Franco G.L., López H..N.A., Trucios C.R., Puente V.CO., Inzunza I.M.A	
<b>REGISTRO DE LA TEMPERATURA MEDIANTE UN SENSOR DIGITAL DENTRO DEL CULTIVO DE TRIGO Y DE UNA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA</b> .....	<b>959</b>
Torres C. M. M.; Fuentes D. G.; y Félix V. P.	
<b>ANÁLISIS DE LAS HORAS FRÍO Y EL RENDIMIENTO DE GRANO DE TRIGO EN EL SUR DE SONORA, MÉXICO</b> .....	<b>966</b>
Torres C. M. M.; Fuentes D. G.; y Félix V. P.	
<b>EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO DE UNA VARIEDAD DE SORGO DE POLINIZACIÓN LIBRE</b> .....	<b>974</b>
Aranda, L. U, Elizondo B. J, Williams, A. H, Hernández. M. R, Ruiz, R. S., Hernández, V. M. A	
<b>RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE CEBADA CON RIEGO NORMAL Y RESTRINGIDO.</b>	<b>978</b>
Miguel Angel Avila Perches, Alfredo Josué Gámez Vázquez, Mauro Refugio Zamora Díaz, Francisco Paúl Gámez Vázquez, José Gómez Espinoza	
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL GRANO DE MAÍZ Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO</b> .....	<b>984</b>
Ávila P. M. Á., Gámez V. A. J., Hernández C. R. E., Gómez E. J., Dorantes G. J. R. A.	
<b>VARIABILIDAD FÍSICA Y NUTRICIONAL DE SEMILLA DE SOYA EN ACESIONES INTRODUCIDAS DE ESTADOS UNIDOS</b> .....	<b>991</b>
Alcala R. J. S. G. J.; Maldonado M. N.; Vázquez R. M.	
<b>TOLERANCIA DE VARIEDADES DE AJONJOLÍ A <i>Cercospora sesami</i>, <i>Xanthomonas campestris</i>, <i>Alternaria sesami</i> Y ENFERMEDADES DEL SUELO</b> .....	<b>997</b>
Alcalá R. J. S. G. J.; Maldonado M. N.; Arellano A. S.; Borja B. M.; Camposeco M. N.	
<b>PRODUCTIVIDAD DEL GARBANZO BLANCO EN DOS TIPOS DE SUELO DEL VALLE DEL MAYO, SONORA, MÉXICO</b> .....	<b>1003</b>
Padilla, V. I; Ortega M. P.F; Fierros L. G.A.; Ramírez S. M., y Valenzuela H. V.	
<b>RENDIMIENTO Y COMPONENTES DEL FRIJOL PINTO EN DOS CONDICIONES AMBIENTALES DEL VALLE DEL MAYO, SONORA</b> .....	<b>1010</b>
Padilla V. I.; Herrera H. L.M.; Guerrero A. B.Z.; Ortíz E. J.E., y Acosta G. J.A.	
<b>PRESENCIA DE HONGOS PRODUCTORES DE MICOTOXINAS EN GENOTIPOS DE MAÍZ DE GRANO BLANCO EN TAMAULIPAS, MÉXICO</b> .....	<b>1017</b>
Alvarez Ojeda M. G., Rodríguez Falconi R., Hernández Martínez R, Reséndiz Ramírez Z. y Maya Hernández V.	
<b>DETECCIÓN E IDENTIFICACIÓN RÁPIDA DE HONGOS TOXIGÉNICOS Y MICOTOXINAS EN GRANO DE MAÍZ ALMACENADOS EN TAMAULIPAS, MÉXICO</b> .....	<b>1026</b>
Alvarez O. M.G.; Rodríguez F. R. ; Hernández M. R.; Reséndiz R. Z. ; Maya H. V.	
<b>LÍNEAS ÉLITE DE MAÍZ CON TOLERANCIA Y RESISTENCIA GENÉTICA A MESOTRIONE + NICOSULFURON EN TAMAULIPAS</b> .....	<b>1034</b>
Hernández M. R.; Reyes M. C. A; Valdez H. M. A.; Santiago R. R.; Aranda L. U.	
<b>RENTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE SOYA EN SAN LUIS POTOSÍ Y TAMAULIPAS, MÉXICO</b> .....	<b>1039</b>
Gerardo S. A.; Alejandro A. F.	
<b>IMPACTO ECONÓMICO EN EL USO DEL CONTROL QUÍMICO DEL PULGÓN AMARILLO DEL SORGO EN EL NORTE DE TAMAULIPAS, MÉXICO</b> .....	<b>1047</b>
Alejandro A. F.; Hernández H. A.	
<b>EFFECTO DEL TAMAÑO DE SEMILLA PARA LA SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO Y CALIBRE DE GRANO EN GARBANZO</b> .....	<b>1053</b>
Ortega M. P. F., Fierros L. G. A., Pérez L. A. I., Padilla V. I., Acosta G. J. A.	



<b>DETECCIÓN E IDENTIFICACIÓN RÁPIDA DE HONGOS TOXIGÉNICOS Y MICOTOXINAS EN GRANOS DE MAÍZ ALMACENADOS EN TAMAULIPAS, MÉXICO.....</b>	<b>1057</b>
Alvarez O. M.G.; Rodríguez F. R.; Hernández M. R.; Reséndiz R. Z.; Maya H. V.	
<b>EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE GARBANZO EN CONDICIONES DE RIEGO RESTRINGIDO .....</b>	<b>1065</b>
Ortega M. P., Fierros L. G. A., Padilla V. I., Acosta G. J. A., Melgoza V. C.M	
<b>RESPUESTA DE GENOTIPOS DE GARBANZO EN RENDIMIENTO DE GRANO Y A ENFERMEDAD DE LA RAIZ CAUSADA POR <i>Fusarium</i> .....</b>	<b>1070</b>
Ortega M. P., Fierros L. G. A., Guerrero A. B. Z., Padilla V. I., Acosta G. J. A.	
<b>PROGRAMACIÓN GENÉTICA: FUNDAMENTOS, APLICACIONES Y POSIBILIDADES EN EL MODELADO HIDROLÓGICO.....</b>	<b>1075</b>
Ruiz-Ortega, FJ; Fortis-Hernández, M; Medinaveitia Sandoval Luis Fernando; Lozano-Jiménez, Luz María; Tobar-Gutiérrez, Javier	
<b>PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO CON ALTA DENSIDAD DE POBLACIÓN Y RIEGO POR GOTEJO EN LA COMARCA LAGUNERA .....</b>	<b>1085</b>
Reyes G. A., Servín P. M., Puente V. C. O., Sánchez D. J. I. y Anaya D. A	
<b>CALIBRACIÓN DE SENSORES CAPACITIVOS PARA LA MONITORIZACIÓN DE HUMEDAD DE SUELO EN PLANTACIÓN DE ALGODÓN .....</b>	<b>1091</b>
Anaya A. S., Franco I. G., Hernández E. L., Bonilla O. B., Isidro L. M. R.	
<b>PRODUCCIÓN Y EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA EN CANOLA CON RIEGO POR GRAVEDAD Y DIFERENTES FUENTES DE FERTILIZACIÓN .....</b>	<b>1099</b>
Anaya A. S., Franco I. G., Hernández E. L., Bonilla O. B., Isidro L. M. R.	
<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA Y UTILIDAD FORRAJERA E INDUSTRIAL DE <i>Acacia retinodes</i> CULTIVADA EN DURANGO, MÉXICO .....</b>	<b>1105</b>
Ríos S. J. C., Rosales S. R., Carrillo P. A., Sarabia S. L. y Jiménez O. R.	
<b>IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS SOBRESALIENTES DE FRIJOL NEGRO BAJO TEMPORAL Y RIEGO SUPLEMENTARIO EN ZACATECAS.....</b>	<b>1112</b>
Cid-Ríos J. Á., Acosta-Gallegos J. A., Figueroa-González J. J., Echavarría-Chairez F. G. y Alcalá-Rico Juan Samuel Guadalupe Jesús	
<b>RENDIMIENTO COMERCIAL DE GENOTIPOS DE AJO EN CALERA ZACATECAS .....</b>	<b>1116</b>
Cid R. J.A.; Reveles H. M., y Figueroa G. J.J.	
<b>INFLUENCIA DE FERTILIZACIÓN FOLIAR CON MAGNESIO EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL PEPINO .</b>	<b>1120</b>
Guillén E. R. R.; Chávez M. M. M.; Peña R. B. P.; González A. R.; Preciado R. P.	
<b>ALGORITMOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA ESTIMAR EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA EN EL NORTE DE MÉXICO.....</b>	<b>1127</b>
Martínez S. A. R., González B. J. L., Nuria A. L. H., Estrada A. J., Trucíos C. R.	

## PRODUCCIÓN ANIMAL

<b>EFICACIA DE LA COMBINACIÓN DE IVERMECTINA Y FIPRONIL SOBRE LOS PIOJOS (<i>LINOGNATHUS SPP.</i> Y <i>BOVICOLA SPP.</i>) EN CABRAS BAJO CONDICIONES DE PASTOREO .....</b>	<b>1133</b>
Tadeo R. J.; Ángel G. O.; Arellano R. F.; Alvarado E. A.; González A. V	
<b>DIVERSIDAD MICROBIANA RUMINAL OBTENIDA POR SECUENCIACIÓN MASIVA DE AMPLICONES DEL GEN 16S.....</b>	<b>1137</b>
Torres V.D.S.; Araiza P.K.A.; Rojas C.J.A.; Cervantes, G.M.; Murillo O.M.	
<b>ELABORACIÓN DE ENSILADO DE VAINA DE MEZQUITE.....</b>	<b>1144</b>
Sánchez D. J. I.; Santana O. I.; Granados N. J. A.; López C. M. J.; Reyes G. A.	

<b>EFFECTO BACTERIOSTÁTICO DE EXTRACTO DE MORINGA EN CALOSTRO BOVINO REFRIGERADO DENTRO DE LAS PRIMERAS 120 HORAS POST-ORDEÑO .....</b>	<b>1150</b>
González A. R.; González A. J.; Hermosillo A. M. C.; Guillén E. R. R.; Peña R. B. P.	
<b>SALUD Y DESARROLLO DE BECERRAS LECHERAS LACTANTES SUPLEMENTADAS CON UN MULTIVITAMÍNICO COMERCIAL.....</b>	<b>1156</b>
González A. R.; Ávila C. R.; Hermosillo A. M. C.; Guillén E. R. R.; Peña R. B. P.	
<b>COSTOS EN LA SUPLEMENTACIÓN DE BIOSURFACTANTES PARA BECERRAS LACTANTES.....</b>	<b>1161</b>
González A. R.; Astorga I. G. O de J.; Hermosillo A. M. C.; Guillén E. R. R.; Peña R. P. B.	
<b>EFFECTO DEL INOCULANTE <i>Rhizobium</i> EN LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE <i>Lotus corniculatus</i> L .....</b>	<b>1167</b>
Álvarez-V. P.; Gallegos-M. G.; García-L. J. I.; García-S. A.; Ochoa-E. J. J.	
<b>ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA ESTACIONAL DE TRES ESPECIES FORRAJERAS EN EL SURESTE DE COAHUILA, MÉXICO .....</b>	<b>1172</b>
Álvarez-V. P., Fuentes-H. A. E.; Ruelas-C. X.; Rodríguez-R. A. F.; Pérez-R. L.	
<b>PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DE <i>Amelichloa clandestina</i> POSTERIOR A UN APACENTAMIENTO .....</b>	<b>1177</b>
Álvarez-V. P.; Hervert-C. F.; Flores-N. A.; Jasso-C. D.; Ventura-R. J.	
<b>PRINCIPALES PROBLEMAS EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE CABRA EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LAS COLONIAS, COAHUILA .....</b>	<b>1182</b>
Pastor L.F.J.; Galindo G.M.; Ríos P.J.L.; Isidro R.L.M.; Maldonado J.J.A.	
<b>EFFECTOS DE LA ONDA DE CALOR SOBRE LA APICULTURA EN EL NORTE DE MÉXICO.....</b>	<b>1189</b>
Pastor L.F.J.; Vargas V.A.; Isidro R.L.M.; Pérez R.E., Muñoz B.A.L.	
<b>LA ADICION DE LA PULPA DE CAFÉ MEJORA CALIDAD DE LA LECHE EN CABRAS BAJO CONDICIONES DE PASTOREO .....</b>	<b>1196</b>
García O. A., Calderón-L. M. G., Alvarado-E. A. S., Gaytán-A. L. R., Arellano-R. F., Meza-H. C. A., Veliz-D. F. G.	
<b>FERMENTACIÓN RUMINAL <i>in vitro</i> Y CONTEO DE POBLACIONES MICROBIANAS DE DIETAS PARA BOVINOS CON INCLUSIÓN DE ORÉGANO.....</b>	<b>1200</b>
Araiza P. K.; Torres V.D.S.; Murillo O.M.; Gurrola R.J.N.; Reveles S.F.O.	
<b>PRÁCTICAS DE MANEJO DE SUELO PARA LA SIEMBRA DE <i>Cenchrus ciliaris</i> L. EN ZONAS SEMIÁRIDAS ..</b>	<b>1207</b>
Castillo Q.D., Gutiérrez L.R.; Castillo R.F.; Antonio B.A.; Avila F.D.Y.; Martínez T.G.	
<b>NIVELES DE CUERPOS CETONICOS Y GLUCOSA SANGUINEA EN CABRAS SUPLEMENTADAS CON UN PRECURSOR GLUCONEOGENICO .....</b>	<b>1215</b>
Mota-F. M. G., Calderón-L. M. G., Alvarado-E. A. S., Arellano-R. F., Ordoñez-M. J. Z., Ángel-G. O.	
<b>COSTOS DE PRODUCCIÓN DE ELABORACIÓN DE NIEVE ARTESANAL EN GARRAFA CON LECHE DE CABRA .....</b>	<b>1219</b>
Isidro-Requejo, L.M.; Pastor-López, F.J.; Figueroa-González, J.J., Salinas-González, H.	
<b>IDENTIFICACIÓN DE BACTERIAS EN LECHE DE CABRA EN LA COMARCA LAGUNERA .....</b>	<b>1225</b>
Isidro-Requejo, L.M., Flores-Najera, M.J., Pastor-López, F.J.; Anaya-Salgado, A.	
<b>ENGORDA INTENSIVA DE CORDEROS BAJO UN ESQUEMA DE ALIMENTACIÓN RESTRINGIDA .....</b>	<b>1230</b>
Maldonado-Jáquez J.A.; Granados-Rivera L.D.; Garay-Martínez J.R.; Rodríguez-Hernández K.; Sánchez-Duarte, J.I.	
<b>¿ES ECONÓMICAMENTE VIABLE EL USO DE UN ALIMENTO INTEGRAL COMO COMPLEMENTO DE MANERA CONTINUA EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE CABRAS LOCALES? .....</b>	<b>1236</b>
Maldonado-Jáquez J.A.; Torres-Hernández G.; Santana-Espinoza S.; Jiménez-Penago G.; Sánchez-Gutiérrez R.A.	
<b>CAMBIOS DEL BACTERIOMA DEL SUELO POR LA DEGRADACIÓN DE PASTIZALES Y OBRAS DE CONSERVACIÓN EN EL NORTE CENTRO DE MÉXICO .....</b>	<b>1242</b>
Nava-R. E.; Sigala-R. J. A.; Muñoz-V. J. A.; Constante-G.V.; Jacobo-S. M. R.	

<b>EFFECTO BACTERIOSTÁTICO DE EXTRACTO DE CÍTRICOS EN CALOSTRO BOVINO REFRIGERADO Y PASTEURIZADO DENTRO DE LAS PRIMERAS 24 HORAS POST-ORDEÑO.....</b>	<b>1248</b>
Peña R. B. P.; González A. J.; Peña R. L. A.; Guillén E. R. R.; González A. R.	
<b>EFFECTO BACTERIOSTÁTICO DE EXTRACTO DE CÍTRICOS EN CALOSTRO BOVINO REFRIGERADO Y PASTEURIZADO DENTRO DE LAS PRIMERAS 120 HORAS POST-ORDEÑO.....</b>	<b>1254</b>
Peña R. B. P.; Hermosillo A. M. C.; Peña R. L. A., Guillén E. R. R.; González A. R.	
<b>USO DE KITS COMERCIALES PARA DETECTAR PATÓGENOS CAUSANTES DE DIARREA EN BECERRAS .....</b>	<b>1260</b>
Peña R. B. P.; Ávila C. R.; Hermosillo A. M. C.; Guillén E. R. R.; González A. R.	
<b>COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL DE PASTOS TROPICALES EN RANCHOS GANADEROS DE ESCÁRCEGA, CAMPECHE.....</b>	<b>1265</b>
Alfaro-Aguilar, Ana Belém; García-Salas, Alejandro; Fraire-Cordero, Silvia; Álvarez-Vázquez, Perpetuo; García-Martínez, José Eduardo	
<b>EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION CON 1-2 PROPANODIOL, PROPIONATO DE SODIO Y CALCIO EN CABRAS SOBRE LOS FOLICULOS ANTRALES Y LA GLUCOSA SERICA .....</b>	<b>1273</b>
Varela R. J., Arellano R. G., Paredes R. J., Veliz D. G., De Santiago M. A., Alvarado E. A.	
<b>EFFECTO DE LA JERARQUÍA ENTRE MACHOS DORPER SOBRE SU CONDUCTA SOCIO-SEXUAL .....</b>	<b>1278</b>
Gaytán M. A., Alvarado A.S., Ángel O., Véliz F.G., Bermejo L.A.	
<b>COMPARACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA DE BECERRAS HOLSTEIN QUE RECIBIERON AGUA TRATADA CON LA TÉCNICA DE OSMOSIS INVERSA VS AGUA DE NORIA .....</b>	<b>1285</b>
Macías, O. E. J.,* Carrillo, M. D. I., Contreras, V. V., Ángel, G. O., Arellano, R. F., Veliz, D. F.G., Alvarado, E. A. S.	
<b>EFFECTO DE LA REMOCIÓN DEL PLASMA SEMINAL SOBRE LA VIABILIDAD DEL SEMEN CAPRINO CRIOPRESERVADO CON UN DILUYENTE A BASE DE LIPOSOMAS .....</b>	<b>1290</b>
Nava J.F., Chavarría N. I., Arellano R.F., Angel.G.O., Arellano.R.G., Moreno.A.S., Alvarado-Espino. A.S.	
<b>EFICACIA DE CUATRO SUPLEMENTOS EN CABRAS LACTANTES ALIMENTADAS CON FORRAJE DE BAJA DIGESTIBILIDAD (SOCA DE SORGO) .....</b>	<b>1295</b>
Puentes-G. J., García-S. H. D., González-S. U.	



# Conferencias Magistrales

**PARÁMETROS SANGUÍNEOS DE CAPRINOS EN PASTOREO EN TRES ETAPAS FISIOLÓGICAS A LO LARGO DEL AÑO**  
**Blood parameters of goats in grazing on three physiological stages throughout the Year**

Héctor Donaciano García Sánchez<sup>1</sup>, Edmundo Castellanos Pérez<sup>1</sup>, Miguel Ángel Gallegos Robles<sup>1</sup>, José Luis García Hernández<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>**Facultad de Agricultura y Zootecnia – Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo, Dgo. km 35 Ej.Venecia, CP. 35110. Thaulilo, Durango, México.**

**RESUMEN.**

Se llevó a cabo una investigación a cerca de los muestreos sanguíneos en cabras para determinar las concentraciones de glucosa, colesterol, proteína total y nitrógeno ureico. Se realizó en el municipio de Tlahualilo, Durango, durante un año completo. Los grupos estudiados fueron cabras en producción (PROD), gestación (GES) y desarrollo (DES), factor uno; en invierno, primavera, verano y otoño, factor dos, en un diseño completamente al azar con arreglo factorial. La glucosa en invierno del grupo PROD con 45.81 mg dL<sup>-1</sup> fue la menor concentración ( $p < .05$ ). La DES en invierno de 57.71 mg dL<sup>-1</sup> fue la más baja ( $p < .05$ ) en colesterol. La PROD en invierno tuvo de proteína 58.74 mg dL<sup>-1</sup>, la menor concentración ( $p < .05$ ). El nitrógeno ureico encontrado también fue menor en invierno ( $p < .05$ ). Los parámetros sanguíneos fueron más bajos durante el invierno. El objetivo de la presente investigación fue monitorear en las cuatro estaciones del año, el estado nutricional de cabras en tres etapas fisiológicas.

**Palabras clave:** Cabras, colesterol, estacionalidad climática, nitrógeno ureico, proteína.

**ABSTRACT.**

An investigation was carried out on blood sampling in goats to determine the concentrations of glucose, cholesterol, total protein and urea nitrogen. It was carried out in the municipality of Tlahualilo, Durango, for a full year. The groups studied were goats in production (PROD), gestation (GES) and development (DES), factor one; in winter, spring, summer and autumn, factor two, in a completely randomized design with factorial arrangement. Winter glucose in the PROD group with 45.81 mg dL<sup>-1</sup> was the lowest concentration ( $p < .05$ ). The DES in winter of 57.71 mg dL<sup>-1</sup> was the lowest ( $p < .05$ ) in cholesterol. The PROD in winter had 58.74 mg dL<sup>-1</sup> protein, the lowest concentration ( $p < .05$ ). The urea nitrogen found was also lower in winter ( $p < .05$ ). Blood parameters were lower during winter. The objective of this research was to monitor the nutritional status of goats in three physiological stages in the four seasons of the year.

**Key words:** Goats, cholesterol, climatic seasonality, ureic nitrogen, protein.

**INTRODUCCIÓN.**

La Comarca Lagunera de Coahuila y Durango cuenta con un inventario caprino de aproximadamente 392 407 cabezas, región que ocupa el cuarto lugar en inventario de caprinos del país; presentando el Municipio de Tlahualilo, Durango, 6 542 cabras en producción de un total de 141 603 cabras en producción en la región (SIAP, 2020). La mayor



parte de los caprinos en México son obtenidos bajo el sistema extensivo (Anzaldo-Montoya 2020), bajo pastoreo principalmente en tierras ejidales, actividad dominada por productores de escasos recursos económicos (Mellado *et al.*, 2020). Las cabras se alimentan del forraje disponible en las áreas de pastoreo, sin embargo, el material vegetativo disponible suele variar en cantidad y calidad a lo largo del año debido a la errática precipitación anual (Grings *et al.*, 2016, Isidro-Requejo *et al.*, 2017). En la región lagunera los productores de bajos ingresos pastorean las cabras en áreas abandonadas al cultivo y en áreas con residuos de cosecha que no tienen cerco perimetral, habiendo mayor disponibilidad de forraje en la época de lluvias en las áreas abandonadas al cultivo y en el otoño en los residuos de cosecha (Castellanos-Pérez *et al.*, 2002). Así, la fluctuación en la disponibilidad y calidad del alimento provoca una variación estacional del estado nutricional del ganado, lo que repercute en deficiencias y desbalances nutricionales en el mismo (Castillo *et al.*, 2016, Chávez y Matías 2018). En este sentido, estudiar los perfiles metabólicos es una herramienta eficaz para evaluar el estado nutricional del ganado en todo momento (Castillo *et al.*, 2016). Esto permite determinar alteraciones en el equilibrio metabólico (Liotta *et al.*, 2021). De acuerdo con Hernández *et al.*, (2020) por medio de los perfiles metabólicos se pueden determinar las vías metabólicas.

La glucosa, urea, proteína total, albúmina, cuerpos cetónicos, nitrógeno ureico y ácidos grasos son indicadores bioquímicos que simbolizan las principales rutas metabólicas, de las cuales, la glucosa y el colesterol representan el metabolismo energético. Mientras que la proteína total, nitrógeno ureico y la hemoglobina son representantes del metabolismo proteico (Castillo *et al.*, 2016, Hernández *et al.*, 2020). Los rangos sugeridos para glucosa en cabras es de 50-75 mg dL<sup>-1</sup>, colesterol 80-130 mg dL<sup>-1</sup>, nitrógeno ureico 10-20 mg dL<sup>-1</sup> (Hernández *et al.*, 2020), para proteína total de 61 mg dL<sup>-1</sup> (Brem *et al.*, 2011) a 64 mg dL<sup>-1</sup> (Kaneko *et al.*, 2008). Tomando en cuenta lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue monitorear, durante las cuatro estaciones del año, el contenido en la sangre de glucosa, colesterol, proteína total y nitrógeno ureico de cabras en desarrollo, estación y producción bajo condiciones de pastoreo.

## MATERIALES Y MÉTODOS.

El presente trabajo se realizó en el Ejido Horizonte, Municipio de Tlahualilo, Durango, de agosto de 2014 a julio de 2015. El sitio se localiza a los 25° 56' 9.52" Latitud N y 103° 24' 58.17" Longitud W (INEGI, 2021). El clima es BS0 (h') hw(w) de acuerdo a la clasificación de Köppen modificado por García (1964). El muestreo se realizó cada mes en cabras encastadas de las razas alpino y nubia seleccionadas aleatoriamente, seis cabras de hasta 70 días en producción (PROD), seis cabras en el tercer tercio de la gestación (GES) y seis cabras en desarrollo de cuatro a seis meses de edad (DES). Las cabras se manejaron de acuerdo con el manejo rutinario del productor, el cual consistió en pastoreo dirigido con una duración diaria de ocho horas. En invierno y primavera las cabras se pastorearon en superficies pobladas principalmente por mezquite (*Prosopis glandulosa*), huizache (*Acacia farnesiana*), zacate chino (*Cynodon dactylon*), esporádicamente en residuos y rebrotes de avena forrajera (*Avena sativa*); en verano y otoño fueron pastoreadas sobre superficies con residuos de cosechas de sorgo forrajero (*Sorghum vulgare*), hojas principalmente, así como en acequias cubiertas de zacate chino. Después del pastoreo, las cabras se confinaron en corrales comunes, se puso a cada una de ellas aretes para identificarlas. Las cabras fueron reemplazadas cuando ya no cumplían con los parámetros antes descritos por la etapa fisiológica.

Las variables que se determinaron fueron las concentraciones de glucosa, colesterol, proteína total y nitrógeno ureico. Se obtuvieron muestras de sangre vía punción de la vena

yugular cada mes en todas las cabras de los diferentes estados fisiológicos. El muestro sanguíneo se inició a las 07:00 hrs cada vez que se realizó. Las muestras se obtuvieron después de 12 hrs de ayuno. Cada muestra se centrifugó a 3 000 rpm durante 20 min. Esta actividad se realizó en un tiempo menor a una hora posterior para la colección del suero sanguíneo, el cual se almaceno en tubos Eppendorf de 2 ml rotulados, la temperatura de almacenamiento fue de -20°C.

Las concentraciones de los diferentes metabolitos se evaluaron mediante la técnica de fotocolorimetría descrita por García (2018) en un fotocolorímetro de la marca HACH. La información por etapa fisiológica se agrupó por estación correspondiendo a invierno los meses de diciembre, enero y febrero; los meses de marzo, abril y mayo a primavera; junio, julio y agosto a verano; septiembre, octubre y noviembre a otoño. Con las tres etapas fisiológicas y las cuatro estaciones se tuvieron 12 tratamientos, los cuales se identificaron de la siguiente manera: invierno PROD, invierno GES, invierno DES, primavera PROD, primavera GES, primavera DES, verano PROD, verano GES, verano DES, otoño PROD, otoño GES, otoño DES, los cuales fueron analizados con un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial, el factor estación con cuatro niveles y el factor etapa fisiológica con tres niveles con el procedimiento SAS PROC GLM, la comparación de medias se realizó con la prueba de diferencia mínima significativa (DMS). El modelo estadístico fue:

$Y_{klj} = \mu + A_k + B_l + (AB)_{kl} + \epsilon_{klj}$  donde  $k = 1,2,3,4$  niveles de A (estación),  $l = 1,2,3$  niveles de B (etapa fisiológica) y  $j = 1, 2, \dots 18$  repeticiones.

Previo a este análisis se realizó un análisis de covarianza por el efecto de las cabras usadas con SAS PROC MIXED la cual no fue significativa. También se analizaron las variables glucosa, colesterol, proteína y nitrógeno ureico ordenados en las clases de las cuatro estaciones y las tres etapas, arreglo bifactorial, con la función canónica con SAS PROC GLM (Johnson, 2000). Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SAS (SAS, 2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En base a los resultados obtenidos se pudo observar que el grupo GES presentó el promedio estadísticamente más alto de glucosa con 53.67 mg dL<sup>-1</sup> ( $p < .05$ ). Las cabras del grupo DES fueron el segundo grupo con mayor cantidad de glucosa con promedio de 48.54 mg dL<sup>-1</sup>. Los valores más bajos fueron los del grupo PROD con 45.81 mg dL<sup>-1</sup> ( $p < .05$ ). Para este periodo de invierno los valores de DES y PROD de este trabajo quedaron por debajo de los rangos mínimos sugeridos por Kaneko *et al.* (2008) (50.08mg dL<sup>-1</sup>) y Hernández *et al.* (2020) (50 mg dL<sup>-1</sup>), y los encontrados por Flores-Santiago *et al.* (2021) alrededor de 50 mg dL<sup>-1</sup> sin suplementación GES y DES estuvieron dentro del rango mínimo mostrado por Merck (2000) de 48.2 mg dL<sup>-1</sup> y Brem *et al.* (2011) de 47 mg dL<sup>-1</sup>. En primavera el grupo GES tuvo mayor concentración de glucosa que los grupos DES y PROD ( $p < .05$ ) y fueron iguales entre sí. En verano igualmente el grupo GES tuvo mayor concentración de glucosa que los otros grupos, y el grupo DES más que el grupo PROD ( $p < .05$ ). En otoño también el grupo GES presentó mayor cantidad de glucosa que los otros grupos ( $p < .05$ ), y fueron iguales entre sí. En verano el grupo de cabras GES (64.99 mg dL<sup>-1</sup>) fue el que tuvo la mayor concentración que todos los grupos de cabras de todas las estaciones y el grupo de cabras PROD de invierno el que tuvo menor concentración ( $p < .05$ ) (Tabla 1). Se encontró interacción entre estación y etapa fisiológica. Todos los valores encontrados son inferiores a los reportados por Chikwanda y Muchenje (2017) de 68.46 mg dL<sup>-1</sup>, así como los de Abdelsattar *et al.* (2021) de 67.2 mg dL<sup>-1</sup> en cabras suplementadas. En rumiantes

la glucosa no es sensible a variaciones asociadas con la dieta ya que su concentración sanguínea es regulada por un mecanismo hormonal eficiente con pocas alteraciones, entonces los bajos niveles de glucosa deben estar asociados con un déficit de energía (Silva *et al.*, 2015).

Las concentraciones de colesterol estadísticamente inferiores en invierno fueron las del grupo DES con 57.71 mg dL<sup>-1</sup> ( $p < .05$ ). Las cabras en PROD fueron, después del grupo DES, el segundo grupo con menores concentraciones de colesterol con 59.97 mg dL<sup>-1</sup>, y el de mayor concentración el grupo GES con 62.17 mg dL<sup>-1</sup> ( $p < .05$ ). En primavera también el grupo GES presentó mayor concentración de colesterol ( $p < .05$ ) que los otros grupos, y entre éstos no hubo diferencia. Los resultados encontrados en primavera se encontraron en verano y otoño referente a los grupos de cabras. En el verano en el grupo GES se encontró la mayor concentración de colesterol (72.00 mg dL<sup>-1</sup>) que los demás grupos de las cuatro estaciones y el grupo PROD de invierno la menor concentración ( $p < .05$ ) (Tabla 1). En esta variable también se encontró interacción entre estación y etapa fisiológica.

Los valores estuvieron por debajo de los presentados por Liotta *et al.* (2021) (79.33 mg dL<sup>-1</sup>), de Akkaya *et al.* (2020) (94.4 mg dL<sup>-1</sup>), Hernández *et al.* (2020) (80 a 130 mg dL<sup>-1</sup>), de lo reportado por Antunovic *et al.* (2019) de 97.44 mg dL<sup>-1</sup> en cabras en pastoreo suplementadas. Los promedios de colesterol mostrados en las cuatro estaciones de todos los grupos mostraron estar fuera del rango mínimo fisiológico referido por Kaneko *et al.* (2008) (80 mg dL<sup>-1</sup>), Brem *et al.* (2011) (96 mg dL<sup>-1</sup>) y Hernández *et al.* (2020) (80 mg dL<sup>-1</sup>). Es probable que la ingestión alta de fibra en las áreas de pastoreo contribuyó a la reducción de colesterol en la sangre ya que los ingredientes que contienen fibra entre otros compuestos afectan la reducción del colesterol sanguíneo (Silva *et al.*, 2015).

En las cuatro estaciones el grupo de cabras GES presentó mayor cantidad de proteína que los otros grupos, y el grupo DES con mayor cantidad que el grupo PROD ( $p < .05$ ). La mayor concentración de proteína fue encontrada en el grupo GES de verano (68.75 mg dL<sup>-1</sup>,  $p < .05$ ) seguida por la del grupo DES de verano (67.00 mg dL<sup>-1</sup>), estos valores son inferiores de lo que reportaron Chikwanda y Muchenje (2017) de 69 mg dL<sup>-1</sup> en cabras en desarrollo, a los de Bani-Ismail *et al.* (2008) de 70 mg dL<sup>-1</sup> y de Mellado *et al.* (2020) de 69 mg dL<sup>-1</sup>. La de menor concentración de proteína fue la del grupo PROD de la estación de invierno ( $p < .05$ ) (Tabla 1). El promedio estadísticamente mayor de proteína total para la estación de invierno fue el del grupo GES con 61.16 mg dL<sup>-1</sup>. El grupo de DES después de GES tuvo un promedio de 60.23 mg dL<sup>-1</sup> ( $p < .05$ ) en esta estación. El presente trabajo mostró que las concentraciones de los tres grupos en invierno para este metabolito fueron inferiores a los rangos fisiológicos sugerido por Kaneko *et al.* (2008) de 64 mg dL<sup>-1</sup> Merck. (2000) de 61 mg dL<sup>-1</sup>, Brem *et al.* (2011) de 61.2 mg dL<sup>-1</sup>. La concentración de la proteína en el plasma sanguíneo cae por abajo del óptimo cuando el consumo de proteína es bajo y las reservas de proteína corporal son agotadas (Chikwanda y Muchenje 2017, Pambu-Gollah *et al.* 2000).

En invierno no se encontró diferencia en la concentración de nitrógeno ureico entre los tres grupos de cabras ( $p > .05$ ). Dentro de cada estación, en primavera, verano y otoño, los grupos de cabras de GES y DES fueron iguales entre sí y mayores que el grupo PROD ( $p < .05$ ). Los grupos de cabras GES y DES de verano tuvieron la mayor concentración de nitrógeno ureico y los grupos de cabras GES, DES y PROD de invierno la menor concentración ( $p < .05$ ) (Tabla 1). El contenido de nitrógeno ureico en el periodo invernal fue el más bajo de todas estaciones con el grupo GES con una media de 31.27 mg dL<sup>-1</sup>, DES con 30.60 mg dL<sup>-1</sup>, y PROD con 30.78 mg dL<sup>-1</sup>. Estos valores estuvieron por arriba de los valores reportados por Chikwanda y Muchenje (2017) (27.69 mg dL<sup>-1</sup>), son similares

a los presentados por Banilsmail *et al.* (2008) de 30 mg dL<sup>-1</sup>, y son superiores a lo reportado por Mellado *et al.* (2020) (17.1 mg dL<sup>-1</sup>). Las medias de los grupos GES y DES de verano tuvieron valores de 36.93 y 36.33 mg dL<sup>-1</sup>, las más altas, fueron inferiores a los mostrados por Akkaya *et al.* (2020) con (44.93 mg dL<sup>-1</sup>), y similares a lo reportado por Brem *et al.* (2011) (31.0 mg dL<sup>-1</sup>). Los promedios de nitrógeno ureico mostrados en el presente estudio en lo general muestran concentraciones altas por encima de lo reportado por Kaneko *et al.* (2008) de 20 mg dL<sup>-1</sup> y Merck (2000) de 25.8mg dL<sup>-1</sup>. Esto pudo ser influenciado por la baja disponibilidad de energía en la dieta consumida por las cabras (Meehan *et al.* 2021). Ello se refleja en las bajas concentraciones de glucosa sanguínea mostrada durante el periodo de investigación. La eficiencia en el uso del amoníaco por los microorganismos del rumen depende del balance energético. El amoníaco que no es sintetizado en el rumen es enviado al hígado para convertirlo en urea vía torrente sanguíneo para su reciclado en el rumen o hacia los riñones para su excreción (Alves *et al.* 2014).

## REFERENCIAS.

- Brem JJ, Ortiz ML, Trulls HE, Zach A, Brem JC (2011) Perfil energético-nitrogenado en caprinos del nordeste argentino según estaciones en dos años con diferente régimen pluvial. *Revista Veterinaria* 22: 100-104.
- Castellanos-Pérez E, Valencia-Castro M, Quiñones-Vera JJ (2002) Goats and the need for range management in Mexico. *Rangelands* 24: 24-27.
- Castillo C, Abuelo A, Hernández J (2016) Usefulness of metabolic profiling in the assessment of the flock's health status and productive performance. *Small Ruminant Research* 142: 28-30.
- Chávez D, Matías JV (2018) Estimación del gasto energético de los caprinos en la península de Santa Elena. *Revista Científica y Tecnológica UPSE* 5: 70-76.
- Chikwanda AT, Muchenje V (2017) Grazing system and floor type effects on blood biochemistry, growth and carcass characteristics of Nguni goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 30: 1253-1260.
- Flores-Santiago EJ, Sosa-Montes E, Alejos-de-la-Fuente JI, Germán-Alarcón CG, Hernández-Marín JA, CadenaVillegas S (2021) Actividad ovárica y prolificidad de cabras sincronizadas con progestágenos y suplementadas con propionato de calcio. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* Núm. Esp. II: e2975. DOI:10.19136/era.a8nII.2975.
- García E (1964) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) 1a. Edición. Offset Larrios. México. 71p.
- García RD (2018) Instrumentos que revolucionaron la química: la historia del espectrofotómetro. *Avances en Química* 13: 79-82.
- Grings EE, Zampaligre N, Ayantunde A (2016) Overcoming challenges to utilization of dormant forage in yearround grassing systems. *Journal of Animal Science* 94: 2-14.
- Hernández J, Benedito JL, Castillo C (2020) Relevance of the study of metabolic profiles in sheep and goat flock. Present and future: A review. *Spanish Journal of Agricultural Research* 18(3): e06R01. DOI:10.5424/sjar/2020183-14627.
- INEGI (2021) Espacio y datos de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espaciodydatos/default.aspx?ag=100360027>. Fecha de consulta: 20 de Mayo de 2021.

- Isidro-Requejo LM, Maldonado-Jáquez JA, Granados-Rivera LD, Salinas-González H, Vélez-Monroy LI, Chávez, Solís AU, Pastor López FJ (2017) Suplementación pre y postparto durante la estación lluviosa en cabras locales del norte de México. *Nova Scientia* 9: 134-153.
- Johnson DE (2000) Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. International Thomson Editores. México. 576p.
- Liotta L, Bionda A, Quartuccio M, De Nardo F, Visalli R, Fazio E (2021) Thyroid and lipidic profiles in nicastrese goats (*Capra hircus*) during pregnancy and postpartum period. *Animals* 11: 2386. DOI: 10.3390/ani11082386.
- Meehan D J, Cabrita A, Maia M, Fonseca A (2021) Energy: protein ratio in ruminants: insights from the intragastric infusion technique. *Animals* 11: 2700. DOI: 10.3390/ani11092700.
- Mellado M, Rodríguez IJ, Alvarado-Espino A, Véliz FG, Mellado J, García JE (2020) Comunicación corta: respuesta reproductiva a la suplementación concentrada de cabras de raza mixta en pastizales. *Sanidad y Producción Animal Tropical* 52: 2737-2741.
- Merck (2000) El Manual Merck de veterinaria. Océano Grupo Editorial. España. 2736p.
- Pambu-Gollah R, Cronje PB, Casey NH (2000) An evaluation of the use of blood metabolite concentrations as indicators of nutritional status in free ranging indigenous goats. *South African Journal of Animal Science* 30:115-120.
- SAS (2002) Statistical analysis system, Institute Inc. SAS/STAT User's Guide. Version 9.1th edn. SAS Institute Inc, Cary, NC, USA.
- SIAP (2020) Información sobre el número de animales que se crían en el país con fines de producción. junio de 2021.
- Silva JL, Guim A, Carvalho FFR, Mattos CW, Garcia DA, Silva ERR, Pereira Neto JD, Vasconcelos JLA (2015). Metabolic profile of lactating goats fed integral mango meal. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 16: 885-892.



# TECNOLOGÍA PARA LA AGRICULTURA DEL FUTURO: DRONES, IA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Martínez S. A. R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera  
Autor por correspondencia: im\_aldo09@hotmail.com

## RESUMEN

Los drones y la inteligencia artificial (IA) están transformando la agricultura al mejorar la precisión y eficiencia en el manejo de los cultivos. Los drones equipados con cámaras y sensores avanzados permiten un monitoreo aéreo detallado de los campos, facilitando la detección temprana de problemas como plagas, enfermedades y deficiencias nutricionales. Estos datos son analizados por sistemas de IA que identifican patrones y ofrecen recomendaciones precisas para la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, así como para la optimización del riego. Además, la IA utiliza datos históricos y en tiempo real para predecir rendimientos y planificar mejor las actividades agrícolas. En conjunto, estas tecnologías no solo incrementan la productividad y reducen costos operativos, sino que también promueven prácticas más sostenibles al minimizar el uso excesivo de recursos y productos químicos.

**Palabras clave: Agricultura de precisión, datos, eficiencia**

## ABSTRACT

Drones and artificial intelligence (AI) are transforming agriculture by enhancing precision and efficiency in crop management. Drones equipped with advanced cameras and sensors enable detailed aerial monitoring of fields, facilitating early detection of issues such as pests, diseases, and nutrient deficiencies. This data is analyzed by AI systems that identify patterns and provide precise recommendations for the application of fertilizers and pesticides, as well as for optimizing irrigation. Additionally, AI uses historical and real-time data to predict yields and better plan agricultural activities. Together, these technologies not only increase productivity and reduce operational costs but also promote more sustainable practices by minimizing excessive use of resources and chemicals.

**Key words: precision agriculture, data, efficiency**

## INTRODUCCION

La agricultura está experimentando una transformación radical gracias a la integración de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial (IA) y los drones. Estas herramientas están redefiniendo la manera en que se gestionan los cultivos y los recursos, con un impacto significativo en la eficiencia y sostenibilidad del sector agrícola.

La inteligencia artificial, que se refiere a sistemas capaces de realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, ha comenzado a jugar un papel crucial en la agricultura moderna. Según un informe de McKinsey & Company, "la IA puede ayudar a los agricultores a predecir las condiciones climáticas, optimizar el uso de insumos y mejorar la gestión de cultivos" (McKinsey & Company, 2020). Los algoritmos de IA pueden procesar grandes volúmenes de datos obtenidos de sensores y otras fuentes para proporcionar recomendaciones precisas sobre la fertilización, el riego y el control de plagas, lo que permite una toma de decisiones más informada y eficiente (Yuan et al., 2020).

Los drones, por su parte, ofrecen una perspectiva aérea sin precedentes que complementa las capacidades de la IA. Estos dispositivos no tripulados están equipados con cámaras de alta resolución y sensores avanzados que pueden captar detalles que serían difíciles de observar desde el suelo. Según la Universidad de Wageningen, los drones proporcionan datos precisos sobre el estado de los cultivos, permitiendo una agricultura de precisión que mejora la eficiencia y reduce el uso de recursos (Wageningen University & Research, 2021). Los mapas generados por drones pueden identificar problemas emergentes en los cultivos, como plagas o deficiencias nutricionales, permitiendo una intervención temprana y dirigida.

La combinación de IA y drones está permitiendo una nueva era en la agricultura, caracterizada por la precisión y la sostenibilidad. Como señala el informe de The Economist Intelligence Unit, estas tecnologías están configuradas para revolucionar la agricultura, proporcionando a los agricultores herramientas para optimizar la producción y reducir el impacto ambiental (The Economist Intelligence Unit, 2022).

## MATERIALES Y METODOS

La agricultura, un sector esencial para la seguridad alimentaria global, enfrenta desafíos sin precedentes debido al cambio climático. Las variaciones en el clima, como el aumento de temperaturas, cambios en los patrones de precipitación y eventos climáticos extremos, están afectando la producción agrícola de manera significativa. En este contexto, la integración de drones y la inteligencia artificial (IA) ofrece herramientas avanzadas para mitigar los efectos del cambio climático y mejorar la resiliencia agrícola.

### Drones en Agricultura y Cambio Climático

Los drones han emergido como una tecnología crucial en la agricultura de precisión, proporcionando una visión aérea detallada de los cultivos y del estado del suelo. Estos dispositivos no tripulados están equipados con cámaras de alta resolución y sensores que capturan datos relevantes sobre la salud de las plantas, el contenido de humedad del suelo y la presencia de plagas o enfermedades. Según un estudio de la Universidad de Illinois, los drones permiten una monitorización detallada y en tiempo real de los cultivos, facilitando la detección temprana de problemas relacionados con el cambio climático, como sequías o inundaciones (Zhang et al., 2020).

En respuesta al cambio climático, los drones pueden ayudar a los agricultores a adaptar sus prácticas. Por ejemplo, los datos obtenidos por drones pueden informar sobre la necesidad de ajustar las estrategias de riego en función de las condiciones cambiantes del

clima. La capacidad de mapear áreas afectadas por sequías y adaptar los sistemas de riego para optimizar el uso del agua es crucial en un entorno de creciente escasez de recursos hídricos (Gómez et al., 2021).

### **Inteligencia Artificial y Cambio Climático en Agricultura**

La inteligencia artificial desempeña un papel central en el análisis de grandes volúmenes de datos recolectados por drones y otros sensores. La IA utiliza algoritmos avanzados para procesar datos y generar modelos predictivos que pueden anticipar cómo el cambio climático afectará a los cultivos. Según un informe de McKinsey & Company, la IA puede analizar datos históricos y en tiempo real para predecir impactos climáticos y recomendar ajustes en las prácticas agrícolas (McKinsey & Company, 2020).

La IA también se utiliza para desarrollar sistemas de alerta temprana que informan a los agricultores sobre condiciones climáticas adversas. Por ejemplo, los sistemas basados en IA pueden integrar datos meteorológicos con información de sensores en el campo para prever eventos como tormentas severas u olas de calor, permitiendo a los agricultores tomar medidas preventivas para proteger sus cultivos (Liu et al., 2021).

### **La Sinergia entre Drones, IA y Cambio Climático**

La sinergia entre drones e IA maximiza la eficacia de las estrategias agrícolas en un contexto de cambio climático. Los drones proporcionan datos detallados y en tiempo real que, cuando se combinan con capacidades analíticas de IA, permiten una gestión precisa y adaptativa de los recursos agrícolas. Por ejemplo, los modelos de IA pueden usar datos de drones para identificar patrones y tendencias en el crecimiento de los cultivos bajo diferentes condiciones climáticas, lo que facilita la adaptación de prácticas agrícolas para mitigar los efectos del cambio climático (Khosravi et al., 2022).

Un estudio realizado por la Universidad de Wageningen destaca que la integración de drones con IA ofrece una visión holística del impacto del cambio climático en la agricultura, permitiendo ajustes en tiempo real y la implementación de prácticas de gestión de cultivos más resilientes (Wageningen University & Research, 2021).

## **CONCLUSIONES**

La interrelación entre drones, inteligencia artificial y el cambio climático está transformando la agricultura en una época de desafíos climáticos sin precedentes. Los drones proporcionan una visión detallada y actualizada de los campos, mientras que la IA analiza estos datos para prever y mitigar los impactos climáticos. Juntas, estas tecnologías no solo optimizan la gestión agrícola, sino que también promueven prácticas más sostenibles y adaptativas, cruciales para asegurar la resiliencia y la seguridad alimentaria en el futuro.

## **REFERENCIAS**

- Gómez, C., Peña, A., & Rodríguez, M. (2021). "Applications of drones in precision agriculture for climate adaptation." *Journal of Precision Agriculture*, 12(3), 234-245.
- Khosravi, A., Anwar, A., & Yang, H. (2022). "Synergies between AI and drones for climate-smart agriculture." *Agricultural Systems*, 194, 103-113.

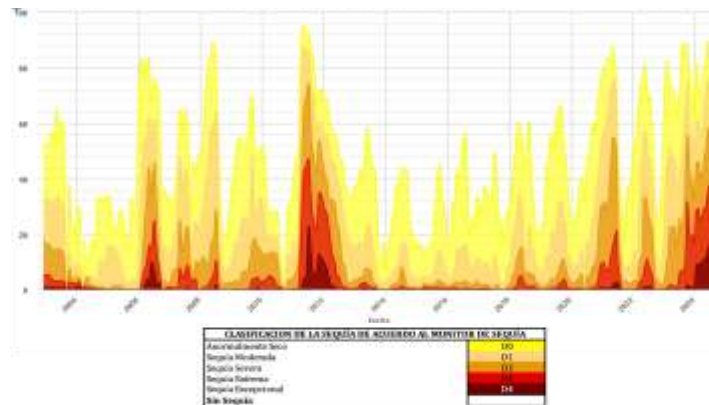
- Liu, Y., Zheng, Y., & Zhao, W. (2021). "AI-driven early warning systems for climate impacts on agriculture." *Climate Change Research*, 29(4), 455-470.
- McKinsey & Company. (2020). "The future of AI in agriculture." Recuperado de McKinsey & Company.
- The Economist Intelligence Unit. (2022). "Technology in agriculture: A new era." Recuperado de The Economist Intelligence Unit.
- Wageningen University & Research. (2021). "The role of drones and AI in climate-adaptive agriculture." Recuperado de Wageningen University & Research.
- Yuan, J., Zhang, Y., & Liu, Y. (2020). "Applications of artificial intelligence in agriculture." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(15), 4003-4010.
- Zhang, L., Wang, J., & Lee, K. (2020). "Drones in agricultural monitoring: A review of recent advancements and applications." *Sensors*, 20(15), 4251.

## BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA: UNA ALTERNATIVA CONTRA LA SEQUÍA DEL CAMPO MEXICANO.

Delgado-Sánchez Pablo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Biotecnología, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Soledad de Graciano Sánchez. SLP., México. C.P. 78321. \*pablo.delgado@uaslp.mx

En la actualidad nos enfrentamos a un impacto negativo de forma acelerada a nivel ambiental debido al cambio climático, incluyendo afectaciones en el ciclo del agua, considerado uno de los recursos más importantes por su participación en múltiples procesos biológicos y que en los últimos años ha ido en disminución, generando condiciones de sequía. Según la Comisión Nacional del Agua (2024) la sequía se define como la disminución en la precipitación promedio mensual o anual que puede recurrir en un territorio, y que, de acuerdo con el Monitor de Sequía en México de la CONAGUA en los primeros 15 días del mes de agosto del presente año, se presentó un incremento hasta alcanzar el 80% del territorio mexicano con algún grado de dicha condición, siendo la Sequía Severa (D2) una de las más representativas, en la Figura 1 se muestra la clasificación por categorías de sequía en el país en un periodo de 20 años.

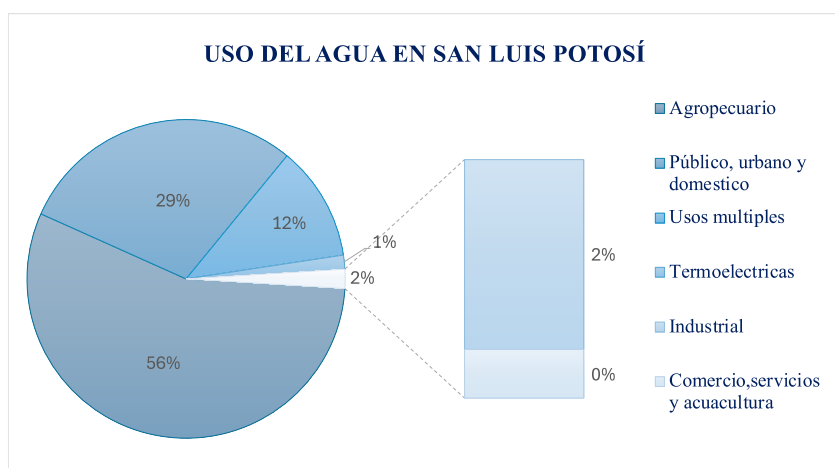


**Figura 1.** Gráfico del porcentaje y la evolución del área del país con una o varias categorías de sequía (datos y gráficos obtenidos del monitoreo de sequía de la comisión nacional del agua)

Aunado a la disminución de las precipitaciones anuales en el territorio mexicano, el uso del agua varía dependiendo de la región y del estado, sin embargo, el 70% del uso de agua potable en la mayoría del país está destinada al sector agropecuario, el cual comprende



actividades como: la agricultura, ganadería y las agroindustrias. El estado de San Luis Potosí en el año 2021 se posicionó en el 15° lugar a nivel nacional con un gasto de agua de 2,194 millones de m<sup>3</sup> (Figura 2) del cual las actividades con mayor consumo de agua fueron: 56% (1,222.5 millones de m<sup>3</sup>) destinados al sector agropecuario y el sector público, urbano y doméstico con un 29% (641.7 millones de m<sup>3</sup>). Si bien el estado solo representa un gasto del 2.5% a nivel nacional, al igual que en estados como Sinaloa y Sonora el campo es el principal consumidor de dicho recurso (CONAGUA 2021).



**Figura 2.** Gráfico del uso del agua y su distribución en el estado de San Luis Potosí en el año 2021 (Gráfica generada a partir de datos obtenidos de la Comisión Nacional del Agua y de INEGI)

Sin embargo, la agricultura es uno de los sectores con mayor ineficiencia en el uso del agua, por lo que se enfrenta constantemente a desafíos relacionados con su desabasto, sistemas de riego anticuados y técnicas no optimizadas. Se calcula que aproximadamente el 50% del agua destinada a fines agropecuarios se pierde por escurrimientos y evapotranspiración (SEMARNAT 2017). En la búsqueda de alternativas se han sobre explotado los acuíferos generando además que presenten algún grado de contaminación, lo que afecta la calidad del agua de riego y la calidad del suelo. Según datos obtenidos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) del año 2023, en San Luis Potosí el maíz de grano es uno de los cultivos de mayor importancia debido a que aproximadamente el 40% de la superficie sembrada fue destinada a la producción de temporal con 66,602 ha. Sin embargo, 40,200 ha presentaron sinestros relacionados en su mayoría con el agua, por lo que las cosechas fueron solo del 39% de la superficie total. El recurso hídrico para las plantas es

crucial para su crecimiento y desarrollo, por lo que la falta o deficiencia de esta genera pérdidas como las antes mencionadas, siendo el establecimiento y la reproducción las fases más vulnerables.

Durante los periodos de sequía, las plantas tratan de mantener un equilibrio hídrico para asegurar la supervivencia a dicha condición, lo cual involucra diferentes procesos (Gupta et al., 2020; Razi & Muneer, 2021):

1. Aumento de la absorción de agua por las raíces: la arquitectura radicular experimenta modificaciones para ser más profundas o superficiales, con la finalidad de capturar eficientemente la humedad del suelo.
2. Cierre estomático: los estomas de la superficie foliar se abren y se cierran en función de las células protectoras circundantes con la finalidad de reducir la pérdida de agua (Buckley, 2019)
3. Activación de vías de respuesta (hormonas, antioxidantes y metabolitos): una de las fitohormonas involucradas en la respuesta a la sequía es el ácido abscísico, debido a que la falta de agua estimula la producción de esta en diferentes órganos de la planta. (Kuromori et al., 2018)

Actualmente en el campo Potosino se implementan diversas estrategias para minimizar las pérdidas por la falta de agua como: el uso de cultivos resistentes a las condiciones de sequía o con menor requerimiento hídrico, coberturas vegetales que ayudan a reducir la evaporación y mantener la humedad, riego por goteo y microaspersión que ayudan a optimizar el uso del agua, y la investigación para desarrollar nuevas variedades de cultivos que sean más eficientes en el uso del agua y resistentes a las condiciones adversas.

En el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí se llevan a cabo diversas investigaciones con el fin de atender a las necesidades del sector agronómico, donde se está evaluado la resistencia al estrés hídrico de más de 130 accesiones de maíces provenientes de todo el estado, mediante técnicas *in vitro* con el uso de polímeros como el Polietilenglicol (PEG) para la inducción y simulación de distintos niveles de sequía, con la finalidad de evaluar la respuesta morfológica y fisiológica para identificar materiales con tolerancia.

Existe un grupo de plantas las cuales se han adaptado a condiciones de sequía extremas, desarrollando adaptaciones fisiológicas para sobrevivir a la falta de agua, por ejemplo:

1. Tejidos especializados: El parénquima y algunas raíces está compuesto por células con paredes delgadas y grandes vacuolas centrales que pueden expandirse y almacenar grandes cantidades de agua y nutrientes en su interior (Ogburn & Edwards, 2019).
2. Reducción de la Transpiración: Algunas especies mantienen los estomas cerrados durante el día y se abren solo durante la noche para minimizar la pérdida de agua, además de desarrollar hojas modificadas en forma de espinas para reducir la superficie desde la cual ocurre la transpiración. (Gibson & Nobel, 2020).
3. Metabolismo CAM: Las plantas del desierto utilizan el metabolismo CAM para la fijación de dióxido de carbono durante la noche, cuando las temperaturas son menores y así disminuir la pérdida de agua. Durante el día, las plantas cierran sus estomas y realizan la fotosíntesis utilizando el dióxido de carbono almacenado (Winter & Holtum, 2014)

Las especies de *Opuntia* tienen estas adaptaciones ecofisiológicas interesantes para tolerar diferentes tipos de estrés abiótico a lo largo de las estaciones del año; sin embargo, existen pocos estudios sobre esto en plantas de México y la región. Además de que a la fecha no se sabe cuáles son los mecanismos moleculares que regulan y hacen que estas plantas sean altamente tolerantes a los diferentes tipos de estrés abiótico.

Por lo tanto, hemos desarrollado estrategias para caracterizar respuestas ecofisiológicas y moleculares de plantas de *Opuntia streptacantha* bajo estrés por frío, calor y déficit hídrico. Hemos realizado evaluaciones a nivel ecofisiológico que nos han permitido determinar las adaptaciones fisiológicas que poseen las plantas de *Opuntia* para tolerar diferentes condiciones de temperatura y déficit de agua, y por otro lado, mediante la secuenciación masiva del transcriptoma de nopal y análisis puntuales de qRT-PCR hemos caracterizado genes que se expresan en respuesta al estrés. De esta manera, hemos ampliado nuestro conocimiento sobre los mecanismos ecofisiológicos y moleculares de tolerancia al estrés que poseen las plantas de *Opuntia* y en un futuro podremos realizar estudios bioinformáticos, evolutivos, moleculares, biotecnológicos y a futuro aplicar este conocimiento en plantas de interés comercial.

---

**REFERENCIAS**

1. Buckley, T. N. (2019). How do stomata respond to water status? *New Phytologist*, 224(1), 21-36. <https://doi.org/10.1111/nph.15899>
2. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2021). Sistema de información del agua. Usos del Agua. <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/usos-del-agua>.
3. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2024). Calidad de agua en México. <https://www.gob.mx/conagua>.
4. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2024). Monitor de Sequía en México. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>
5. Eziz, A., Yan, Z., Tian, D., Han, W., Tang, Z., & Fang, J. (2018). Drought effect on plant biomass allocation: A meta-analysis. *Ecology and Evolution*, 8(5), 1236-1249. <https://doi.org/10.1002/ece3.3738>.
6. Gibson, A. C., & Nobel, P. S. (2020). *The Cactus Primer*. Harvard University Press.
7. Gupta, A., Rico-Medina, A., & Caño-Delgado, A. I. (2020). The physiology of plant responses to drought. *Science*, 368(6488), 266-269. <https://doi.org/10.1126/science.aaz7614>
8. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). Usos del agua en el estado de San Luis Potosí. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvini/egi/productos/historicos/2104/702825224240/702825224240\\_10.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvini/egi/productos/historicos/2104/702825224240/702825224240_10.pdf)
9. Kuromori, T., Seo, M., & Shinozaki, K. (2018). ABA Transport and Plant Water Stress Responses. *Trends In Plant Science*, 23(6), 513-522. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.04.001>
10. Ogburn, R. M., & Edwards, E. J. (2019). The ecological water-use strategies of succulent plants. *Advances in Botanical Research*, 89, 179-227. <https://doi.org/10.1016/bs.abr.2018.10.001>.
11. Razi, K., & Muneer, S. (2021). Drought stress-induced physiological mechanisms, signaling pathways and molecular response of chloroplasts in common vegetable crops. *Critical Reviews In Biotechnology*, 41(5), 669-691. <https://doi.org/10.1080/07388551.2021.1874280>

12. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2017). Productividad del agua en la agricultura. [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores\\_verdes17/indicadores](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores_verdes17/indicadores)
13. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2023). Anuario Estadístico de Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
14. Winter, K., & Holtum, J. A. (2014). Cryptic crassulacean acid metabolism (CAM) in plants: A brief synthesis. *Journal of Experimental Botany*, 65(13), 3423-3431. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru234>.

## **CAMBIOS Y RETOS PARA ACTUALIZAR LOS COMPONENTES DE LAS TECNOLOGÍAS PARA LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA, POR EFECTO DEL CALENTAMIENTO GLOBAL, EN ZACATECAS**

**Echavarría C. F.G.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>INIFAP- Campo Experimental Zacatecas, Carretera. Zacatecas-Fresnillo km 24.5, Calera de Víctor Rosales, Zac., México. [echavarria.francisco@inifap.gob.mx](mailto:echavarria.francisco@inifap.gob.mx)

### **RESUMEN**

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha mantenido líneas de investigación para estudiar en paralelo la evolución de los indicadores del impacto del cambio climático y su impacto en los sistemas de producción agrícola, pecuario y forestal. Las publicaciones realizadas por el Campo experimental Zacatecas del INIFAP, presentan los efectos del llamado cambio climático y como enfrentar con el uso de tecnología, los retos que estos cambios significarán para la producción agropecuaria, así como las oportunidades para adaptar las actividades agropecuarias. Se establecen los principales efectos del incremento de la temperatura, como son la reducción de horas frío, incremento del rango térmico, la afectación en funciones de cultivos, disminución en las áreas potenciales de producción de la mayoría de los cultivos, así como la el incremento en las necesidades hídricas de los cultivos. También el incremento en las generaciones de insectos que afectan los cultivos, reducción de la estación de crecimiento y la necesidad de establecer nuevas zonas climáticas. Se mencionan oportunidades para cultivos como frutales, nopal y pastos nativos y la mitigación de emisiones de metano.

**Palabras clave: Cambio climático, tecnologías, escenarios.**

### **ABSTRACT**

The National Institute of Forestry, Agricultural and Livestock Research (INIFAP) has maintained lines of research to study in parallel the evolution of the indicators of the impact of climate change and its impact on agricultural, livestock and forestry production systems. The publications made by the Zacatecas Experimental Station of INIFAP, present the effects of so-called climate change and how to face with the use of technology, the challenges that these changes will mean for agricultural production, as well as the opportunities to adapt agricultural activities. The main effects of the increase in temperature are established, such as the reduction of cold hours, increase in the thermal range, the impact on crop functions, a decrease in the potential production areas of most crops, as well as the increase in the water needs of crops. Also, the increase in generations of insects that affect crops, reduction of the growing season and the need to establish new climatic zones. Opportunities are mentioned for crops such as fruit trees, cactus and native grasses and the mitigation of methane emissions.

**Key words: Climate changes, technologies, scenarios.**

## INTRODUCCIÓN

Las variables asociadas a la expresión del clima son los indicadores que 'miden' el impacto del cambio climático. Pronosticar su tendencia e intensidad en el corto, mediano y largo plazo evidencian su estacionalidad y su estrecha relación con la disponibilidad del recurso agua. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha mantenido líneas de investigación para estudiar en paralelo la evolución de los indicadores del impacto del cambio climático y su impacto en los sistemas de producción agrícola, pecuario y forestal. A través de paquetes tecnológicos específicos por cultivo y región geográfica (Rodríguez-Moreno, et al. 2021).

El estado de Zacatecas cuenta con una superficie total de 7.5 millones de hectáreas, de esa superficie sólo el 17% se aprovecha para uso agrícola. Se estima que 1.3 millones de hectáreas en promedio se cultivan anualmente; de éstas, 130 mil se cultivan bajo el sistema de riego y 1 millón 120 mil se siembran bajo condiciones de temporal, el cual se caracteriza por su errática distribución e insuficiencia para cubrir las necesidades de los cultivos (Medina, et al., 2016). De la mayoría de los 22 principales cultivos que generan la mayor aportación a la economía del estado de Zacatecas, se cuenta con información sobre los efectos que el calentamiento global pudiera tener sobre ellos, así como de los recursos naturales como agua, suelo y vegetación nativa en áreas de pastizal, plagas y enfermedades, los cuales han sido reportados desde el año 2011. Se presenta un resumen de las recomendaciones realizadas por investigadores del Campo experimental Zacatecas del INIFAP, con las que se intenta hacer conciencia sobre los efectos del llamado cambio climático y como enfrentar con el uso de tecnología, los retos que estos cambios significarán para la producción agropecuaria, así como las oportunidades para incursionar en otras actividades agropecuarias.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental Zacatecas del INIFAP, donde se colectó y analizó la información disponible en diferentes medios electrónicos (SIAP e INEGI) de la productividad de 25 cultivos agrícolas y 10 especies y productos pecuarios del estado de Zacatecas, considerando un periodo de 2010 a 2022. A la información obtenida se aplicó una metodología (Rincón et al., 2004), que consta de 14 variables, dividida en dos dimensiones que son la importancia económica y la competitividad y con ella conocer el comportamiento promedio de 13 años, de la importancia de los cultivos y asociar los efectos del calentamiento global y las necesidades de investigación. Para conocer la tecnología y estudios sobre calentamiento global disponible en el estado de Zacatecas, se consultó la página web <http://zacatecas.inifap.gob.mx> y se seleccionaron los artículos científicos relacionados con los temas de calentamiento global y cambio climático, así como los efectos que estos pudieran tener en los cultivos. Se revisaron las metodologías utilizadas para la realización de los diferentes escenarios y pronósticos, las bases de datos climatológicas utilizadas, los modelos usados, las herramientas de análisis estadístico, matemático, geoestadístico, así como sistemas de información geográfica.

Una vez clasificada la información se procedió a organizar con base al cultivo de estudio, organismos dañinos y recursos naturales afectados como suelo, agua o vegetación. Finalmente se organizaron las recomendaciones, ventajas o desventajas del efecto, así como las oportunidades que se pueden aprovechar, tanto a nivel productivo como de investigación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La revisión de artículos científicos sobre los efectos que el cambio climático provocará sobre los cultivos en el estado de Zacatecas, particularmente los disponibles en la página web <http://zacatecas.inifap.gob.mx> fueron 30, agrupadas por cultivos específicos (Cuadro 1) con 16 artículos; los que se enfocan a cultivos múltiples (Cuadro 2), con nueve artículos y una menor cantidad de material dedicado a las especies animales y agostaderos (Cuadro 3), con 5 artículos. El Cuadro 1 muestra que el maíz es el cultivo sobre el que más se escribe, seguido de frijol, chile, alfalfa, nopal, manzana, durazno, frutales en general y otros. Los métodos de estudio son principalmente el uso de un ensamble de 11 modelos seleccionados para México más el uso de sistemas de información geográfica o agregando herramientas estadísticas (regresión) (50%), también el uso de modelos más datos climatológicos (25%) y solo un caso con experimentación como herramienta básica. Predominan los temas de disminución de horas frío en frutales (19%), incremento de número de generaciones en insectos (12.5%), efectos en incremento de temperatura en maíz, frijol, chile y nopal (25%), de los cuales solo el nopal se prevee que no será afectado, y 37.5% en decrementos de las áreas potenciales de cultivos. En un artículo se recomienda sustituir la alfalfa por maíz forrajero. Esto coincide con lo presentado en la Figura 1, que muestra los cultivos principales del estado de Zacatecas, clasificados de acuerdo a las dos dimensiones ya mencionadas, la importancia socioeconómica y la competitividad. Sobresale el cultivo de chile por la superficie sembrada (35 mil ha), los empleos que genera y el alto valor de la producción, el cultivo de frijol (temporal y riego), el maíz grano y el ajo, los cuatro ubicados en el primer cuadrante de la Figura 1, donde se ubican ambas dimensiones. En cambio, el cultivo de alfalfa, ubicado en el cuadrante 4, presenta valores bajos en ambas dimensiones, pero, con una superficie de siembra de 13,620 ha en promedio de los últimos 13 años.





Figura 1. Principales cultivos en el estado de Zacatecas de acuerdo a su importancia socioeconómica y competitividad.

Cuadro 1. Artículos científicos relacionados con el efecto del cambio climático en los cultivos del estado de Zacatecas.

AÑO	TEMA	CULTIVOS	METODOLOGÍA	TECNOLOGÍA	AUTORES
2021	REQUERIMIENTOS TÉRMICOS DEL NOPAL	NOPAL	MODELOS + SIG	INCREMENTOS DE TEMPERATURA OPTIMA	Guillermo Medina-García et al.
2011	DISMINUCIÓN DE HORAS FRÍO	MANZANA	ENSAMBLE DE MODELOS	VDS. DE MENOR REQ., COMPENSADORES, REUBICACIÓN	Guillermo Medina-García et al.
2011	INCREMENTO DE TEMPERATURA	MAÍZ	MODELOS + SIG	MENOR PRECIPITACIÓN, MENOR RENDIMIENTO Y REDUCCIÓN DE SUPERFICIE POTENCIAL	José Ariel Ruiz Corral et al.
2014	EFFECTO DE CC SOBRE NICHOS DE RAZAS DE MAÍZ DEL GRUPO CÓNICO	MAÍZ	CLIMATOLOGIA+ MODELOS	EFFECTO DIFERENCIADO, FAVORECIENDO A UNAS Y AFECTANDO A OTRAS VDS.	José Ariel Ruiz Corral et al.
2017	DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE MAÍZ A NIVEL MUNDIAL	MAÍZ	MODELO CLIMEX	DEL TROPICO DE CANCER Y CAPRICORNIO, LAS MAS AFECTADAS	Ramírez-Cabral et al.
2020	AUMENTO DE NUMERO DE GENERACIONES DE COGOLLERO POR CC	MAÍZ	CLIMATOLOGIA+ MODELOS	INCREMENTO DE 3-4 A 4-5 PARA 2060	Ramírez-Cabral et al.
2019	DISMINUCIÓN DE HORAS FRÍO POR CC EN MÉXICO	FRUTALES	MODELOS + SIG	DISMINUCIÓN DE SUPERFICIE DE 600 A 800 HF Y -95% DE 800 A 900 HF	Guillermo Medina-García et al.
2012	UNIDADES CALOR EN VARIEDADES DE FRIJOL PINTO	FRIJOL	EXPERIMENTACIÓN	MATERIALES DE CICLO CORTO Y RESISTENTES A LA SEQUÍA	Ramírez-Cabral et al.,
2016	EFFECTO EN POTENCIAL PRODUCTIVO FRIJOL EN MÉXICO	FRIJOL	MODELOS + SIG	DISMINUCIÓN DE 22% EN 2070. NUEVAS VARIEDADES	Guillermo Medina-García et al.
2014	DISMINUCIÓN DE HORAS FRÍO EN LA REGIÓN PRODUCTORA DE DURAZNO EN ZACATECAS	DURAZNO	CLIMATOLOGIA+ MODELOS	VDS CON BAJO REQ. DE HORAS FRÍO COMO "VICTORIA", TEMPRANO", ETC.	Guillermo Medina-García et al.
2012	EFFECTO DE CC EN EL NUMERO DE GENERACIONES DE MOSQUITA BLANCA	CHILE	CLIMATOLOGIA+ MODELOS	MAYOR NUMERO DE GENERACIONES, AMPLIACIÓN DEL ÁREA	Ramírez-Cabral et al.
2017	HORAS DE RANGOS TÉRMICOS DE CHILE EN NORTE-CENTRO	CHILE	MODELOS + REGRESIÓN +GIS	FAVORABLE DESARROLLO PERO AFECTA FLORACIÓN	Guillermo Medina-García et al.
2017	ÁREAS POTENCIALES DE PLANTACIONES FORESTALES CON EL CC/JALISCO	Cedrela odorata, Tabebuia rosea, enterolobium cyclocarpum	MODELOS + SIG	DISMINUCIÓN DE ÁREA ÓPTIMA	Rueda-Sánchez et al.
2020	EL CC EN LA DISTRIBUCIÓN DE TITHONIA DIVERSIFOLIA	ARNICA	MODELOS + SIG	INCREMENTO EN ZONAS POTENCIALES	Noé Durán Puga et al.
2020	CC EN LA PRODUCCIÓN DE ALFALFA EN MÉXICO	ALFALFA	MODELOS + SIG	REDUCCIÓN DE 24.7% EN 2070/SUSTITUCIÓN POR MAÍZ FORRAJERO	Guillermo Medina-García et al.
2017	CC MODIFICARÁ ZONAS PRODUCTORAS DE AGUACATE	AGUACATE	MODELOS + SIG	MEJORES CONDICIONES PARA EL CULTIVO DE AGUACATE EN EL CLIMA SEMICÁLIDO SUBHÚMEDO.	Arturo Álvarez-Bravo et al.

García-Bandala (2021) utiliza esos mismos cinco cultivos y estima con el uso del ensamble de modelos seleccionados para México, el efecto del cambio climático sobre el UC (uso consuntivo), encontrando que el UC del frijol, maíz, alfalfa, chile y ajo podría aumentar hasta 64.8, 78.3, 190.6, 73.2 y 50.2 mm, respectivamente, en el RCP 8.5, para 2070. El RCP 8.5 hace referencia a un futuro sin cambios en la política de reducción de emisiones. Ello implica mayor demanda del recurso hídrico. El escenario más adverso lo presenta el cultivo de la alfalfa, presentando el mayor déficit hídrico y el de menor déficit es el frijol. Nuevamente. la sustitución de la alfalfa por cultivos como el maíz forrajero es recomendada.

Otro grupo de artículos publicados por los investigadores de Zacatecas, son los trabajos enfocados a cultivos múltiples, el Cuadro 2 muestra nueve artículos científicos que se enfocan en temas generales como regionalización, estación de crecimiento, cambios de

uso del suelo, efectos de erosión hídrica, cambios en la demanda de agua e índices de fósforo, climatológicos como la relación con el efecto del niño del sur (ENSO). Todos usan modelos, con variantes de incorporar datos climatológicos, sistemas de información geográfica u otras herramientas geoestadísticas, análisis multivariado, series de tiempo y otros modelos adicionales. La generalidad es que se pronostican reducciones en superficie potencial, menor número de días de estación de crecimiento, nuevas clasificaciones de zonas climáticas, cambios en los índices climáticos y solo un efecto de mantenimiento de valores de erosión hídrica por disminución de la lluvia.

Cuadro 2. Artículos científicos relacionados con el efecto del cambio climático en los cultivos del estado de Zacatecas.

AÑO	TEMA	CULTIVOS	METODOLOGÍA	TECNOLOGÍA	AUTORES
2016	CC EN LA ESTACIÓN DE CRECIMIENTO	MÚLTIPLES CULTIVOS	CLIMATOLOGÍA+ MODELOS	DISMINUCIÓN DE 1 A 21 EN 2050 Y DE 1 A 35 EN 2070	José Ariel Ruiz-Corral et al.
2016	INDICES DE CC EN CHIAPAS 1960-2009	MÚLTIPLES CULTIVOS	CLIMATOLOGÍA+ MODELOS	SIGNIFICATIVA EN 63% DE LAS ESTACIONES ESTUDIADAS	Celia de la Mora Orozco et al.
2016	REGIONALIZACIÓN DEL CC EN MÉXICO	MÚLTIPLES CULTIVOS	CLUSTER+COMP. PRINCIPALES	ONCE GRUPOS DESDE ENFRÍAMIENTO HASTA DESECACIÓN SEVERA	José Ariel Ruiz-Corral et al.
2017	CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO POR CC/ESCENARIO CC A1F1	MÚLTIPLES CULTIVOS	A1F1/GEOESTADÍSTICA	SEMIARIDOS MAS VULNERABLES,	Víctor Manuel Rodríguez Moreno et al.
2020	EROSION HIDRICA EN ÁREAS PASTIZALES, AGRICOLAS Y FORESTALES	MÚLTIPLES CULTIVOS	MODELOS + SIG	REDUCCIÓN EROSIÓN HÍDRICA 5.8% EN 2070. MENOR REDUCCIÓN EN	Francisco Echavarría-Cháirez et al.
2020	FACTOR DE TRANSPORTE DE INDICE DE FÓSFORO EN CC/JALISCO	MÚLTIPLES CULTIVOS	MODELOS + SIG	EN RCP8.5 ES ALTO EL FTIR	Hugo Ernesto Flores López, et al.
2021	CAMBIOS EN LA DEMANDA DE AGUA DE CULTIVOS	MÚLTIPLES CULTIVOS	MODELOS	INCREMENTO EN UC DE FRIJOL, MAÍZ, ALFALFA,	Martín García Bandala, et al.
2021	VULNERABILIDAD AL CC EN MEXICO	MÚLTIPLES CULTIVOS	TECNICAS DIVERSAS	POLITICA PUBLICA/USO DE PRONOSTICOS	Victor Manuel Rodríguez Moreno et al.
2020	PRECIPITACIÓN Y ENSO	MÚLTIPLES CULTIVOS	ANÁLISIS MULTIVARIADO	MEJOR ENTENDIMIENTO DEL FENÓMENO	Ricardo David Valdez Cepeda et al.

El Cuadro 3 hace referencia a especies animales y solo se encontraron 5 artículos científicos, en los que sobresale el tema de estrategias para reducir las emisiones de metano en bovinos y ovinos; también la prevalencia de enfermedades y generación de resistencia y la oportunidad que representa la revegetación de agostaderos, asumiendo efectos por reducción de lluvia e incremento de temperatura. En este grupo se observa más la experimentación como herramienta de evaluación y el uso de extractos, aceites esenciales y pro bióticos para reducir emisiones de metano.

## CONCLUSIONES

Existe una gran cantidad de información que aborda el tema del efecto del cambio climático en las actividades agropecuarias del estado de Zacatecas, las cuales establecen los principales efectos del incremento de la temperatura, como son la reducción de horas frío, incremento del rango térmico, afectando funciones de cultivos, disminución en las áreas potenciales de producción de la mayoría de los cultivos, así como la el incremento en las necesidades hídricas de los cultivos. También el incremento en las generaciones de insectos que afectan los cultivos, reducción de la estación de crecimiento y la necesidad de

establecer nuevas zonas climáticas. Se mencionan oportunidades para cultivos como el nopal y pastos nativos. La mitigación de emisiones de metano es también un tema recurrente.

Cuadro 3. Artículos científicos relacionados con especies animales y agostaderos y el efecto del cambio climático sobre ellos.

AÑO	TEMA	CULTIVOS	METODOLOGÍA	TECNOLOGÍA	AUTORES
2019	MITIGACIÓN DE METANO CON EXTRACTOS	BOVINOS	EXPERIMENTACIÓN	Origanum vulgare, Artemisa ludoviciana y	Lucía Delgadillo Ruiz et al.
2020	EFFECTO DEL CC EN PRODUCCIÓN PECUARIA Y SALUD ANIMAL	ESPECIES ANIMALES	REVISIÓN	PREVALENCIA Y RESISTENCIA A ENFERMEDADES	Berenice Sánchez Mendoza, et al.
2020	APTITUD AMBIENTAL PARA BANDERITA POR CC EN MÉXICO	ZACATE BANDERILLA	MODELOS + SITIOS DE RECOLECTA	DISMINUCIÓN DE 3 AL 14% CON RECUPERACIÓN HASTA +1.4%	José Ángel Martínez Sifuentes et al.
2021	MITIGACIÓN DE METANO CON ACEITES ESENCIALES	BOVINOS	EXPERIMENTACIÓN	TIMOL, LINALOL, LIMONENO. ACEITE DE ROMERO	Lucía Delgadillo Ruiz et al.
2024	DISMINUCIÓN DE EMISIONES DE METANO	OVINOS	EXPERIMENTACIÓN	USO DE PROBIOTICOS	Carlos Meza López et al.

## REFERENCIAS

- Delgadillo-Ruiz L, R. Bañuelos- Valenzuela, F. Echavarría-Cháirez, P. I. Gallegos-Flores, C. Meza-López. 2019. Uso de extractos de plantas en la fermentación ruminal *in vitro*. Abanico Veterinario. Enero-Diciembre 2019; Vol. 9. <http://dx.doi.org/0001600016>
- Delgadillo-Ruiz, L, R. Bañuelos- Valenzuela, P.I. Gallegos-Flores, F. Echavarría-Cháirez, C. Meza-López, N. Gaytan- Saldaña. 2021. Modificación de la fermentación ruminal *in vitro* para mitigación de metano mediante la adición de aceites esenciales de plantas y compuestos terpenoides. Abanico Veterinario. Enero-Diciembre 2021; 11:1-12. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2021.9>
- Echavarría-Cháirez, F.G., G. Medina-García, J.A. Ruíz-Corral. 2020. Efecto en la erosión hídrica del suelo en pastizales y otros tipos de vegetación por cambios en el patrón de lluvias por el calentamiento global en Zacatecas, México. Rev Mex Cienc Pecu 2020;11(Supl 2):63-74.
- Flores-López H.E., A. A. Chávez-Durán, J. A. Ruíz-Corral, C. De La Mora-Orozco, U. Figueroa-Viramontes, A. Hernández-Anaya. 2020. Estimación del factor de transporte del índice de fósforo con climatologías y escenarios de cambio climático en tierras de Jalisco, México.
- García-Bandala M., A.N. García-Beltrán, G. Medina-García, M. Servín-Palestina, N. Ramírez-Cabral. 2021. Efecto posible del cambio climático sobre la demanda de agua de cultivos importantes en Zacatecas. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, 20(2), e202104001. doi: 10.5154/r.rchsza.2021.04.001.
- Martínez-Sifuentes J.A., N. Durán-Puga, J. A. Ruiz Corral D. R. González-Eguiarte, S. Mena-Munguía. 2020. Áreas con aptitud ambiental para [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en México por efecto del cambio climático. Rev Mex Cienc Pecu 2020;11(Supl 2):49-62
- Medina García, G., J.A. Ruíz-Corral, M.R. Ramírez-Legarreta, G. Díaz-Padilla. 2011. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. Núm. 2 1 de septiembre - 31 de octubre, 2011 p. 195-207
- Medina-García G., J. A. Ruiz-Corral, J. A. Zegbe, J. Soria-Ruiz, V. Rodríguez-Moreno, G. Díaz Padilla. 2014. Impacto potencial del cambio climático en la región productora de durazno en Zacatecas, México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. Pub. Esp. Núm. 10, 12 de noviembre - 31 de diciembre.
- Medina-García G., J. A. Ruiz-Corral, J. A. Zegbe, J. Soria-Ruiz, V. Rodríguez-Moreno, G. Díaz Padilla. 2014. Impacto potencial del cambio climático en la región productora de

- durazno en Zacatecas, México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. Pub. Esp. Núm. 10 12 de noviembre - 31 de diciembre.
10. Medina García, G., J. A. Zegbe Domínguez, M. Reveles Hernández, J. Mena Covarrubias, L. Reveles Torres, F. G. Echavarría Cháirez. 2016a. Tecnología para la producción de cultivos en el área de influencia del Campo Experimental Zacatecas. Libro Técnico Núm. 16.
  11. Medina-García G., J. A. Ruiz-Corral, V. M. Rodríguez-Moreno, J. Soria-Ruiz, G. Díaz-Padilla, P. Zarazúa-Villaseñor. 2016b. Efecto del cambio climático en el potencial productivo del frijol en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. E s p . N ú m . 13 01 de enero - 14 de febrero, 2016 p. 2465-2474
  12. Medina-García G., J. Grageda-Grageda, J. A. Ruiz-Corral, J. I. Casas-Flores, V. M. Rodríguez-Moreno, C. de la Mora-Orozco. 2019. Disminución de las horas frío como efecto del cambio climático en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas volumen 10 número 6 14 de agosto - 27 de septiembre, 2019.
  13. Medina-García G., F. G. Echavarría-Cháirez, J. A. Ruiz-Corral, V. M. Rodríguez-Moreno, J. Soria-Ruiz, C. De la Mora-Orozco. 2020. Efecto del calentamiento global sobre la producción de alfalfa en México. Rev Mex Cienc Pecu 2020;11(Supl 2):34-48
  14. Medina-García, G., J.A. Zegbe, J.A. Ruiz-Corral, J.I. Casas-Flores, V.M. Rodríguez-Moreno. 2021. Influence of climate change on thermal requirements of cactus pear (*Opuntia* spp.) in Central-Northern of Mexico. *Revista Bio Ciencias* 8, e1007. <https://doi.org/10.15741/revbio.08.e1007>
  15. Meza-López C., R. Bañuelos-Valenzuela, F. Echavarría-Cháirez, L. Delgadillo-Ruiz, E. Delgadillo-Ruiz, N. Gaytan- Saldaña. 2024. Estimación de metano en corderos bajo condiciones de estiaje con dieta de mantenimiento y probióticos. *Abanico Veterinario*. Enero-Diciembre 2024; 15:1-16. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2024.8>
  16. Ramírez-Cabral N., R.A. Sánchez-Gutiérrez, J.A. Cid-Ríos, R. Cruz-Bravo. 2012. Variedades de frijol pinto, una alternativa para mitigar los efectos del cambio climático en el noroeste de Zacatecas. CIENCIA E INNOVACIÓN, Julio - diciembre, 2021, Volúmen 4, número 2, 94-100 pp.
  17. Ramírez-Cabral, N., G. Medina-García, L. Kumar. 2020. Aumento del número de generaciones de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) como indicador del calentamiento global. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 19(1), 1-16. doi: 10.5154/r.rchsza.2020.11.01
  18. Ramírez-Cabral, N, J. Mena-Covarrubias, G. Medina-García, J.A. Ruiz-Corral, Casas Flores, J. I. 2021. Climate change effects on thermal requirements and number of broods of whitefly (*Bemisia tabaci*) in the north-central region of Mexico. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 20(2), e2021.04 002. doi: 10.5154/r.rchsza.2021.04.002
  19. Rincón V. F., F. G. Echavarría C., A. F. Rumayor R., J. Mena C., A. G. Bravo L., E. Acosta D., J.L. Gallo D., H. Salinas G. (2004) Cadenas de Sistemas Agroalimentarios de Chile Seco, Durazno y Frijol en el Estado de Zacatecas: Una Aplicación de la Metodología ISNAR. Publicación Especial 14. Campo Experimental Zacatecas, INIFAP. Calera de Víctor Rosales, Zacatecas. 157 p.
  20. Rodríguez-Moreno V.M., G. Medina-García, G. Díaz-Padilla, J.A. Ruíz-Corral, J. Estrada-Avalos, J.E. Mauricio-Ruvalcaba. 2021. ¿Porque México es un país altamente vulnerable al cambio Climático ?. Rev. Mex. Cienc. Agríc. pub. esp. núm. 25 01 de junio - 15 de julio, 2020.
  21. Ruiz-Corral J.A., G. Medina-García, V. M. Rodríguez-Moreno, J. de J Sánchez-González, R. Villavicencio -García, N. Durán-Puga, J. Grageda-Grageda, G. E. García-Romero. 2016a. Regionalización del cambio climático en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. E s p . N ú m . 13 01 de enero - 14 de febrero, 2016 p. 2451-2464.
  22. Ruiz-Corral J.A., G. Medina-García, H. E. Flores-López, J. L. Ramírez-Díaz, L. De la Cruz-Larios, J. F. Villalpando-Ibarra, C. De La Mora-Orozco, N. Durán-Puga, G. E. García-Romero, O. Ruiz-Álvarez. 2016b. Impacto del cambio climático sobre la estación de crecimiento en el estado de Jalisco, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. E s p . N ú m . 13 01 de enero - 14 de febrero, 2016 p. 2627-2638
  23. Valdez-Cepeda R.D., C.E. Galván-Tejada, J.I. Galván-Tejada, G. Medina-García, F. Blanco-Macias, S de J. Mendez-Gallegos, R. Magallanes-Quintanar. Relationship between

precipitation anomalies and multivariate ENSO index trough wavelet coherence analysis. *Atmósfera* 33(3), 285-299 (2020).

## ESTRATEGIAS DE MANEJO DE NEMATODOS NODULADORES EN GUAYABO

González-Gaona Ernesto<sup>1</sup>, Karla Vanessa De Lira-Ramos<sup>1</sup>, Roberto Sánchez-Lucio<sup>2</sup>,  
Catarino Perales Segovia<sup>3</sup>, Olga Lidia Rivera Dávila<sup>4</sup>, Alberto Margarito García  
Mungía<sup>4</sup> José Mario Miranda Ramírez<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. C. E. Pabellón,  
Pabellón de Arteaga, Aguascalientes CP 20660, <sup>2</sup> Doctorado Institucional en Ciencias  
Agrícolas y Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango, <sup>3</sup> Tecnológico Nacional  
de México/ ITEL de Aguascalientes. División de Estudios de Postgrado e Investigación. Km.  
18 carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, CP 20330. El Llano, Aguascalientes, México,

<sup>4</sup>Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av.  
Universidad No. 940 C.P. 20131, Aguascalientes, Ags, México, <sup>5</sup>Tecnológico Nacional de  
México/ ITS de Apatzingán. Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. km 3.5 carretera  
Apatzingán-Aguililla, C.P. 60710. Apatzingán, Michoacán, México.

Email: [roberto\\_sanchez\\_lucio@yahoo.com.mx](mailto:roberto_sanchez_lucio@yahoo.com.mx)

### RESUMEN

El nematodo agallador *Meloidogyne* spp., es el principal problema parasitológico del guayabo en Calvillo, ya que se distribuye en 90% de la superficie y puede reducir la producción en un 70 % y disminuir la vida productiva de los árboles afectados. Para su control se emplean productos de síntesis química, aunque su uso excesivo, provoca contaminación ambiental y perjudica la salud humana. Cabe aclarar que en México no existe un nematicida de síntesis química registrado ante Sanidad Vegetal para guayabo. Se presentan estrategias de manejo alternativas donde se incluyen prácticas de control cultural que involucra establecer el huerto con plantas de acodo aéreo y manejo del riego, empleo de plantas resistentes y la aplicación de enmiendas orgánicas para favorecer a los antagonistas y la producción de raicillas alimentadoras, en el control se enfatiza el empleo de extractos de plantas como repelentes y de combate, así como estrategias de control biológico.

### Palabras clave

*Psidium guajava*, *Meloidogyne incognita*, extractos de plantas

### ABSTRACT

The root-knot nematode *Meloidogyne* spp. is the main parasitological problem of guava in Calvillo, since it is distributed in 90% of the surface and can reduce production by 70% and decrease the productive life of the affected trees. For its control, chemical synthesis products are used, although their excessive use causes environmental contamination and harms human health. It should be noted that in Mexico there is no chemical synthesis nematode registered with the Plant Health Department for guava. Alternative management strategies are presented, which include cultural control practices that involve establishing the orchard with air layering plants and irrigation management, use of resistant plants and the application of organic amendments to favor antagonists and the production of feeder roots. In

control, the use of plant extracts as repellents and combat agents is emphasized, as well as biological control strategies.

### Key words

*Psidium guajava*, *Meloidogyne incognita*, extractos de plantas

## INTRODUCCIÓN

El guayabo (*Psidium guajava* L.) es una planta de la familia de las Myrtáceas, con origen en el trópico americano. En la República Mexicana se le cultiva en 22 Estados con una superficie aproximada de 23 mil ha, los de mayor superficie, productividad y tecnificación son: Michoacán, Aguascalientes y Zacatecas con 9, 7 y 5 mil ha respectivamente (Padilla *et al.*, 2007). Es considerado como uno de los 12 frutales de mayor importancia en México, con una producción anual de 300 mil ton/año<sup>-1</sup> (SIAP-SAGARPA, 2009), la mayor parte de la producción se dirige al mercado interno para su consumo en fresco (80%), el consumo percapita de guayaba en México es 3.0 kg/persona/año (Reboucas *et al.*, 2003).

La zona productora de Aguascalientes se ubica en el municipio de Calvillo, entre 21°42' 54'' y 22° 06''25.20'' latitud N y 102° 31'26.40'' y 102° 52'30'' Longitud O, con una altitud promedio de 1,630 msnm con clima semiseco semicálido con lluvias en verano BS1hw con temperatura media anual de 18 °C y precipitación promedio anual de 660 mm. En esta región se cultivan 6,268 ha<sup>-1</sup>, y se produce el 32.3% de la producción nacional con un valor comercial superior a los 300 millones de pesos (SIACON-SIAP, 2013; Elizalde-González y Segura-Rivera, 2018), se le cultiva desde hace más de 100 años, por lo cual los productores de esta región son considerados como los pioneros del cultivo en México. La mayoría de las huertas se establecieron con criollos seleccionados por los mismos productores, la guayaba producida es un fruto ovoide, de color amarillo en su madurez y con un peso de 50 a 100 g en la calidad de primera que se conoce como guayaba “media china” de Calvillo.

Dentro de los problemas fitosanitarios del cultivo, las principales plagas son: las moscas de la fruta del género *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae), el picudo de la guayaba conformado por un grupo de especies del género *Conotrachelus*, aunque predomina *C. dimidiatus* (Coleóptera: Curculionidae) y el Temolillo *Cyclocephala lunulata* (Coleóptera: Scarabaeidae) que ataca frutas en la época temprana (mayo-agosto). Las enfermedades más comunes son: problemas radiculares ocasionados por pudriciones de las raíces (*Phytophthora* y *Fusarium*) y nematodos noduladores del género *Meloidogyne*, clavo de la guayaba ocasionado por el hongo *Pestalotiopsis* y la presencia de un vector, y la peca o baqueteado de origen incierto (González *et al.*, 2003).

El nematodo agallador *Meloidogyne* spp., se distribuye en 90% de la superficie con guayabo en la región de Calvillo (Valle, 1994). La amplia diseminación de este nematodo se asoció con el método de propagación por hijuelos de raíz, no sólo a nivel regional sino también nacional (González *et al.*, 2002). Para el control se



emplean productos de síntesis química, aunque su uso excesivo, provoca contaminación al ambiente y perjudica la salud humana (Duncan y Noling, 1998). Los productos químicos para el control de nematodos que se utilizan en guayabo en México son: Furadán® (Carbofuran) 5% G a dosis de 250 g por árbol (Carrillo et al., 1990), Nematicur® (Phenamiphos) 10% G a dosis de 150 g por árbol y Mocap® (Ethoprop) 10% G en dosis de 200 g por árbol (Valle, 1992). Sin embargo, es necesario aclarar que en México no existe un nematicida de síntesis química registrado ante Sanidad Vegetal para guayabo.

En el presente escrito se presentan estrategias alternativas de manejo de los nematodos noduladores que afectan al guayabo en Calvillo, Aguascalientes pero que pueden ser empleadas en todas las zonas productoras de México, señalando como pueden ser afectadas por el cambio climático tanto la planta como el nematodo.

### REGIONES PRODUCTORAS

Con el cambio climático la zona productora de guayaba se amplía, ya que la altitud limitante para el cultivo se ubicaba en los 1,800 msnm por la presencia de temperaturas frías en el otoño e invierno, al aumentarse el calor en las zonas con altitudes cercanas a 2,000 msnm se vuelve más adecuada para el cultivo. Actualmente en este tipo de zonas como Temascaltepec, Estado de México, el cultivo tarda en producir hasta ocho meses, en estas zonas productoras se reducirá el tiempo de desarrollo del cultivo al incrementarse la temperatura. En el otro lado de la moneda las zonas que son más cálidas presentarán el problema de que la planta gastará mucha energía en el crecimiento de brotes y poca fruta; en la región de Hermosillo, Sonora, se estableció una parcela con selecciones y variedades de guayaba de la zona de Calvillo y se observó que además de los altos requerimientos de agua, el árbol crecía constantemente y para manejarlo se tuvieron que realizar podas frecuentes y emplear la técnica de poda de freno.

Tanto el guayabo como los nematodos son organismos poiquilotérmicos que su desarrollo es regido por la temperatura y al aumentar esta, el ciclo de vida de los nematodos se acorta, así como su agresividad se incrementa y los daños son más graves, mientras que la planta acelera su desarrollo y se vuelve más vulnerable al estrés hídrico (calmeo) que se emplea para programar la producción y escapar a las temperaturas frías.

### NEMATODOS ASOCIADOS A GUAYABA

En las zonas productoras de guayaba del mundo se han realizado estudios para determinar los nematodos asociados a este cultivo, identificándose 28 géneros asociados. Los nematodos más citados son: *Helicotylenchus*, *Hoplolaimus*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus* y *Rotylenchus*. En India, se considera que *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Rotylenchus*, *Xiphinema* y *Longidorus* son patógenos potenciales del cultivo, ya que pueden causar declinamiento de la planta por si solos o en asociación con otros patógenos pues algunos son vectores de virus.

El principal problema del cultivo son los nematodos noduladores del género *Meloidogyne* y la especie problema en varios países es *M. incognita* (Milan, 2005), incluido Brasil (Moreira et al., 2001); Malasia (Karim and Yuen, 1994 citados por Milan, 2005); Cuba (González et al., 1995) y México (Aguirre et al., 2001; Acosta, 2001 y Borys, 1980). Aunque también se menciona a *M. arenaria* (Crozzoli et al., 1992; Avelar et al., 2001) y a *M. javanica* (Carrillo et al., 1990; Avelar et al., 2001); sin embargo, la que predomina es *M. incognita*.

En América se ha detectado la presencia de *M. mayaguensis* que es una especie muy peligrosa ya que puede romper la resistencia proporcionada por el gen Mi-1 que confiere resistencia a *M. javanica*, *M. arenaria* y *M. incognita* en varios cultivos de importancia económica (Brito et al., 2004). Aunque tradicionalmente se le ha asociado con café y guayaba (Rodríguez et al., 2004), es en este último cultivo donde es más patogénico y causa los mayores daños (Perichi et al., 2006). En guayabo *M. mayaguensis* se ha detectado en Cuba (Rodríguez et al., 2004), Brasil (Carneiro et al., 2001; Lima et al., 2007; Soares et al., 2007), Venezuela (Perichi et al., 2006) y Florida (Brito et al., 2004).

Cid del Prado-Vera et al. (1997), muestrearon 47 localidades procedentes de 18 estados de la República Mexicana y obtuvieron 56 poblaciones de las cuales 60.7, 21.4, 12.5 y 5.3 % pertenecen a *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* y *M. hapla* respectivamente. Respecto a las especies determinadas en la zona productora Calvillo-Cañón del Juchipila, se encontró a *M. incognita* (raza 2), *M. javanica* y *M. arenaria* con 65, 31 y 4 % de incidencia respectivamente (Avelar et al., 2001)

El declinamiento del guayabo en la región Calvillo-Cañones, ocasionado por nematodos y hongos del suelo reduce la producción en un 70 % (Avelar et al., 2001). En Venezuela las pérdidas en la producción son del orden del 48 al 57 % (Suárez y Rosales, 2002 citados por Moya, 2005).



Figura 1. Apariencia externa de un árbol afectado por nematodos y las agallas en las raíces indicativo del ataque por nematodos noduladores.

### CICLO DE VIDA

En los nematodos noduladores, el ciclo se inicia con los huevecillos que pueden encontrarse libres en el suelo o embebidos en una matriz gelatinosa adherida a las raíces. La larva de segundo estadio (J2) emerge de los huevecillos e invade nuevas raicillas usualmente cerca de la punta de crecimiento, penetrando la corteza y estableciéndose con la parte anterior de la cabeza en contacto con el cilindro vascular; en donde, en hospederos susceptibles inducen la formación de células gigantes. A medida que se alimenta crece poco en longitud y mucho en grosor (Guiram y Riter, 1979). Al alimentarse de las células gigantes los juveniles también ocasionan una intensa multiplicación de las células vegetativas ocasionando una hiperplasia. Estos cambios se acompañan por el engrosamiento de la raíz para formar las agallas que son conspicuas y visibles a simple vista (Cepeda, 1996). Durante su desarrollo, la larva pasa por tres mudas, la última en el macho se convierte en una verdadera metamorfosis; en donde, se observa que en el interior del cuarto estadio larval se encuentra un nematodo largo y doblado, el cual emerge y copula con la hembra en especies anfimíticas y se le ubica en el suelo. A medida que la hembra empieza a adquirir una forma piriforme, secreta una matriz gelatinosa en donde deposita de 500 a 1,000 huevecillos (Figura 2).

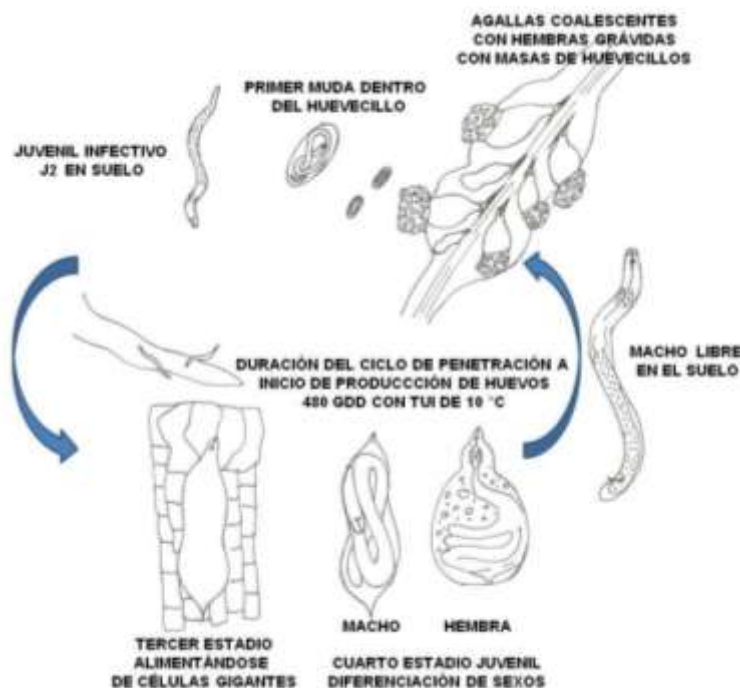


Figura 2. Ciclo de vida de un nematodo nodulador del género *Meloidogyne*

### CONTROL CULTURAL

El primer paso es prevenir la entrada de los nematodos a la huerta, esta actividad se inicia con la propagación asexual de plantas sanas y libres de nematodos. Se sugiere comprar las plantas en viveros registrados ante la SAGARPA y ante Sanidad Vegetal, cerciorándose que las plantas se hayan propagado mediante acodo aéreo (González et al., 1999) o enraizamiento de estacas. Adicionalmente existe la tecnología

para la propagación de guayabos “in vitro” (Bajpai et al., 2005; Chandra y Mishra, 2005; Mishra et al., 2005), aunque aún no se dispone de este tipo de plantas en forma comercial.

El segundo paso es determinar si el suelo en que se establecerá la huerta existen poblaciones nativas de nematodos agalladores y sus niveles; para lo cual es necesario, tomar muestras de suelo y enviarlas a un laboratorio de diagnóstico fitosanitario, así como tener en cuenta los cultivos que se han sembrado dos o tres ciclos antes. Lo anterior debido a que los nematodos fitopatógenos son parásitos obligados y la falta de hospederos susceptibles en el suelo durante dos o tres años produce la erradicación, ya que mueren de inanición.

Una vez establecida la huerta de guayabo es necesario tener en cuenta que los nematodos se pueden diseminar por el agua de riego y el suelo en equipo agrícola, por lo que se sugiere regar y cultivar por separado las áreas donde se hayan encontrado plantas con raíces agalladas.

El manejo activo del suelo emplea prácticas de labranza mínima, aplicaciones de compostas o estiércoles composteados, abonos verdes, cultivos de cobertera y rotación de cultivos. Estas prácticas promueven el desarrollo de organismos parásitos de los nematodos. Algunas fuentes de materia orgánica que se conoce son supresivos de nematodos incluyen: aserrines, bagazo de caña, harina de hueso, estiércoles y compostas. Los materiales quitinosos como cáscaras de crustáceos son efectivos debido a que varias especies de hongos que se alimentan de quitina también atacan la quitina contenida en los huevos de nematodos (Guerena, 2006).

La adición de enmiendas orgánicas favorece el crecimiento de las plantas y puede aprovecharse para la recuperación de árboles de guayabo. Casassa-Padrón et al. (2004), evaluaron el efecto de la incorporación trimestral de estiércol de cabra y la composta de cachaza (30 a 60 kg por árbol) en la recuperación de árboles de siete años, señalando que se favoreció la fase reproductiva de los árboles y se disminuyó la población de *M. incognita*.

### **CONTROL CON EXTRACTOS**

Una estrategia alternativa sin productos de síntesis química es el empleo de la biofumigación que consiste en la acción de sustancias volátiles que se producen en la biodescomposición de la materia orgánica mejorando las características físicas, químicas y biológicas del suelo, se le considera altamente eficaz en el control de organismos móviles como es el caso de nematodos (Bello et al., 2001). Mediante la biofumigación se puede lograr disminuciones en la incidencia de *M. incognita* superiores al 90 %, se diferencia de la fertilización orgánica sólo en la selección del biofumigante y en la metodología de aplicación (DíazViruliche et al., 2001).

Existen estudios donde se menciona que la aplicación de residuos de plantas como: brócoli, col, canola y mostaza (*Brassica* spp.) han reducido la incidencia de enfermedades causadas por patógenos del suelo. Este efecto plaguicida de los residuos de estas plantas se ha atribuido a la liberación de compuestos denominados isotiocianatos “ITCs”, los cuales a su vez son producto de la degradación de otros compuestos llamados glucosinolatos “GLs” (Charron y Sams, 1999). Los isotiocianatos y nitrilos suprimen a los nematodos interfiriendo con sus

ciclos reproductivos. El rompimiento de estos productos en los glucosinatos es muy similar al fumigante químico VAPAM® (Metam Sódico) que se degrada en el suelo en metil isotiocianato, los glucosinatos son los responsables del sabor pungente y olor de las mostazas (Brown y Morra, 1997 citados por Guereña, 2006).



Figura 3 aplicación de enmiendas orgánicas (hojarasca en el piso del cajete) y plantas con propiedades nematicidas (solarización y crucíferas).

El Pasto sudan y el sorgo contienen al químico Dhurrin que se degrada en cianamida hidrogenada, que es un poderoso nematicida (Dover et al., 2004; Luna, 1993 citado por Guereña, 2006), que se pueden sembrar entre las calles en los primeros años antes de que el guayabo crezca y produzca comercialmente

Otra medida útil para reducir la población de nematodos y los daños que ocasionan, es la siembra de plantas como el cempasúchil o flor de muerto que libera una sustancia (alfa terthienyl) que es un poderoso nematicida, insecticida y antiviral con efecto supresivo en 14 géneros de nematodos en especial contra *Pratylenchus* spp. y *Meloidogyne* spp., inhibiendo la eclosión de los huevecillos, además de que cuando los juveniles penetran en sus raíces no logran alcanzar la madurez (Krueger et al., 2007). Se ha observado que los mejores resultados se obtienen cuando se siembran este tipo de plantas por más de dos ciclos de cultivo consecutivos (Velásquez et al., 2002).

Las plantas producen sustancias metabólicas que no son esenciales para su supervivencia y que son considerados como metabolitos secundarios (terpenoides, fenilpropanoides y alcaloides) que les sirven como defensas bioquímicas contra el ataque de herbívoros, hongos y otros microorganismos. Oka et al. (2000), evaluaron la actividad nematicida de 27 especies de plantas aromáticas a nivel experimental, de las cuales 12 inmovilizan más del 80 % de los juveniles de *M. javanica* en concentraciones de 1.0 mL<sup>-1</sup>. Los aceites esenciales de *Carum carvi*, *Foeniculum vulgare*, *Mentha rotundifolia*, y *Mentha spicata* mostraron la mayor actividad nematicida en pruebas “in vitro”. Esos aceites y los de *Origanum vulgare*, *O. syriacum* y *Coridothymus capitatus* mezclados en suelo arenoso a concentraciones de 100 y 200 mg kg<sup>-1</sup> reducen las agallas en calabaza a nivel de macetas.

Crozzoli y González (2000), estudiaron el efecto de extractos acuosos de corocilo (*Cyperus rotundus*), algodón de seda (*Calotropis procera*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*) contra *Meloidogyne incognita* en tomate, en condiciones de maceta, comparados contra el efecto de Carbofurán y señalan que los mayores porcentajes de control se observaron en el tratamiento con Carbofurán seguido por el extracto de *Leucaena* con 88.2 y 84.4 % de control respectivamente. Lo cual sugiere que es factible emplear los extractos de *Leucaena* para sustituir al plaguicida.

Morerira et al. (2003), compararon el efecto de la Avermectina B1 (Abamectina®) y el Cadusafos en la reducción de las poblaciones de *M. mayaguensis* en el cultivo de guayaba, observando que las dosis de 4 y 8 ml /5 L de agua lograron reducciones del 48 % y 44 % de los juveniles presentes en el suelo respectivamente, mientras que el Cadusafos logró reducciones del 71 % con dosis de 22.5 g por planta. Las avermectinas antagonizan con el neurotransmisor GABA (ácido gamma aminobutírico) encargado de gobernar la actividad de músculos especializados como los responsables de mover el estilete y las contracciones del esófago, por lo cual se considera que el nematodo muere por inanición (Marbán, 1985). Este producto es una lactona macrocíclica producida por la fermentación de *Streptomyces avermitilis* un microorganismo del suelo con efecto contra nematodos y artrópodos parásitos (Burg et al., 1979).

Los productos con base en materiales provenientes de crustáceos también son efectivos debido a que estimulan el desarrollo de microorganismos que producen quitinasa y otras enzimas que degradan la quitina contenida en los huevos de nematodos fitopatógenos (Guerena, 2006; Matamala, 2006). Algunos ejemplos de estos productos son: Clandosan®, Nematrol® y Quitosan® (Nemaplex, 2009).

Perales et al. (2003), establecieron experimentos de control de nematodos noduladores en guayabo en Michoacán y Aguascalientes mediante el empleo de polvos secos y molidos de ajo (*Allium sativum* L.) y cempasúchil (*Tagetes* spp.) en forma individual y mezclados (en proporción 1:1) o comparados con un testigo absoluto y químico. Señalando que los tratamientos con ajo + cempasúchil (planta completa) redujeron la población de nematodos en 40 %, mientras que cuando se mezcló el ajo + la raíz de cempasúchil se redujo la población de nematodos fitopatógenos en un 83 %.

La compañía Abbot (1997), produjo un nematicida microbiano, derivado de microbios muertos denominado comercialmente como Ditera® que contiene todos los sólidos y solubles provenientes de la fermentación del hongo *Myrothecium verrucaria* aislado originalmente de *Heterodera glycyne* y después seleccionado para incrementar su actividad contra nematodos fitoparásitos en especial contra *Meloidogyne incognita*. Este producto se encuentra en forma comercial en México comercializado por Valent Bioscience y cuenta con registro para su aplicación en guayabo.

Cepeda et al. (2003), realizaron un experimento para recuperar árboles de guayabo con daños fuertes nivel 3 (50 % de la corteza grisácea en tronco y ramas principales,



follaje ralo, brotes pequeños y poca producción con algunos de los brotes con hojas rojizas o amarillas). Para la recuperación se empleó el Ditera® a dosis de 0.75 y 1.5 kg ha<sup>-1</sup> comparados con un testigo químico y un testigo absoluto. Dichos autores señalan que la calidad de la fruta se mejoró, observándose niveles de “descascaramiento” de las ramas delgadas en 70 % en los testigos tanto en el absoluto como en el químico, mientras que con el tratamiento con Ditera 1.5 kg ha<sup>-1</sup> la reducción en el “descascaramiento” fue del 86 % y en las agallas fue de 62 y 73 % con Ditera® 0.75 y 1.5 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente; mientras que el testigo químico originó una reducción del 27 %.

### CONTROL BIOLÓGICO

Uno de los organismos más promisorios y con gran potencial biocontrolador es la bacteria *Pausteria penetrans* (Thorne) Sayre y Starr. Esta bacteria es un parásito natural de los nematodos noduladores y se ha demostrado su patogenicidad a *M. incognita* (Acosta et al., 1994; Ciancio et al., 1998), lo cual permite suponer que este organismo se puede utilizar eficientemente como regulador de las poblaciones de este tipo de nematodos en guayabo. El efecto de esta bacteria se observa al inhibir la producción de masas de huevos y por consiguiente se afecta a las futuras generaciones (Stirling, 1991). El inconveniente es que este microorganismo es un parásito obligado de nematodos y no se puede criar en forma masiva en laboratorio fuera de los nematodos vivos. Por lo cual el primer paso para el empleo de esta bacteria es el incremento de las poblaciones de nematodos noduladores en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) establecidas en macetas. Una vez que se observan las raíces con muchas agallas se inocula la población con raíces agalladas pero infestadas con la bacteria. Se espera un tiempo a que la bacteria colonice la mayor cantidad de hembras, antes de utilizar las raíces o suelo para infestar el campo con problemas de nematodos noduladores, en especial del género *Meloidogyne*.

Se ha observado a nivel experimental que las bacterias *Serratia marcescens*, *Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *Micrococcus leteus*, *Escherichia coli* producen durante su actividad metabólica sustancias volátiles que ocasionan la inactivación y muerte de la segunda etapa larval de *M. incognita* (Zavaleta y Van Gundi, 1985).

En Cuba, se han aislado un gran número de cepas de bacterias tanto del suelo como de huevos y nematodos enfermos. De las cuales destaca *Corynebacterium paurometabolum* (cepa C-924), que se define como el nematocida biológico de mayor efectividad (Mena et al., 1998; Fernández et al., 2000), capaz de sustituir a los productos químicos en el control de *M. incognita* y *Radopholus similis*.

Dentro de los enemigos naturales de *Meloidogyne* spp., se reportan como un parásito de huevos a *Dactylella oviparasitica*, *Monacrosporium ellipsosporium* y *Paecilomyces lilacinus* que han demostrado altos grados de parasitismo (Stirling y Mankau, 1978) que han logrado disminuciones en el número de agallas de alrededor del 50 % (Mankau y Wu, 1985), con reportes de control del 70 al 90 % en el caso de *P. lilacinus* (Jatala et al., 1979).

Soares et al. (2007) evaluaron un sustrato que contenía los hongos *Arthrobotrys musiformis*, *A. oligospora*, *P. lilacinus* y *Dactylella* sp., producidos en bagazo de

caña y en granos de arroz para el control de *M. mayaguensis* en plantas de guayabo; en dosis de 1 y 2 litros por árbol, en comparación con un testigo químico (Aldicarb a dosis de 150 g por planta) y un testigo absoluto. En sus resultados encontraron que a los 120 días todos los tratamientos mostraron controles efectivos con respecto al testigo absoluto ya que tuvieron 81, 73 y 84 % de eficiencia, mientras que en las raíces los porcentajes de eficiencia fueron de 95, 93 y 94 % para la mezcla de hongos 1 y 2 litros y el químico, respectivamente.

### GERMOPLASMA TOLERANTE

El método más eficiente y económico a largo plazo para el control de nematodos fitoparásitos es el empleo de variedades resistentes o tolerantes. Las plantas se defienden de los organismos patógenos de diversas maneras. Unas a través de características estructurales como la presencia de cutícula muy gruesa, pelos que impiden la penetración, características que disminuyen la distribución o desarrollo dentro del hospedero. Otros mecanismos de defensa son la producción de sustancias que pueden ser tóxicas para los patógenos o simplemente no representan las condiciones de susceptibilidad del hospedero; en este caso, las poblaciones de los nematodos declinan a un grado más rápido de lo normal debido probablemente a la inanición (NAS, 1987; Jankiewicz y Sobiczewski, 2003).

El efecto más común de una planta resistente sobre los nematodos noduladores consiste en que un alto porcentaje de hembras que se desarrollan dentro de la raíz no alcanzan la madurez y las que lo hacen requieren un periodo de tiempo más largo y producen significativamente menos número de huevecillos por masa (Fassuliotis, 1975; NAS, 1987).

En Venezuela, Matheus et al. (1997), realizaron cortes histopatológicos de raíces de selecciones de *P. guajava* (S8, S9, S10 y S11) y *P. friedrichstalianum* afectadas por *Meloidogyne* spp. Las selecciones S9 y *P. friedrichstalianum* mostraron reacciones de resistencia, por lo que se pueden utilizar como portainjertos de guayabo en la región de Zulia en Venezuela. Casassa-Padrón et al. (1998).

En Brasil, Carneiro et al. (2007), evaluaron el comportamiento de selecciones de guayabo de EMBRAPA contra *M. mayaguensis*, y detectaron que tres selecciones fueron susceptibles, factor de reproducción (FR) de 59.2, mientras que *P. friedrichstalianum* fue moderadamente resistente (FR 1.9) y tres accesiones de *P. cattleianum* fueron inmunes (FR 0.0).

En Cuba, Cuadra y Barbosa (1982), citados por Milán (2005), mencionan que el guayabo costarricense (*P. friedrichstalianum*) es altamente resistente a *Meloidogyne*. Karim et al., 2002 citados por Milan (2005), evaluaron 28 selecciones de cultivares de guayabo, señalando que todos presentaron altos índices de agallamiento y altas tasas de mortalidad, con excepción del guayabo fresa (*Psidium litorale* var. *longipes*) que mostró tolerancia

Las selecciones más tolerantes fueron la 46, 106 y 45 con niveles de daño por agallamiento de 26, 35 y 35 % respectivamente; y la más susceptible fue la



selección 48 con 70 % del sistema radical agallado (Figura 24), lo anterior a una presión de infestación inducida de 4.154 (moderada a moderadamente grave Daulton y Nusbaum, 1961). En las nuevas accesiones, las que presentaron el mayor número de agallas por centímetro de raíz fueron la 51, 58, Boyáca y Brasil y las menos afectadas la selección 42 y el Arrayán.



Figura 4 aspecto de las raíces de una planta susceptible y una resistente.

### CONCLUSIONES

La aplicación de una sola medida de combate no basta, ya que cuando el árbol muestra la sintomatología de guayabo rojo, el sistema radical ya está muy dañado y es insuficiente para mantener viva la parte aérea. Cualquier medida que sirva para equilibrar el desbalance raíz-parte aérea será de utilidad para recobrar a la vida productiva de los árboles afectados. Algunas prácticas son: poda severa y/o de brotación forzada, “calmear” lo menos posible, realizar aplicaciones anuales de estiércol y fertilización fuerte en nitrógeno (90-80-80), en conjunción con medidas de reducción de las poblaciones de nematodos.

La aplicación de enmiendas orgánicas con base en tierra de azolve de presas, hojarasca de guayabo o compostas ocasionan el establecimiento de organismos antagónicos o patogénicos a los nematodos, reforzados con la acción de extractos de plantas con actividad nematocida como ajo (*Allium cepa* L), flor de muerto (*Tagetes* spp.) o productos alternativos como Ditera® que han funcionado en guayabo en las condiciones de México.

Se considera que las épocas de mayor flujo de las poblaciones de nematodos son al inicio del cultivo y durante la época de lluvias que es cuando se deben de aplicar los productos nematocidas. Hay que recordar que el ajo y el Ditera® se pueden aplicar aún en cosecha. Una estrategia de manejo que puede reducir la población de nematodos que sobreviven al “calmeo” es la aplicación de productos con base en quitinasa al final de la cosecha, ya que afectan la quitina de los huevecillos y por ende la sobrevivencia.

**REFERENCIAS**

- Abbot, Laboratories. 1997. Ditera, biological nematicide. Technical Bulletin. Abbot laboratories, Agricultural Products. Chicago, USA. 16 p.
- Acosta, C., I. Peña, M. Umancor, E. De Murguía, M. De Garay, y H. E. Domínguez. 1994. Inoculación de *Pausteria penetrans* para el control de poblaciones de *Meloidogyne* sp. *Nematropica* 24: 73.
- Acosta, Z., A. M. 2001. Identificación de poblaciones de *Meloidogyne incognita* en el guayabo (*Psidium guajava* L.) y la recuperación de microorganismos asociados a su control en la región de Calvillo, Aguascalientes. Tesis de Maestría. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México. 71 p.
- Aguirre, A., A., G. Gallegos M. y M. Cepeda S. 2001. Nematodos asociados al cultivo del guayabo (*Psidium guajava* L.), en la región de Calvillo, Aguascalientes. XXVIII Congreso Nacional Fitopatología. Sociedad Mexicana de Fitopatología. p: F - 61.
- Avelar, M., J. J., D. Téliz, O., y E. Zavaleta, M. 2001. Patógenos asociados con el declinamiento del guayabo. XXVIII Congreso Nacional Fitopatología, Sociedad Mexicana de Fitopatología. p: F - 139.
- Bajpai, A., R. Chandra, M. Mishra and R. K. Tiwari. 2005. Regenerating *Psidium* spp. for screening wilt resistant rootstock under in vitro conditions. In: proceedings first international guava symposium. G. Singh, R. Kishun, y E. Chandra (eds.). India. ISHS. Acta Horticulturae 735: 145 - 153.
- Bello, A., A. García, J. A. López-Pérez, y L. Díaz-Viruliche. 2001. Fundamentos científicos de la biofumigación. In: Resúmenes XXXIII Reunión ONTA. *Nematropica* 31: 120 - 121.
- Borys, M., W. 1980. Diagnósis del mal estado de plantaciones de guayabo en el ejido colectivo La Cruz, Zimapan, Hidalgo. Avances de Enseñanza y la Investigación. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. p: 162
- Brito, J., J. Stanley, R. Cetinas, T. Powers, R. Inserra, G. McAvoy, M. Mendes, B. Crow and D. Dickson. 2004. *Meloidogyne mayaguensis* a new plant nematode species, poses threat for vegetable production in Florida, 81-1a 81-4. <http://www.mbao.org.2004.proceeding08.pdf>. Consultado el 27 de Julio de 2007.
- Burg, R. W., B. M. Miller, E. E. Baker, J. Birbaum, S. A. Currie, R. Hartman, Y. L. Kong, R. L. Monaghan, G. Olson, I. Putter, J. B. Tunac, H. Wallick, E. Q. Stapley, R. Oiwa and S. Omura. 1979. Avermectins, new family of potent anthelmintic agents: producing organism and fermentation. *Antimicrobial agents and Chemoterapy* 15: 361 - 367
- Carneiro, R., M. D. G., W. A. Moreira, M. R. A. Almeida, A. C. M. M. Gomes, 2001. Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Brasil. *Nematologia Brasileira* 25: 223 - 225.
- Carneiro, R., M. D. G., P. A. Ciroto, M. G. Sousa, D. B. Silva, y R. Gomes-Carneiro. 2007. Selecao de *Psidium* spp quanto a resistencia a *Meloidogyne mayaguensis* e compatibilidade de enxertia com *P. guajava* cv Paluma. In: Resúmenes del XXVII Congreso Brasileiro de Nematología. p: 145
- Carrillo, R., J., C. Carrillo, F., y J. L. Domínguez, A. 1990. Nematodos asociados al cultivo de la guayaba (*Psidium guajava* L.) y control químico en el Cañón de Juchipila, Zac. *Revista Chapingo*. 15: 94 - 97.

- Casassa-Padrón, A. M., R. Crozzoli, J. Matheus, V. Bravo, y M. Marín. 1998. Efecto del nematodo agallador *Meloidogyne incognita* sobre el crecimiento del guayabo (*Psidium* spp.) en el estado de Zulia, Venezuela. In: Resúmenes XXX Reunión ONTA. Nematropica 28: 122
- Casassa-Padrón, A. M., M. Marín-Larreal, E. Pérez-Pérez, C. González-Palmar, D. Chirinos-Torres, C. González, y L. Sandoval. 2004. Variación de características fenológicas en árboles de guayabo (*Psidium guajava* L.) infestados con *Meloidogyne incognita* y tratados con materia orgánica en el estado Zulia, Venezuela. In: Resúmenes XXXVI Reunión ONTA. Nematropica 34: 126 - 127.
- Cepeda, S., M., E. González, G., G. Gallegos, M., J. S. Padilla, R., L. Reyes, M., M. A. Perales, de la C., y H. R. Reyes, P. 2003. El nematocida Ditera (*Myrothecium verrucaria*) una alternativa biológica para el control de nematodos en guayaba. In: J. S. Padilla R., L. Reyes M., E. González G., y M. A. Perales de la C. (eds.). Memoria. Primer Simposio Internacional de la Guayaba. Aguascalientes, Ags., México. Diciembre 2003. pp: 222 – 228.
- Chandra, R. y M. Mishra. 2005. Biotechnological interventions for improvement of guava (*Psidium guajava* L.). In: proceedings first international guava symposium. G. Singh, R. Kishun and E. Chandra (eds). India. ISHS. Acta Horticulturae 735: 117- 126.
- Charron, C., S. and E. Sams, C. 1999. Inhibition of *Pythium ultimum* and *Rhizoctonia solani* by shredded leaves of *Brassica* species. Journal American Society Horticulture Science. 124: 462 - 467.
- Cid del Prado-Vera I., J. A. Hernández, V. Espinoza-Trujano, A. Tovar-Soto, y R. Torres-Coronel. 1997. Distribución geográfica y frecuencia de especies y razas de *Meloidogyne* en la República Mexicana. In: Resúmenes XXIX Reunión ONTA. Nematropica 27: 105 - 106.
- Cinacio, A., E. Carbonelli, T., y R. Crozzoli. 1998. Ecología y biodiversidad de *Pasteuria* spp. antagonistas naturales de nematodos fitoparasíticos. Fitopatología Venezolana 11: 1 -9.
- Crozzoli, R. y K. González. 2000. Uso de enmiendas orgánicas y extractos acuosos para el control de *Meloidogyne incognita* en Venezuela In: Resúmenes XXXI Reunión ONTA. Nematropica 30: 121.
- Díaz-Viruliche, L., J. A. López-Pérez, A. Bello, y P. Urbano. 2001. Interés fitotécnico de la biofumigación en los suelos cultivados. In: Resúmenes XXXIII Reunión ONTA. Nematropica 31: 128.
- Dover, K., K. H. Wang and R. McSorley. 2004. Sorghum (*Sorghum bicolor*), Sorghum-Sudangrass (*S. bicolor* x *S. sudanense*), Sorghum x Sudangrass, Sudax, Sudex. University of Florida. <http://entomology.ifas.ufl.edu/mcsorley/agroecology/Sudex%20website%5Csudexcoverpage.htm>. Consultado el 30 de agosto de 2008.
- Duncan, L. W. and J. W. Noling. 1998. Agricultural sustainability and nematode integrated pest management. In: K. R. Barker, G. A. Pederson, and G. I. Windham (eds.) Plant and nematode interactions. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. pp: 251-288.
- Elizalde-González, M. P., y E. J. Segura-Rivera. 2018. Volatile compounds in different parts of the fruit *Psidium guajava* L. cv “Media China” identified at distinct phenological stages using HS-SPME-GC-QTOF/MS. *Phytochemical Analysis*, 2018,1-12. <https://doi.org/10.1002/pca.2778>.
- Fassuliotis, G. 1975. Plant breeding for root knot nematode resistance. In: Root knot nematodes (*Meloidogyne* species) System Biology and Control. Lamberti F. and C. E. Taylor (eds.). Academic Press London.

- Fernández, E., L. Sánchez, J. H. Mena y M. Montes. 2000. Alternativas de control de nematodos en Cuba. *Nematropica* 30: 1-3.
- González, G., N., N. Rodríguez, J. R. Cueto, M. J. García, R. Herrera, R. Martínez, y E. Fernández. 1995. Guayabo. In: Memorias de resultados obtenidos en las Investigaciones (1992 – 1994). Estación Nacional de Frutales. La Habana, Cuba. pp: 33 - 37.
- González, G., E., F. Esquivel, V., M. A. Perales, de la C. y J. S. Padilla, R. 1999. Acodo aéreo en guayabo. SAGAR. INIFAP. CIRNOC. CEPAB. Desplegable para productores. No. 29.
- González, G., E., J. S. Padilla, R., L. Reyes, M., M. A. Perales, de la C., y F. Esquivel, V. 2002. Guayaba, su cultivo en México. Libro Técnico No 1. INIFAP - CIRNOC - Campo Experimental Pabellón. 182 p.
- Guerena, M. 2006. Nematodes: Alternative Controls. ATTRA, NCAT. Agriculture. National Sustainable Agriculture Information Service. 20 p. [www.attra.ncat.org/attrapub/PDF/nematode.pdf](http://www.attra.ncat.org/attrapub/PDF/nematode.pdf). Consultado el 30 de agosto de 2008. Consultado el 30 de agosto de 2008.
- Hernández, H., R. sf. Los nematodos parásitos de la piña. Opciones para su manejo. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. La Habana. Cuba. 30 p. <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5007/cuf0122s.pdf>. Consultado el 30 de agosto de 2008.
- Jatala, P., R. K. Altenbach, y M. Bocangel. 1979 Biological control of *Meloidogyne incognita* acrita and *Globodera pallida* en potatos. *Journal Nematology* 11: 303.
- Jankiewicz, L. S. y P. Sobiczewski. 2003. Las fitoalexinas y otras sustancias relacionadas con la resistencia de las plantas a los patógenos. In: Reguladores del crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas. Volumen 1. Propiedades y acción. Coordinador L.S. Jankiewicz. Mundi Prensa, México. p: 427 - 453.
- Krueger, R., K. E. Dover, R. McSorley, K. H. Wang. 2007. Marigolds (*Tagetes* spp.) for nematode management. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. ENY-056 (NG045). USA. 8 p.
- Lima, I., M., M. V. V. Martins, L. A. L. Serrano, R. M. D. G. Carneiro. 2007. Ocorrencia de *Meloidogyne mayaguensis* en goiabeira “Paluma” no estado do Espirito Santo. In: Resúmenes del XXVII Congr. Brasileiro de Nematología. p: 133.
- Marbán, M., N. 1985. Quimioterapia en nematodos. In: Fitonematología Avanzada I. Marbán, M. N. y I. J. Thomason (eds.). Colegio de Postgraduados. México. pp: 259 - 286.
- Mankau, R., and X. Wu. 1985. Effects of the nematode trapping fungus *Monacrosporium elliposporium* on *Meloidogyne incognita* populations in field soil. *Reveu Nematologie* 8: 147 - 154.
- Matamala, M., S. N. 2006. Determinación del efecto de los elicitors Quitosano y la proteína Harpin en limoneros afectados por *Tylenchulus semipenetrans* en la localidad de Panquehue. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Escuela de Agronomía. 42 p.
- Mena, J., R. Vázquez, M. Fernández, E. Pimentel, R. García, Z. Zaldúa, R. Morán, A. López, D. Somontes, y M. García. 1998. Empleo de microorganismos para el control de nematodos en la agricultura cubana. In: Resúmenes XXX Reunión ONTA. *Nematropica* 28: 140.
- Milan, A., R. 2005. Breeding of *Psidium* species for root knot nematode resistance In Malaysia. In: proceedings first international guava symposium. G. Singh, R. Kishun y E. Chandra (eds.). India. ISHS. *Acta Horticulturae* 735: 61 - 69.

- Mishra, D. S., J. P. Tiwari, and L. Shant. 2005. In vitro cloning of guava (*Psidium guajava* L.) cv. Pant Prabhat. In: proceedings first international guava symposium. G. Singh, R. Kishun, and E. Chandra (eds.). India. ISHS. Acta Horticulturae 735: 127 - 132.
- Moreira, W., A., F. R. Barbosa, y D. Henriques-Neto. 2001. Distribución poblacional de nematodos en guayaba en el Valle de San Francisco. In: Resúmenes XXXIII Reunión ONTA. Nematropica. 31(2): 146.
- Moreira, W., A., V. S. Pereira, A., E. E. Magalhaes, D., B. Lopes, F., R. Barbosa, y A. O. S. Moura. 2003. Avaliação da eficiência de abamectina e do cadusafos na redução populacional de nematoides-das galhas, na cultura da goiabeira. In: Resúmenes de XLIX Reunión anual da sociedade interamericana de horticulture tropical e horticulture tropical em regioes semi - aridas. Brasil. p: 141.
- Moya, O., M. A. 2005. Control natural y microbiológico de nematodos fitopatógenos de la guayaba en Aguascalientes. Tesis de Maestría. SEP. Dirección General de Educación Superior Tecnológica. Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes, México. 54 p.
- NAS, 1987. Control de nematodos parásitos de plantas. Vol 4. Versión español J. Mesa - Falliner In: Control de plagas de plantas y animales. Ediciones Ciencia y Técnica. LIMUSA, México. 219 p.
- Oka, Y., S. Nacar, E. Putievsky, U. Ravid, Z. Yaniv and Y, Spiegel. 2000. Nematicidal activity of essential oils and their componenets against the root- knot nematode. Plant Disease 90: 710 - 715.
- Padilla, R., J. S., E. González, G., E., M. A. Perales, de la C., H. R. Reyes, P., y E. S. Osuna, C. 2007. Variabilidad del fruto de la guayaba (*Psidium guajava* L.) mexicana. Avances de Investigación. Publicación Especial Num 31. SAGARPA, SNICS, INIFAP - CIRNOC, Campo Experimental Pabellón. México. 61 p.
- Perales, S., C., M. A. Moya, O., J. Berni, M., A. Manzanares, A., M. A. Rodríguez, M., M. A. Santana, G., y L. Aguilar, O. 2003. Manejo de nematodos fitopatógenos de la guayaba con alternativas de bajo impacto ambiental. In: J. S. Padilla R., L. Reyes M., E. González G., y M. A. Perales de la C. (eds.). Memoria. Primer Simposio Internacional de la Guayaba. Aguascalientes, Ags., México. pp: 36 - 40.
- Perichi, G., R. Crozzoli y Z. Lugo. 2006. El nematodo agallador *Meloidogyne mayaguensis* Rammah & Hirschmann, 1988, está en Venezuela. In: Resúmenes del IX Congreso Nacional de Fruticultura. Venezuela. Resumen 6.
- Reboucas-Sao J., A., Hojo-Reboucas, N. T., Oliveira-Dias, N., Hissayuki-Hojo, R. e Pereira-Bomfin, M. 2003. Cultivo de goiabeira no Brasil. En: Padilla, R. J. S., Reyes, M. L., González, G. E. y Perales, de la C., M. A. (eds) Memoria primer Simposio Internacional de la guayaba. Aguascalientes, México. pp 84 -115.
- Rodríguez, M., G., I. García and H. Gandarilla. 2004. Internal quarantine for *Meloidogyne mayaguensis* in Cuba. In: Resúmenes XXXVI Reunión ONTA. Nematropica 34: 139.
- SIAP SAGARPA (2009). Sistema de Información Agropecuario. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (Consultado el 16 de octubre de 2009).
- SIACON-SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2013). *Módulo Agrícola del SIACON*. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialsiacon-zip/> Consultado en agosto de 2014.

- Soares, P., L. M., E. J. Almeida, A. R. Da Silva, B. F. F. Barbosa, J. M. Dos Santos. 2007. Novos registros sobre *Meloidogyne mayaguensis* No Brasil. In: Resúmenes del XXVII Congreso Brasileiro de Nematología. p: 145.
- Stirling, G. R. and R. Mankau. 1978. Parasitism of *Meloidogyne* eggs by new fungal parasite. *Journal of Nematology* 10: 236 - 240.
- Stirling, G. R. 1991. Host specificity of *Pausteria penetrans* within the genus *Meloidogyne*. *Nematologica* 31: 203 - 209.
- Valle, G., P. 1992. Respuesta del guayabo (*Psidium guajava* L.) a la aplicación de nematocidas químicos. *Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, México*. p: 61- 66.
- Valle, G., P. 1994. Vigorización de árboles de guayabo afectados por nematodos (*Meloidogyne* sp.) mediante solarización e incorporación de residuos vegetales al suelo. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, México* 13: 2 – 6.
- Velásquez, V., R., M. M. Medina, A., y J. Mena, C. 2002. Guía para identificar y manejar las principales enfermedades parasitarias del chile en Aguascalientes y Zacatecas. Folleto Técnico Núm. 20. SAGARPA- INIFAP- Fundación Produce Aguascalientes. México 41 p
- Zavaleta, M., E and D. Van Gundy, S. 1985. Antagonist effect of bacteria on second stage larvae of *Meloidogyne incognita* in "in vitro" conditions XXV Annual Meeting. American Phytopathological Society Caribbean Division. Guanajuato, México. 198 p.

## LONG-TERM VEGETATION TRENDS ON GRAZED AND UNGRAZED CHIHUAHUAN DESERT RANGELANDS

Francisco Molinar

### ABSTRACT

Long-term information on the effects of managed grazing versus excluded grazing effects on vegetation composition of desert rangelands is limited. Our study objectives were to evaluate changes in frequency of vegetation components and ecological condition scores under managed livestock grazing and excluded livestock grazing over a 38-yr period at various locations in the Chihuahuan Desert of southwestern New Mexico. Sampling occurred in 1962, 1981, 1992, 1998, 1999, and 2000. Range sites of loamy (1), gravelly (2), sandy (2), and shallow sandy (2) soils were used as replications. Black grama (*Bouteloua eriopoda* Torr.) was the primary vegetation component at the seven locations. Dyksterhuis quantitative climax procedures were used to determine trends in plant frequency based on a 1.91-cm loop and rangeland ecological condition scores. Frequency measures of total perennial grass, black grama, tobosa (*Hilaria mutica* Buckley), total shrubs, honey mesquite (*Prosopis glandulosa* Torr.), and other vegetation components were similar on both grazed and ungrazed treatments ( $P > 0.1$ ) at the beginning and end of the study. The amount of change in rangeland ecological condition scores was the same positive increase (14%) for both grazed and ungrazed treatments. Major changes ( $P < 0.1$ ) occurred within this 38-yr study period in ecological condition scores and frequency of total perennial grasses and black grama in response to annual fluctuations in precipitation. Based on this research, managed livestock grazing and excluded livestock grazing had the same long-term effects on change in plant frequency and rangeland ecological condition; thus, it appears that managed livestock grazing is sustainable on Chihuahuan desert rangelands receiving over 25 cm annual precipitation.

### RESUMEN

Existe poca información sobre los efectos que tiene el pastoreo a largo plazo sobre las áreas pastoreadas contra áreas excluidas en la composición de la vegetación en pastizales desérticos. Los objetivos de este estudio fueron la evaluación de los cambios en la frecuencia de los componentes de la vegetación, así como el estado de la condición ecológica bajo condiciones de pastoreo y de la exclusión del mismo sobre un periodo de 30 años en varias localidades en el desierto Chihuahuense en el suroeste de Nuevo México.

Los muestreos se llevaron a cabo durante 1962, 1981, 1992, 1998, 1999, y 2000. Diferentes sitios del pastizal con suelos (1) arcillosos, con grava (2), arenosos (2) y arenosos superficiales (2) se utilizaron como repeticiones. La especie navajita negra (*Bouteloua eriopoda* Torr.) fue el componente principal de la vegetación en las siete localidades. Se utilizó la técnica cuantitativa del clímax de Dyksterhuis para determinar la tendencia en la frecuencia de las plantas basándose en un cuadrante de 1.91 cm y las condiciones ecológicas del pastizal. Las medidas de frecuencia de las gramíneas perennes navajita negra, toboso (*Hilaria mutica* Buckley) total de arbustivas, mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.) y otros componentes de la vegetación fueron similares en ambos tratamientos ( $P > 0.1$ ) pastoreo o sin pastoreo al inicio y al final del estudio. La cantidad del cambio en el estado de la condición ecológica del pastizal se incrementó positivamente (14%) para ambos tratamientos, pastoreo o sin pastoreo. Los cambios principales ( $P < 0.1$ ) que se produjeron durante este periodo de 38 años del estudio en las puntuaciones de la condición ecológica y la frecuencia del total de las gramíneas perennes y navajita negra en respuesta a las fluctuaciones anuales de la precipitación. Basándose en esta investigación, el manejar el pastoreo del ganado o excluirlo tienen los mismos efectos a largo plazo sobre el cambio en la frecuencia de las plantas y la condición ecológica del pastizal, por lo tanto, parece que el manejo del pastoreo es sustentable en los pastizales del desierto Chihuahuense que reciben más de 25 cm de precipitación anual.

## INTRODUCTION

Based on a review of 20 studies by Holechek et al. (2006), well-controlled livestock grazing in arid and semiarid areas has a small impact on rangeland vegetation and may be beneficial to some plant communities. However, evaluations of livestock grazing over broad areas and long time periods as it has occurred in the western United States are limited to Bartolome and Heady, 1988, Yorks et al., 1992, Yorks et al., 1994, Herbel and Gibbens, 1996, Havstad et al., 1999, Valone et al., 2002.

### Study Area

In 1962, the Bureau of Land Management (BLM) initiated a study to examine the long-term trend in range vegetation in the Chihuahuan Desert of southwestern New Mexico on seven paired livestock grazed and grazing excluded sites. Transects on the various sites were evaluated in 1962, 1981, 1992, 1998, 1999, and 2020.



Most of the study area lies within the northern end of the Chihuahuan Desert (lat 32°32'30"N 106°, long 52°30"W). The study area is bounded by Texas and Chihuahua to the south.

## **RESULTS AND DISCUSSION**

The main effect of grazing treatment and its interactions with year were nonsignificant ( $P>0.1$ ) for frequency of perennial plant components. Black grama, the primary decreaser forage grass in southern New Mexico, showed no difference ( $P>0.1$ ) in frequency among grazed and ungrazed treatments during any period of study (Table 1). Frequency of black grama was similar ( $P>0.1$ ) in grazed and ungrazed areas at the beginning and end of the study.

## **MANAGEMENT IMPLICATIONS**

Our study and that of Navarro et al. (2002) indicated that livestock grazing as actually practiced in the Chihuahuan Desert of southern New Mexico has been sustainable across large landscapes and extended time periods. In a study similar to ours involving widely scattered sites in the cold desert of Nevada, Courtois et al. (2004) concluded that moderately grazed and ungrazed sites had few differences in plant species composition, cover, density, and production after 65 yr.

## MICROORGANISMOS BENÉFICOS Y SU IMPORTANCIA COMO BIOFERTILIZANTES EN LA AGRICULTURA

Vázquez L. P.<sup>1</sup>, González M. A.<sup>2</sup>, Vázquez N. J. M.<sup>1</sup>, Gutiérrez G. U. N.<sup>2</sup>, Orona C. I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Contaduría y Administración-Universidad Autónoma de Coahuila-Unidad Torreón. Boulevard Revolución 153 oriente, col. Centro, Torreón, Coahuila, México.

<sup>2</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio- Tlahualilo km 35. Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango, CP 35111.

\*Autor de correspondencia: apolinar.gonzalez@ujed.mx

### RESUMEN

Los biofertilizantes son fertilizantes elaborados con microorganismos vivos, estos pueden promover el crecimiento de las plantas, mediante distintos mecanismos como el incremento de movilización y absorción de nutrientes y el control biológico de patógenos. El objetivo de este trabajo fue seleccionar rizobacterias con capacidad para promover el crecimiento de plántulas de chile de árbol (*Capsicum annuum* L.). Se estableció un experimento con un diseño completamente al azar, con siete tratamientos: seis cepas de rizobacterias (M1B6, M3B6, M5B1, M2B3, M3B3 y M1B1) y un testigo (sin rizobacterias); en total siete tratamientos con 20 repeticiones cada uno. Las rizobacterias M1B6 y M1B1, M2B3 y M3B6 lograron promover mayor altura, hojas, área foliar, índice de cantidad de clorofila y mayor producción de biomasa en raíz, hojas y tallos. Este trabajo reporta tres de seis rizobacterias con capacidad para utilizarse como promotores del crecimiento vegetal.

**Palabras clave:** *Capsicum annuum* L., *Bacillus rugosus*, *Paenibacillus illinoisensis*.

### ABSTRACT

Biofertilizers are fertilizers made with living microorganisms, which can promote plant growth through different mechanisms such as increased nutrient mobilization and absorption and biological control of pathogens. The objective of this work was to select rhizobacteria with the capacity to promote the growth of tree chili seedlings (*Capsicum annuum* L.). An experiment was established with a completely randomized design, with seven treatments: six strains of rhizobacteria (M1B6, M3B6, M5B1, M2B3, M3B3 and M1B1) and a control (without rhizobacteria); in total seven treatments with 20 repetitions each. The rhizobacteria M1B6 and M1B1, M2B3 and M3B6 managed to promote greater height, leaves, leaf area, chlorophyll quantity index and greater biomass production in roots, leaves and stems. This work reports tree of six rhizobacteria with the capacity to be used as plant growth promoters.

**Key words:** *Capsicum annuum* L., *Bacillus rugosus*, *Paenibacillus illinoisensis*.

### INTRODUCCION

La producción del chile puede verse limitada por muchos factores, destacando las enfermedades por hongos, bacterias y virus (Morra, 2015), la baja fertilidad del suelo, plagas, entre otros, provocando descenso en la baja producción y por consecuencia pérdidas económicas (Galindo, 2007).

Existen diferentes tipos de hongos que afectan el cultivo de chile como son *Phytophthora capsici*, *Fusarium* sp., *Sclerotium* sp., *Rhizoctonia solani* y *Pythium* causando el Damping off o la marchitez (Morra, 2015). En el suelo existen problemas de fertilidad y para poderla

contrarrestarlos al igual que la presencia de enfermedades, los productores se apoyan con el uso de productos químicos, los cuales, al hacer uso excesivo de estos, tienen como consecuencia la contaminación en los ecosistemas y el medio ambiente, resultando la salinidad del suelo, la eutrofización del agua como también la acumulación de nitritos y nitratos, mismos que pueden ser una fuente de contaminación ambiental y una amenaza para la salud humana (Castellanos *et al.*, 2017).

El suelo es un ecosistema natural en el cual existen numerosos microorganismos, principalmente las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV), los cuales son habitantes naturales de la rizosfera, estos pueden ser aplicados a las plantas como biofertilizantes debido a su capacidad para promover el crecimiento mediante distintos mecanismos, como el incremento de movilización y absorción de nutrientes, sobre todo de N, P y K (González-Mancilla *et al.*, 2017; Dahiya *et al.*, 2019), control biológico de patógenos y producción de reguladores del crecimiento vegetal (González-Mancilla *et al.*, 2017). El objetivo de este trabajo fue seleccionar rizobacterias y determinar su capacidad para promover el crecimiento vegetal en plántulas de chile de árbol (*Capsicum annuum* L.).

## MATERIALES Y METODOS

### Aislamiento y selección de rizobacterias

Se utilizaron seis cepas de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) provenientes de suelo rizosférico de los cultivos, nogal, chile serrano, vermicomposta y suelo libre de raíces; colectadas en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia. Previamente se trabajó en la siembra de microorganismos en cajas Petri, de las muestras antes mencionadas para cuantificar el contenido de bacterias y hongos presentes en cada una de las muestras; esto se llevó a cabo por medio de la técnica de cuantificación por dilución seriada (González-Mancilla *et al.*, 2017). Las cepas fueron purificadas por medio de siembra por estría cruzada en medio sólido Agar nutritivo.

Para la preparación del inóculo se utilizaron 6 cepas que presentaron porcentaje de inhibición de patógenos (Datos no presentados), las cepas bacterianas se cultivaron en caldo nutritivo vertido en frascos de vidrio, al cual se le agregaron las cepas de bacterias seleccionadas, se tomó de la caja Petri con una asa bacteriano una pequeña muestra de la cepa y se colocó dentro del frasco con medio líquido caldo nutritivo, esto se realizó con cada tratamiento esterilizando el asa bacteriano para evitar contaminación entre las bacterias, posteriormente se identificaron los frascos con el nombre de cada bacteria y se llevaron a agitación constante por 48 horas con un agitador oscilador (CRM-OS1 Globe) a 28° C hasta obtener una concentración de  $1 \times 10^7$  Unidades Formadoras de Colonias por mL.

Se pesaron 100 g de Peat moss por cada muestra en bolsas plásticas, ahí mismo se vertió el inóculo y se mezcló hasta dar una consistencia de apariencia húmeda, esto se realizó con cada tratamiento. Finalmente se llenaron las cavidades del semillero con el sustrato con la carga microbiana para su posterior siembra.

### Establecimiento y diseño del experimento

El 17 de octubre del 2022 se realizó la siembra de las semillas de chile de árbol en un semillero tipo unicel con 200 cavidades, colocándose Peat Moss Premier® previamente inoculado, cuidando no mezclar los sustratos para evitar la contaminación de bacterias. Se procedió a llenar cada una de las cavidades de la charola conforme a las cavidades destinadas para cada tratamiento, se colocó una semilla por cavidad y se regó con agua de la llave cada 24 horas para proporcionar humedad suficiente para la germinación y desarrollo de la plántula.

Los tratamientos fueron establecidos en un diseño completamente al azar, donde se probaron seis cepas de rizobacterias [M1B6 (no identificado), M3B6 (*Bacillus rugosus*), M5B1 (no identificado), M2B3 (no identificado), M3B3 (*Paenibacillus illinoisensis*) y M1B1 (no identificado)] comparadas con un testigo (sin rizobacterias). Cada tratamiento fue conformado por 20 repeticiones, siendo una unidad experimental cada plántula de chile de árbol.

### **Evaluación de variables de crecimiento.**

Se evaluaron distintas variables, en este trabajo se presentan altura de plántula, área foliar y biomasa seca (raíz, tallos y hojas). La altura de las plántulas se midió con una regla graduada en centímetros; El área foliar se determinó con un medidor de área foliar marca LI-COR (Model LI- 3100 Área Meter) mediante un método destructivo. Se procedió a desprender cada una de las hojas de las plántulas seleccionadas y se pasan por la banda medidora para obtener en área foliar en centímetros cuadrados. El peso seco se midió al secar las muestras de raíz, tallo y hojas en una estufa marca FELISA<sup>(R)</sup>, modelo 131-A (México), colocada en bolsas de papel estraza, durante 72 horas a 70 °C, después de este tiempo, se pesó con una balanza analítica. Los datos obtenidos fueron analizados mediante el paquete estadístico SAS 2002, realizando un análisis de varianza y una comparación de medias según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

Los resultados de esta investigación nos indican que la altura de las plántulas de chile de árbol sembradas en semilleros, presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey  $p = 0.05$ ) por el efecto de las cepas inoculadas, en los diferentes tiempos de evaluación [28, 43, 70 y 105 días después de la siembra (DDS)] (Figura 1). A los 28 DDS las plántulas inoculadas con la cepa M1B6 presentaron mayor altura con un promedio de 4.1 cm, seguidas por las plántulas del tratamiento testigo con 3.8 cm de alto, en tercer lugar, se colocaron las plántulas inoculadas con la cepa M3B3 (3.1 cm). Las plantas inoculadas con las cepas M5B1 y M2B3 obtuvieron menor altura con 2.9 y 2.5 cm.

Finalmente, a los 105 DDS, las plantas inoculadas con la cepa M1B6 presentaron mayor altura con un promedio de 7.09 cm, estadísticamente diferente a los demás tratamientos (Tukey  $p = 0.05$ ), seguido de las plántulas inoculadas con la bacteria M3B6 quien presento 6.04 cm; las plántulas inoculadas con la cepa M3B3 y M2B3 presentaron menor altura, con un promedio de 5.35 y 5.31 cm. Los incrementos de altura de la cepa M1B6 fue de 18 % más comparado con el testigo, quien obtuvo, en promedio 6.0 cm de altura.

El área foliar encontrada en las plántulas de chile de árbol sembradas en semilleros, son estadísticamente diferentes según las cepas inoculadas (Tukey  $p = 0.05$ ) (Figura 2). A los 105 DDS las plántulas inoculadas con la cepa M1B6 presentaron mayor promedio de área foliar, con 5.12 cm<sup>2</sup>, seguidas por las plántulas inoculadas con la cepa M2B6 y M1B1 con un promedio de 5.15 Y 4.88 cm<sup>2</sup>; los valores más bajos fueron encontrados en plántulas inoculadas con la rizobacteria M5B1 y en plántulas sin inoculación bacteriana (testigo), quienes obtuvieron en promedio 4.27y 3.83 cm<sup>2</sup>, respectivamente. Los incrementos en área foliar de la cepa M1B6 fue de 60 % más respecto a las plántulas del tratamiento testigo.

La biomasa seca por hojas (BSH), tallo (BST) y raíz (BSR) según el efecto de las rizobacterias inoculadas en chile de árbol, presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p = 0.05$ ) (Cuadro 1). Los valores más altos de la BSH, BST y BSR fueron

encontrados en las plántulas inoculadas con las rizobacterias. El tratamiento con la cepa M1B6 presentó mayor promedio de BSH (17.28 mg), BST (12.16 mg) y BSR (17.94mg).

Aunque algunas de las rizobacterias de este estudio no han sido identificadas, se pudo observar los efectos positivos como promotores del crecimiento en plántulas de chile de árbol; hay diversos estudios en el que se ha comprobado la efectividad de las rizobacterias como RPCV, por ejemplo González-Mancilla *et al.* (2017), identificaron que *Serratia plymuthica* y *Rhizobium nepotum* promueven mayor altura y mejor producción de biomasa seca radical y área en plántulas de chile poblano, estos mismos autores mencionan que el uso de microorganismos benéficos son alternativas para disminuir el uso de fertilizantes sintéticos y reducir sus efectos adversos en el ambiente y en la salud humana. Así mismo, la inoculación de *S. liquefaciens*, *Pseudomonas tolaasii* y *P. yamanorum* permitieron mayor crecimiento de plántulas de chile poblano (Quiroz-Sarmiento *et al.*, 2019).

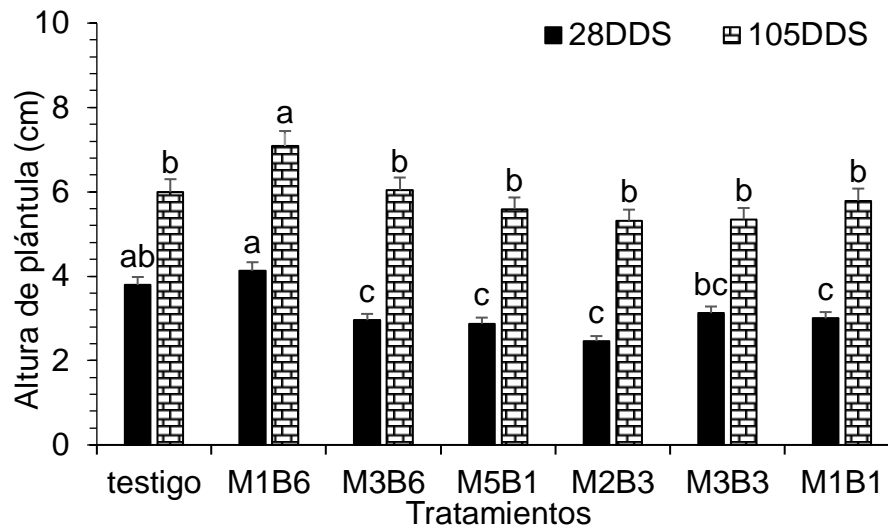


Figura 1. Efecto de las rizobacterias en la altura de plántula de chile de árbol, a los 28 DDS y 105 DDS. Barras del mismo color y con letras diferentes, indican diferencias estadísticas significativas (Tukey  $p = 0.05$ ).  $n = 20$ . M1B6 = Cepa no identificado, M3B6 = *Bacillus rugosus*, M5B1 = Cepa no identificado, M2B3 = Cepa no identificado, M3B3 = *Paenibacillus illinoisensis* y M1B1 = Cepa no identificado.

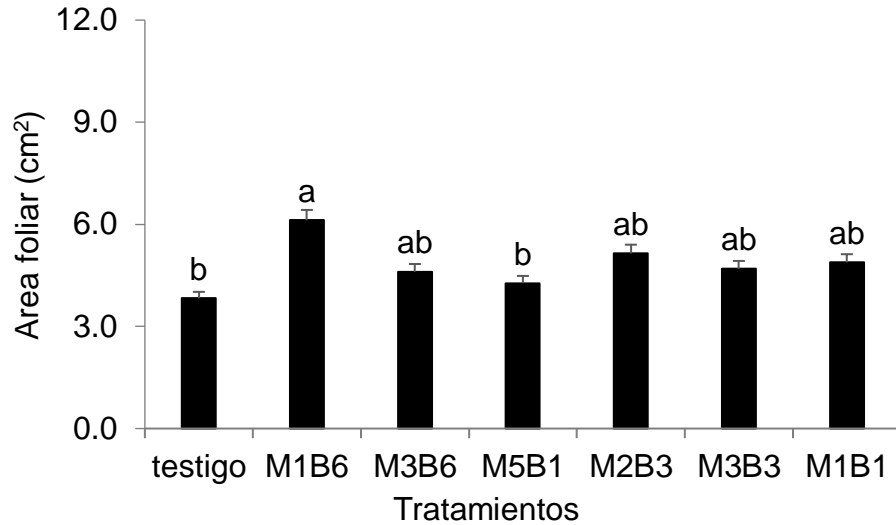


Figura 2. Efecto de las rizobacterias en el área foliar de chile de árbol, 105 DDS. Barras del mismo color y con letras diferentes, indican diferencias estadísticas significativas (Tukey  $p = 0.05$ ).  $n = 20$ . M1B6 = Cepa no identificado, M3B6 = *Bacillus rugosus*, M5B1 = Cepa no identificado, M2B3 = Cepa no identificado, M3B3 = *Paenibacillus illinoisensis* y M1B1 = Cepa no identificado.

Cuadro 1. Biomasa seca en hojas (BSH), tallo (BST) y raíz (BSR) en plántulas de chile de árbol inoculado con rizobacterias, 105 DDS.

Tratamientos	BSH (mg)	BST (mg)	BSR (mg)
testigo	9.41(±1.19)b	5.93(±1.45)b	9.35(±1.99)b
M1B6	17.28(±5.12)a	12.16(±3.34)a	17.94(±4.85)a
M3B6	11.03(±4.71)b	7.19(±2.87)b	14.21(±4.91)ab
M5B1	11.25(±2.71)b	6.53(±1.20)b	12.38(±2.78)ab
M2B3	13.71(±3.94)ab	7.29(±2.77)b	13.55(±4.46)ab
M3B3	11.84(±5.23)ab	7.45(±3.12)b	15.19(±3.19)ab
M1B1	14.51(±1.72)ab	9.61(±1.16)ab	14.13(±3.44)ab

Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey  $p = 0.05$ ). M1B6 = Cepa no identificado, M3B6 = *Bacillus rugosus*, M5B1 = Cepa no identificado, M2B3 = Cepa no identificado, M3B3 = *Paenibacillus illinoisensis* y M1B1 = Cepa no identificado.

### CONCLUSIONES

Se encontraron tres cepas de rizobacterias [M1B6, M3B6 (*Bacillus rugosus*) y M2B3] con capacidad para promover el crecimiento en plántulas de chile de árbol, estas cepas permitieron mayor altura, área foliar y mayor producción de biomasa en raíz, hojas y tallos. Se recomienda continuar con la investigación sobre estas cepas y su capacidad como promotor del crecimiento, de igual forma se requiere identificar taxonómicamente las cepas aun no identificadas.

---

**REFERENCIAS**

- Castellanos, J. Z., Cano, R. P., Garcia C. E., Olalde P. V., Preciado R. P., y Ríos P. J. (2017). Hot pepper (*Capsicum annuum* L.) growth, fruit yield, and quality using organic sources of nutrients. *Compost Sci. Util.* 25(1): S70-S77. Doi: 10.1080/ 1065657X.2017.1362673.
- Dahiya, A., Chahar, K., & Sindhu, S. S. (2019). The rhizosphere microbiome and biological control of weeds: a review. *Span. J. Agric. Res.* 17(4): e10R01. Doi: 10.5424/sjar/ 2019174-15073.
- Galindo, G. G. (2007). El servicio de asistencia técnica a los productores de chile seco en Zacatecas. *Convergencia* 14(43): 137-165.
- González-Mancilla A, Almaraz-Suárez JJ, Ferrera-Cerrato R, Rodríguez-Guzmán MP, Taboada-Gaytán OR, Trinidad Santos A, Alarcón A, Arteaga-Garibay RI. (2017). Caracterización y selección de rizobacterias promotoras de crecimiento en plántulas de chile poblano (*Capsicum annuum* L.). *Rev. Int. Contam. Ambie.* 33 (3) 463-474.
- Morra, L. and Bilotto, M. (2015). Evaluation of new rootstocks for resistance to soil-borne pathogens and productive behavior of pepper (*Capsicum annuum* L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 81(3): 518-524.
- Quiroz-Sarmiento V. F., Almaraz-Suarez J. J., Sánchez-Viveros G., Argumedo-Delira R., González-Mancilla A. 2019. Biofertilizantes de rizobacterias en el crecimiento de plántulas de chile Poblano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10(8): 1733-1745.

## MEJORAMIENTO GENÉTICO DE PAPA EN MÉXICO.

Víctor M. Parga Torres,\* y Juan M. Covarrubias Ramírez.

\*Campo Experimental Saltillo, CIRNE-INIFAP, Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 No. 9515 Col. Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila. Tel. (01 800) 088 22 22 ext. 83510. México. C.P. 25315.

[parga.victor@inifap.gob.mx](mailto:parga.victor@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El Objetivo del presente trabajo es: Divulgar las cualidades de resistencia o recuperación del germoplasma de papa del INIFAP a condiciones adversas. La gran variabilidad genética con que cuenta México, por ser centro de origen, ha permitido la generación de 35 variedades, con amplio rango de adaptación y de resistencia a estreses biótico y abióticos, con características agronómicas y de calidad deseables. Se ha utilizado como estrategia de mejoramiento genético la selección clonal y resistencia múltiple, que incluye la resistencia durable (cuando es posible) o tolerancia como mayor componente. Se han obtenido en la mayoría de los genotipos generados en México, resistencia al tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont. de Bary), a virus X y Y, así como, en menor escala resistencia a virus del enrollamiento PLRV (Potato leaf roll virus). El germoplasma mexicano, además de requerir menos del 30% de fertilización nitrogenada y fosfatada, puede producir con menos del 25% de agua sin problemas. Las variedades mexicanas, han soportado heladas, granizos y sequías a través de su desarrollo, con gran capacidad de recuperación. Condiciones, que no toleran las variedades introducidas. El Programa de papa del INIFAP, ha generado germoplasma de acuerdo a los sistemas de producción y para los principales problemas que inciden negativamente en la productividad, ambiente y sanidad del cultivo.

**Palabras claves:** papa, mejoramiento, resistencia, adversidad.

### SUMMARY

The aim of this work is: disseminate the qualities of resistance or recovery of potato germplasm from INIFAP to adverse conditions. The great genetic variability that Mexico has, as it is a center of origin, has allowed the generation of 35 varieties with a wide range of adaptation and resistance to biotic and abiotic stresses, with desirable agronomic and quality characteristics. Clonal and multiple resistance has been used as a genetic improvement strategy, which includes durable resistance (when possible) or tolerance as a major component. Resistance to late blight (*Phytophthora infestans* Mont. De Bary), to viruses X and Y, as well as, to a lesser extent, resistance to PLRV curl virus have been obtained in most of the genotypes generated in Mexico. The Mexican germplasm, in addition to requiring less than 30% nitrogen and phosphate fertilization, can produce with less than 25% water without problems. The Mexican varieties have endured frosts, hail and droughts throughout their development, with great capacity for recovery. Conditions, which are not tolerated by the introduced varieties. The INIFAP Potato Program has generated germplasm according to the production systems and for the main problems that negatively affect the productivity, environment and health of the crop.

**Keywords:** potato, breeding, resistance, adversity



## INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en México, es probablemente el mejor ejemplo para explicar el fenómeno de vulnerabilidad de cultivos. En la actualidad, en México se siembran más del 95% de la superficie con variedades introducidas de papa de Estados Unidos de América, Canadá y Holanda, susceptibles al tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont. de Bary), implicando que deben efectuarse constantes aplicaciones de fungicidas para controlar el ataque del hongo, que requiere entre 15 y 30 aplicaciones de fungicidas preventivos y de 4 a 12 sistémicos para la protección adecuada del cultivo, representando un volumen de más de 5 mil toneladas anuales de agroquímicos sólo para el control de ésta enfermedad. A pesar de este número y dosis de fungicidas, se ha presentado daño en el tubérculo. En la actualidad se generan cultivos genéticamente homogéneos y se seleccionan cultivos de alto rendimiento, tornándolos más susceptibles a las plagas al sacrificar resistencia natural por productividad. Por otra parte, las prácticas agrícolas modernas afectan negativamente a los enemigos naturales de las plagas, los que a su vez no encuentran las condiciones necesarias para reproducirse y así poder suprimir biológicamente a las plagas en los monocultivos. Sin embargo, el costo indirecto del uso de plaguicidas por los daños al medio ambiente y a la salud pública deben ser balanceados contra estos beneficios. Los costos ambientales (impacto sobre la vida silvestre, polinizadores, enemigos naturales, peces, calidad de agua y suelo) y el costo social, asociados al uso de plaguicidas, alcanza cerca de 8 billones de dólares cada año (Pimentel y Lehman, 1993). Para producir papa en el noreste de México, se requieren de 30 a 50 aplicaciones de insecticidas para el control de los principales vectores de virus, liberibacter y fitoplasmas (Parga *et al.*, 2008). Debido a esto, se ha hecho un uso intensivo de agroquímicos, los cuales representan hasta el 35% del costo del cultivo de acuerdo a estimaciones del Fideicomiso Institucionalizado de Recursos para la Agricultura (FIRA, 2023). Lo anterior es preocupante por el riesgo que representa para los productores, trabajadores, consumidores y ecosistemas de la región. Actualmente mediante el proceso del fitomejoramiento, se han incrementado los rendimientos y la calidad. En muchas especies cultivadas, este mejoramiento es espectacularmente exitoso en producción. Desafortunadamente, la característica especial de resistencia a plagas y enfermedades ha sido con frecuencia menospreciada o aun deliberadamente sacrificada. Por lo anterior, se puede decir que los cultivos modernos son generalmente más susceptibles a plagas y enfermedades que sus antepasados silvestres, y que muchos no pueden ser cultivados sin el uso de pesticidas para protegerlos contra organismos dañinos. Las especies silvestres de papa, se encuentran confinadas al continente Americano. En el norte se encuentran desde el sur de los Estados Unidos, pasando por México, América Central y en los países Andinos hasta Chile en el sur. Se encuentran desde el nivel del mar, hasta más de 4000 m de altitud. Es interesante notar que aproximadamente 19% de las especies silvestres se encuentran en América del Norte y América Central (el 90% de las mismas, están en México); y 81%, en América del Sur. El número más grande de especies, alrededor del 54% de las especies sudamericanas, se encuentran en Perú (Ochoa, 1972). Dentro de las especies cultivadas, la subespecie *tuberosum* es la única mundialmente cultivada. La subespecie *andigena*, es todavía la de mayor distribución en la Zona andina de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y en el norte de Argentina. Esta gran diversidad genética,

comprende miles de cultivares nativos y cerca de 2000 especies silvestres tuberíferas afines. Indudablemente el proceso evolutivo, la gran diversidad de nichos ecológicos y las numerosas plagas y enfermedades, además de factores climatológicos adversos, han favorecido la acumulación de componentes genéticos de esas plantas que les han permitido sobrevivir hasta nuestros días. El principal programa de mejoramiento genético en México, desde 1950, tiene como objetivo la generación de germoplasma por resistencia al tizón tardío de la papa, programa en el que México es líder a nivel mundial. Sin embargo, debido al incremento del problema del síndrome de punta morada, actualmente se está realizando mejoramiento genético para determinar y detectar fuentes de resistencia contra este complejo de enfermedades que causan el síndrome. Objetivo del presente trabajo, es el Divulgar las cualidades de resistencia o recuperación del germoplasma de papa del INIFAP a condiciones adversas.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Uno de los objetivos importantes en mejoramiento de papa, además de altos rendimientos, es lograr la resistencia a enfermedades, plagas y factores abióticos, que en forma numerosa y severa afectan la producción por cantidad y calidad. El método de mejoramiento inicia, con la selección de progenitores, seguida de la etapa de cruzamiento o hibridación; en este caso, se obtiene la primera generación sexual, bajo ambiente controlado o invernadero y se inicia el proceso de selección clonal que implica 10 ciclos de prueba para la liberación de una variedad (Rivera-Peña, 2001). El mejoramiento por resistencia múltiple, maximiza la utilización de la diversidad genética del género *Solanum* y sus especies silvestres y cultivadas. Las poblaciones de una amplia base genética, están sujetas a selección recurrente fenotípica combinada con tamizado de plántulas para resistencia a plagas y enfermedades importantes. Los genotipos sobrevivientes, son probados bajo condiciones de campo para reconfirmar su resistencia, así como su rendimiento y adaptación. Las hembras seleccionadas son polinizadas con una mezcla de polen de progenitores machos, seleccionados con el fin de generar una población para un nuevo ciclo de selección, (Mendoza, 1983). A partir del cuarto ciclo de selección, se establecen los clones seleccionados en diferentes localidades productoras de papa (Sonora, Sinaloa, Estado de México, Puebla, Nuevo León, Saltillo, Veracruz, Michoacán, Chihuahua, etc.). En estas localidades se evalúan las características agronómicas (días a emergencia, días a floración, días a desvare número de tallos por planta, altura, Producción total, producción comercial, producción por categorías, producción por categorías, forma de tubérculos, color de piel, color de pulpa). De calidad se evalúan, contenido de sólidos, azúcares reductores y apariencia de la hojuela. Como el principal objetivo, es la selección de genotipos por resistencia al tizón tardío, no se realizan aplicaciones en la prevención y control de esta enfermedad. Además, se evalúa la resistencia a los principales virus y su respuesta a las diferentes condiciones adversas abióticas que se presenten en las localidades de evaluación (granizos, heladas, calor, pH extremos, sequías, etc.).

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La generación de nuevas variedades de papa es una actividad constante debido al cambio continuo en las preferencias del mercado, exigencias de los agricultores y a la propagación

de plagas y enfermedades. El programa de papa del INIFAP, ha liberado 35 variedades (Cuadro 1), con atributos de resistencia y/o tolerancia al tizón tardío, otras enfermedades y, a diferentes condiciones adversas presentes en su proceso de evaluación.

Cuadro 1. Variedades de papa, liberadas por el INIFAP en México.

1950-1960	1961-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2020
Eréndira	Greta	Tollocán	Michoacán	Enrica
Conchita	Murca	Puebla	Ileri	Nieder
Anita	Atzimba	Mexiquense	Norteña	Bayonera
Hilda	Juanita	San José	Montserrat	Plata
Dorita	Montsama	Marciana	Lupita	Granate
Bertita	Rosita		Zafiro	Citlali
Florita	Rojita		Milagros	
Elenita	López		Modesta Blanca	

Al considerar la resiliencia, como la capacidad de un individuo para superar condiciones adversas. Las resiliencias de las variedades mexicanas operan en diferentes factores de producción (bióticos y abióticos). La gran variabilidad genética con que se cuenta en México, ha permitido la generación de variedades con amplio rango de adaptación y de recuperación o resistencias al estrés biótico y abióticos y dada la vulnerabilidad de la papa a estrés, se ha utilizado como una estrategia de mejoramiento genético la selección de cultivares sustentables que incluyen la resistencia durable (cuando es posible) o tolerancia como mayor componente. Como resultado, se han obtenido en la mayoría de los genotipos generados y liberados como variedades en México, resistencia al tizón tardío, a virus X y Y así como, en menor escala, resistencia a virus del enrollamiento PLRV. Sin embargo, para los fitoplasmas causantes de la PMP, no existe reporte de especies o cultivares que posean resistencia (Maramorosch, 1998), siendo enfocado al control de vectores mediante insecticidas (Weintraub y Beanland, 2005). Al respecto, sólo se han generado genotipos con resistencia al pardeamiento del tubérculo. El germoplasma mexicano, además de requerir menos del 30% de fertilización nitrogenada y fosfatada, puede producir con menos del 25% de agua sin problemas. Las variedades mexicanas han soportado heladas, granizos, excesos de humedad y sequías a través de su desarrollo con gran capacidad de recuperación, condiciones que no toleran las variedades introducidas. Además, el germoplasma mexicano ha resistido pH muy adversos (<6.0 y >8.0). A través, de las evaluaciones de germoplasma se han identificado genotipos que presentan resistencia al pardeamiento interno del tubérculo como son los genotipos 5-10, 02-95, NAU-6, 91-29-10 y 98-1-29 (Rubio y Cadena, 2011; Parga, 2009), presentan menor susceptibilidad al manchado de tubérculo. Actualmente, no se ha reportado resistencia de la planta a los fitoplasmas ni a liberibacter. Parga *et al.*, 2013, reportan a los genotipos 98-18-24, Norteña y 96-01-01 como resistentes al tizón tardío y tolerancia al síndrome de la punta morada, así como, a la marchitez prematura. Las variedades resistentes pueden proveer aproximación al control de enfermedades causadas por fitoplasmas y por liberibacter. Sin embargo, sólo

variaciones de susceptibilidad han sido reportadas, pero muy pocos ejemplos han sido documentados.

### CONCLUSIONES

El Programa de papa del INIFAP, ha generado germoplasma de acuerdo a los sistemas de producción y para los principales problemas que inciden negativamente en la productividad, inocuidad, ambiente y sanidad del cultivo.

Los resultados indican que el uso de variedades introducidas siguen siendo un grave problema en la producción de papa en México, tanto por los altos costos y excesivo uso de agroquímicos, como, por las pérdidas que ocasionan en producción y calidad.

Las variedades introducidas, han ocasionado desequilibrio agroecológico, favorecido significativamente la huella de carbono, por los pesticidas y uso frecuente de la maquinaria para la aplicación de los mismos y son un riesgo a la salud del trabajador, productor y sociedad.

### REFERENCIAS

- Estrada, R. N. 1999. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. Ed. Centro de Información para el Desarrollo. Centro Internacional de la Papa. Libro Técnico. La Paz, Bolivia. pp 125-132.
- Fideicomiso Institucionalizado de Recursos para la Agricultura (FIRA). 2023. Fidecomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Memoria de cálculo de la estimación de costos de producción de una hectárea de papa comercial bajo condiciones de riego por bombeo para Coahuila-Nuevo León.
- Maramorosch, K. 1998. Current status of potato purple top wilt. *International Journal Tropics Plant Disease*. 16:61-72.
- Mendoza, H. A. 1983. Mejoramiento de papa por resistencia múltiple. Apuntes de curso de germoplasma. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú.
- Ochoa, C. 1972. El germoplasma de papa en sud América. Prospects for the potato in the developing world. Centro Internacional de la Papa. Pp 69-84.
- Parga, T. V. M. 2008. Mejoramiento genético por resistencia a punta morada de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Detección, Diagnóstico y Manejo de la Enfermedad Punta Morada de la Papa. Ed. Parnaso. Málaga-España. pp 49-56.
- Parga, T. V. M. 2009. Evaluación, selección y caracterización de genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) tolerantes al síndrome de la punta morada. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila. México. 115 p.

- Parga, T. V. M., Covarrubias, R. J. M., Almeyda, L. I. H., Flores, L. R. y Zamora, V. V. M. 2013. Manejo integrado del síndrome de la punta morada de la papa en Coahuila y Nuevo León. Folleto técnico No. MX-O-310706-37-03-15-09-58. Campo Experimental Saltillo. CIRNE - INIFAP. México. 21 p.
- Pimentel, D. y H. Lehman 1993. Agrochemicals desk reference. 2a ed. Lewis Publishers, Boca Raton. Nueva York. 656 p.
- Rivera-Peña, A. 2001. Metodologías tradicionales usadas en el mejoramiento genético de papa en México. INIFAP-CIRCE. Campo Experimental Valle de Toluca, Metepec, Estado de México. Libro Técnico. Núm. 3. 45 p.
- Rubio-Covarrubias, O.A. y Cadena-Hinojosa, M.A. 2011. Validación de clones y variedades tolerantes al pardeamiento interno del tubérculo provocado por el complejo de la punta morada de la papa en el estado de México. Informe de investigación. Sitio Experimental Metepec INIFAP. 22 p.
- Weintraub, G. P. and L. Bealand. 2005. Insect vectors of phytoplasmas. *Annual Review Entomology*. 51: 91-111.

## IMPORTANCIA DEL CAMBIO DE CLIMA EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES EN LA COMARCA LAGUNERA

Sánchez D. J. I.<sup>1</sup>; Reta S. D. G.<sup>2</sup>; Ochoa M. E.<sup>1</sup>; Reyes G. A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Matamoros, Coah., México. C.P. 27440.

<sup>2</sup>INIFAP-Campo Experimental Delicias. Delicias, Chih., México. C.P. 33000.

[sanchez.juan@inifap.gob.mx](mailto:sanchez.juan@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

La producción de forrajes está siendo afectada negativamente por el cambio de clima. El objetivo de este escrito es analizar brevemente las condiciones climáticas cambiantes y la disponibilidad de agua que han afectado la producción de forrajes en la Comarca Lagunera. En los últimos 50 años se ha incrementado la temperatura y la precipitación ha sido muy irregular y escasa en la Comarca Lagunera. La falta de agua de riego es un problema porque el agua puede sobrellevar los efectos negativos de las altas temperaturas en las plantas. Tanto las temperaturas altas y/o bajas afectan significativamente el desarrollo, rendimiento y el valor nutritivo de los forrajes. Localmente se tiene la evidencia de efectos negativos de las altas temperaturas en maíz forrajero y de bajas temperaturas en sorgo forrajero. En maíz, se observó que las floraciones se adelantaron durante el 2022 respecto al 2023 por ser más cálido. El cultivo alcanzó mayor altura en 2023 que en 2022, debido a que el ciclo del 2023 inicio con temperaturas frescas. Sin embargo, los rendimientos de forraje verde y seco fueron 9 y 4 toneladas menos por hectárea, respectivamente, durante el 2023 que en el 2022. Además, se tuvo 15% menos en porcentaje de mazorca durante el 2023 respecto al 2022 por mala polinización durante el pico de alta temperatura del 2023. En contraste, en sorgo se observó un desarrollo deficiente del cultivo por temperaturas por debajo de lo óptimo que utiliza el cultivo durante la noche y el día. Esto ocasionó tener rendimientos de forraje verde de manera comercial de 15 a 25 toneladas por hectárea; las cuales en años anteriores habían producido desde 45 hasta 60 toneladas por hectárea. Adicional al bajo desarrollo de maíz y sorgo por temperaturas anormales en la Comarca Lagunera, estos cultivos empezaron a presentar problemas de daños por hongos que llegan a secar las plantas y afectar seriamente su rendimiento y valor nutritivo durante el 2023. En general, el cambio de clima afecta negativamente el desarrollo, rendimiento y el valor nutritivo de los principales forrajes en la Comarca Lagunera. Es necesario un trabajo en conjunto entre especialistas en genética de cultivos y manejo del agua, suelo, plagas, enfermedades, fertilización y nutrición en las universidades y centros de investigación para minimizar los efectos negativos del cambio de clima.

**Palabras clave:** *Temperatura, agua, rendimiento, valor nutritivo.*

### INTRODUCCION

Los forrajes son indispensables en las dietas para ganado lechero porque son fuente de nutrientes y fibra efectiva. Estos son muy importantes para que el rumen funcione correctamente y se lleve a cabo una fermentación y digestibilidad adecuada. Por lo tanto, los forrajes pueden contribuir dramáticamente al consumo de materia seca y aprovechamiento de nutrientes.

Debido a que los forrajes son un alimento clave en la dieta para ganado lechero, es muy importante que su producción permita abastecer las necesidades diarias en el establo y que estos sean de un buen valor nutritivo. Sin embargo, debido a las condiciones climáticas

actuales en la Comarca Lagunera, la producción y el valor nutritivo de los forrajes están siendo afectados negativamente.

Los principales forrajes utilizados en los establos lecheros de la Comarca Lagunera son el ensilado de maíz, ensilado de sorgo y henos o ensilados de alfalfa y de cereales de grano pequeño como avena y triticale. Entre estos forrajes, el sorgo es uno de los forrajes que más ha demostrado tener mejor adaptabilidad a las condiciones adversas de temperatura y falta de agua de riego; no obstante, este cultivo también ha sido afectado por temperaturas bajas en esta región (por debajo de 22°C durante la noche). El maíz por su parte, es uno de los cultivos que más se ha afectado por temperaturas elevadas (por encima de 35°C). La alfalfa también ha demostrado adaptarse bien cuando la temperatura se incrementa, pero debido a que es un cultivo con altos consumo de agua, esta se afecta durante el verano por falta de agua de riego. Los cereales como la avena y el triticale tiene más riesgos por bajas temperaturas ya que son cultivos de otoño invierno. Sin embargo, en años con inviernos cálidos, la avena ha demostrado presentar problemas de roya en siembras tardías durante noviembre.

Otros de los problemas negativos asociados al cambio de clima en los forrajes en la Comarca Lagunera son las plagas y enfermedades. Existen ciclos de producción con clima muy cálido donde los problemas de plagas y enfermedades se agudizan. Cuando las plagas y enfermedades no se han controlado oportunamente, estas han afectado negativamente el rendimiento y valor nutritivo de los forrajes; o que llega a reflejarse en pérdidas económicas que no llegan a amortiguar los costos de producción de los forrajes.

El objetivo de este escrito es analizar brevemente las condiciones climáticas cambiantes y la disponibilidad de agua que han afectado la producción de forrajes en la Comarca Lagunera. Adicionalmente, se mostrarán algunos casos que se han presentado en los últimos años con afectaciones en maíz y sorgo forrajero. Es importante señalar que la información presentada aquí se ha obtenido de eventos adversos que han ocurrido localmente en esta región sin que la investigación este enfocada específicamente en observar los cambios negativos del cambio de clima en estas especies forrajeras.

### **CAMBIO DE CLIMA Y DISPONIBILIDAD DE AGUA EN LA COMARCA LAGUNERA**

El cambio de clima ha afectado la temperatura global del aire, las precipitaciones, el viento y la calidad de la radiación solar. Se estima que la temperatura global se incremente entre 1.4 y 5 °C al final del siglo XXI (IPCC, 2022) y que la escasez de agua para la agricultura aumente en más del 80% en las tierras de cultivo en el mundo para el 2050 (Liu *et al.*, 2022). La Comarca Lagunera, una de las principales regiones productoras de leche de ganado bovino en México, ha sido muy vulnerable a los efectos del cambio climático en los últimos 49 años. La temperatura ambiente promedio se ha incrementado entre 1 y 1.5 °C (Figura 1) y la precipitación ha tendido a reducirse en los últimos 49 años (Figura 2). Además, en algunos años la precipitación ha sido nula. Este problema de la baja precipitación asociada a una baja recarga del agua subterránea por escurrimientos ha ocasionado que exista un desbalance entre el agua subterránea que se recarga y la que se extrae de los principales acuíferos (Figura 3). Por lo que se empiezan a tener problemas con el abasto de agua para riego. Esto es un problema serio porque el riego es uno de los componentes que puede ayudar a sobrellevar los efectos negativos por altas temperaturas en los forrajes.

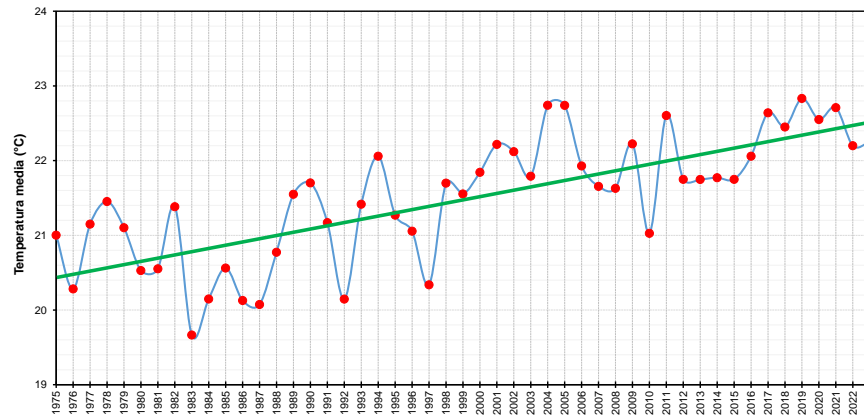


Figura 1. Temperatura media anual desde 1975 al 2023 en la Comarca Lagunera.

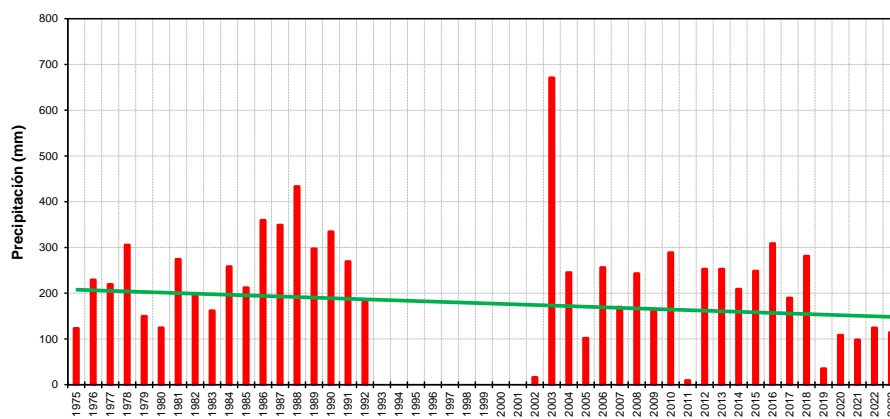


Figura 2. Precipitación promedio anual desde 1975 al 2023 en la Comarca Lagunera.

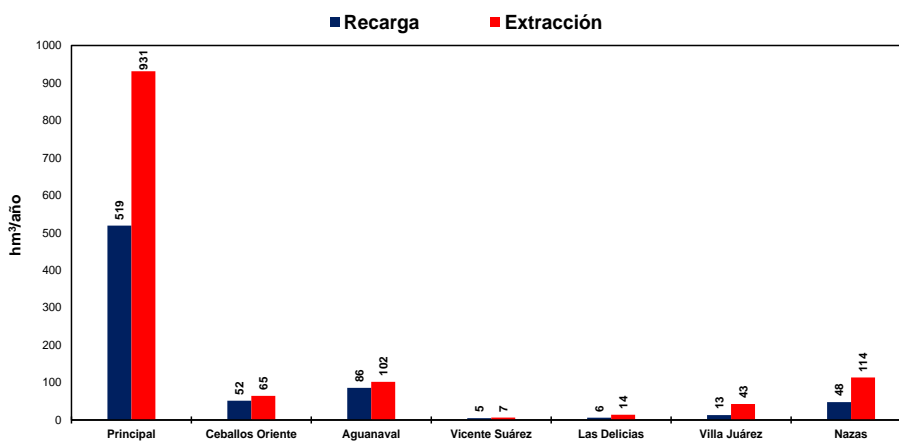


Figura 3. Extracción y recarga de los principales acuíferos de Comarca Lagunera durante el 2015.

### EFFECTOS NEGATIVOS EN LOS FORRAJES

Tanto las temperaturas extremas como la escasez de agua afectan significativamente el crecimiento y desarrollo de los cultivos. En general, cuando las temperaturas altas se prolongan por varios días se acelera el desarrollo del cultivo y esto acorta su ciclo de vida; lo



que resulta en plantas pequeñas, acortamiento de la fase reproductiva y reducción en el potencial de producción (Hatfield y Prueger, 2015). Por ejemplo, temperaturas superiores a 35 °C antes y después de la floración del maíz reducen el crecimiento en 17-29%, el número de grano en 7-45% y la producción total del grano en 10-45% (Neiff *et al.*, 2016). Como resultado de esto, se reducirá el rendimiento de forraje y se tendrá un ensilaje con bajo contenido de almidón.

Por otro lado, la disponibilidad del agua es también un factor muy importante en la producción de forrajes. Las deficiencias de agua durante etapas del desarrollo críticas también afectan los mismos procesos reproductivos ocasionados por el estrés de altas temperaturas (Cakir, 2004). En cualquiera de los dos casos, ya sea estrés por altas temperaturas o por falta de agua, los rendimientos de materia seca en los forrajes se reducen seriamente.

Las altas temperaturas también influyen en la calidad de los forrajes. Cultivos desarrollados bajo condiciones de alta temperatura pueden acelerar su madurez, lo que intensifica la lignificación en la pared celular de las plantas, y como consecuencia afecta el valor nutricional de los forrajes mediante una reducción en la digestibilidad de la fibra (Van Soest, 1994). Ensilados de maíz con una alta concentración de lignina, fibra y proteína, pero con un bajo contenido de almidón podrían ser indicadores de estrés por altas temperaturas (Ferreira y Brown, 2016). Esto es el resultado de una actividad metabólica elevada, donde los fotosintatos se convierten mayormente en componentes estructurales, lo cual reduce los contenidos de carbohidratos solubles y aumenta el contenido de la pared celular en las plantas (Van Soest *et al.*, 1978). Los contenidos de proteína y fibras en alfalfa también pueden ser afectados bajo un estrés por sequía (Abid *et al.*, 2016). La reducción de proteína cruda fue relacionada a una menor disponibilidad de nitrógeno, lo cual se debió a una baja mineralización de este elemento en el suelo, o tal vez a una disminución en la tasa de transpiración para transportar el nitrógeno desde la raíz hasta los brotes. La disminución en las fracciones fibrosas podría estar asociada a una menor incorporación de carbono a la pared celular, lo cual retrasa la madurez y propicia una mayor relación hoja-tallo (Van Soest, 1994).

La incidencia de plagas y enfermedades por efecto del cambio de clima también se incrementan. La anomalía en la temperatura y la precipitación afecta el crecimiento, la reproducción y sobrevivencia de los insectos; o simplemente, pérdida de sincronía con la planta huésped, brotes de enfermedades transmitidas por insectos y la competencia y presión de enemigos naturales (Subedi *et al.*, 2023).

## **EJEMPLOS DE EFECTOS NEGATIVOS DEL CLIMA EN MAÍZ Y SORGO FORRAJERO EN LA COMARCA LAGUNERA**

### **Bajo rendimiento en maíz por alta temperatura**

En la Figura 4 se muestra las condiciones climáticas para dos ciclos de producción de maíz forrajero en la Comarca Lagunera. Durante el ciclo de producción del 2022 (A) se puede apreciar que fue un año más caluroso debido a que hubo menos precipitaciones. Se observa que la temperatura máxima estuvo mayormente por encima de la temperatura óptima del maíz forrajero. En contraste, el ciclo de producción del 2023 (B) fue menos caluroso; sin embargo, se puede observar unos picos de temperatura máxima que llegaron a alcanzar cercas de los 45°C. Este incremento coincidió con la polinización del maíz forrajero, por lo que fue seriamente afectado.

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de un híbrido de maíz forrajero sembrado durante el 2022 y el 2023. En este caso fue el mismo híbrido sembrado en el mismo terreno y con un manejo agronómico bueno para observar la expresión genética de dicho híbrido en términos de características y producción. De manera general, se observa que el híbrido tuvo mayor altura en 2023 que en 2022, indicando un mejor desarrollo de este híbrido en 2023. Las floraciones masculina y femenina fueron más adelantadas durante el 2022, lo que indica que este año fue más cálido respecto al 2023. No obstante, a pesar de que el híbrido tuvo mayor altura en 2023 que en 2022, el rendimiento de forraje en base verde y seca fue 9 y 4 toneladas

menos por hectárea, respectivamente, durante el 2023 que en el 2022. Esto fue precisamente porque las altas temperaturas presentadas durante la floración en 2023 afectaron negativamente la polinización del maíz observándose elotes muy pequeños y con poco grano. Esto claramente se observa en un 15% menos de porcentaje de mazorca en el híbrido durante el 2023 respecto al 2022. Recordemos que la mazorca puede proporcionar entre el 15 al 45% del peso total a la planta, pero esto depende del híbrido y del manejo agronómico del cultivo

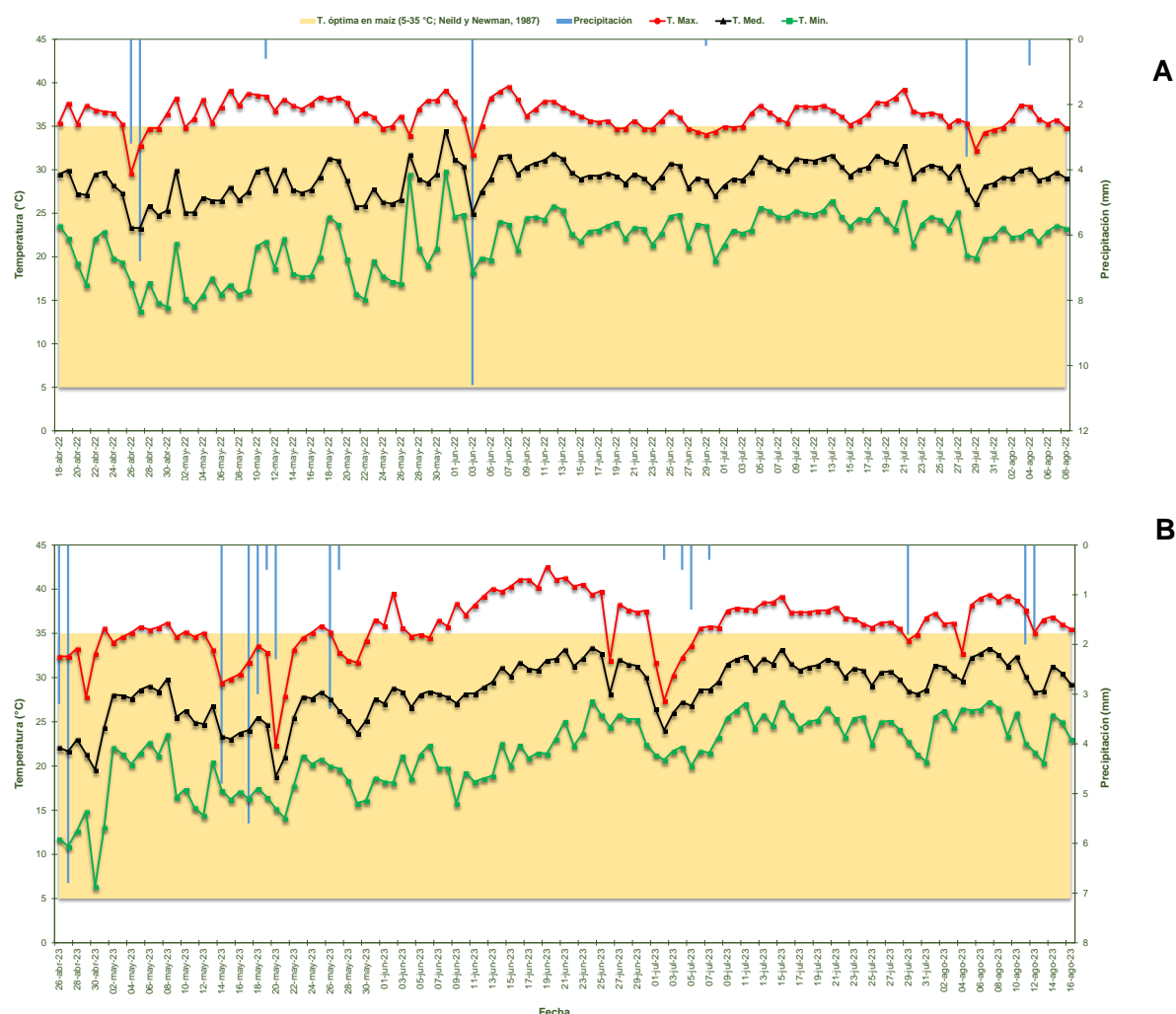


Figura 4. Condiciones climáticas en maíz de primavera del 2022 (A) y el 2023 (B) en la Comarca Lagunera.

Cuadro 1. Características y rendimiento de un híbrido de maíz forrajero sembrado durante la primavera del 2022 y 2023 en la Comarca Lagunera.

Parámetro	2022	2023	Diferencia
Altura (m)	2.69	2.83	>14 cm
F. Masculina (días)	68	76	>8 días
F. Femenina (días)	71	78	>7 días
Forraje verde (t/ha)	59.76	50.21	<9.55 t/ha
MS (%)	38.65	37.84	<0.81 %

---

<b>Forraje seco (t/ha)</b>	23.09	19.0	<b>&lt;4.0 t/ha</b>
<b>Mazorca (%)</b>	50.53	37.70	<b>&lt;15.83</b>

---

#### **Reducido crecimiento en sorgo forrajero durante el 2023**

La Figura 5 muestra el reducido desarrollo del sorgo forrajero durante el 2023 en la Comarca Lagunera a consecuencia de temperaturas nocturnas y diurnas por debajo de lo que utiliza el cultivo. En la Figura 6 se indica las temperaturas nocturnas y diurnas cada 30 minutos durante el ciclo de producción del sorgo forrajero en la Comarca Lagunera 2023. En este ciclo se observó que tanto las temperaturas nocturnas y diurnas estuvieron mayormente por debajo de las que utiliza el sorgo para tener un buen desarrollo. Esto indica que durante la etapa vegetativa el sorgo estuvo más expuesto a temperaturas bajas durante el día y la noche. Como consecuencia, se observaron sorgos con una altura más baja que los que se habían observado en años anteriores al 2023. Esto derivó que se obtuvieran rendimientos en variedades de sorgo conocidas y probadas localmente de 15 a 25 toneladas por hectárea; las cuales en años anteriores habían producido desde 45 hasta 60 toneladas por hectárea. Por lo tanto, claramente se observó que las temperaturas frías afectaron el desarrollo y el rendimiento del sorgo forrajero durante el 2023 en esta región.



Figura 5. Sorgo forrajero con bajo desarrollo asociado a temperaturas nocturnas y diurnas bajas durante el 2023 en la Comarca Lagunera.

Table with 24 columns (times from 12:00 a.m. to 11:30 p.m.) and 31 rows (dates from 01/03/2023 to 31/03/2023). Contains numerical data for each time slot.

Table with 24 columns (times from 07:30 a.m. to 06:30 p.m.) and 31 rows (dates from 01/03/2023 to 31/03/2023). Contains numerical data for each time slot.

Marzo 2023 Noche (por debajo de 22°C; por encima de 32°C)

Table with 24 columns (times from 12:00 a.m. to 11:30 p.m.) and 31 rows (dates from 01/04/2023 to 30/04/2023). Contains numerical data for each time slot.

Marzo 2023 Día (por debajo de 27°C; por encima de 35°C)

Table with 24 columns (times from 07:30 a.m. to 06:30 p.m.) and 31 rows (dates from 01/04/2023 to 30/04/2023). Contains numerical data for each time slot.

Abril 2023 Noche (por debajo de 22°C; por encima de 32°C)

Abril 2023 Día (por debajo de 27°C; por encima de 35°C)

Table with 24 columns (12:00 a.m. to 11:30 p.m.) and 30 rows (01/05/2023 to 30/05/2023) showing temperature data for May 2023 Noche.

Mayo 2023 Noche (por debajo de 22°C; por encima de 32°C)

Table with 24 columns (12:00 a.m. to 11:30 p.m.) and 30 rows (01/06/2023 to 30/06/2023) showing temperature data for June 2023 Noche.

Junio 2023 Noche (por debajo de 22°C; por encima de 32°C)

Figura 6. Temperaturas nocturnas y diurnas cada 30 minutos durante cuatro meses en el ciclo de sorgo forrajero en la Comarca Lagunera 2023.

Table with 24 columns (07:30 a.m. to 06:30 p.m.) and 30 rows (01/05/2023 to 30/05/2023) showing temperature data for May 2023 Día.

Mayo 2023 Día (por debajo de 27°C; por encima de 35°C)

Table with 24 columns (07:30 a.m. to 06:30 p.m.) and 30 rows (01/06/2023 to 30/06/2023) showing temperature data for June 2023 Día.

Junio 2023 Día (por debajo de 27°C; por encima de 35°C)





**Problemas de hongos por altas temperaturas en maíz y sorgo**

Otros de los problemas asociados por incrementos de la temperatura son las afectaciones por hongos en maíz y sorgo forrajero en la Comarca Lagunera (Figura 7). Durante el 2023 fue un año más cálido y fue cuando se observaron mayores afectaciones por hongos en maíz forrajero en condiciones comerciales. De la misma manera, se observaron afectaciones de problemas de hongos en sorgo forrajero. Cabe señalar, que las afectaciones pueden ser más severas en maíz que en sorgo, ya que en sorgo solo se observaron los daños en los hijuelos y no en tallos principales. Este efecto asociado con los picos altos de temperatura del 2023 se observó después de la floración, pero antes de la cosecha en ambos cultivos. Desafortunadamente, este problema solo se ha documentado visualmente y no se tiene un conteo y evidencia de un análisis confiable identificando el tipo de hongo que está causando estos problemas en condiciones adversas de temperatura.

**A****B**

Figura 7. Problemas de hongos en maíz (A) y sorgo forrajero (B) asociados a incrementos de la temperatura en la Comarca Lagunera durante el 2023.

### CONCLUSIONES

Los efectos del cambio de clima están afectando negativamente el desarrollo, rendimiento y el valor nutritivo de los principales forrajes en la Comarca Lagunera. Debido a esto, es importante comenzar a monitorear y predecir el clima en esta región. Además, es necesario generar variedades de forrajes que produzcan bajo las condiciones adversas de temperatura y falta de agua de la Comarca Lagunera. Al mismo tiempo, es importante contar con personas capacitadas para trabajar en conjunto en manejo del agua, suelo, plagas, enfermedades, fertilización y nutrición en las universidades y centros de investigación. Todo esto, nos permitirá poder minimizar los efectos negativos del cambio del clima en los forrajes que se producen en la Comarca Lagunera.

### REFERENCIAS

- Abid, M., E. Mansour, L. B. Yahia, K. Bachar, A. B. Khaled, and A. Ferchichi. 2016. Alfalfa nutritive quality as influenced by drought in South-Eastern Oasis of Tunisia, *Italian J. Anim. Sci.* 15(2):334-342.
- Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crop Res.* 89:1-16.
- Ferreira, G. and A. N. Brown. 2016. Advances in silage production and utilization. Chapter 2: Environmental factors affecting corn quality for silage production. ISBN 978-953-51-2777-2. INTECH. 39-51.
- Hatfield, J. L., and J. H. Prueger. 2015. Temperature extremes: effect on plant growth and development. *Weather Clim. Extrem.* 10:4-10. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2022. Climate change 2022. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers. In: Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental panel on Climate Change. H-O Pörtner, D. C. Roberts, M. M. B. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschhke, V. Möller, A. Okem, and B. Rama. ISBN: 978-92-9169-159-3. Switzerland. p. 35.
- Liu, X. W. Liu, Q. Tang, B. Liu, Y. Wada, and H. Yang. 2022. Global agricultural water scarcity assesment incorporating blue and green water avaiability on the future climate change. *Earth's Future.* 10, e2021EF002567. <https://doi.org/10.1029/2021EF002567>
- Neiff, N., S. Trachsel, O. R. Valentinuz, C. N. Balbi, and F. H. Andrade. 2016. High temperatures arounf flowering in maize: effect on photosynthesis and grain yield in three genotypes. *Crop. Sci.* 56:2702-2712. <https://doi.org/10.2135/cropsci2015.12.0755>
- Subedi, B. A. Paudel, and S. Aryal. 2023. The impact of climatic change on insect pest biology and ecology: Implications for pest management strategies, crop production, and food security. *J. Agric. Food Res.* 14:100733. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100733>
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant.* Comstock University Press, Cornell University, Ithaca, NY.
- Van Soest, P. J., D. R. Mertens, and B. Deinum. 1978. Preharvest factors influencing quality of conserved forages. *J. Anim. Sci.* 47:712-720.





A person wearing a blue jacket and a hat is working in a greenhouse, tending to rows of leafy green vegetables. The person is in the background, slightly out of focus. The foreground is filled with vibrant green leafy plants, likely spinach or similar greens, growing in rows. The greenhouse structure is visible in the background, with a translucent covering.

# Agricultura Orgánica

## CAMBIOS EN LA ESTABILIDAD DE AGREGADOS DEL SUELO BAJO DIFERENTE LABRANZA

Osuna C. E. S<sup>1</sup>., Martínez G. M. Á<sup>2\*</sup>., Nava. R. E<sup>3</sup>., Sánchez C. I<sup>3</sup>., Pimentel L. J<sup>4</sup>. y García S. P<sup>4</sup>. Fonteyne S<sup>5</sup> y Saldivia T. A<sup>5</sup>.

Instituto Nacional De Investigaciones Forestales, Agrícolas Y Pecuarias - Campo Experimental Pabellón

Instituto Nacional De Investigaciones Forestales, Agrícolas Y Pecuarias - Campo Experimental San Luis

\*Correo: martinez.miguelangel@inifap.gob.mx

Instituto Nacional De Investigaciones Forestales, Agrícolas Y Pecuarias - CENID - RASPA

Colegio de postgraduados - C.P- Campus San Luis

Centro International de Mejoramiento de Maíz y Trigo - CIMMYT

### RESUMEN

Los sistemas de labranza modifican la cantidad de carbono, lo cual influye en el tamaño de los agregados y la estabilidad estructural de los suelos. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de los sistemas de labranza a largo plazo en términos de su impacto sobre la distribución de los diferentes tamaños de agregados y su estabilidad. En un experimento de largo plazo, se evaluaron bajo condiciones de riego, cuatro tratamientos de manejo de suelo: 1) labranza convencional con barbecho más rastra (LC), 2) siembra directa con 33% de cobertura y 29 años de antigüedad (SD<sub>29años</sub>), 3) SD con 33% de cobertura y 5 años de antigüedad (SD<sub>5años</sub>) y 4) área natural (AN<sub>ref</sub>). Cada unidad experimental fue de 240 m<sup>2</sup> con dos repeticiones. El área experimental en el año 2023 de estudio fue sembrada con maíz de primavera-verano. En cada uno de los tratamientos se analizó la estabilidad estructural de la capa superficial (0-5 y 5-10 cm) mediante la distribución y estabilidad de agregados. Los agregados se sometieron simultáneamente a dos procesos de desagregación mecánica por agitación: tamizado en seco y en húmedo. El efecto de cada proceso fue evaluado mediante el diámetro medio ponderado (DMP), y el índice de estabilidad de agregados (IEA). Los resultados muestran de manera general que LC produce un mayor número de agregados pequeños en ambos procesos. Los valores del DMP<sub>ANref.</sub>, DMP<sub>SD29años</sub>, DMP<sub>SD5 años</sub> y DMP<sub>LC</sub> obtenidos, indicaron que la desagregación mecánica debido a la labranza convencional constituye el principal mecanismo de fragmentación de los agregados, seguido por la SD<sub>5años</sub> debido a la lenta descomposición del residuo y la baja aportación de materia orgánica. El IEA en ambas profundidades permitió diferenciar bien los sistemas de manejo evaluados, observándose que el suelo con mayor laboreo (LC) tuvo menor estabilidad estructural que el mismo suelo cuando se eliminó el laboreo en la siembra directa de largo plazo (SD<sub>29años</sub>).

**Palabras clave:** mecanismo de desagregación, sistemas de labranza, siembra directa, índice de estabilidad de agregados.

## ABSTRACT

Tillage systems modify the amount of carbon, which influences the size of aggregates and the structural stability of soils. The objective of the present study was to evaluate the effect of long-term tillage systems in terms of their impact on the distribution of different aggregate sizes and their stability. In a long-term experiment, four soil management treatments were evaluated under irrigation conditions: 1) conventional tillage with fallow plus harrow (LC), 2) direct sowing with 33% coverage and 29 years old (SD<sub>29 years</sub>), 3) SD with 33% coverage and 5 years old (SD<sub>5years</sub>) and 4) natural area (AN<sub>ref</sub>). Each experimental unit was 240 m<sup>2</sup> with two repetitions. The experimental area in the study year was planted with spring-summer corn. In each treatment, the structural stability of the surface layer (0-5 and 5-10 cm) was analyzed through the distribution and stability of aggregates. The aggregates were simultaneously subjected to two mechanical disaggregation processes by agitation: dry and wet sieving. The effect of each process was evaluated using the weighted average diameter (WMD), and the aggregate stability index (IEA). Results showed that LC produced a greater number of small aggregates in both processes. The  $DMP_{ANref}$  for all treatments indicated that the mechanical disaggregation due to conventional tillage constitutes the main fragmentation mechanism of aggregates, due to the slow decomposition of the residue and the low contribution of organic material. The IEA at both depths allowed us to clearly differentiate the management systems evaluated, observing that the soil with Conventional tillage had less structural stability than the same soil when tillage was eliminated in long-term direct sowing (SD<sub>29 years</sub>).

**Key words:** aggregate-breakdown mechanism, tillage systems, direct seeding, aggregate stability index.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de labranza modifican la cantidad y distribución del tamaño de los agregados y la estabilidad estructural de los suelos. Es necesario conocer estos efectos a largo plazo para anticipar posibles efectos adversos sobre el funcionamiento del agroecosistema (Iglesia *et al.*, 2014). La agricultura intensiva y el monocultivo deterioran la estructura del suelo, que se puede evaluar a través de la estabilidad de agregados (EA), la cual ha sido una variable sensible al uso y manejo del suelo y por ello propuesta como un indicador de calidad de suelos (Shepherd, *et al.*, 2001). La agregación de las partículas del suelo es un proceso edafogénico resultado de la compleja interacción órgano-mineral que puede ser modificada por el manejo (Lal & Shukla, 2004, Kasper *et al.*, 2009). No obstante, se reconoce que los resultados obtenidos en estudios sobre efectos de labranza sobre EA son aún contradictorios porque estos son dependientes del pretratamiento de las muestras, de su contenido de humedad y de la intensidad del tamizado (cita). Por ello, las investigaciones sobre EA y la distribución de agregados por tamaño, son principalmente de valor comparativo y requieren de una detallada descripción de la metodología aplicada, para que los resultados se interpreten dentro del contexto de dicha metodología (Daraghme *et al.*, 2009).

La teoría jerárquica de agregación propone que los microagregados se unen para formar macroagregados (Edwards & Bremner, 1967), así, las partículas de suelo se unen a través de materiales orgánicos e inorgánicos (Tisdal & Oades, 1982).

La labranza modifica la agregación del suelo por ruptura física de los macroagregados y por alteración de factores biológicos y químicos (Barto *et al.*, 2010). En particular, la labranza convencional (LC) aumenta la exposición al aire, sol y viento mientras que las prácticas de labranza de conservación con siembra directa (SD) moderan el impacto de los ciclos de humedecimiento y secado, debido a la protección con residuos en la superficie mejorando la

EA (Bronick & Lal, 2005). Por tanto, es necesario cuantificar el efecto de diferentes sistemas de labranza y su relación con la estabilidad del suelo. Algunos investigadores sugieren la idea de utilizar los suelos naturales sin cultivar como la más alta calidad para la evaluación de la degradación del suelo, aunque no existe consenso generalizado (Iglesias, *et al.*, 2014).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de los sistemas de labranza a largo plazo en términos de su impacto sobre la distribución de los diferentes tamaños de agregados y su estabilidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental San Luís, que se ubica en las coordenadas geográficas 22°13'45.8" N y 100°51'01.5" O a una altitud de 1838 m. La precipitación y temperatura media anual es de 210 mm y 16.2°C. El suelo es un *Feozems*, de textura franco arcillo-arenoso. El lote en estudio se inició en 1995 bajo condiciones de riego, donde se están evaluando cuatro tratamientos de manejo de suelo: 1) labranza convencional con barbecho más rastra (LC), 2) siembra directa con 33% de cobertura y 29 años de antigüedad (SD<sub>29años</sub>), 3) SD con 33% de cobertura y 5 años de antigüedad (SD<sub>5años</sub>) y 4) área natural desde el inicio del estudio (AN<sub>ref</sub>). Cada unidad experimental es de 240 m<sup>2</sup> con dos repeticiones.

Durante el año en estudio (2023) el experimento fue sembrado con maíz en el ciclo de primavera-verano. En el mes de noviembre en las profundidades 0-5 y 5-10 cm, se tomó una muestra en cada tratamiento y profundidad sin alterarla. Los terrones grandes de suelo fueron cuidadosamente desmoronados y se secaron al aire libre. Una fracción de suelo aledaño sin cultivar desde que se inició el estudio se consideró como el tratamiento "Natural de referencia", y se muestreó de igual forma.

Para la determinar la distribución de los agregados en seco, fue tomada una submuestra de 250 g, se separó por agitación a través de 5 tamices con aberturas de 4.00, 2.00, 1.00, 0.50, 0.25 y 0.053 mm, durante cinco min a una velocidad de 210 ciclos min<sup>-1</sup>. El suelo restante de cada tamiz se recogió y pesó (Limón-Ortega, 2006).

La determinación de la distribución del tamaño de los agregados estables en agua se basó en el método desarrollado por Barthés *et al.*, (2000) y Kemper & Rosenau (1986). Se tomaron submuestras de 15 g de suelo y se colocaron en un tamiz de 8 mm. Estos tamices fueron sumergidos en bandejas con agua destilada por 20-40 min. Las muestras fueron tamizadas en húmedo manualmente, se hizo una torre de 5 tamices con diferentes aperturas: 4, 2, 1, 0.5, 0.25 y 0.053 mm, los cuales fueron sumergidos en agua y movidos suavemente hacia arriba y hacia abajo utilizando un ángulo pequeño ( $\pm 3.5$  cm de distancia vertical) de inclinación a una velocidad de 60 ciclos min<sup>-1</sup> durante un minuto. Cada fracción de suelo fue secada en horno (105 °C) y luego se pesó. La corrección para compensar la presencia de arena y fragmentos gruesos; se realizó por agitación durante 18 hrs con hexametáfosfato de sodio al 5 % (con una relación suelo: líquido de 1:3). Finalmente se determinó el peso retenido en el tamiz que le correspondía.

Para determinar la estabilidad de agregados (EA), se utilizó el cambio del diámetro medio ponderado (CDMP) propuesto por De Leenher & De Boodt (1958), adaptado por Santanatoglia & Fernández (1982) y citado por Iglesias *et al.*, (2014). La EA se expresó como valores de CDMP, (diferencia entre DMP del tamizado en seco y el DMP del tamizado en húmedo); a mayor CDMP mayor inestabilidad del suelo (Vallejo *et al.*, 2012). Se calculó el índice de estabilidad de agregados (IEA) expresado como el cociente entre un valor de estabilidad (CDMP<sub>ref</sub>) del suelo de referencia (natural con valor de 100) y el del tratamiento (CDMP<sub>trat</sub>)

multiplicado por 100 de esta forma los valores menores de 100 para tratamientos disturbados expresan el porcentaje que conservan de la EA original del suelo (Echeverría *et al.*, 2008).

$$IEA = \text{CDMP}_{\text{ref}} / \text{CDMP}_{\text{trat}} \times 100$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Distribución de los tamaños de agregados tamizados en seco y húmedo.

Los resultados de la distribución promedio de las fracciones de agregados de tamizado en seco y húmedo se muestran para las dos profundidades en la figura 1 a, b, c y d. En ambos casos se puede observar que en general LC produce un mayor número de agregados pequeños que el resto de los tratamientos. Sin embargo, en la capa 0-5 cm para la condición seca se puede observar que en el tamaño de 4-2 mm el porcentaje de agregados más alto se obtuvo en AN<sub>ref.</sub>, luego con SD<sub>5 y 29 años</sub> y por último en LC, mientras que en el tamaño de 1 mm los tratamientos sin laboreo prácticamente fueron iguales y mayores que el laboreado. En general los agregados mayores de 4-1 mm se incrementaron a medida que disminuyó el disturbio, la ausencia del laboreo en AN<sub>ref.</sub> y SD<sub>5 y 29 años</sub> permitieron la unión de microagregados en agregados más grandes (4 a 1 mm), esto probablemente se debió al resultado de cambios en el aporte de carbono al suelo y por acción del laboreo (Iglesias *et al.*, 2014). En la condición húmeda los tratamientos AN<sub>ref.</sub> y SD<sub>29 años</sub> presentaron mayor cantidad de agregados en el tamaño de 4-1mm que LC y SD<sub>5 años</sub> probablemente producto del sistema de labranza y la lenta descomposición del residuo de gramíneas de la cosecha anterior dejados en la superficie en SD<sub>5 años</sub>.

En el estrato inferior (5-10 cm) bajo la condición seca, todos los tratamientos evaluados presentaron prácticamente similitud en los porcentajes de agregados > 2 mm, mientras que los tratamientos de SD<sub>5 y 29 años</sub> y AN<sub>ref.</sub> presentaron ligeramente mayores porcentajes de agregados de 1 mm. No obstante, en la condición húmeda los tratamientos AN<sub>ref.</sub> y SD<sub>29 años</sub> presentaron el mayor porcentaje de agregados de 4-1 que LC y SD<sub>5 años</sub>, producto de los sistemas de laboreo y quizás por la lenta descomposición del residuo y la baja aportación de materia orgánica.

Finalmente, en la capa superficial (0-5 cm) para las dos condiciones (seco y húmedo), en LC la fracción menor de 1 mm (74 y 83 % resp.), formada principalmente por material suelto por efecto de laboreo, evidenció mayor destrucción de los macroagregados, que AN<sub>ref.</sub>, SD<sub>29 años</sub> y SD<sub>5 años</sub>. La disminución de la estabilidad de agregados está relacionada con el laboreo y la no aportación de residuos que afectaría la agregación (Kasper *et al.*, 2009, Cacchiarelli *et al.*, 2008). Lo anterior podría ser un indicador sensible de la estabilidad de la estructura del suelo.

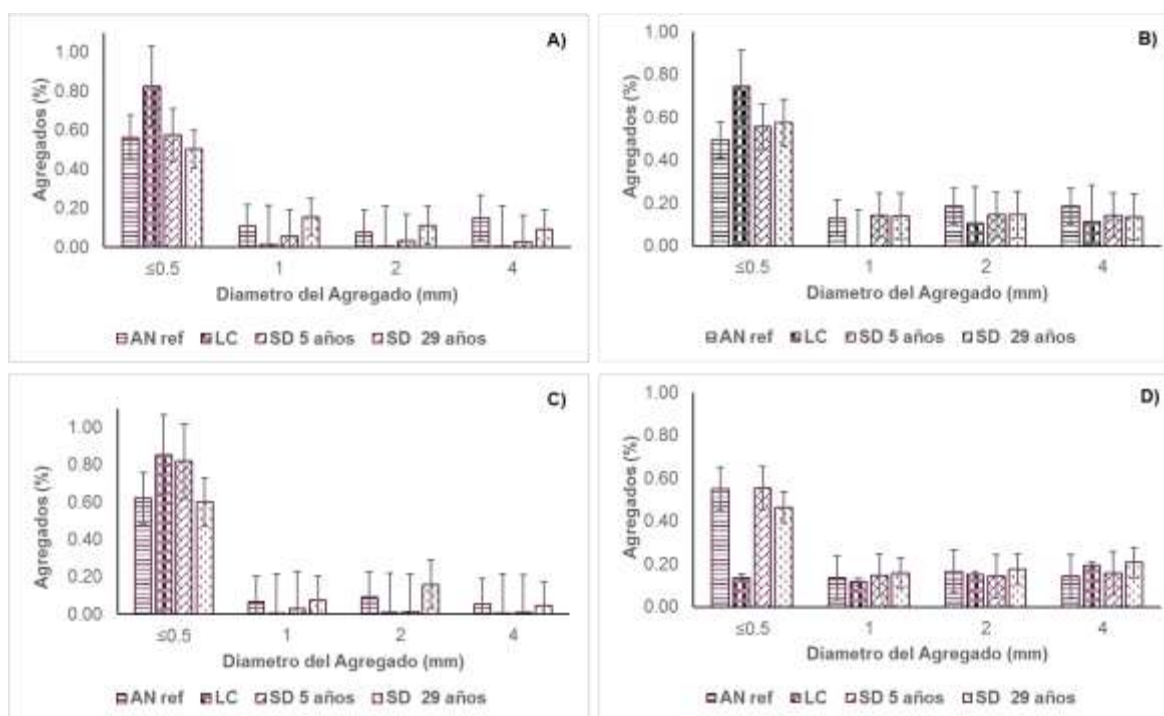


Figura 1. Distribución de agregados en seco (a y c) y húmedo (b y d) en la capa superficial 0-5 y 5-10 cm en un Feozems con diferentes prácticas de labranza.

### Estabilidad de Agregados y Cambios del diámetro medio ponderado

Hubo significancia estadística entre tratamientos ( $P=0.05$ ) en EA de ambos procesos de tamizado, seco y húmedo (Cuadro 1). Observándose las mayores diferencias del diámetro medio ponderado (DMP) en la capa superficial (0-5 cm), donde se observó una mayor reducción en LC, para los dos procesos. En la profundidad 5-10 cm no se encontraron diferencias significativas en el DMP entre tratamientos de labranza para los dos procesos. En general, el suelo en estudio, presenta buena estabilidad de agregados tanto en condiciones naturales como en SD, debido al incremento de materia orgánica que producen en la superficie del suelo, la cual es un agente estabilizador de la estructura e indica su importancia en la formación de macroagregados; sin embargo, es afectado severamente por el laboreo excesivo que provoca pérdidas de materia orgánica y erosión (Wilson & Cerana, 2004).

En relación con el cambio del diámetro medio ponderado (CDMP), al igual que la variable DMP hubo significancia estadística entre tratamientos ( $P=0.05$ ) en la capa 0-5 cm. No hubo diferencia significativa entre tratamientos ( $P=0.05$ ) en la capa 5-10 cm. Observándose que el CDMP aumentó (Cuadro 1) a medida que aumentó el disturbio con LC. Resultados similares fueron reportados por Sanzano *et al.*, (2005) e Iglesias *et al.*, (2014).

Al analizar los resultados del IEA (Cuadro 1), se puede afirmar que el suelo con mayor laboreo tuvo menor estabilidad estructural que el mismo suelo cuando disminuye el laboreo. En la capa 0-5 cm el tratamiento LC y AC<sub>5años</sub> presentaron valores menores al AN<sub>ref.</sub> (41.3 y 50.2% resp.), mientras que el tratamiento AC<sub>29años</sub> presentó el mayor IEA que todos los tratamientos incluyendo al tratamiento de referencia (AN<sub>ref.</sub> 68.3%). Estos resultados son congruentes con los reportados por Echeverría *et al.*, (2015). En 5-10 cm se observó el mismo comportamiento



que la capa superficial, los valores de IEA fueron menores (18.7 y 34.9 %) en LC y AC<sub>5años</sub> que el obtenido en los tratamientos AN<sub>ref.</sub> y AC<sub>29años</sub>.

**Cuadro 1. Valores promedios del diámetro medio ponderado (DMP, mm) y cambio del diámetro medio ponderado (CDMP, mm) e índice de estabilidad de agregados (IEA, %) para cada tratamiento de labranza.**

SUELO	MANEJO	TAMIZADO		CDMP	IEA
		SECO	HÚMEDO		%
Feozems	<b>0-5cm</b>				
	Br+Ra	1.36 b	0.32 b	1.04 ab	58.67
	AC 5 años	1.74 ab	0.64 b	1.1 a	49.8
	AC 29 años	1.69 ab	1.36 a	0.33 c	168.34
	A. Natural	2.02 a	1.51 a	0.51 bc	100
	<b>DMS<sub>05</sub></b>	<b>0.421</b>	<b>0.568</b>	<b>0.523</b>	<b>ns</b>
	<b>5-10cm</b>				
	Br+Ra	1.74	0.45	1.29	81.34
	AC 5 años	1.79	0.43	1.36	65.07
	AC 29 años	2.19	1.09	1.1	177.3
	A. Natural	1.75	0.9	0.85	100
	<b>DMS<sub>05</sub></b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>

CDMP- cambio del diámetro medio ponderado; IEA-índice de estabilidad de agregados

### CONCLUSIONES

El laboreo de los suelos en la mayoría de los casos produce un deterioro de las propiedades edafológicas del mismo y una baja en su productividad. Lo anterior ha propiciado cambios estructurales que facilita la oxidación de la materia orgánica y ha incrementado la pérdida de estabilidad de los agregados del suelo, La EA en la profundidad 0-5 y 5-10 cm permitió diferenciar los cambios en tamaño de agregados que ocurren en los diferentes sistemas de manejo evaluados. La distribución de tamaño de agregados en seco y en húmedo fue afectada por la intensidad del laboreo. Al disminuir la labranza se observó un incremento significativo en el DMP con SD<sub>29 años</sub>, luego AN<sub>ref.</sub>, después SD<sub>5años</sub> y por último LC.

Con respecto al IEA, el suelo con mayor laboreo tuvo menor estabilidad estructural que el mismo suelo cuando se eliminó el laboreo. Es decir, se observó que solo el tratamiento con mayor antigüedad de manejo SD<sub>29 años</sub> en ambas profundidades fue el que obtuvo los porcentajes (68 y 65 %) más altos en comparación con el obtenido en los tratamientos de LC y SD<sub>5años</sub>. Por tanto, se ha constatado en este estudio que el suelo tiende en forma natural a arreglos estructurales estables, lo cual determina que IEA es un buen indicador de estabilidad y sostenibilidad del suelo



## REFERENCIAS

- Barthe's, B., A. Azontonde, B. Z. Boli, C. Prat. And E. Roose. 2000. Field-scale run-off and erosion in relation to topsoil aggregates stability in three tropical regions, Benin, Camerron, México. *Eur. J. Soil Sci.* 51: 485-495
- Borto, E.K.; F. Alt; Y. Oelmann; W. Wilcke & M.C. Rillig. 2010. Contributions of biotic factors to soil aggregation across a land use gradient. *Soil Biol. Biochem.* 42: 2316-2324.
- Bronick, C.J. & R. Lal. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124(1): 3-22.
- Cacchiarelli, J., J.A. Galantini, R.A. Rossell. 2008. Estabilidad estructural y P en fracciones de agregados en la cuenca de A El Divisorio (Coronel Pringles, B.A). *Ciencias del Suelo* 26(1): 71-79.
- Daraghmed, O. A.; J.R. Jensen & Petersen. 2009. Soil structure stability under conventional and reduced tillage in a Sandy loam. *Geoderma* (150): 64-71.
- De Leenheer, L. & M. D Boodt. 1958. Determination of aggregate stability by change in mean weight diameter. In: *Proc. Int. Symp. On soil structure. Medelinger. Belgie.* 24:290-300.
- Echeverría, N., G. Blanco; J.C. Silenzi; A.G. Vallejos, R. Jersonsk & M. De Lucia. 2008. Efecto del uso y manejo sobre la degradación física de un Hapludol éntico. XXI AACS. San Luis. En CD.
- Edwards, A.P. & J.M. Bremner 1967. Microaggregates in soil. *J. Soil Sci.* 18(1): 64-73.
- Iglesias, J.; J.A. Galantini, H. Krüger, S. Venanzi. 2014. Soil pore distribution changes in no-till and conventionally tilled systems under animal grazing. *Agriscientia* 31 (2) 93-1002.
- Kemper, W.D., Rosenau, R.C. 1986. Aggregate stability and distribution. In: Klute, A. Campbell, G.S., Jacson, R.D., Mortland, M.M., Nielsen, D.R. (eds.). *Methods of Soil Analysis. Part. I, ASA and SSSA, Madison, WI, USA*, pp.425-442.
- Kasper, M.; G.D. Buchan; A. Mentler & W.E.H. Blum. 2009. Influence of soil tillage systems on aggregate stability and the distribution of C and N and different agregate fractions. *Soil till. Res.* 105: 192-199.
- Lal, R., & Shukla, M.K. 2004. *Principles of soil physics.* CRC Press.
- Limón-Ortega, A., B. Govaerts, J. Deckers and K.D. Sayre. 2006. Soil Aggregate and microbial biomass in a permanent bed wheat-maize planting systems after 12 years. *Field Crops Research.* 97:302-309.
- Sanzano, G., R. Corbella; J. García & G. Fadda. 2005. Degradación física y química de Haplustol Típico bajo distintos sistemas de manejos del suelo. *Ciencias del Suelo.* 23:93-100.
- Shepherd, T.G.; S. Saggar, R.H. Newman; C.W. Ross. & J.L. Dando. 2001. Tillage-induced changes to soil structure and organic carbon fractions in New Zealand soils. *Soil Res.* 39 (3): 465-489.
- Tisdal, J.M. & J.M. Oades. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.* 33:141-163.
- Vallejo, A.G., J.C. Silenzi; N.E. Echeverría & M. De Lucia. 2012. Utilización de cáscaras de girasol (*Heliantus annun 1*) como enmienda orgánica y sus efectos sobre propiedades del suelo. *Agro-Ciencia, Chilean J. Agric. Anim. Sci.* 28(2): 117-126.
- Wilson, M.G., & J. Cerana. 2004. Mediciones físicas en suelos con características vérticas. *Revista Científica Agropecuaria* 8(1): 11-22

## OPTIMIZACIÓN DEL CONTROL DE ARVENSES EN LIMÓN MEDIANTE POTENCIALIZADORES EN HERBICIDAS AL 50 % EN TLALCOZOTITLÁN, COPALILLO, GUERRERO

Arispe V. J. L.\*; Noriega C. D. H.; Toledo A. R.; Flores H. L. A.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Iguala;  
[arispe.jose@inifap.gob.mx](mailto:arispe.jose@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

Los herbicidas juegan un papel fundamental en la agricultura moderna al controlar las arvenses que compiten con los cultivos por recursos esenciales como agua, nutrientes y luz. Para maximizar la efectividad de los herbicidas, se han desarrollado y aplicado diversas estrategias de potencialización. La investigación se llevó a cabo en una parcela de limón mexicano en Tlalcozotitlán, Copalillo, Guerrero, ubicada en las coordenadas 17° 88' 83" N y 99° 15' 79" O. El estudio incluyó la presencia de arvenses de entre 10 y 25 cm de altura, predominantemente la especie pata de gallo (*D. sanguinalis*) y coquillo (*C. esculentus*). Se implementaron 18 tratamientos, con dosis al 50 y 100%, cada uno replicado tres veces. Cada unidad experimental se definió en un área de 2 m de ancho por 1 m de largo. EL diseño del experimento fue un diseño estadístico de bloques al azar, con arreglo factorial de 3 factores, donde A (herbicidas)= 7 niveles, B (potencializadores)= 2 niveles y C (fechas)= 2 niveles. La evaluación se hizo con una escala predeterminada. Los resultados se manejaron en termino de porcentaje. Se obtuvo la prueba de comparación de medias con Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) usando el programa estadístico SAS versión 9.4. Los herbicidas Saflufenacil, BH2 + BH1, Carfentrazone + Diuron + Paraquat, Glifosato, BH2, Diuron + Carfentrazone, Diuron y el BH1 se pueden usar al 50 % + Polidimetilsiloxano a dosis de 2 mL·L<sup>-1</sup> de agua y así obtener resultados similares o ligeramente superiores que al usar una dosis del 100 %.

**Palabras clave:** Dosis, efectividad, malas hierbas, limón.

### ABSTRACT

Herbicides play a fundamental role in modern agriculture by controlling weeds that compete with crops for essential resources such as water, nutrients and light. To maximize the effectiveness of herbicides, various potentiation strategies have been developed and applied. The research was carried out in a Mexican lemon plot in Tlalcozotitlán, Copalillo, Guerrero, located at coordinates 17° 88' 83" N and 99° 15' 79" W. The study included the presence of weeds between 10 and 25 cm tall, predominantly the species pata de gallo (*D. sanguinalis*) and coquillo (*C. esculentus*). Eighteen treatments were implemented, with doses at 50 and 100%, each replicated three times. Each experimental unit was defined in an area of 2 m wide by 1 m long. The experimental design was a randomized block statistical design with a 3-factor factorial arrangement, where A (herbicides) = 7 levels, B (potentiators) = 2 levels and C (dates) = 2 levels. The evaluation was made with a predetermined scale. The results were handled in terms of percentage. The mean comparison test was obtained with Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) using the statistical program SAS version 9.4. The herbicides Saflufenacil, BH2 + BH1, Carfentrazone + Diuron + Paraquat, Glyphosate, BH2, Diuron + Carfentrazone, Diuron and BH1 can be used at 50% + Polydimethylsiloxane at a dose of 2 mL·L<sup>-1</sup> of water and thus obtain similar or slightly higher results than when using a 100% dose.

**Key words:** Dosage, effectiveness, weeds, lemon

## INTRODUCCIÓN

Los herbicidas juegan un papel fundamental en la agricultura moderna al controlar las arvenses que compiten con los cultivos por recursos esenciales como agua, nutrientes y luz (Blanco-Valdes, 2016). Para maximizar la efectividad de los herbicidas, se han desarrollado y aplicado diversas estrategias de potencialización. Los potenciadores son compuestos o aditivos que se añaden a los herbicidas para mejorar su rendimiento y aumentar su capacidad de control sobre las arvenses. Estos aditivos pueden actuar de varias maneras, como mejorar la solubilidad del herbicida, facilitar su absorción por las plantas o reducir su degradación en el ambiente. Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto del polidimetilsiloxano como potencializador en bioherbicidas y herbicidas químicos para el manejo de arvenses en el cultivo de limón

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en una parcela de limón mexicano en Tlalcozotitlán, Copalillo, Guerrero, ubicada en las coordenadas 17° 88' 83" N y 99° 15' 79" O. El estudio incluyó la presencia de arvenses de entre 10 y 25 cm de altura, predominantemente la especie pata de gallo (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.) y coquillo (*Cyperus esculentus* L.). Se implementaron 18 tratamientos, que incluyó a ocho herbicidas, con dosis al 50 y 100% según lo recomendado en la etiqueta, con aplicación del potencializador sólo en dosis al 50%, más el testigo con aplicación de agua (Cuadro 1), cada uno se replicó tres veces. La unidad experimental se definió en un área de 2 m de ancho por 1 m de largo. EL diseño del experimento fue un diseño estadístico de bloques al azar, con arreglo factorial de 3 factores, donde A (herbicidas)= 7 niveles, B (potencializadores)= 2 niveles y C (fechas)= 2 niveles. La evaluación se llevó a cabo de manera periódica, semanalmente durante dos semanas, siguiendo la escala establecida por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS), en términos de porcentaje, donde: 1= 99 – 100, Muerte; 2= 96.5 - 99.0, Muy buen control; 3= 93.0 – 96.5, Buen control; 4= 87.5 – 93.0, Control suficiente; 5= 80.0 – 87.5, Control medio; 6= 50.0 – 80.0, Control regular; 7= 50.0 – 70.0, Control pobre; 8=1.0 – 50.0, Control muy pobre; y 9= 0.0 – 1.0, sin efecto (Champion, 2000)..

**Cuadro 1.** Tratamientos aplicados para el control de arvenses en el cultivo de limón.

N	Tratamientos	Dosis/L	Dosis	Potencializador
1	Saflufenacil	1 g	100%	-----
2	Saflufenacil	0.5 g	50%	2 mL (Polidimetilsiloxano*)/ L agua
3	Bioherbicida 1 a base de gordolobo, aceite de coco, resina de pino, hongo <i>Puccinia</i> y papaina (BH2) + Bioherbicida 2 a base de aceite de conífera, extracto de <i>Datura stramonium</i> , extracto de plantas alelopáticas, metabolitos de <i>Puccinia</i> spp, y aceite de coco no hidrogenado (BH1)	7.5 mL c/u	100%	-----
4		3.75 mL c/u	50%	2 mL (Polidimetilsiloxano)/ L agua
5	Carfentrazone + Diuron + Paraquat	6 mL y 105 mL	100%	-----
6	Carfentrazone + Diuron + Paraquat	3 mL y 52.5 mL	50%	2 mL (Polidimetilsiloxano)/ L agua
7	Glifosato	15 mL	100%	-----

8	Glifosato	7.5 mL	50%	2 mL (Polidimetilsiloxano)/ L agua
9	BH2	15 mL	100%	-----
10	BH2	7.5 mL	50%	2 mL (Polidimetilsiloxano)/ L agua
11	Diuron + Carfentrazone	105 g + 6 mL	100	-----
12	Diuron + Carfentrazone	52.5 g + 3 mL	50%	2 mL (Polidimetilsiloxano)/ L agua
13	Diuron	105 g	100	-----
14	Diuron	52.5 g	50%	2 mL (Polidimetilsiloxano)/ L agua
15	BH1	15 mL	100	-----
16	BH1	7.5 mL	50%	2 mL (Polidimetilsiloxano)/ L agua
17	Control (agua) 2 veces	----- ----- -----	-----	-----

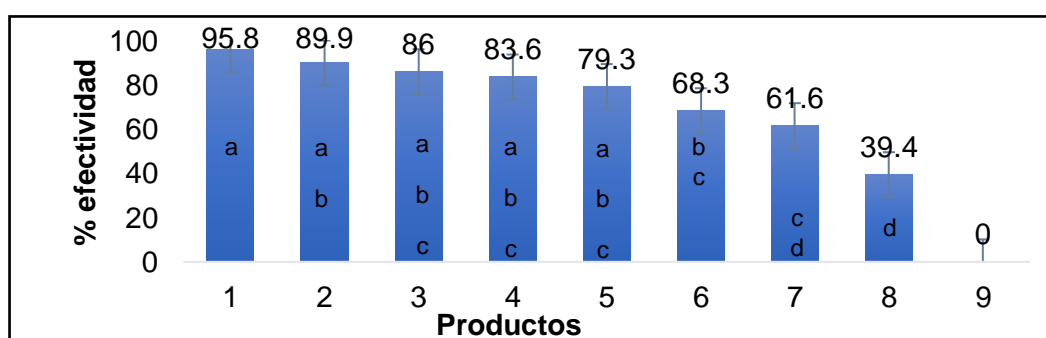
\*ingrediente activo del potencializador

### Análisis de datos

Los resultados se manejaron en termino de porcentaje y se realizó un análisis factorial de 3 factores, donde A (herbicidas)= 7 niveles, B (potencializadores)= dos niveles y C (fechas)= 2 niveles, y prueba de comparación de medias con Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), usando el programa estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2012).

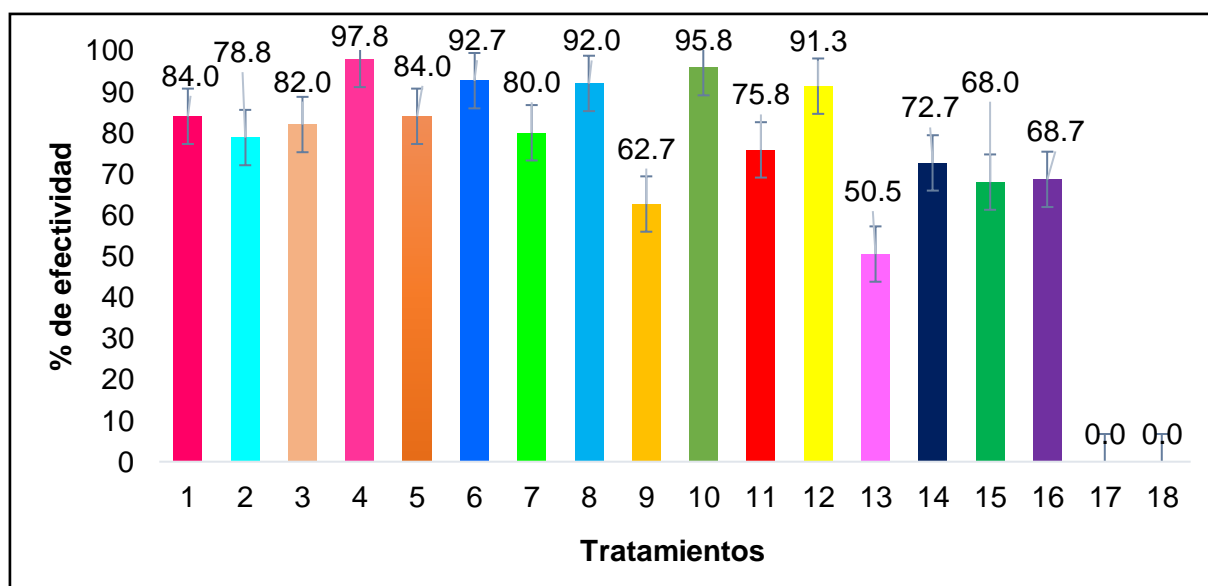
### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A los 21 días después de aplicar los tratamientos, se notó una diferencia significativa en los factores A (herbicidas) y B (potencializadores), con un valor de  $P=0.0001$ , y un coeficiente de variación de 29.45; pero en el factor A, los niveles mayores fueron en Carfentrazone + Diuron + Paraquat y en BH2 + BH1 con una media de 95.8 y 89.9, respectivamente (Figura 2).



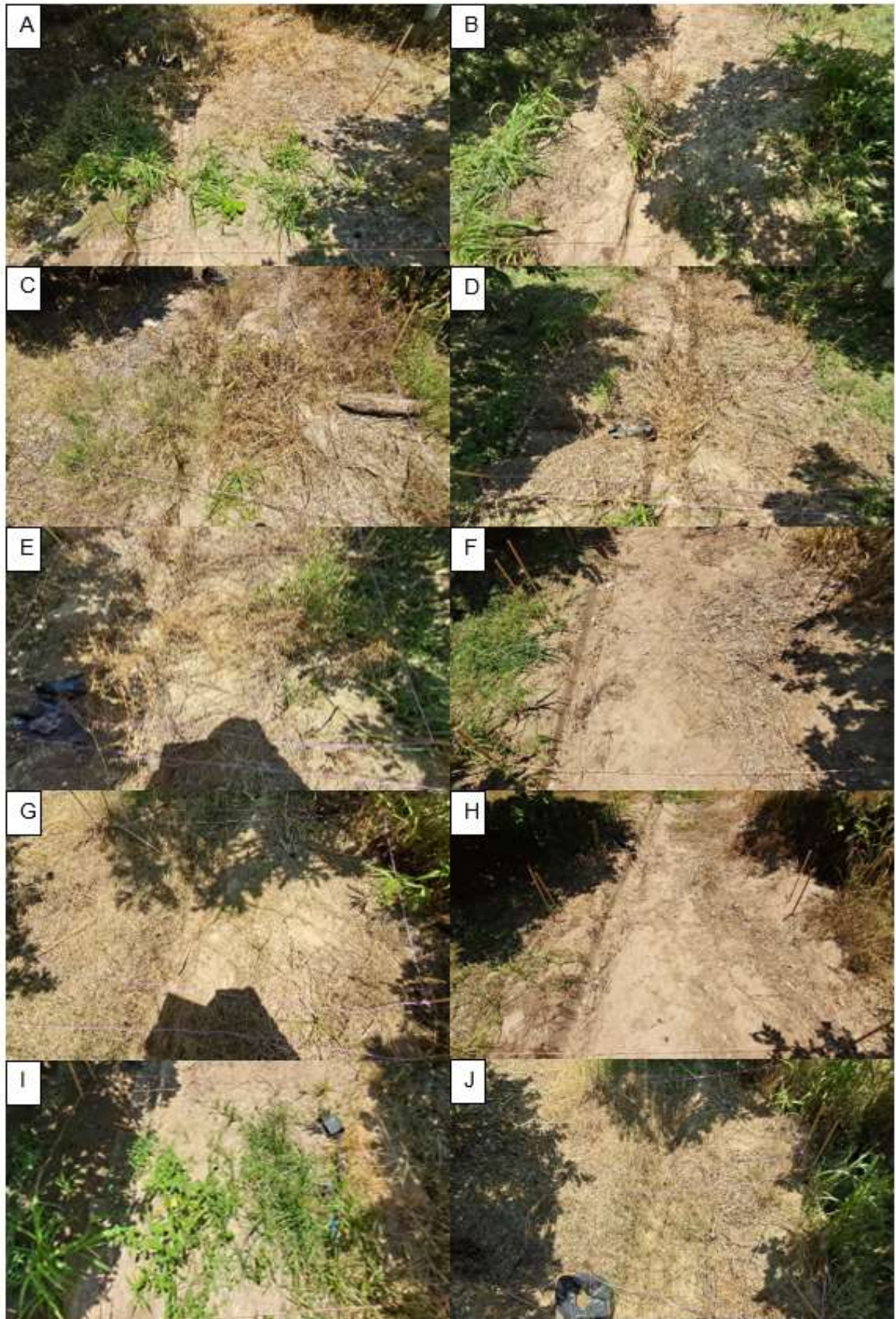
**Figura 2.** Factor A, efectos de los tratamientos (herbicidas). 1= Carfentrazone + Diuron + Paraquat, 2= BH2 + BH1, 3= Glifosato, 4= Diuron + Carfentrazone, 5= BH2, 6= BH1, 7= Diuron, 8= Saflufenacil, 9= Control (agua). Literales con la misma letra son estadísticamente iguales, de acuerdo a Tukey al 0.05.

Es importante destacar que el potenciador Polidimetilsiloxano demostró ser eficiente, ya que el efecto en la mayoría de los herbicidas (al 50 %) fue ligeramente superior al usar el potencializador, que al usar la dosis del 100 %, con excepción del Saflufenacil que fue ligeramente igual a la dosis de usar este hervida al 100 % (Figura 3, Figura 4); sin embargo, los efectos al ambiente serán menores al emplear menor cantidad del herbicida. La segunda evaluación fue en donde los tratamientos presentaron su mayor efectividad (factor C). Existen diversos factores que podrían influir en la efectividad del polidimetilsiloxano en los herbicidas, tal como: debe realizarse una aplicación adecuada en el momento adecuado en este estudio, la aplicación se hizo en arvenses de 10 cm y algunas tenían hasta 20 cm de altura, una correcta aplicación con reducir la dosis de herbicida en más del 50% en comparación con la utilizada sin adyuvantes (Vargas y Roman, 2006). Nuestros resultados concuerdan con Arispe-Vazquez *et al.* (2024).



**Figura 3.** Factor B, efectividad promedio de las 2 evaluaciones de potencializadores en herbicidas sintéticos y ecológicos. 1= Saflufenacil al 100 %, 2= Saflufenacil al 50 % + Polidimetilsiloxano (2 mL·L<sup>-1</sup> agua), 3= BH2 + BH1 al 100 %, 4= BH2 + BH1 al 50 % + Polidimetilsiloxano (2 mL·L<sup>-1</sup> agua), 5= Carfentrazone + Diuron + Paraquat al 100 %, 6= Carfentrazone + Diuron + Paraquat al 50 % + Polidimetilsiloxano (2 mL·L<sup>-1</sup> agua), 7= Glifosato al 100 %, 8= Glifosato al 50 % + Polidimetilsiloxano (2 mL·L<sup>-1</sup> agua), 9= BH2 al 100 %, 10= BH2 al 50 % + Polidimetilsiloxano (2 mL·L<sup>-1</sup> agua), 11= Diuron + Carfentrazone al 100 %, 12= Diuron + Carfentrazone al 50 % + Polidimetilsiloxano (2 mL·L<sup>-1</sup> agua), 13= Diuron al 100 %, 14= Diuron al 50 % + Polidimetilsiloxano (2 mL·L<sup>-1</sup> agua), 15= BH1 al 100 %, 16= BH1 al 50 % + Polidimetilsiloxano (2 mL·L<sup>-1</sup> agua), 17 y 18= Control (agua).









**Figura 4.** Efectividad de los herbicidas sintéticos y ecológicos con y sin potencializador. A= Saflufenacil al 100 %, B= Saflufenacil al 50 % + Polidimetilsiloxano ( $2 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$  agua), C= BH2 + BH1 al 100 %, D= BH2 + BH1 al 50 % + Polidimetilsiloxano ( $2 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$  agua), E= Carfentrazone + Diuron + Paraquat al 100 %, F= Carfentrazone + Diuron + Paraquat al 50 %

+ Polidimetilsiloxano (2 mL·L<sup>-1</sup> agua), G= Glifosato al 100 %, H= Glifosato al 50 % + Polidimetilsiloxano (2 mL·L<sup>-1</sup> agua), I= BH2 al 100 %, J= BH2 al 50 % + Polidimetilsiloxano (2 mL·L<sup>-1</sup> agua), K= Diuron + Carfentrazone al 100 %, L= Diuron + Carfentrazone al 50 % + Polidimetilsiloxano (2 mL·L<sup>-1</sup> agua), M= Diuron al 100 %, N= Diuron al 50 % + Polidimetilsiloxano (2 mL·L<sup>-1</sup> agua), O= BH1 al 100 %, P= BH1 al 50 % + Polidimetilsiloxano (2 mL·L<sup>-1</sup> agua), Q= Control (agua).

## CONCLUSIONES

La aplicación de herbicidas como Saflufenacil, BH2 + BH1, Carfentrazone + Diuron + Paraquat, Glifosato, BH2, Diuron + Carfentrazone, Diuron y BH1 al 50 % más el potencializador Polidimetilsiloxano, a una dosis de 2 mL·L<sup>-1</sup> de agua, representa un avance significativo tanto desde el punto de vista social como ambiental en el manejo de arvenses. Esta estrategia permite obtener resultados de control de malezas que son similares o incluso ligeramente superiores a los alcanzados con las dosis completas del 100 % de los herbicidas incluidos en la evaluación.

La reducción en la dosis de herbicidas sin sacrificar la eficacia en el control de arvenses ofrece una serie de beneficios sociales clave, disminuye los costos asociados con la compra de productos herbicidas, lo que puede representar un ahorro económico considerable para los agricultores, especialmente para aquellos en regiones donde los recursos son limitados, estos menores costos de insumos permiten a los pequeños productores y agricultores en desarrollo mejorar su rentabilidad y sostenibilidad económica, así como a grandes productores de limón. Además, el menor uso de herbicidas contribuye a la preservación de la biodiversidad, ya que disminuye el riesgo de toxicidad en flora, fauna, microorganismos, suelo y agua.

## REFERENCIAS

- Arispe-Vazquez JL, Toledo-Aguilar R, Noriega-Cantú DH, Ramírez-Sánchez SE, Díaz-Nájera JF, Ayvar-Serna S. (2024). Uso de potencializadores en el manejo de arvenses en el cultivo de limón: resultados preliminares. Memoria del VI Congreso Internacional Abanico Veterinario, Agroforestal, Ambiental, Pesquero, Acuícola y del Mar, 2024.
- Blanco-Valdes, Yaisys. (2016). El rol de las arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 34-56. <https://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.10964.19844>
- Champion, G. T. (2000). Bright and the field scale evaluations herbicides tolerant. *G M Trials*. AICC New slwtter, December 2000, 7.
- SAS Institute, (2012). SAS/STAT User's Guide: Software Version 9.4. Statistical Analysis System Institute. Cary, North Carolina, USA.
- Vargas L, Roman E S. 2006. Conceitos e aplicações dos adjuvantes. *Passo Fundo: Embrapa Trigo*. 10 pp. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 56).



## POTENCIALIZADORES EN HERBICIDAS REDUCIDOS AL 50 %: UNA NUEVA PERSPECTIVA PARA EL MANEJO DE ARVENSES EN LIMÓN EN IGUALA DE LA INDEPENDENCIA, GUERRERO

Arispe V. J. L.\*; Noriega C. D. H.; Toledo A. R.; Flores H. L. A.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Iguala  
[arispe.jose@inifap.gob.mx](mailto:arispe.jose@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El control de arvenses en el cultivo de limón es vital para la producción. La investigación se llevó a cabo en una parcela de limón mexicano variedades Lise y Colimex, establecida en el INIFAP-CEIGUA. El experimento contempló arvenses de 10 hasta 20 cm de altura y un total de 20 tratamientos, cada tratamiento con tres réplicas. Cada unidad experimental se delimitó en un área de 4 metros de ancho por 5 metros de largo. La mayoría de las arvenses presentes correspondían a especies de la familia Poaceae. EL diseño del experimento fue un diseño estadístico de bloques al azar, con un arreglo factorial con tres factores: A (productos) con 7 niveles, B (potencializadores) con 4 niveles y C (fechas) con 3 niveles, se obtuvieron datos en porcentajes. La evaluación se realizó periódicamente usando la escala propuesta por la EWRS. En los tratamientos BH2 + BH1, Glufosinato de amonio, Carfentrazone + Diuron + Paraquat, Diuron + Carfentrazone y BH1 al 50 % más el potencializador Polidimetilsiloxano, a una dosis de 2 mL·L<sup>-1</sup> de agua, se obtuvieron resultados similares a la dosis del 100 % del uso de herbicidas. Cabe señalar que en algunos tratamientos al 50 % + potenciados se obtuvieron resultados ligeramente mayores a la dosis del 100 % del uso de herbicidas, como es el caso del glifosato, BH2, y Diuron.

**Palabras clave:** potencializador, herbicida orgánico, herbicida sintético, efectividad.

### ABSTRACT

Weed control in lemon cultivation is vital for production. The research was carried out in a plot of Mexican lemon varieties Lise and Colimex, established at INIFAP-CEIGUA. The experiment included weeds from 10 to 20 cm in height and a total of 20 treatments, each treatment with three replications. Each experimental unit was delimited in an area of 4 meters wide by 5 meters long. Most of the weeds present corresponded to species of the Poaceae family. The design of the experiment was a randomized block statistical design, with a factorial arrangement with three factors: A (products) with 7 levels, B (potentiators) with 4 levels and C (dates) with 3 levels, data were obtained in percentages. The evaluation was carried out periodically using the scale proposed by the EWRS. In the treatments BH2 + BH1, Ammonium glufosinate, Carfentrazone + Diuron + Paraquat, Diuron + Carfentrazone and BH1 at 50% plus the enhancer Polydimethylsiloxane, at a dose of 2 mL L<sup>-1</sup> of water, similar results were obtained to the 100% dose of herbicide use. It should be noted that in some 50% + enhanced treatments, slightly higher results were obtained than the 100% dose of herbicide use, as is the case with glyphosate, BH2, and Diuron.

**Keywords:** potentiator, organic herbicide, chemical herbicide, effectiveness.

### INTRODUCCIÓN

El control de arvenses en el cultivo de limón es una tarea crucial para mantener la productividad de las parcelas de limón. Las arvenses no solo compiten con los limones por nutrientes, agua y luz solar, sino que también pueden servir como hospedantes de plagas y

enfermedades; así como la compactación del suelo, sobre todo en arvenses de la familia Poaceae. En plantaciones adultas pueden afectar la aplicación de fertilizantes y plaguicidas y dificultar la cosecha (Hernández-Torres *et al.*, 2009; Gómez, 2016), cabe señalar que estos problemas llevan a una reducción en la producción que varía del 20 al 50%, dependiendo de su intensidad y duración en el campo (Kaur *et al.*, 2019). Por esta razón, surge la necesidad de explorar y desarrollar alternativas químicas para el control de arvenses en el cultivo de limón, estas alternativas pueden incluir herbicidas de menor impacto ambiental, formulaciones más específicas, desarrollo de productos basados en principios activos naturales, o incluso con el uso de potencializadores que coadyuven a mejorar la eficiencia de los herbicidas sintéticos y biológicos en el control de arvenses.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en una parcela de limón mexicano variedades Lise y Colimex, establecida en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - Campo Experimental Iguala (INIFAP-CEIGUA), en las coordenadas son 17° 52' 54" y 98° 45' 25" y una altitud de 750 m. El experimento contempló arvenses de 10 hasta 20 cm de altura y un total de 19 tratamientos, cada tratamiento con tres réplicas (Cuadro 1), se usó agua con pH= 7.96 y CE de 0.62. Cada unidad experimental se delimitó en un área de 4 m de ancho por 5 m de largo, la mayoría de las arvenses correspondían a zacate Johnson y zacate estrella (Figura 1). Antes de aplicar los tratamientos a las arvenses, se realizó un riego inicial y además, se calibraron las aspersoras manuales. EL diseño del experimento fue un diseño estadístico de bloques al azar, con un arreglo factorial con tres factores: A (productos) con 7 niveles, B (potencializadores) con 4 niveles y C (fechas) con 3 niveles, se obtuvieron datos en porcentajes. La evaluación se realizó periódicamente, cada semana por tres semanas, con el uso de una escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS, CITA); la escala se considera en términos de porcentaje, donde: 1= 99- 100, muerte; 2= 96.5 - 99.0, muy buen control; 3= 93.0 – 96.5, buen control; 4= 87.5 – 93.0, control suficiente; 5= 80.0 – 87.5, control medio; 6= 50.0 – 80.0, control regular; 7= 50.0 – 70.0, control pobre; 8=1.0 – 50.0, control muy pobre; y 9= 0.0 – 1.0, sin efecto (Champion, 2000).

**Cuadro 1.** Tratamientos aplicados para el control de arvenses en el limón.

Herbicida	Dosis/L	Dosis	Potencializador
Saflufenacil	1 g	100%	-----
Saflufenacil	0.5 g	50%	2 mL (Polidimetilsiloxano*)/ L agua
Bioherbicida 1 a base de gordolobo, aceite de coco, resina de pino, hongo <i>Puccinia</i> y papaina (BH2) + Bioherbicida 2 a base de aceite de conífera, extracto de <i>Datura stramonium</i> , extracto de plantas alelopáticas, metabolitos de <i>Puccinia</i> spp, y aceite de coco no hidrogenado (BH1)	7.5 mL	100%	-----
BH2 + BH1	3.75 mL	50%	2 mL (Polidimetilsiloxano)/ L agua
Glufosinato de amonio	15 mL	100%	-----
Glufosinato de amonio	7.5 mL	50%	2 mL (Polidimetilsiloxano)/ L agua
Carfentrazone + Diuron + Paraquat (segundo herbicida es una mezcla)	6 mL + 105 mL	100%	-----
Carfentrazone + Diuron + Paraquat	3 mL + 52.5 mL	50%	2 mL (Polidimetilsiloxano)/ L agua
Glifosato	15 mL	100%	-----
Glifosato	7.5 mL	50%	2 mL (Polidimetilsiloxano)/ L agua
BH2	15 mL	100%	-----
BH2	7.5 mL	50%	2 mL (Polidimetilsiloxano)/ L agua
Diuron + Carfentrazone	105 g + 6 mL	100	-----

Diuron + Carfentrazone	52.5 g + 3 mL	50%	2 mL (Polidimetilsiloxano)/ L agua
Diuron	105 g	100	-----
Diuron	52.5 g	50%	2 mL (Polidimetilsiloxano)/ L agua
BH1	15 mL	100	-----
BH1	7.5 mL	50%	2 mL (Polidimetilsiloxano)/ L agua
Control (Agua) 2 veces	-----	-----	-----

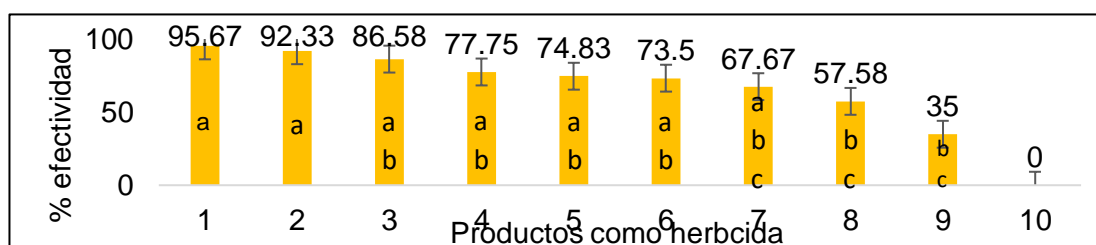
\*= \*ingrediente activo del potencializador

## Análisis de datos

Los resultados se manejaron en términos de porcentaje y se realizó un análisis factorial de 3 factores, donde A (productos)= 9 niveles, B (potencializadores)= 2 niveles y C (fechas)= 3 niveles, y prueba de comparación de medias con Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), con el uso del programa estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2012).

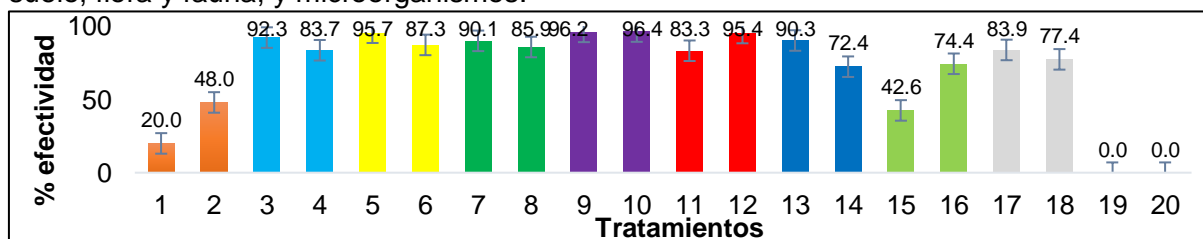
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A los 21 días después de aplicar los tratamientos, se notó una diferencia significativa en el factores A (herbicidas), con un valor de  $P=0.0001$ , con un coeficiente de variación de 41.01, pero en el factor A los niveles mayores fueron en el Glifosato y Glufosinato de amonio con una media de 95.67 y 92.33, respectivamente (Figura 1).



**Figura 1.** Factor A. herbicidas usados para el control de arvenses. 1= Glifosato, 2= Glufosinato de amonio, 3= BH2 + BH1, 4= BH1, 5= BH2, 6= Carfentrazone + Diuron+ Paraquat, 7= Diuron + Carfentrazone, 8= Diuron, 9= Saflufenacil, 10= Control (agua). Literales con la misma letra son estadísticamente iguales, de acuerdo a Tukey al 0.05.

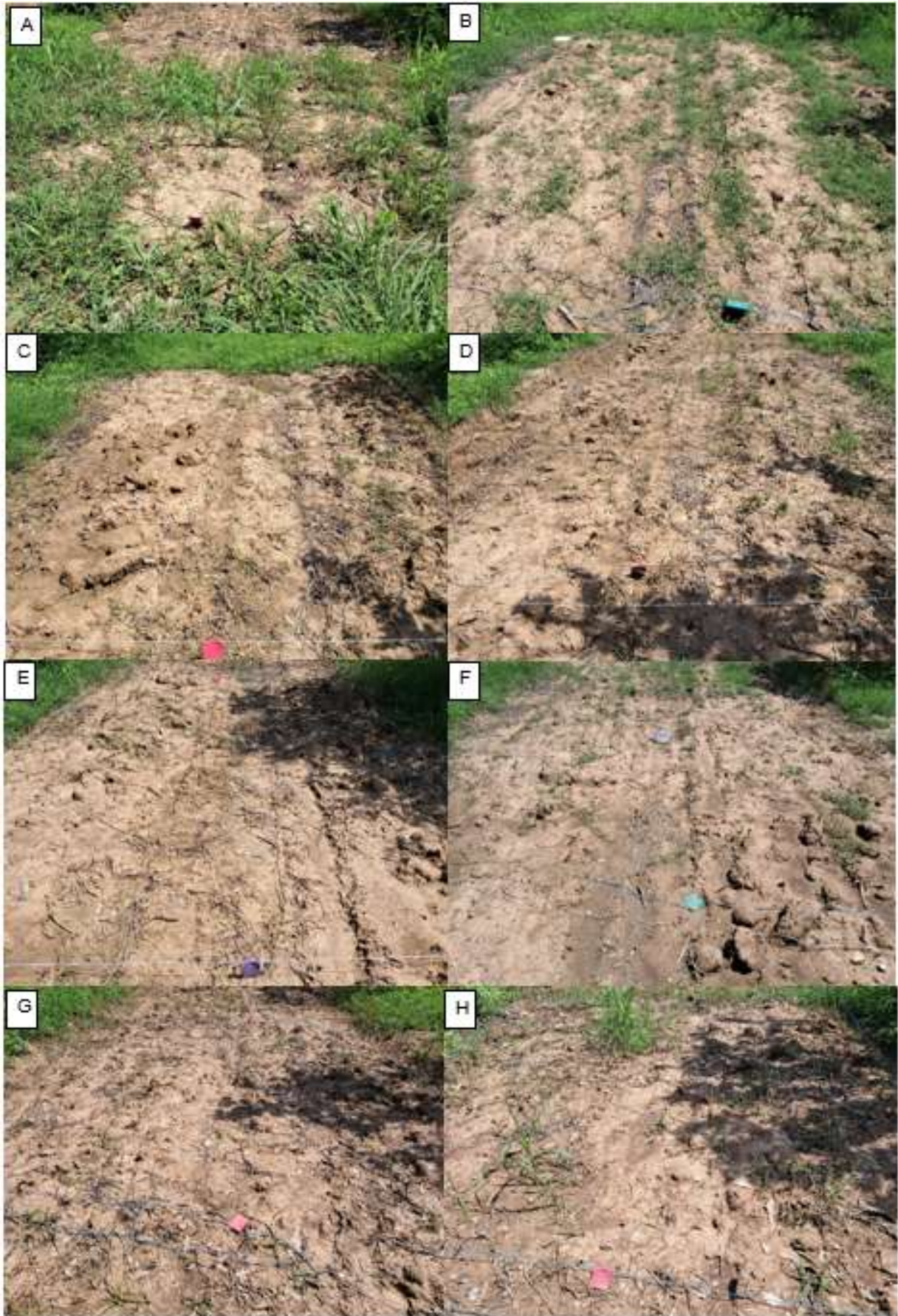
En las Figura 2 y 3 se observa que en los tratamientos: BH2 + BH1, Glufosinato de amonio, Carfentrazone + Diuron + Paraquat, Diuron + Carfentrazone y BH1, todos al 50 %, más el potencializador Polidimetilsiloxano, a una dosis de 2 mL·L<sup>-1</sup> de agua, se obtuvieron resultados similares a la dosis del 100 %. Las segunda evaluación fue en donde se obtuvieron mayores resultados (Factor C). Es de destacar que en algunos tratamientos se obtuvieron resultados ligeramente mayores a la dosis del 100 %, con el uso del herbicida al 50 % + el potencializador, como es el caso del Glifosato, BH2, y el Diuron, resultados similares a los reportados por Arispe-Vazquez *et al.* (2024). Lo anterior, se refleja en una mejora en el uso de herbicidas, por el menor uso de éste, lo que se verá reflejado en un impacto positivo en el ambiente, suelo, flora y fauna, y microorganismos.



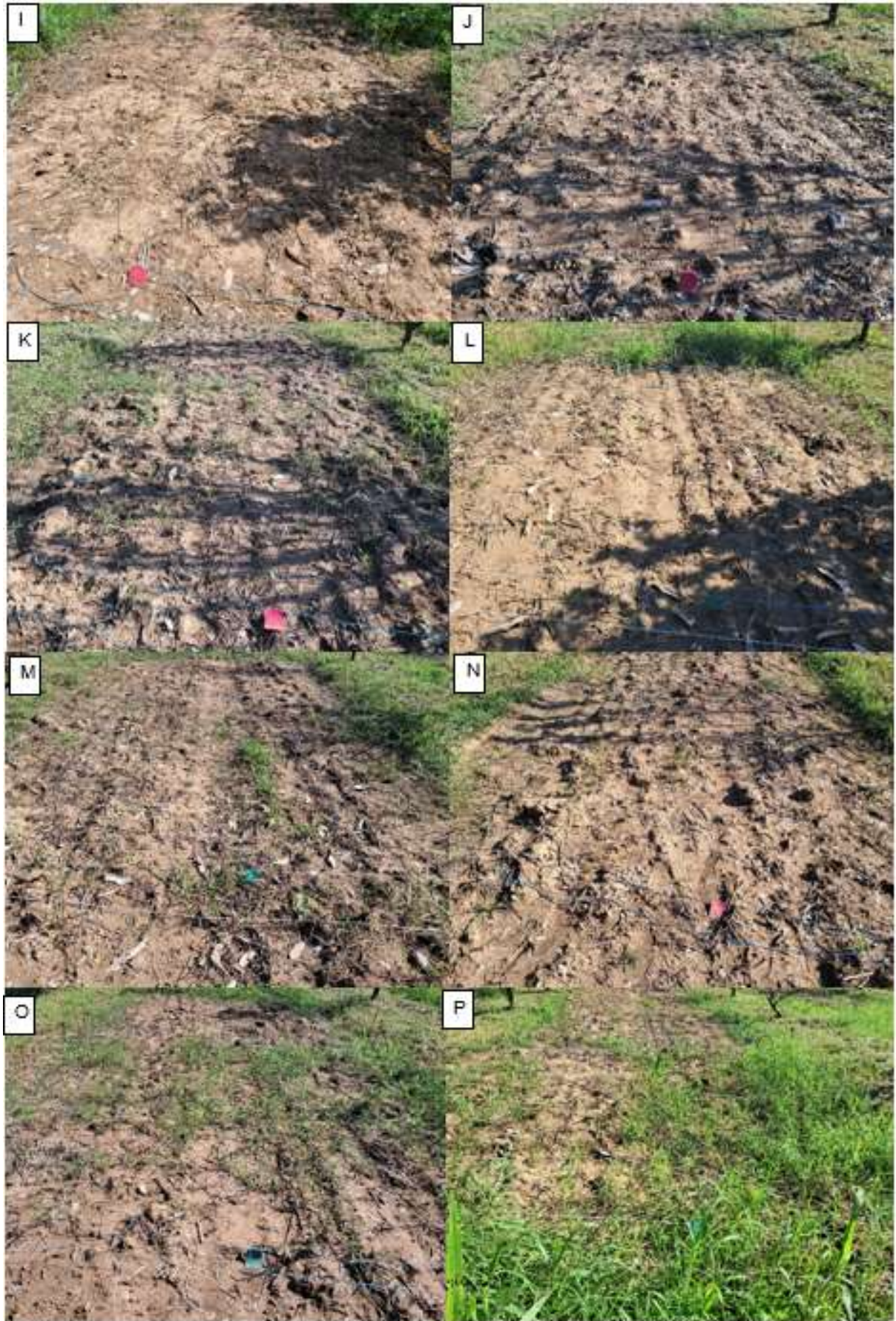
**Figura 2.** Factor B, efectividad de los tratamientos en el control de arvenses en el cultivo de limón. 1= Saflufenacil al 100 %, 2= Saflufenacil al 50 % + 2 mL de Polidimetilsiloxano/L agua,

3= BH2 + BH1 al 100 %, 4= BH2 + BH1 al 50 % + 2 mL de Polidimetilsiloxano/L agua, 5= Glufosinato de amonio al 100 %, 6= Glufosinato de amonio al 50 % + 2 mL de Polidimetilsiloxano/L agua, 7= Carfentrazone + Diuron + Paraquat al 100 %, 8= Carfentrazone + Diuron + Paraquat al 50 % + 2 mL de Polidimetilsiloxano/L agua, 9= Glifosato al 100 %, 10= Glifosato al 50 % + 2 mL de Polidimetilsiloxano/L agua, 11= BH2 al 100 %, 12= BH2 al 50 % + 2 mL de Polidimetilsiloxano/L agua, 13= Diuron + Carfentrazone al 100 %, 14= Diuron + Carfentrazone al 50 % + 2 mL de Polidimetilsiloxano/L agua, 15= Diuron al 100 %, 16= Diuron al 50 % + 2 mL de Polidimetilsiloxano, 17= BH1 al 100 %, 18= BH1 al 50 % + 2 mL de Polidimetilsiloxano/L agua 19 y 20 = agua.

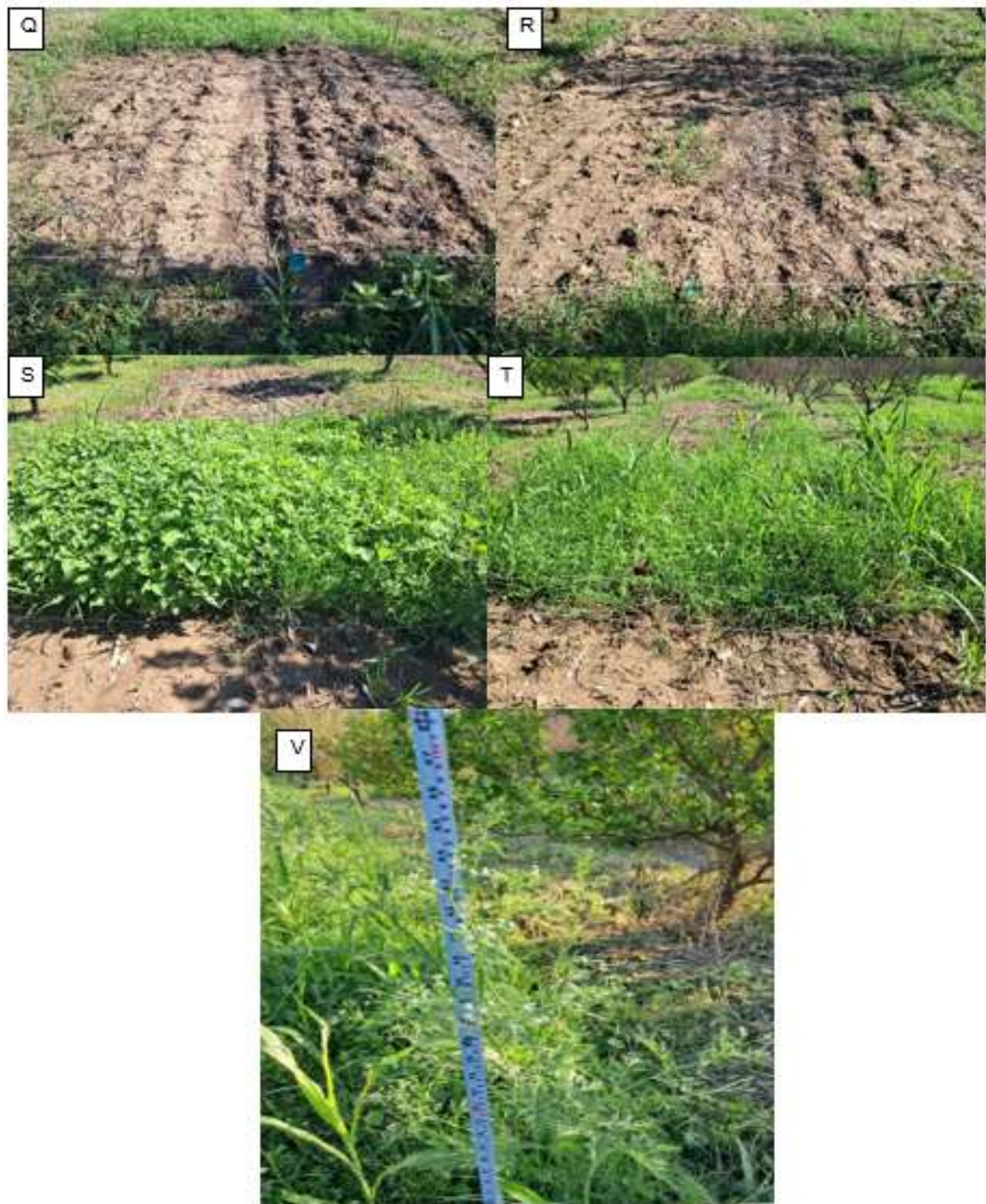












**Figura 3.** Efectividad de los tratamientos en el control de arvenses en el cultivo de limón a los 21 días después de aplicar los tratamientos. A= Saflufenacil al 100 %, B= Saflufenacil al 50 % + 2 mL de Polidimetilsiloxano/L agua, C= BH2 + BH1 al 100 %, D= BH2 + BH1 al 50 % + 2 mL de Polidimetilsiloxano/L agua, E= Glufosinato de amonio al 100 %, F= Glufosinato de amonio al 50 % + 2 mL de Polidimetilsiloxano/L agua, G= Carfentrazone + Diuron + Paraquat al 100 %, H= Carfentrazone + Diuron + Paraquat al 50 % + 2 mL de Polidimetilsiloxano/L agua, I= Glifosato al 100 %, J= Glifosato al 50 % + 2 mL de Polidimetilsiloxano/L agua, K= BH2 al 100 %, L= BH2 al 50 % + 2 mL de Polidimetilsiloxano/L agua, M= Diuron + Carfentrazone al 100 %, N= Diuron + Carfentrazone al 50 % + 2 mL de Polidimetilsiloxano/L agua, O= Diuron

al 100 %, P= Diuron al 50 % + 2 mL de Polidimetilsiloxano, Q= BH1 al 100 %, R= BH1 al 50 % + 2 mL de Polidimetilsiloxano/L agua STV = Control (agua).

La capacidad de los potencializadores para mejorar el rendimiento de los herbicidas al 50 % no solo sugiere una alternativa más económica y eficiente para el manejo de arvenses, sino que también subraya la importancia de explorar combinaciones innovadoras para optimizar el control de arvenses. La superación ligera de los resultados obtenidos con las dosis completas (al 100 %) resalta la eficacia de los potencializadores para maximizar la eficiencia de los herbicidas, compuestos como el polidimetilsiloxano presentan una versatilidad excepcional, lo que permite una integración perfecta en diversos productos agroquímicos sin comprometer el rendimiento (ROMAKK, 2024).

## CONCLUSIONES

Los tratamientos BH2 + BH1, Glufosinato de amonio, Carfentrazone + Diuron + Paraquat, Diuron + Carfentrazone y BH1 al 50 % más el potencializador Polidimetilsiloxano, a una dosis de 2 mL·L<sup>-1</sup> de agua, se obtuvieron resultados similares a la dosis del 100 % del herbicida según la recomendación de la etiqueta. Es de señalar que en algunos tratamientos se obtuvieron resultados ligeramente mayores a la dosis del 100 % del herbicida, como es el caso del glifosato, BH2 y diuron. Además, la mejora en la efectividad observada con algunos tratamientos sugiere que los potencializadores, como el Polidimetilsiloxano, puede ofrecer una estrategia valiosa para optimizar el manejo de arvenses, permitiendo a los agricultores lograr un control eficiente con menores dosis de productos químicos. Esta eficacia incrementada puede resultar en una mayor sostenibilidad y eficiencia en las prácticas agrícolas, destacando la importancia de explorar y aplicar nuevas combinaciones de tratamientos en el control de arvenses.

## REFERENCIAS

- Arispe-Vazquez JL, Toledo-Aguilar R, Noriega-Cantú DH, Ramírez-Sánchez SE, Díaz-Nájera JF, Ayvar-Serna S. (2024). Uso de potencializadores en el manejo de arvenses en el cultivo de limón: resultados preliminares. Memoria del VI Congreso Internacional Abanico Veterinario, Agroforestal, Ambiental, Pesquero, Acuícola y del Mar, 2024.
- Champion, G. T. (2000). Bright and the field scale evaluations herbicides tolerant. G M Trials. AICC New slwtter, December 2000, 7.
- Gómez, C.A. (2016). Malezas en plantaciones cítricas y métodos de control. Artículo de Divulgación. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. <https://inta.gov.ar/documentos/malezas-en-plantaciones-citricas-caracteristicas-y-metodos-de-control>
- Hernández-Torres, I., Acosta-Díaz, E., De La Fuente-Saucedo, H. (2009). Manejo integrado de maleza. pp. 157-191. In: Rocha-peña, M. A.; Padrónchávez, J. E. (eds.). El cultivo de los cítricos en el estado de Nuevo León. Libro Científico No. 1. INIFAP. CIRNE. Campo Experimental General Terán. Cd. General Terán, N. L., México.
- Kaur, P., Kaur P., Bhullar, M.S. (2019). Environmental aspects of herbicide use under intensive agriculture scenario of Punjab. Herbicide Residue Research in India. Springer, Cham, pp 105–157.
- ROMAKK, 2024. Aqueous Silicone Defoamer of Activated Polydimethylsiloxane: Enhancing Agrochemical Efficiency through Foam Reduction. <https://romakksilicones.com/aqueous-silicone-defoamer-of-activated-polydimethylsiloxane-enhancing-agrochemical-efficiency-through-foam-mitigation/>
- SAS Institute, (2012). SAS/STAT User's Guide: Software Version 9.4. Statistical Analysis System Institute. Cary, North Carolina, USA.



## CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN UNA POBLACIÓN SEMI-DOMESTICADA DE ORÉGANO MEXICANO

### ANTIOXIDANT CAPACITY AND BIOMASS PRODUCTION IN A SEMI-DOMESTICATED POPULATION OF MEXICAN OREGANO

Priscilla Yamilhet Montes-Orona<sup>1\*</sup>, José Luis Hernández-García<sup>1</sup>, Jared Cenicerros-García<sup>1</sup>, Mercedes Georgina Ramírez-Aragón<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo Km. 32. Venecia, Gómez Palacio, Durango, México.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México, Campus Lerdo. Av. Tecnológico No. 1555 Sur Periférico Gómez-Lerdo Km. 14.5. Lerdo, Durango, México.

[pmontesorona@gmail.com](mailto:pmontesorona@gmail.com)

#### RESUMEN

El orégano mexicano es una especie aromática con múltiples propiedades además de un amplio rango de utilidades en diferentes sectores como la industria alimentaria, farmacéutica, cosmetológica, etc. Es una especie de fácil adaptación, que se encuentra distribuida alrededor del mundo, México cuenta con cerca de 40 especies y actualmente es el segundo lugar en producción a nivel mundial. La importancia y atracción por este tipo de cultivo radica en sus características fitoquímicas, que le confieren sus múltiples beneficios, sin embargo, se reporta una amplia variabilidad en el contenido de dichos compuestos, así como sus variables agronómicas, debido a el quimiotipo, factores geográficos, climáticos y tiempo de cosecha. En el presente trabajo se evaluó la capacidad de atrapamiento del catión-radical ABTS+. [ácido 2,2'-azino-bis-(3- etilbenzo-tiazolina-6-sulfónico)] por extractos, así como la cantidad de biomasa producida en fresco y seco en una población de orégano semi-domesticada. Para las tres variables se obtuvieron datos similares e incluso superiores a la media reportada por diversos autores.

**Palabras clave:** aromática, fitoquímica, quimiotipo, extractos.

#### ABSTRACT

Mexican oregano is an aromatic species with multiple properties and a wide range of uses in different sectors such as the food, pharmaceutical, cosmetics, etc. industries. It is an easily adaptable species, which is distributed around the world. Mexico has about 40 species and is currently the second place in production worldwide. The importance and attraction of this type of crop lies in its phytochemical characteristics, which give it its multiple benefits. However, a wide variability is reported in the content of these compounds, as well as its agronomic

variables, due to the chemotype, geographic, climatic factors and harvest time. In the present work, the trapping capacity of the cation-radical ABTS+ [2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)] by extracts was evaluated, as well as the amount of biomass produced fresh and dry in a semi-domesticated oregano population. For the three variables, data were obtained that were similar and even higher than the average reported by various authors.

**Keywords:** aromatic, phytochemistry, chemotype, extracts.

## INTRODUCCIÓN

El orégano mexicano es una de las especies aromáticas-medicinales poseedora de diversas propiedades organolépticas, nutraceuticas, farmacognósticas, entre otras. Es gracias a sus múltiples propiedades que en las últimas décadas ha sido mayormente utilizada por la industria alimentaria como conservador, además de otras aplicaciones en farmacéutica, gastronomía, cosmetología, etc., (Gallegos-Zurita, 2016). Orégano es el nombre común de varias especies vegetales con algunas características similares, específicamente aquellas que son ricas en mono terpenos fenólicos, por lo que podría resultar un término bastante ambiguo (Villavicencio *et al.*, 2007). Las plantas de orégano son herbáceas, caducifolias, con múltiples propiedades fitoquímicas. Se encuentra distribuido alrededor del mundo por una gran cantidad de especies endémicas e inducidas debido a su fácil adaptación (García-Pérez *et al.*, 2012). El orégano mexicano se desarrolla principalmente en las zonas áridas y semi-áridas de nuestro país, cuenta con cerca de 40 especies, distribuidas alrededor de más de 15 estados productores (León *et al.*, 2020). México es el segundo lugar en exportación de orégano a nivel mundial, superado únicamente por Turquía, siendo *Lippia graveolens* la de mayor distribución geográfica e importancia económica en el país (García-Pérez *et al.*, 2012). La importancia de este tipo de plantas radica en sus características fitoquímicas. Estas características varían de acuerdo con el quimiotipo, factores geográficos, climáticos y tiempo de cosecha (Pascual *et al.*, 2001; Calvo-Irabién *et al.*, 2014). Dicha variabilidad esta estrechamente relacionada con los metabolitos secundarios producidos por la planta como los fenoles y flavonoides, ya que la concentración de estos compuestos puede ser influenciada por las condiciones agroclimáticas a las que se someta la planta, como el tipo de riego, temperatura, humedad y todo lo que represente un estrés abiótico para la planta (Petinatt *et al.*, 2012). Por lo que es necesario estandarizar la producción de dicho cultivo para de esta manera determinar el efecto que tienen los diferentes factores abióticos con respecto a la producción de los compuestos y variables de interés. El objetivo del presente trabajo fue determinar la producción de biomasa en fresco y seco, así como evaluar la capacidad de atrapamiento del

cación-radical ABTS+. [ácido 2,2'-azino-bis-(3- etilbenzo-tiazolina-6-sulfónico)] por extractos, de una población semi-domesticada de orégano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevo a cabo en un predio experimental del Centro de investigación para los Recursos Naturales (CIRENA), ubicado en la comunidad de Salàices, localizada en el municipio de Jiménez en el estado de Chihuahua. Se tomaron datos y muestras de 4 plantas por tres repeticiones de manera completamente aleatorizada. Para la cuantificación de biomasa se cosecho el material vegetal de cada planta, para posteriormente pesarlo en fresco, una vez pesado se almaceno correctamente para su secado en bolsas de papel estraza (temperatura ambiente, a la sombra por 15 días), pasado el tiempo correspondiente se realizó el pesaje en seco en una balanza marca torrey PCR series. En la determinación de la capacidad antioxidante se utilizó la capacidad de atrapamiento del catión-radical ABTS+. [ácido 2,2'-azino-bis-(3- etilbenzo-tiazolina-6-sulfónico)] por extractos. El análisis de varianza y comparación de medias se efectuó haciendo uso del procedimiento GLM del software Statistical Analysis System (SAS 2010).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Biomasa en fresco y seco.** El ANDEVA para las variables de biomasa en fresco y seco muestra que no existe diferencia significativa entre plantas (Cuadro 1), sin embargo, los valores promedio obtenidos (Cuadro 2) son similares a los reportados por Ramírez Leyva en 2009 y Galván y colaboradores en 2005 para un cultivo de riego por goteo. Por otra parte, se observa la superioridad en la variable BF y BS del orégano bajo cultivo, en comparación a datos reportados de poblaciones silvestres, situación parecida a la consignada en otros trabajos, cuya producción bajo riego es mayor ( $8.7 \text{ ton ha}^{-1}$ ) y silvestre ( $0.33 \text{ ton ha}^{-1}$ ) (Reyes y Ortega, 2002).

**Cuadro 1.** ANDEVA cuadrados medios para la variable biomasa en fresco y seco de la planta.

Fuente	PBF	PBS
Modelo	47.1614 ns	14.2858 ns
Error	3550.9453 ns	721.4373 ns
Total correcto		

ns=no significativo, PBF= promedio biomasa en fresco, PBS=promedio biomasa en seco

**Cuadro 2.** Valores promedio de biomasa en fresco y seco de la planta.

Planta	Repetición	PBF (g)	PBS (g)
1	1	52.5	32.5
1	2	153.75	83.5
1	3	163	71.6
2	1	85.63	44.5
2	2	90	47.75
2	3	188.57	95.14
3	1	67.5	41
3	2	124.44	63.33
3	3	165	70.25
4	1	50	26
4	2	175	92.33
4	3	160	69.67

PBF=Promedio biomasa en fresco PBS=Promedio biomasa en seco

Por otra parte, Murillo-Amador *et al*; (2013) investigaron el efecto de dos sistemas de producción (campo abierto y malla sombra) en Baja California Sur, donde obtuvieron resultados significantes con respecto al sistema de producción, en malla sombra, con rendimientos de 162.18 g y 87.91 g de materia fresca y seca respectivamente; mientras que para campo abierto 132.80 g y 26.52 g de materia fresca y seca respectivamente, siendo estos similares a los reportados en el presente trabajo.

**Capacidad antioxidante.** Existen muchas técnicas para medir la capacidad antioxidante, cada una con sus limitaciones y beneficios. El ABTS es un cromóforo de coloración azul turquesa con una absorción máxima a 734 nm. En la presencia de antioxidantes, disminuye la coloración de este radical sea por donación de un electrón o por atrapamiento del radical a través de la donación de átomos de hidrógeno (Zhong y Shahidi, 2015).

De acuerdo con los resultados obtenidos en el ANDEVA no se encontraron diferencias significativas para la capacidad antioxidante entre plantas (Cuadro 3). No obstante, los datos obtenidos para la capacidad antioxidante presentaron valores altos de micromoles de aox en base trolox/ 100 g de muestra (Cuadro 4).

**Cuadro 3.** ANDEVA cuadrados medios para la capacidad antioxidante en micromoles de aox en base trolox/ 100 g de muestra por el método ABTS

Fuente	Cuadrado de la media
Modelo	42217.7114 ns
Error	61331.3080 ns
Total correcto	

ns=no significativo

**Cuadro 4.** Valores de la capacidad antioxidante por la capacidad de atrapamiento del catión-radical ABTS+.

Planta	Repetición	Micromoles de aox en
		base trolox/100g muestra
1	1	25778.57143
1	2	25576.19048
1	3	25778.57143
2	1	25885.71429
2	2	25647.61905
2	3	25397.61905
3	1	25802.38095
3	2	25040.47619
3	3	25516.66667
4	1	25873.80952
4	2	25611.90476
4	3	25600

Los valores obtenidos para la capacidad antioxidantes de esta población semidomesticada son elevados en comparación con los encontrados por Acevedo y colaboradores en 2007, los cuales reportan en orégano común alrededor de 1000 TAA (mmol Trolox/ kg SE) y cerca de 2000 TAA (mmol Trolox/ kg SE) para orégano cimarrón. Clarenc y colaboradores en 2020 reportaron valores inferiores en un cultivo in vitro de *lippia graveolens* sometido a estrés salino. Por otra parte Stashenko y colaboradores en 2014 reportaron valores de 5410 ( $\mu\text{mol}$  Trolox/ g sustancia) en aceite esencial de *lippia graveolens*.

## CONCLUSIONES

Con los datos obtenidos de actividad se confirma que los extractos obtenidos de una población semi-domesticada conservan su potencialidad como antioxidantes naturales, los cuales pueden ser usados en alimentos como posibles sustitutos de los antioxidantes sintéticos, pudiendo atrapar radicales libres y prevenir la oxidación. Por otra parte la cantidad de biomasa en fresco y seco se comporto de una manera similar a la media reportada por otros autores en diversos sistemas de producción, por lo que cultivar orégano en predios de manera semi-domesticada representa una opción viable para conservar la mayor parte de las propiedades que el metabolismo secundario le confiere a la planta a raíz del estrés abiótico al que se somete.

## REFERENCIAS

- Calvo-Irabién, L. M., Parra-Tabla, V., Acosta-Arriola, V., Escalante-Erosa, F., Díaz-Vera, L., Dzib, G. R., & Peña-Rodríguez, L. M. 2014. Phytochemical Diversity of the Essential Oils of Mexican Oregano (*Lippia graveolens* Kunth) Populations along an Edapho-Climatic Gradient. *Chemistry & biodiversity*, 11(7), 1010-1021
- Clarenc Aarland, Rayn, Castellanos-Hernández, Osvaldo Adrián, Rodríguez-Sahagún, Araceli, & Acevedo-Hernández, Gustavo Javier. 2020. Efecto del estrés salino sobre la morfología y fitoquímica de orégano mexicano (*Lippia graveolens* Kunth) cultivado in vitro. *Biotechnia*, 22(3), 131-137
- D. Petinatti, S. Petinatti, M. Niehues y N. Peporine, "Exogenous influences on plant secondary metabolite levels," *Animal Feed Science and Technology*, vol. 176, pp. 5-16, 2012.
- Gallegos-Zurita, M., 2016. Las plantas medicinales: principal alternativa para el cuidado de la salud, en la población rural de Babahoyo, Ecuador. *Anales de la Facultad de Medicina*, 77(4), 327-332
- Galván L. R., M. Berzoza M. y R. Silva V. 2005. Adaptación y producción de orégano bajo riego por goteo y gravedad. *In*: Gómez L., F., R. Almeida M., M. Bejar H. y G. Nevarez M. (Eds). 2005. Orégano; Aprovechamiento, Cultivo e Industrialización en México. Segunda Reunión Nacional sobre Orégano. URUZA-UACH. Bermejillo, Dgo. México. 156 p
- García-Pérez, Enrique, Fernando Francisco, Castro-Álvarez, Gutiérrez-Urbe, Janet Alejandra, & García-Lara, Silverio. 2012. Revisión de la producción, composición fitoquímica y propiedades nutraceuticas del orégano mexicano. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(2), 339-353.
- León, D. D., González-Álvarez, M., Guzmán-Lucio, M. A., Núñez-Guzmán, G. R., & MorenoLimón, S. 2020. The oregano of the genus *Lippia* (Verbenaceae) and *Poliomintha* (Lamiaceae) in the State of Nuevo León, Mexico. *Polibotánica*, (50), 1-18

- Muñoz Acevedo, A., Castañeda, M. L., Blanco, K. M., Cardenas, C. Y., Reyes, J. A., Kouznetsov, V. V., & Stashenko, E. E. 2007. Composición y capacidad antioxidante de especies aromáticas y medicinales con alto contenido de TIMOL Y CARVACROL. *Scientia Et Technica*, XIII(33),125-128
- Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., López-Aguilar, R., Troyo-Diéquez, E., RuedaPuentes, E. O., Flores-Hernández, A., & Ruiz-Espinoza, F. H. 2013. Physiological, morphometric characteristics and yield of *Origanum vulgare* L. and *Thymus vulgaris* L. exposed to open-field and shade-enclosure. *Industrial Crops and Products*, 49: 659-667.
- Pascual ME, Slowing K, Carretero E, Sánchez Mata D, Villar A. 2001. Lippia: traditional uses, chemistry and pharmacology: A review. *J. Ethnopharmacol*: 76, 201-214.
- Ramirez Leyva K. 2009. Evaluación de la producción de biomasa, variables fisiológicas y densidad estomática en orégano mexicano (*lippia graveolens*) por efecto de inducción de estrés por salinidad. 18-19
- Reyes C., J. y S. A. Ortega R. 2002. Aprovechamiento, Manejo y Cultivo de Orégano en la Región Lagunera. Folleto para Productores No. 6. SAGARPA- INIFAP- CIRNOC- CELALA. Matamoros, Coah. México. 21 p.
- Villavicencio, E.; Martínez, O.; Cano, A. y Berlanga, C. 2007. Orégano, recurso con alto potencial. *Ciencia y Desarrollo*. 33:60-66
- Zhong Y., Shahidi F. 2012. Methods for the Assessment of Antioxidant Activity in Foods. En: *Handbook of Antioxidants for Food Preservation*. Shahidi F. (ed.), pp 287-333. Woodhead Publishing.

## CAMBIOS EN LA ESTABILIDAD DE AGREGADOS DEL SUELO BAJO DIFERENTE LABRANZA

Osuna C. E. S<sup>1.</sup>, Martínez G. M. Á<sup>2\*</sup>, Nava. R. E<sup>3.</sup>, Sánchez C. I<sup>3.</sup>, Pimentel L. J<sup>4.</sup> y García S. P<sup>4.</sup> Fonteyne S<sup>5</sup> y Saldivia T. A<sup>5.</sup>

Instituto Nacional De Investigaciones Forestales, Agrícolas Y Pecuarias - Campo Experimental Pabellón

Instituto Nacional De Investigaciones Forestales, Agrícolas Y Pecuarias - Campo Experimental San Luis

\*Correo: martinez.miguelangel@inifap.gob.mx

Instituto Nacional De Investigaciones Forestales, Agrícolas Y Pecuarias - CENID - RASPA

Colegio de postgraduados - C.P- Campus San Luis

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo - CIMMYT

### RESUMEN

Los sistemas de labranza modifican la cantidad de carbono, lo cual influye en el tamaño de los agregados y la estabilidad estructural de los suelos. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de los sistemas de labranza a largo plazo en términos de su impacto sobre la distribución de los diferentes tamaños de agregados y su estabilidad. En un experimento de largo plazo, se evaluaron bajo condiciones de riego, cuatro tratamientos de manejo de suelo: 1) labranza convencional con barbecho más rastra (LC), 2) siembra directa con 33% de cobertura y 29 años de antigüedad ( $SD_{29\text{años}}$ ), 3) SD con 33% de cobertura y 5 años de antigüedad ( $SD_{5\text{años}}$ ) y 4) área natural ( $AN_{\text{ref}}$ ). Cada unidad experimental fue de 240 m<sup>2</sup> con dos repeticiones. El área experimental en el año 2023 de estudio fue sembrada con maíz de primavera-verano. En cada uno de los tratamientos se analizó la estabilidad estructural de la capa superficial (0-5 y 5-10 cm) mediante la distribución y estabilidad de agregados. Los agregados se sometieron simultáneamente a dos procesos de desagregación mecánica por agitación: tamizado en seco y en húmedo. El efecto de cada proceso fue evaluado mediante el diámetro medio ponderado (DMP), y el índice de estabilidad de agregados (IEA). Los resultados muestran de manera general que LC produce un mayor número de agregados pequeños en ambos procesos. Los valores del  $DMP_{AN_{\text{ref}}}$ ,  $DMP_{SD_{29\text{años}}}$ ,  $DMP_{SD_{5\text{años}}}$  y  $DMP_{LC}$  obtenidos, indicaron que la desagregación mecánica debido a la labranza convencional constituye el principal mecanismo de fragmentación de los agregados, seguido por la  $SD_{5\text{años}}$  debido a la lenta descomposición del residuo y la baja aportación de materia orgánica. El IEA en ambas profundidades permitió diferenciar bien los sistemas de manejo evaluados, observándose que el suelo con mayor laboreo (LC) tuvo menor estabilidad estructural que el mismo suelo cuando se eliminó el laboreo en la siembra directa de largo plazo ( $SD_{29\text{años}}$ ).

**Palabras claves:** mecanismo de desagregación, sistemas de labranza, siembra directa, índice de estabilidad de agregados.



## ABSTRACT

Tillage systems modify the amount of carbon, which influences the size of aggregates and the structural stability of soils. The objective of the present study was to evaluate the effect of long-term tillage systems in terms of their impact on the distribution of different aggregate sizes and their stability. In a long-term experiment, four soil management treatments were evaluated under irrigation conditions: 1) conventional tillage with fallow plus harrow (LC), 2) direct sowing with 33% coverage and 29 years old (SD<sub>29 years</sub>), 3) SD with 33% coverage and 5 years old (SD<sub>5years</sub>) and 4) natural area (AN<sub>ref</sub>). Each experimental unit was 240 m<sup>2</sup> with two repetitions. The experimental area in the study year was planted with spring-summer corn. In each treatment, the structural stability of the surface layer (0-5 and 5-10 cm) was analyzed through the distribution and stability of aggregates. The aggregates were simultaneously subjected to two mechanical disaggregation processes by agitation: dry and wet sieving. The effect of each process was evaluated using the weighted average diameter (WMD), and the aggregate stability index (IEA). Results showed that LC produced a greater number of small aggregates in both processes. The  $DMP_{ANref}$  for all treatments indicated that the mechanical disaggregation due to conventional tillage constitutes the main fragmentation mechanism of aggregates, due to the slow decomposition of the residue and the low contribution of organic material. The IEA at both depths allowed us to clearly differentiate the management systems evaluated, observing that the soil with Conventional tillage had less structural stability than the same soil when tillage was eliminated in long-term direct sowing (SD<sub>29 years</sub>).

**Index words:** aggregate-breakdown mechanism, tillage systems, direct seeding, aggregate stability index.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de labranza modifican la cantidad y distribución del tamaño de los agregados y la estabilidad estructural de los suelos. Es necesario conocer estos efectos a largo plazo para anticipar posibles efectos adversos sobre el funcionamiento del agroecosistema (Iglesia *et al.*, 2014). La agricultura intensiva y el monocultivo deterioran la estructura del suelo, que se puede evaluar a través de la estabilidad de agregados (EA), la cual ha sido una variable sensible al uso y manejo del suelo y por ello propuesta como un indicador de calidad de suelos (Shepherd, *et al.*, 2001). La agregación de las partículas del suelo es un proceso edafogénico resultado de la compleja interacción órgano-mineral que puede ser modificada por el manejo (Lal & Shukla, 2004, Kasper *et al.*, 2009). No obstante, se reconoce que los resultados obtenidos en estudios sobre efectos de labranza sobre EA son aún contradictorios porque estos son dependientes del pretratamiento de las muestras, de su contenido de humedad y de la intensidad del tamizado. Por ello, las investigaciones sobre EA y la distribución de agregados por tamaño, son principalmente de valor comparativo y requieren de una detallada descripción de la metodología aplicada, para que los resultados se interpreten dentro del contexto de dicha metodología (Daraghmech *et al.*, 2009).

La teoría jerárquica de agregación propone que los microagregados se unen para formar macroagregados (Edwards & Bremner, 1967), así, las partículas de suelo se unen a través de materiales orgánicos e inorgánicos (Tisdal & Oades, 1982).

La labranza modifica la agregación del suelo por ruptura física de los macroagregados y por alteración de factores biológicos y químicos (Barto *et al.*, 2010). En particular, la labranza convencional (LC) aumenta la exposición al aire, sol y viento mientras que las prácticas de

labranza de conservación con siembra directa (SD) moderan el impacto de los ciclos de humedecimiento y secado, debido a la protección con residuos en la superficie mejorando la EA (Bronick & Lal, 2005). Por tanto, es necesario cuantificar el efecto de diferentes sistemas de labranza y su relación con la estabilidad del suelo. Algunos investigadores sugieren la idea de utilizar los suelos naturales sin cultivar como la más alta calidad para la evaluación de la degradación del suelo, aunque no existe consenso generalizado (Iglesias, *et al.*, 2014).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de los sistemas de labranza a largo plazo en términos de su impacto sobre la distribución de los diferentes tamaños de agregados y su estabilidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental San Luís, que se ubica en las coordenadas geográficas 22°13'45.8" N y 100°51'01.5" O a una altitud de 1838 m. La precipitación y temperatura media anual es de 210 mm y 16.2°C. El suelo es un *Feozems*, de textura franco arcillo-arenoso. El lote en estudio se inició en 1995 bajo condiciones de riego, donde se están evaluando cuatro tratamientos de manejo de suelo: 1) labranza convencional con barbecho más rastra (LC), 2) siembra directa con 33% de cobertura y 29 años de antigüedad ( $SD_{29\text{años}}$ ), 3) SD con 33% de cobertura y 5 años de antigüedad ( $SD_{5\text{años}}$ ) y 4) área natural desde el inicio del estudio ( $AN_{\text{ref}}$ ). Cada unidad experimental es de 240 m<sup>2</sup> con dos repeticiones.

Durante el año en estudio (2023) el experimento fue sembrado con maíz en el ciclo de primavera-verano. En el mes de noviembre en las profundidades 0-5 y 5-10 cm, se tomó una muestra en cada tratamiento y profundidad sin alterarla. Los terrones grandes de suelo fueron cuidadosamente desmoronados y se secaron al aire libre. Una fracción de suelo aledaño sin cultivar desde que se inició el estudio se consideró como el tratamiento "Natural de referencia", y se muestreó de igual forma.

Para la determinar la distribución de los agregados en seco, fue tomada una submuestra de 250 g, se separó por agitación a través de 5 tamices con aberturas de 4.00, 2.00, 1.00, 0.50, 0.25 y 0.053 mm, durante cinco min a una velocidad de 210 ciclos min<sup>-1</sup>. El suelo restante de cada tamiz se recogió y pesó (Limón-Ortega, 2006).

La determinación de la distribución del tamaño de los agregados estables en agua se basó en el método desarrollado por Barthés *et al.*, (2000) y Kemper & Rosenau (1986). Se tomaron submuestras de 15 g de suelo y se colocaron en un tamiz de 8 mm. Estos tamices fueron sumergidos en bandejas con agua destilada por 20-40 min. Las muestras fueron tamizadas en húmedo manualmente, se hizo una torre de 5 tamices con diferentes aperturas: 4, 2, 1, 0.5, 0.25 y 0.053 mm, los cuales fueron sumergidos en agua y movidos suavemente hacia arriba y hacia abajo utilizando un ángulo pequeño ( $\pm 3.5$  cm de distancia vertical) de inclinación a una velocidad de 60 ciclos min<sup>-1</sup> durante un minuto. Cada fracción de suelo fue secada en horno (105 °C) y luego se pesó. La corrección para compensar la presencia de arena y fragmentos gruesos; se realizó por agitación durante 18 hrs con hexametáfosfato de sodio al 5 % (con una relación suelo: líquido de 1:3). Finalmente se determinó el peso retenido en el tamiz que le correspondía.

Para determinar la estabilidad de agregados (EA), se utilizó el cambio del diámetro medio ponderado (CDMP) propuesto por De Leenher & De Boodt (1958), adaptado por Santanatoglia & Fernández (1982) y citado por Iglesias *et al.*, (2014). La EA se expresó como valores de CDMP, (diferencia entre DMP del tamizado en seco y el DMP del tamizado en húmedo); a

mayor CDMP mayor inestabilidad del suelo (Vallejo *et al.*, 2012). Se calculó el índice de estabilidad de agregados (IEA) expresado como el cociente entre un valor de estabilidad ( $CDMP_{ref}$ ) del suelo de referencia (natural con valor de 100) y el del tratamiento ( $CDMP_{trat}$ ) multiplicado por 100 de esta forma los valores menores de 100 para tratamientos disturbados expresan el porcentaje que conservan de la EA original del suelo (Echeverría *et al.*, 2008).

$$IEA = CDMP_{ref} / CDMP_{trat} \times 100$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Distribución de los tamaños de agregados tamizados en seco y húmedo.

Los resultados de la distribución promedio de las fracciones de agregados de tamizado en seco y húmedo se muestran para las dos profundidades en la figura 1 a, b, c y d. En ambos casos se puede observar que en general LC produce un mayor número de agregados pequeños que el resto de los tratamientos. Sin embargo, en la capa 0-5 cm para la condición seca se puede observar que en el tamaño de 4-2 mm el porcentaje de agregados más alto se obtuvo en  $AN_{ref}$ , luego con  $SD_{5 y 29 años}$  y por último en LC, mientras que en el tamaño de 1 mm los tratamientos sin laboreo prácticamente fueron iguales y mayores que el laboreado. En general los agregados mayores de 4-1 mm se incrementaron a medida que disminuyó el disturbio, la ausencia del laboreo en  $AN_{ref}$  y  $SD_{5 y 29 años}$  permitieron la unión de microagregados en agregados más grandes (4 a 1 mm), esto probablemente se debió al resultado de cambios en el aporte de carbono al suelo y por acción del laboreo (Iglesias *et al.*, 2014). En la condición húmeda los tratamientos  $AN_{ref}$  y  $SD_{29 años}$  presentaron mayor cantidad de agregados en el tamaño de 4-1mm que LC y  $SD_{5 años}$  probablemente producto del sistema de labranza y la lenta descomposición del residuo de gramíneas de la cosecha anterior dejados en la superficie en  $SD_{5 años}$ .

En el estrato inferior (5-10 cm) bajo la condición seca, todos los tratamientos evaluados presentaron prácticamente similitud en los porcentajes de agregados > 2 mm, mientras que los tratamientos de  $SD_{5 y 29 años}$  y  $AN_{ref}$  presentaron ligeramente mayores porcentajes de agregados de 1 mm. No obstante, en la condición húmeda los tratamientos  $AN_{ref}$  y  $SD_{29 años}$  presentaron el mayor porcentaje de agregados de 4-1 que LC y  $SD_{5 años}$ , producto de los sistemas de laboreo y quizás por la lenta descomposición del residuo y la baja aportación de materia orgánica.

Finalmente, en la capa superficial (0-5 cm) para las dos condiciones (seco y húmedo), en LC la fracción menor de 1 mm (74 y 83 % resp.), formada principalmente por material suelto por efecto de laboreo, evidenció mayor destrucción de los macroagregados, que  $AN_{ref}$ ,  $SD_{29 años}$  y  $SD_{5 años}$ . La disminución de la estabilidad de agregados está relacionada con el laboreo y la no aportación de residuos que afectaría la agregación (Kasper *et al.*, 2009, Cacchiarelli *et al.*, 2008). Lo anterior podría ser un indicador sensible de la estabilidad de la estructura del suelo.

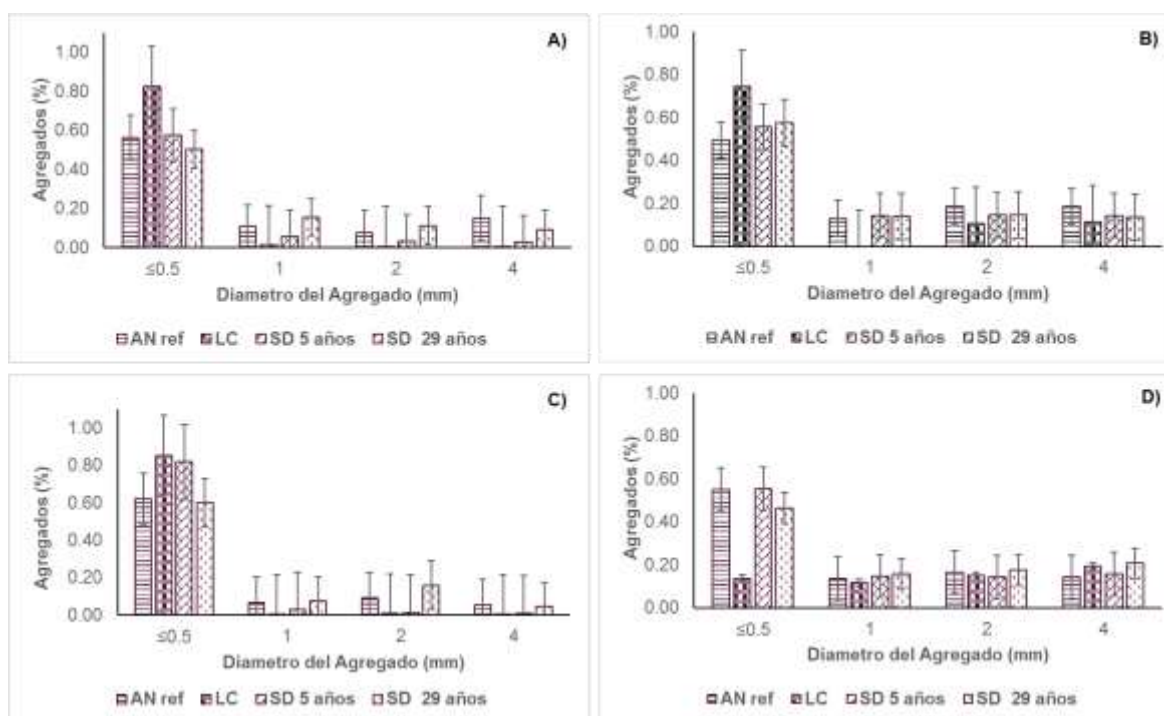


Figura 1. Distribución de agregados en seco (a y c) y húmedo (b y d) en la capa superficial 0-5 y 5-10 cm en un *Feozems* con diferentes prácticas de labranza.

### Estabilidad de Agregados y Cambios del diámetro medio ponderado

Hubo significancia estadística entre tratamientos ( $P=0.05$ ) en EA de ambos procesos de tamizado, seco y húmedo (Cuadro 1). Observándose las mayores diferencias del diámetro medio ponderado (DMP) en la capa superficial (0-5 cm), donde se observó una mayor reducción en LC, para los dos procesos. En la profundidad 5-10 cm no se encontraron diferencias significativas en el DMP entre tratamientos de labranza para los dos procesos. En general, el suelo en estudio, presenta buena estabilidad de agregados tanto en condiciones naturales como en SD, debido al incremento de materia orgánica que producen en la superficie del suelo, la cual es un agente estabilizador de la estructura e indica su importancia en la formación de macroagregados; sin embargo, es afectado severamente por el laboreo excesivo que provoca pérdidas de materia orgánica y erosión (Wilson & Cerana, 2004).

En relación con el cambio del diámetro medio ponderado (CDMP), al igual que la variable DMP hubo significancia estadística entre tratamientos ( $P=0.05$ ) en la capa 0-5 cm. No hubo diferencia significativa entre tratamientos ( $P=0.05$ ) en la capa 5-10 cm. Observándose que el CDMP aumentó (Cuadro 1) a medida que aumentó el disturbio con LC. Resultados similares fueron reportados por Sanzano *et al.*, (2005) e Iglesias *et al.*, (2014).

Al analizar los resultados del IEA (Cuadro 1), se puede afirmar que el suelo con mayor laboreo tuvo menor estabilidad estructural que el mismo suelo cuando disminuye el laboreo. En la capa 0-5 cm el tratamiento LC y  $AC_{5\text{años}}$  presentaron valores menores al  $AN_{\text{ref}}$ . (41.3 y 50.2% resp.), mientras que el tratamiento  $AC_{29\text{años}}$  presentó el mayor IEA que todos los tratamientos incluyendo al tratamiento de referencia ( $AN_{\text{ref}}$ . 68.3%). Estos resultados son congruentes con los reportados por Echeverría *et al.*, (2015). En 5-10 cm se observó el mismo comportamiento que la capa superficial, los valores de IEA fueron menores (18.7 y 34.9 %) en LC y  $AC_{5\text{años}}$  que el obtenido en los tratamientos  $AN_{\text{ref}}$ . y  $AC_{29\text{años}}$ .

**Cuadro 1. Valores promedios del diámetro medio ponderado (DMP, mm) y cambio del diámetro medio ponderado (CDMP, mm) e índice de estabilidad de agregados (IEA, %) para cada tratamiento de labranza.**

SUELO	MANEJO	TAMIZADO		CDMP	IEA
		SECO	HÚMEDO		%
<b>Feozems</b>	<b>0-5cm</b>				
	Br+Ra	1.36 b	0.32 b	1.04 ab	58.67
	AC 5 años	1.74 ab	0.64 b	1.1 a	49.8
	AC 29 años	1.69 ab	1.36 a	0.33 c	168.34
	A. Natural	2.02 a	1.51 a	0.51 bc	100
	<b>DMS<sub>05</sub></b>	<b>0.421</b>	<b>0.568</b>	<b>0.523</b>	<b>ns</b>
	<b>5-10cm</b>				
	Br+Ra	1.74	0.45	1.29	81.34
	AC 5 años	1.79	0.43	1.36	65.07
	AC 29 años	2.19	1.09	1.1	177.3
	A. Natural	1.75	0.9	0.85	100
	<b>DMS<sub>05</sub></b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>

CDMP- cambio del diámetro medio ponderado; IEA-índice de estabilidad de agregados

## CONCLUSIONES

El laboreo de los suelos en la mayoría de los casos produce un deterioro de las propiedades edafológicas del mismo y una baja en su productividad. Lo anterior ha propiciado cambios estructurales que facilita la oxidación de la materia orgánica y ha incrementado la pérdida de estabilidad de los agregados del suelo, La EA en la profundidad 0-5 y 5-10 cm permitió diferenciar los cambios en tamaño de agregados que ocurren en los diferentes sistemas de manejo evaluados. La distribución de tamaño de agregados en seco y en húmedo fue afectada por la intensidad del laboreo. Al disminuir la labranza se observó un incremento significativo en el DMP con SD<sub>29 años</sub>, luego AN<sub>ref.</sub>, después SD<sub>5años</sub> y por último LC.

Con respecto al IEA, el suelo con mayor laboreo tuvo menor estabilidad estructural que el mismo suelo cuando se eliminó el laboreo. Es decir, se observó que solo el tratamiento con mayor antigüedad de manejo SD<sub>29 años</sub> en ambas profundidades fue el que obtuvo los porcentajes (68 y 65 %) más altos en comparación con el obtenido en los tratamientos de LC y SD<sub>5años</sub>. Por tanto, se ha constatado en este estudio que el suelo tiende en forma natural a arreglos estructurales estables, lo cual determina que IEA es un buen indicador de estabilidad y sostenibilidad del suelo

**REFERENCIAS**

- Barthe's, B., A. Azontonde, B. Z. Boli, C. Prat. And E. Roose. 2000. Field-scale run-off and erosion in relation to topsoil aggregates stability in three tropical regions, Benin, Camerron, México. *Eur. J. Soil Sci.* 51: 485-495
- Borto, E.K.; F. Alt; Y. Oelmann; W. Wilcke & M.C. Rillig. 2010. Contributions of biotic factors to soil aggregation across a land use gradient. *Soil Biol. Biochem.* 42: 2316-2324.
- Bronick, C.J. & R. Lal. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124(1): 3-22.
- Cacchiarelli, J., J.A. Galantini, R.A. Rossell. 2008. Estabilidad estructural y P en fracciones de agregados en la cuenca de A El Divisorio (Coronel Pringles, B.A). *Ciencias del Suelo* 26(1): 71-79.
- Daraghmed, O. A.; J.R. Jensen & Petersen. 2009. Soil structure stability under conventional and reduced tillage in a Sandy loam. *Geoderma* (150): 64-71.
- De Leenheer, L. & M. D Boodt. 1958. Determination of aggregate stability by change in mean weight diameter. In: *Proc. Int. Symp. On soil structure. Medelinger. Belgie.* 24:290-300.
- Echeverría, N., G. Blanco; J.C. Silenzi; A.G. Vallejos, R. Jersonsk & M. De Lucia. 2008. Efecto del uso y manejo sobre la degradación física de un Hapludol éntico. XXI AACS. San Luis. En CD.
- Edwards, A.P. & J.M. Bremner 1967. Microaggregates in soil. *J. Soil Sci.* 18(1): 64-73.
- Iglesias, J.; J.A. Galantini, H. Krüger, S. Venanzi. 2014. Soil pore distribution changes in no-till and conventionally tilled systems under animal grazing. *Agriscientia* 31 (2) 93-1002.
- Kemper, W.D., Rosenau, R.C. 1986. Aggregate stability and distribution. In: Klute, A. Campbell, G.S., Jacson, R.D., Mortland, M.M., Nielsen, D.R. (eds.). *Methods of Soil Analysis. Part. I, ASA and SSSA, Madison, WI, USA*, pp.425-442.
- Kasper, M.; G.D. Buchan; A. Mentler & W.E.H. Blum. 2009. Influence of soil tillage systems on aggregate stability and the distribution of C and N and different agregate fractions. *Soil till. Res.* 105: 192-199.
- Lal, R., & Shukla, M.K. 2004. *Principles of soil physics.* CRC Press.
- Limón-Ortega, A., B. Govaerts, J. Deckers and K.D. Sayre. 2006. Soil Aggregate and microbial biomass in a permanent bed wheat-maize planting systems after 12 years. *Field Crops Research.* 97:302-309.
- Sanzano, G., R. Corbella; J. García & G. Fadda. 2005. Degradación física y química de Haplustol Típico bajo distintos sistemas de manejos del suelo. *Ciencias del Suelo.* 23:93-100.
- Shepherd, T,G.; S. Saggar, R.H. Newman; C.W. Ross. & J.L. Dando. 2001. Tillage-induced changes to soil structure and organic carbon fractions in New Zealand soils. *Soil Res.* 39 (3): 465-489.
- Tisdal, J.M. & J.M. Oades. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.* 33:141-163.
- Vallejo, A.G., J.C. Silenzi; N.E. Echeverría & M. De Lucia. 2012. Utilización de cáscaras de girasol (*Heliantus annun 1*) como enmienda orgánica y sus efectos sobre propiedades del suelo. *Agro-Ciencia, Chilean J. Agric. Anim. Sci.* 28(2): 117-126.
- Wilson, M.G., & J. Cerana. 2004. Mediciones físicas en suelos con características vérticas. *Revista Científica Agropecuaria* 8(1): 11-22.

## ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA EN UN BOSQUE DE ENCINO-PINO EN EL POBLADO DE ECHEVERRÍA DE LA SIERRA DURANGO

Constante G.V; Nava R. E<sup>1</sup>; Marcial P.MJ<sup>1</sup>; Urrieta V.J. A<sup>1</sup>; Muñoz V.J.A

<sup>1</sup> CENID-RASPA. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Canal Sacramento Km. 6.5, Gómez Palacio,

\*Autor de correspondencia: [constante.garcia@inifap.gob.mx](mailto:constante.garcia@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

Se realizó un muestreo sistemático mediante parcelas circulares de 1000 m<sup>2</sup> con una distancia de 100 a 150 m entre sí para determinar las especies con mayor presencia en un robledal-pinar de la localidad de Echeverría de la Sierra, Dgo. Para ello se cuantificaron las especies presentes y se registró el diámetro a la altura del pecho de cada individuo que se encontraba dentro de los sitios de muestreo. La identificación de los ejemplares desconocidos fue realizada por investigadores del herbario de la Universidad Autónoma de Nuevo León y profesionales forestales encargados del área dentro del ejido. Los resultados indican la presencia de 6 especies divididas en 4 géneros, de 4 familias. Las conclusiones indican una mayor densidad de *Quercus* (Encino) con 56%, seguido del género *Pinus* (Pinos) con 40%, constituyendo más del 90% de las especies registradas; el resto de las especies pertenecen a otros géneros como *Juniperus* y *Arbutus*.

**Palabras clave.** Pino, Encino, IVI

### ABSTRACT

A systematic sampling was carried out using circular plots of 1000 m<sup>2</sup> with a distance of 100 to 150 m from one another to determine the species with the greatest presence in an oak-pine forest in the town of Echeverría de la Sierra, Dgo. For this purpose, the species present were quantified and the diameter at breast height of each individual that fell within the sampling sites was recorded. The identification of the unknown specimens was carried out by herbarium researchers from the Universidad Autónoma de Nuevo León and forestry professionals in charge of the area within the ejido. The results indicate the presence of 6 species divided into 4 genera, from 4 families. The conclusions indicate a higher density of *Quercus* (Encino) with 56%, followed by the genus *Pinus* (Pinos) with 40%, constituting more than 90% of the registered species; the rest of the species belong to other genera such as *Juniperus* and *Arbutus*.

**Key words.** Pine, Oak, IVI

### INTRODUCCIÓN

La reducción de superficie arbolada en México ha propiciado complicaciones ecológicas, económicas y sociales. Esta reducción es causada por un aprovechamiento forestal mal planeados, modificación en el régimen del fuego, plagas, aumento de la frontera agrícola, pastoreo intensivo y contaminación (Encina- Domínguez *et al*, 2019; Jiménez y Alanís, 2001; Gadow *et al.*, 2007). Para conocer el impacto de estos factores en el bosque, los estudios al respecto deben comprender los parámetros que describen la forma en que los atributos de los árboles están distribuidos en los ecosistemas forestales (Bettinger *et al.*, 2009; Gadow, 2012). Según Gadow (2007). En la descripción de la estructura se recomienda principalmente dos



grupos de variables: la diversidad de especies y diversidad de dimensiones. Dentro de los indicadores que estudian la diversidad de especies se encuentra el Índice de Valor de importancia (IVI) (Mostacedo & Fredericksen, 2000) misma que utilizan la abundancia, dominancia y frecuencia de las especies, cuantificaciones necesarias para describir la relación de las especies de una población (Alanís et al., 2010) para la evaluación de las masas forestales.

Desde el punto de vista técnico, la gestión forestal requiere contar con información sobre la estructura, crecimiento, producción y regeneración natural, tanto de las especies de valor comercial, como de las que aún tienen un valor económico desconocido para detectar cambios en el estado de los mismos o para definir las prácticas que conduzcan a alcanzar un manejo sustentable (Aguirre, Corral, Vargas y Jiménez, 2008). Así, por ejemplo, algunos otros trabajos utilizan esta evaluación para definir áreas o especies de mayor aporte de gran potencialidad en la captura de carbono (Cortés *et al.*, 2021; García *et al.*, 2021).

A manera de antecedentes cabe mencionar que el área de trabajo forma parte de un estudio más completo, en donde se busca el análisis de dos áreas: una impactada por la silvicultura y otros con cero impactos por esta actividad. Este trabajo tiene como finalidad, divulgar o conocer parte del avance del mismo, dando a conocer las especies que abundan dentro del área, que presenta poco impacto dentro de un polígono ejidal. Así, el objetivo consistió en evaluar la composición y diversidad de especies forestales en un bosque templado ubicado en el macizo montañoso de la sierra Madre Occidental, en el ejido Echeverría de la Sierra perteneciente del municipio de Durango.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se llevó en la provincia Sierra Madre Occidental que forma parte de la región hidrológica Presidio–San Pedro, perteneciente a la cuenca del río Acaponeta, Sub-provincia Q. San Vicente. El área de estudio se realizó exactamente entre las coordenadas 105°03'00" y 105°02'30" de longitud oeste y 23°47'56" a 23°50'16" de latitud norte. Las parcelas se ubicaron dentro del macizo montañoso de la Sierra Madre Occidental (Figura 1). La geología perteneciente a la era Cenozoica del periodo terciario, con suelos de tipo Cambisol eutrítico, rico en nutrientes (Ca, Mg, K y Na) y de textura media. El clima se caracteriza por un régimen de lluvias de verano, donde la precipitación en el mes más seco es de 40 mm y en el periodo de lluvias se presenta un índice P/T mayor de 55. El porcentaje de lluvia invernal del 5 a 10.2% del total anual. El muestreo se estableció en el bosque de Pino-Encino entre una altitud de 2503 a 2484 de metros sobre el nivel del mar

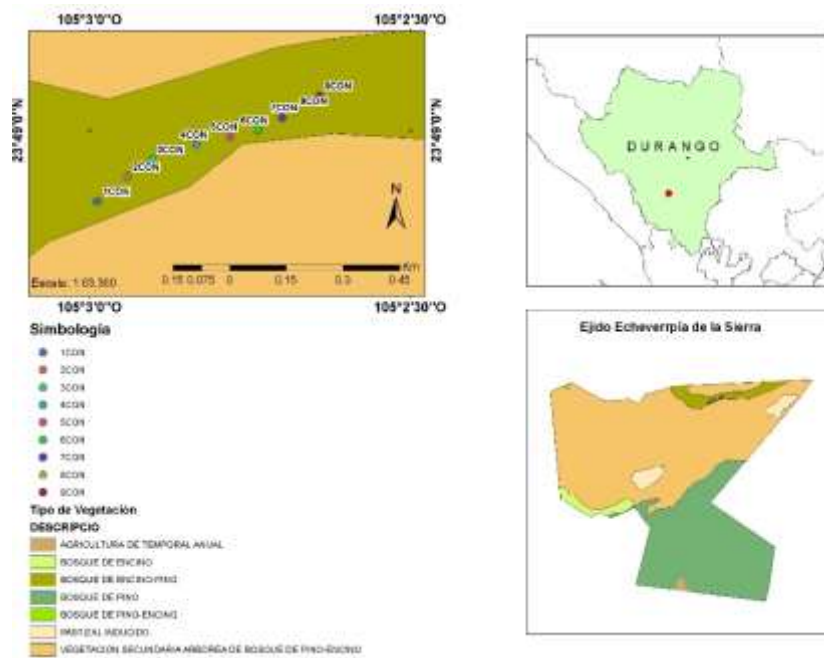


Figura 1. Ubicación del área de estudio y respectivas parcelas de estudio

Para la toma de muestra se empleó un muestreo sistemático sobre la masa forestal, las parcelas fueron implementadas cada 100 metros entre una, manteniendo un rango altitudinal similar para todas las parcelas realizadas. La medición de las variables dasonómica tales como altura, diámetro en el arbolado mayor. Las alturas se midieron los diámetros utilizando una cinta diamétrica Forestry Suppliers. En total se muestrearon 9 sitios circulares de 1000 m<sup>2</sup> utilizando una cuerda de 17.84 m y tomando en cuenta las respectivas compensaciones por pendiente en el terreno. En cada parécela se registró el número de especies presentes y su respectiva identificación tanto en campo, como en el herbario de la Universidad Autónoma de Nuevo León o con los técnicos forestales de la región.

**Análisis de la información.** Se determinó la abundancia de cada especie en relación con el número de árboles, su cobertura de su diámetro y su frecuencia con base en su presencia en los sitios de muestreo. Las variables evaluadas se utilizaron para obtener un valor ponderado denominado índice de valor de importancia (IVI), que adquiere valores porcentuales en una escala de 0 a 100 (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Para evaluar la contribución estructural de las especies en el área de estudio se utilizó la estimación de las siguientes variables estructurales: abundancia, dominancia, frecuencia e índice de valor de importancia.

**Abundancia.** Estos cálculos se realizaron con las ecuaciones 1 y 2

$$A_i = N_i / S \quad (1)$$

$$AR_i = \left[ \frac{A_i}{\sum_{i=1..n} A_i} \right] \times 100 \quad (2)$$

Donde:

A<sub>i</sub> : abundancia absoluta

AR<sub>i</sub> : abundancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total

N<sub>i</sub> : número de individuos de la especie i

S : superficie de muestreo (ha)

**Dominancia (cobertura).** La dominancia se calculó en función del área basal del diámetro, utilizando las ecuaciones 3 y 4.

$$D_i = Ab_i / E \quad (3)$$

$$DR_i = \left[ \frac{D_i}{\sum_{i=1..n} D_i} \right] \times 100 \quad (4)$$

Donde:

D<sub>i</sub> : área del diámetro

DR<sub>i</sub> : área del diámetro relativo de la especie i respecto al área total

Ab : área del diámetro de la especie i

E : superficie (ha)

**Frecuencia.** La frecuencia relativa se obtuvo con la ecuación (6):

$$F_i = P_i / NS \quad (5)$$

$$FR_i = \left[ \frac{F_i}{\sum_{i=1..n} F_i} \right] \times 100 \quad (6)$$

Donde:

F<sub>i</sub> : frecuencia absoluta

FR<sub>i</sub> : frecuencia relativa de la especie i respecto a la suma de las frecuencias

P<sub>i</sub> : número de sitios en el que está presente la especie i

NS : número total de sitios de muestreo

**El índice de valor de importancia.** El IVI se define mediante la ecuación (7) (Moreno, 2001):

$$IVI = \frac{AR_i + DR_i + FR_i}{3} \quad (7)$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los 9,000 m<sup>2</sup> de superficie analizada se registró un total de 660 individuos por hectárea, en donde el número total de especies fueron 6 divididas en 4 géneros, pertenecientes a 4 familias (*Ericaceae*, *Fagaceae*, *Pinaceae*, *Cupresáceas*). En el aspecto taxonómico las familias botánicas con mayor presencia fue la *Fagaceae* con 373 encinos ha<sup>-1</sup>, seguida de la familia *Pinaceae* con 263 pinos ha<sup>-1</sup>, Cupresáceas con 14 especies del género *Juniperus* y *Ericaceae* con 9 individuos de madroño ha<sup>-1</sup>(Cuadro 1).

Cuadro 1. Índice de valor de importancia (IVI) para Echeverría de la Sierra, Dgo.

Especie	D	D	G	G	Fr	Fr	IVI
	(N ha)	(%)	(m <sup>2</sup> ha)	(%)	Abs	(%)	
<i>Pinus leiophylla</i>	251	38	10.81	37	9	23	32.81
<i>Quercus durifolia</i>	192	29	9.91	34	9	23	28.81
<i>Quercus sideroxyla</i>	181	27	7.44	26	9	23	25.41
<i>Juniperus deppeana</i>	14	2	0.27	1	6	15	6.17
<i>Arbutus xalapensis</i>	9	1	0.06	0	4	10	3.94
<i>Pinus engelmannii</i>	12	2	0.47	2	2	5	2.86
<b>Total</b>	<b>660</b>	<b>100</b>	<b>29</b>	<b>100</b>	<b>39</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

\*D= Densidad, G = Dominancia y Fr= Frecuencia

Las especies pertenecientes a la familia *Fagaceae* (Encinos), *Pinaceae* (*Pinus*) presentan una gran presencia en el área, ostentando el 56% y 40% respectivamente, constituyendo más del 90% del arbolado muestreado en el área (Figura 2).

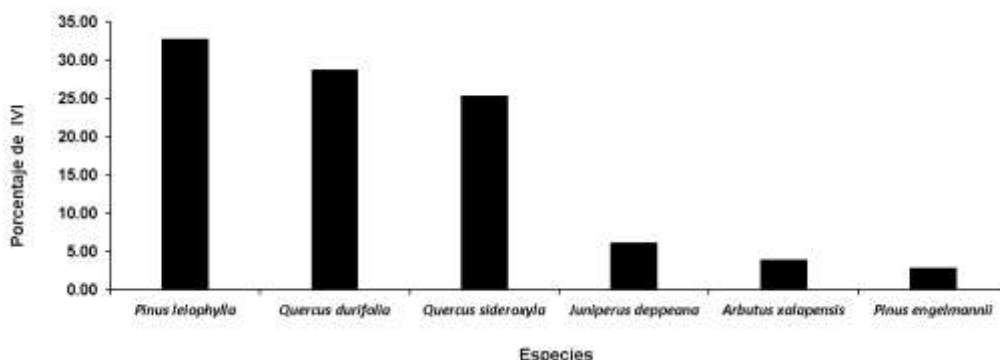


Figura 2. Porcentaje del índice de valor de importancia por especie

De acuerdo al mapa de vegetación consultada para el área de estudio (Figura 1) el área presenta un bosque de Encino-Pino, es decir, el mayor número de especies de *Quercus* dominan en el área, seguida del género *Pinus*. Un estudio para bosques de pino-encino con nulo aprovechamiento silvícola arroja densidades en estos dos géneros por debajo (Pino 221-242 árboles ha<sup>-1</sup> y para Encino 125 - 232 individuos ha<sup>-1</sup>) de las reportadas en este trabajo (263 Pinos y 373 encinos) menos de los individuos encontrados para el área en cuanto al género *Quercus*; cifras que sin embargo respaldan el número de individuos en bosque poco manejados. Otro estudio por su parte muestra valores más bajos en especies del bosque templado 65 árboles ha<sup>-1</sup> de encinos, en tanto que los pinos presentan 109 individuos ha<sup>-1</sup> (García *et al.*, 2021)

### CONCLUSIÓN

Los resultados indican que tanto el género *Pinus* como el *Quercus* presentan una presencia en el área de más del 90 % de la densidad total del área, por lo que, posibles evaluaciones de biomasa o carbono podrían tomar en cuenta estos géneros como principales en área analizada.

### REFERENCIAS

- Alanís, R. E., Jiménez J., Pando M., Aguirre C.O.A., Treviño E.J. & Canizales P. 2010. Caracterización de la diversidad arbórea en áreas Restauradas post-incendio en el parque ecológico Chipinque, México. *Acta biol. Colomb.*, 15 (2): 309 – 324.
- Aguirre, O., Corral, J. J., Vargas, B., y Jiménez, J. (2008). Evaluación de modelos de diversidad-abundancia del estrato arbóreo en un bosque de niebla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31 (3), 281-289.
- Bettinger, P. Boston, K. Siry, J.P. Grebner, D.L. 2009. *Forest Management and Planning*. Academic Press-Elsevier, San Diego, California, EUA. 331p.
- Encina-Domínguez, J. A., Villarreal-Quintanilla, J. A., Estrada-Castillón, E., & Rueda-Moreno, O. (2019). Situación actual de la vegetación de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Botanical Sciences*, 97(4), 630-648.
- Gadow, K. V., Sánchez-Orois, S., & Álvarez-González, J. G. (2007). Estructura y Crecimiento del Bosque. In *Estructura y Crecimiento del Bosque*. (Vol. 12, Issue Junio).
- Gadow, K.V., Zhang C.Y., Wehenkel C., Pommerening A., Corral R.J., Korol M., Myklush S., Hui G.Y., Kiviste A. & Zhao X.H. 2012. Chapter 2. Forest structure and diversity. In: Pukkala T. & Gadow K.V. (eds.), *Continuous Cover Forestry, Managing Forest Ecosystems 23*, Springer Science+Business Media B.V. 55 p.
- Cortés-Pérez, M., León-González, F. D., Paz-Pellat, F., Leyva-Pablo, T., Santiago-García, W., Ponce-Mendoza, A., & Fuentes-Ponce, M. (2021). Almacenamiento de carbono aéreo en un bosque templado de Oaxaca: manejo de alta y baja intensidad. *Madera y bosques*, 27(SPE).

García García, S. A., Alanís Rodríguez, E., Aguirre Calderón, O. A., Treviño Garza, E. J., & Graciano Ávila, G. (2021). Contenido de carbono y estructura horizontal de un bosque templado en Guadalupe y Calvo, Chihuahua. *Revista mexicana*

Jiménez, J. y Alanís, E. (2011). Análisis de la frecuencia de los incendios forestales en la Sierra Madre Oriental y Occidental del norte de México y sur de Estados Unidos de América. *Ciencia UANL*, 14 (3), 255-263.

Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal (Vol. 87). Santa Cruz, Bolivia: Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOS).

Moreno, C.E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza, España: M&T-Manuales y Tesis SEA.

## EVALUACIÓN DE VARIEDADES TRIGO CRISTALINO EN PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE BAJOS INSUMOS

Ortiz A. A. A.<sup>1</sup>; Cortés J. J. M.<sup>1</sup>; Rosas J. I. A.<sup>1</sup> y Félix F. J. L.<sup>1</sup>

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

<sup>1</sup>Campo Experimental Norman E. Borlaug. Calle Norman E. Borlaug km 12, C.P. 85000, Cd. Obregón, Sonora, México, Tel. (0155) 38718700 Ext. 81224.

\*Autor principal: ortiz.alma@inifap.gob.mx

### RESUMEN

En el ciclo otoño-invierno 2022/2023, se evaluó el testigo regional CIRNO C2008 y la variedad comercial Baroyeca Oro C2013 en agricultura orgánica de bajos insumos. La evaluación se desarrolló en el Campo experimental Norman E. Borlaug del INIFAP. La preparación del terreno consistió en tres pasos de rastra, nivelación y surcado a 80 cm con dos hileras. Se fertilizó con 6.0 t ha<sup>-1</sup> de composta granulada BIDA. La siembra se realizó el 23 de noviembre de 2022, con una densidad de semilla de 100 kg ha<sup>-1</sup>. Se aplicó un riego de presiembra y cuatro riegos de auxilio. Baroyeca Oro C2013 presentó un rendimiento de grano promedio de 6.904 t ha<sup>-1</sup>, mientras que el testigo 8.056. Baroyeca Oro C2013, presentó menor rendimiento que el testigo, sin embargo, es resistente a roya de la hoja, lo cual la convierte en candidata para su siembra en agricultura orgánica, de bajos insumos.

**Palabras clave:** Agricultura orgánica, trigo duro, certificación orgánica.

### ABSTRACT

In the autumn-winter 2022/2023 cycle, the regional control CIRNO C2008 and the commercial variety Baroyeca Oro C2013 were evaluated in low-input organic agriculture. The evaluation was carried out in the Norman E. Borlaug experimental field of INIFAP. The preparation of the land consisted of three harrowing passes, leveling and furrowing at 80 cm with two rows. It was fertilized with 6.0 t ha<sup>-1</sup> of BIDA granulated compost. Sowing was carried out on November 23, 2022, with a seed density of 100 kg ha<sup>-1</sup>. A pre-sowing irrigation and four relief irrigations were applied. Baroyeca Oro C2013 presented an average grain yield of 6,904 t ha<sup>-1</sup>, while the control 8,056. Baroyeca Oro C2013, presented a lower yield than the control, however, it is resistant to leaf rust, which makes it a candidate for planting in organic agriculture, with low inputs.

**Key words:** Organic agriculture, durum wheat, organic certification.

### INTRODUCCIÓN

En el estado de Sonora, se cosecharon 284,587 hectáreas de trigo durante el ciclo otoño-invierno 2021-2022, se generó una producción de 2,018,450 toneladas y se obtuvo un rendimiento de 7.09 t ha<sup>-1</sup>. En el distrito de Cajeme que comprende los municipios de BÁCUM, Cajeme, Etchojoa, Guaymas, Navojoa, Benito Juárez y San Ignacio Río Muerto, se cosecharon 187,190 hectáreas con una producción de 1,419,430 toneladas y un rendimiento de 7.58 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2023). Los rendimientos descritos anteriormente son de trigo en agricultura convencional. Sin embargo, en el Valle del Yaqui, Sonora, existe actividad orgánica certificada y se realiza investigación y transferencia de tecnología desde el año 2000 en los



cultivos más importantes en la región (Cortés y Ortiz, 2018). El trigo, por ser el cultivo con mayor superficie de siembra, es de los más estudiados en agricultura orgánica. Según Costanzo (2021), el rendimiento de los cultivos en la agricultura orgánica está limitado en parte por el uso de variedades inapropiadas. La agricultura orgánica agrega más dificultades a la tarea por tres razones; 1) las variedades se comportan de manera diferente si se cultivan de manera convencional u orgánica, 2) con un uso mínimo o nulo de insumos externos como herbicidas, fertilizantes minerales e insecticidas, los cultivos orgánicos tienden a diferir entre sí más que los convencionales, además, 3) las observaciones de parcelas experimentales pueden ser menos fiables en la agricultura orgánica que en la convencional para predecir el rendimiento de un cultivo a escala comercial. Ferguson (2020), indica que las líneas de trigo mejoradas para adaptarse a la agricultura orgánica no solo podrían ayudar a respaldar otros sistemas de producción de bajos insumos, sino que su genética podría potencialmente transferirse a la agricultura convencional. Los esfuerzos de los científicos canadienses para cultivar trigo específicamente para su uso en la agricultura orgánica podrían beneficiar potencialmente a la agricultura convencional al generar variedades que requieren menos productos químicos. La agricultura orgánica para el trigo implica una biología del suelo y niveles de competencia diferentes a los de la agricultura que utiliza productos químicos, así como diferentes tiempos y disponibilidad de nutrientes del suelo. En la región se han realizado una serie de estudios en producción orgánica certificada en donde los resultados obtenidos en este sistema de producción han sido iguales a los obtenidos en la producción convencional (Cortés y Ortiz, 2017), sin embargo, la liberación de variedades ha sido muy dinámica en los últimos años, por lo cual se necesitan evaluar las nuevas variedades en este sistema y siempre comparar su comportamiento contra un testigo que ya haya sido evaluado en producción orgánica. Dado que la elección de la variedad es una decisión muy importante que deben tomar los agricultores orgánicos, el objetivo de la evaluación fue identificar variedades aptas para sistemas orgánicos de bajos insumos.

## MATERIALES Y METODOS

En el ciclo O/I 2022-2023, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) del INIFAP, se comparó el testigo regional CIRNO C2008 contra Baroyeca Oro C2013, en producción orgánica certificada. El suelo se preparó con tres pasos de rastra, nivelación y surcado a 80 cm de separación. Se fertilizó con 6 t ha<sup>-1</sup> de composta granulada marca BIDA, cuya composición se describe en los Cuadros 1 y 2. La siembra se realizó el 23 de noviembre de 2022, con 100 kg ha<sup>-1</sup> de semilla a doble hilera de plantas por surco. Se aplicó un riego de presembrado y cuatro riegos de auxilio. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de 2 surcos de 110 metros de longitud y la parcela útil de un surco de un metro de largo. No se presentaron problemas de plagas y enfermedades, por lo cual no fue necesario aplicar ningún producto. Para el control de maleza se realizaron dos deshierbes manuales. La cosecha se realizó de manera manual, las muestras recolectadas se desgranaron en trilladora estacionaria tipo Pullman. La variable a evaluar fue el rendimiento de grano al 12% de humedad.

Cuadro 1. Composición mínima garantizada de elementos mayores, elementos menores, en el producto orgánico BIDA.

Garantía de composición	Contenido
Nitrógeno %	2-3
Fósforo %	2-3
Potasio %	2-3
Azufre %	0.5-1.5
Calcio %	6-8
Magnesio %	1-106
Fierro %	0.4-1
Zinc ppm	400-700
Cobre ppm	60-90
Manganeso ppm	450-800
Boro ppm	40-100

Cuadro 2. Composición mínima garantizada de hongos y bacterias contenidos en el producto orgánico BIDA.

Organismo Benéfico	UFC* por tonelada
<i>Trichoderma sp</i>	$3.8 \times 10^{11}$
<i>Aspergillus sp</i>	$6.3 \times 10^{11}$
<i>Penicillium sp</i>	$1.5 \times 10^{11}$
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	$8.4 \times 10^{15}$
<i>Basillus thuringiensis</i>	$5.7 \times 10^{15}$
<i>Basillus subtilis</i>	$6.4 \times 10^{15}$
<i>Azotobacter sp</i>	$3.7 \times 10^{15}$

\*UDF=Unidades formadoras de colonias

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias significativas entre las variedades evaluadas ( $p \leq 0.05$ ). La variedad CIRNO C2008 reportó un rango de rendimiento de 7.200 a 8.150 t ha<sup>-1</sup>, con un promedio de 8.056 t ha<sup>-1</sup>. Baroyeca Oro C2013 presentó un rango de rendimiento de 6.172 a 7.200 t ha<sup>-1</sup>, con un promedio de 6.904 t ha<sup>-1</sup> (Cuadro 3). Ambas variedades son aptas para su siembra en agricultura orgánica.

Cuadro 3. Rendimiento de las variedades comerciales Baroyeca Oro C2013 y CIRNO C2008. Ciclo O/I 2022-2023. CENEB-INIFAP.

Variedad	Rendimiento t ha <sup>-1</sup>
CIRNO C2008	8.056 a
Baroyeca Oro C2013	6.904 b

En agricultura orgánica de bajos insumos, se ha logrado evaluar el comportamiento de las variedades disponibles en la región, tanto cristalinas como harineras, en un estudio donde se evaluó el comportamiento de CIRNO C2008 y CENEB Oro C2017; la segunda superó en un 17% de rendimiento a la primera (Ortiz *et al.*, 2019). Las mismas variedades fueron evaluadas con distinta dosis de fertilización orgánica; independientemente de la dosis utilizada, CENEB Oro C2017 superó en un 22% a CIRNO C2008 (Ortiz *et al.*, 2020). Sin embargo, CENEB Oro C2017 es muy susceptible al acame incluso en agricultura orgánica de bajos insumos, por lo que ya no se utilizó para futuras evaluaciones. En otro estudio, Cortés *et al.* (2022) evaluaron la variedad Borlaug 100 la cual fue inscrita en el catálogo nacional de variedades vegetales en el año 2016 y Yaqui 50, una de las variedades más antiguas de la región, las cuales reportaron un rendimiento promedio de 4.040 y 3.366 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. CIRNO C2008, a pesar de haber perdido su resistencia roya de la hoja en el 2017 (Huerta-Espino *et al.*, 2017), sigue siendo la variedad de trigo cristalino preferida por los productores por su alto potencial de rendimiento de grano. En los últimos tres ciclos agrícolas ha dominado la superficie de siembra del sur de Sonora, ya que, del promedio de trigo cristalino sembrado en la región, el 92% corresponde a CIRNO C2008 (CESAVESON, 2020, 2021, 2022). Después de CIRNO C2008 ha habido un proceso muy dinámico de liberación de variedades de trigo cristalinas con resistencia a roya de la hoja, sin embargo, ha sido poca la aceptación de los productores. Se recomienda la evaluación de Quetchehueca Oro C2013 bajo agricultura orgánica, ya que es resistente a la roya de la hoja y es la segunda variedad de trigo cristalino más sembrada en esta región.

## CONCLUSIONES

La variedad Baroyeca Oro C2013 es resistente a roya de la hoja y no presenta problemas de acame, por lo cual es una buena opción para agricultura orgánica de bajos insumos. CIRNO C2008 se puede seguir utilizando como testigo regional, y se recomienda su siembra en agricultura orgánica, siempre y cuando el valor costo-beneficio resulte rentable para el agricultor.

## REFERENCIAS

CESAVESON. Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Sonora. 2022. Superficie con permiso de siembra de trigo por variedad. Disponible en: <https://cesaveson.com/uploads/permisos/Superficie%20con%20permisos%20de%20siembra%20por%20grupo%20de%20variedades%20de%20trigo/21-22Trigo.pdf> Consultado mayo 01, 2023.

- CESAVESON. Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Sonora. 2021. Superficie con permiso de siembra de trigo por variedad. Disponible en: <https://cesaveson.com/uploads/permisos/Superficie%20con%20permisos%20de%20siembra%20por%20grupo%20de%20variedades%20de%20trigo/20-21Trigo.pdf> Consultado mayo 01, 2023.
- CESAVESON. Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Sonora. 2020. Superficie con permiso de siembra de trigo por variedad. Disponible en: <https://cesaveson.com/uploads/permisos/Superficie%20con%20permisos%20de%20siembra%20por%20grupo%20de%20variedades%20de%20trigo/19-20Trigo.pdf> Consultado mayo 01, 2023.
- Costanzo A. 2021. Farm-based organic variety trials A collective experiment with an organic farmers network. ORC Factsheet No. 2. 4 p. Disponible en: <https://orgprints.org/id/eprint/39972/1/2.%20Farm-based%20organic%20variety%20trials.pdf> Consultado en mayo 04, 2023.
- Cortés JJM y Ortiz AAA. 2018. Agricultura orgánica: resultados de investigación y transferencia de tecnología en el sur de Sonora. Libro Técnico No. 8. Centro de Investigación Regional del Noroeste-CENEB-INIFAP. Diciembre de 2018. Cd. Obregón, Sonora. 180 p.
- Cortés JJM, Ortiz AAA, Félix FJL y Rosas JIA. 2022. Evaluación de dos variedades de trigo harinero en manejo orgánico. Valle del Yaqui, Sonora. Memoria de XXXIV Semana Internacional de Agronomía. Septiembre 7-9, 2022. Gómez Palacio, Durango, México. p 97-101.
- Ferguson D. 2020. New wheat varieties could target organic production. The Western producer. Disponible en: <https://www.producer.com/news/new-wheat-varieties-could-target-organic-production/#post-236550> Consultado en mayo 05, 2023.
- Huerta-Espino J, Villaseñor-Mir HE, Singh RP, Pérez-López JB, Ammar K, García-León E and Solís-Moya E. 2017. Evaluación de líneas y variedades de trigo cristalino a la raza de la roya de la hoja BBG/BP\_CIRNO causada por *Puccinia triticina* E. que venció la resistencia de CIRNO C2008. Revista Mexicana de Fitopatología 35 (Supl. 2017): S96-S97. Disponible en [https://rmf.smf.org.mx/suplemento/docs/Volumen352017/Reseumenes\\_Posters\\_S352017.pdf](https://rmf.smf.org.mx/suplemento/docs/Volumen352017/Reseumenes_Posters_S352017.pdf). Consultado mayo 02, 2023.
- Ortiz AAA, Cortés JJM, Fuentes DG, Félix FJL and Rosas JIA. 2020. Durum wheat grain yield components under organic production in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico. Annual Wheat Newsletter, 66:54-57.
- Ortiz AAA, Cortés JJM, Félix FJL. y Zazueta EG. 2019. Componentes de rendimiento y proteína en dos variedades de trigo duro en un sistema de producción orgánica. Memorias del XXII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Octubre 17 y 18, 2019. Mexicali, B.C., México. p 256-261.
- Cortés JJM, Ortiz AAA. 2017. Agricultura orgánica: una nueva revolución verde para el Valle del Yaqui, Sonora. Memorias del XIV simposio internacional y IX congreso nacional de agricultura sostenible. Septiembre 25-30, 2017. Ciudad Obregón, Sonora, México. p 252-261.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP. 2023. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> Consultado julio 25, 2023.

## NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC PARA INCREMENTAR COMPUESTOS BIOACTIVOS EN EL CULTIVO DE MAÍZ GRANO

Fortis-Hernández, Manuel<sup>1\*</sup>; Vizcarra-Gallegos, Eunice A.<sup>2</sup>; Preciado-Rangel, Pablo<sup>1</sup>; Ruíz-Ortega, Francisco J.<sup>1</sup>; Trejo-Valencia, Radames<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México – Campus Instituto Tecnológico de Torreón. Antigua Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Torreón, Coahuila, México. C.P. 27170. Tel: (871) 1117279.<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México – Campus Instituto Tecnológico de Torreón.

Estudiante de la Maestría en Ciencias en Suelos. Antigua Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Torreón, Coahuila, México. C.P. 27170. <sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México – Campus Mérida, Av. Tecnológico S/N km 4.5 C.P. 97118, Mérida, Yucatán.

\*Autor para correspondencia: fortismanuel@hotmail.com

### RESUMEN

El maíz es considerado uno de los cereales más importantes debido a que es utilizado para la alimentación, como fuente de energía y materia prima para la agroindustria. Su calidad nutricional va dependiendo del genotipo, el medio ambiente y las condiciones del cultivo. Los compuestos bioactivos incluyen antioxidantes, antocianinas, fenoles y otros fitoquímicos que pueden mejorar su calidad. Respecto a la biofortificación, investigaciones buscan incrementar el contenido de nutrientes utilizando la nanotecnología a través de nanopartículas. En este contexto, el objetivo del trabajo fue evaluar la aplicación foliar de nanopartículas de óxido de zinc (NPs ZnO) sobre la biofortificación y el incremento de compuestos bioactivos en este cultivo. El experimento se llevó a cabo durante el ciclo agrícola verano-otoño, utilizando la variedad de maíz "San Lorenzo". Se evaluaron cuatro concentraciones de NPs-ZnO y un tratamiento control, bajo un diseño de bloques al zar con tres repeticiones. Las NPs fueron aplicadas vía foliar utilizando atomizadores, un surfactante y adherente no iónico. Las variables evaluadas fueron fenoles, flavonoides, capacidad antioxidante y concentración de zinc en el grano. Los resultados muestran un incremento significativo en los compuestos bioactivos, siendo la concentración de 200 mg L<sup>-1</sup> la mejor. El tratamiento de 400 mg L<sup>-1</sup>, presentó la mayor concentración de zinc en los granos con un valor de 102.75 µg g<sup>-1</sup> PS. En este sentido, los beneficios de haber aplicado nanopartículas de zinc en maíz grano podrían ayudar a su biofortificación y ser considerada como una estrategia para su ingesta adecuada por los seres humanos.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., flavonoides, fenoles, capacidad antioxidante, biofortificación.

### ABSTRACT

Corn is considered one of the most important cereals because it is used for food, as a source of energy and raw material for agribusiness. Its nutritional quality depends on genotype, environment and growing conditions. Bioactive compounds include antioxidants, anthocyanins, phenols and other phytochemicals that can improve its quality. Regarding biofortification, research seeks to increase nutrient content using nanotechnology through nanoparticles. In this context, the objective of this work was to evaluate the foliar application of zinc oxide nanoparticles (ZnO NPs) on biofortification and the increase of bioactive compounds in this crop. The experiment was carried out during the summer-autumn agricultural cycle, using the maize variety "San Lorenzo". Four concentrations of NPs-ZnO and a control treatment were evaluated under a randomized block design with three replicates. The NPs were applied via foliar application using atomizers, a surfactant and a nonionic adherent. The variables evaluated were phenols, flavonoids, antioxidant capacity and zinc concentration in the grain. The results show a significant increase in bioactive compounds, with the concentration of 200 mg L<sup>-1</sup> being the best. The 400 mg L<sup>-1</sup> treatment presented the highest zinc concentration in the grains with a value of 102.75 µg g<sup>-1</sup> PS. In this sense, the benefits of

having applied zinc nanoparticles in corn grain could help its biofortification and be considered as a strategy for its adequate intake by humans.

**Key words:** *Zea mays* L., flavonoids, phenols, antioxidant capacity, biofortification.

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*) es considerado dentro de los tres cereales básicos debido a que es utilizado para diferentes fines como lo es para la alimentación, forraje, energía y como materia prima en la producción industrial. La composición química y calidad nutricional del grano de maíz varía dependiendo del genotipo, el medio ambiente y las condiciones de cultivo. El maíz contiene alrededor del 10% de proteínas, de las cuales una parte importante se encuentra en el germen. Asimismo, tanto el endospermo como el pedicelo pueden contener hasta un 9% de proteínas. Además, presenta compuestos bioactivos las cuales son sustancias que tienen efectos beneficiosos para la salud y el desarrollo de las plantas. Estos compuestos incluyen antioxidantes, antocianinas, fenoles y otros fitoquímicos que pueden mejorar la calidad nutricional del maíz y su resistencia a factores de estrés como la sequía y las altas temperaturas (Ayala, 2020). Estos compuestos pueden tener propiedades antiinflamatorias y anticancerígenas, lo que los hace valiosos tanto para la agricultura como para la salud humana. Los maíces con pigmentos tienen propiedades fitoquímicas únicas. Existen dos grandes grupos de pigmentos fenólicos en el maíz: las antocianinas y los carotenoides (Bello-Pérez *et al.*, 2016). Los maíces ricos en antocianinas se consideran nutraceuticos debido a sus efectos preventivos contra enfermedades cardiovasculares como la obesidad, diabetes, colesterol alto y ciertos tipos de cáncer (próstata y colon). Estos pigmentos estabilizan los radicales libres al donar átomos de hidrógeno, lo que reduce el estrés oxidativo y protege los componentes celulares (García *et al.*, 2022).

Para la producción de maíz, en los últimos años, el agricultor se ha estado enfrentando a problemas como el estancamiento en su rendimiento, presentando carencias multinutricionales y por consecuencia la disminución del aporte nutricional de este importante grano. Una alternativa que se ha investigado es la biofortificación, la cual busca incrementar el contenido de nutrientes en los cultivos utilizando la nanotecnología, pretendiendo aumentar los macro y micronutrientes en suelo o en la planta, a través de nanopartículas (Urquilla, 2023). Trabajos recientes de nanopartículas han reportado que a bajas concentraciones estas influyen en el crecimiento de las plantas, sin embargo, a concentraciones altas, se genera una fitotoxicidad (Méndez-Argüello *et al.*, 2016). En cultivos como el trigo se han utilizado nanopartículas de óxido de zinc en concentraciones de 40, 80 y 120 ppm con la finalidad de tener rendimientos mejorados, mostrando resultados significativos pulverizaciones de las NPs de 80 ppm (Sheoran *et al.*, 2021). En arroz se aplicaron nanopartículas de óxido de zinc en concentraciones de 0.3, 0.6, 1.2, 2.4, y 4.8 g de Zn por macetas para evaluar el rendimiento, la acumulación de materia seca, calidad y contenido de Zn del grano, aumentando el contenido del zinc entre un 16,67% y 35,35% (Zhang *et al.*, 2021). En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la aplicación foliar de diferentes concentraciones de nanopartículas de óxido de zinc (NPs ZnO) sobre la biofortificación y el incremento de compuestos bioactivos en el cultivo de maíz grano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo durante el ciclo agrícola verano-otoño, utilizando la variedad de maíz blanco cremoso "San Lorenzo", la cual presenta notables características agronómicas, alta capacidad de establecimiento en el campo, teniendo plántulas vigorosas, raíces fuertes y profundas. La variedad fue sembrada en seco, a una distancia de 0.15 m entre plantas y 0.75 m entre surcos, teniendo una densidad de siembra 70,000 plantas. Se evaluaron cuatro tratamientos de NPs-ZnO y un tratamiento control (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados

Tratamientos	Descripción
T1	Testigo
T2	100 mg L <sup>-1</sup> NPs ZnO
T3	200 mg L <sup>-1</sup> NPs ZnO
T4	300 mg L <sup>-1</sup> NPs ZnO
T5	400 mg L <sup>-1</sup> NPs ZnO

Las NPs-ZnO aplicadas fueron sintetizadas siguiendo la metodología de Galindo *et al.* (2022), obteniéndose de un tamaño entre 67 y 71 nm, morfología semiesférica y poligonal y una pureza del 99%. Fueron aplicadas por la mañana utilizando rociadores y un surfactante y adherente no iónico, se realizaron cinco aplicaciones. El diseño utilizado fue Bloques al zar, considerando cinco tratamientos con tres repeticiones.

Para la determinación de los compuestos bioactivos se obtuvo un extracto mezclándose 1.5 g de muestra fresca en 10 ml de etanol al 80% en tubos de plástico con tapa de rosca, los cuales fueron colocados en agitador rotatorio durante 24 h a 20 rpm a 5 °C. Los tubos se centrifugarán a 3 000 rpm durante 5 min, y el sobrenadante fue extraído para su análisis (Salas-Pérez *et al.*, 2016). Para la capacidad antioxidante se utilizó el método DPPH+ (Brand-Williams *et al.*, 1995) y los resultados se expresaron en miliequivalente de Trolox por gramo de peso fresco (Meq Trolox 100 g<sup>-1</sup> PF). El contenido fenólico total fue medido utilizando la técnica de Folin Ciocalteu (Singleton, 1999), los resultados se presentan en mg de ácido gálico equivalente por g de muestra seca (mg AG g<sup>-1</sup>PS). En el caso de flavonoides totales se utilizó la técnica descrita por Lamaison y Carnet (1990), los resultados fueron expresados en mg equivalentes de quercetina por g de peso seco (mg g<sup>-1</sup> PS). En el caso de la concentración de Zn en los granos de maíz las muestras fueron digeridas mediante tratamiento térmico empleando ácido nítrico concentrado. La cuantificación se realizó por duplicado con un espectrofotómetro de emisión de plasma Thermo Scientific (iCAP7400 Duo) empleando una curva de calibración de Zn. Los resultados se reportaron en µg g<sup>-1</sup> PS. El experimento utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones. Los análisis estadísticos de los datos se realizaron mediante un análisis de varianza utilizando el paquete estadístico Statistical Analysis System 9.0 (SAS, 2004). Cuando se detectaron diferencias entre medias, se realizó la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad. La normalidad y la homogeneidad de las varianzas de los datos obtenidos para cada variable de respuesta se verificó con la prueba de Bartlett y Kolmogorov-Smirnov.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al análisis estadístico se encontraron diferencias significativas en los compuestos bioactivos. Para flavonoides las concentraciones de 100 y 200 mg L<sup>-1</sup> presentaron un incremento entre el 29 y 31% con respecto al control. En el caso de capacidad antioxidante estas mismas concentraciones también mostraron un incremento de un 12 y 14%, respectivamente. Para fenoles la concentración que más aumento fue la de 400 mg L<sup>-1</sup> de NPs ZnO (Figura 1). La capacidad antioxidante permite medir la capacidad de los radicales libres y las propiedades reductoras de los compuestos bioactivos que se encuentran almacenados en los granos de maíz (Martínez-Martínez *et al.*, 2019). Estudios reportados por García-Reyes *et al.*, (2022), hace mención que en maíz pigmentados se tiene mayor actividad antioxidantes, lo cual está relacionado con la cantidad que contenga compuestos bioactivos (polifenoles, flavonoides y antocianinas) que estén presentes en el grano de maíz. A pesar de ello, la actividad antioxidante puede verse modificada por las características genéticas de los genotipos o variedades con las que se esté trabajando, además influye el entorno y las condiciones en las cuales está creciendo la planta (Vazquez-Olivo *et al.*, 2017). El contenido



de compuestos fenólicos se asocia con sus propiedades antioxidantes por su capacidad redox, la cual permite desempeñarse como reductor y donante de oxígeno (Chang *et al.*, 2001). El zinc puede incrementar los fenoles, debido a que participa en el uso del carbono para producir compuestos fenólicos en el ciclo del ácido shikímico y el acetato-malonato (Misra *et al.*, 2006).

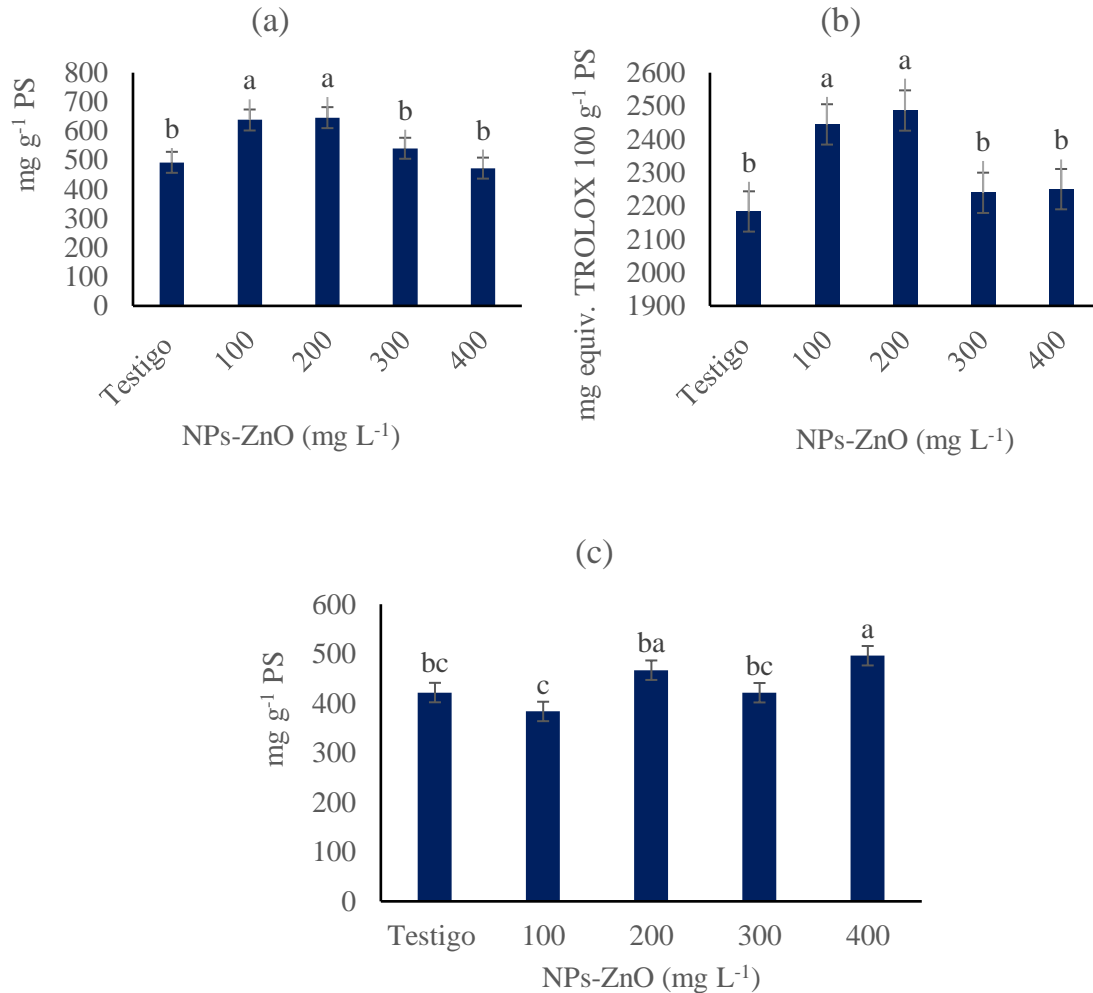


Figura 1. Compuestos bioactivos en granos de maíz; Flavonoides (a), Capacidad antioxidante (b) y Fenoles (c). \*Valores con letras distintas indican diferencia significativa de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Los resultados estadísticos para la concentración de zinc en los granos de maíz mostraron diferencia significativa por efecto de la aplicación foliar de las nanopartículas de ZnO, en la cual la concentración de 400 mg L<sup>-1</sup> presentó un valor de 102.75  $\mu\text{g g}^{-1}$ , siendo un 26% mayor que el tratamiento testigo (Figura 2).

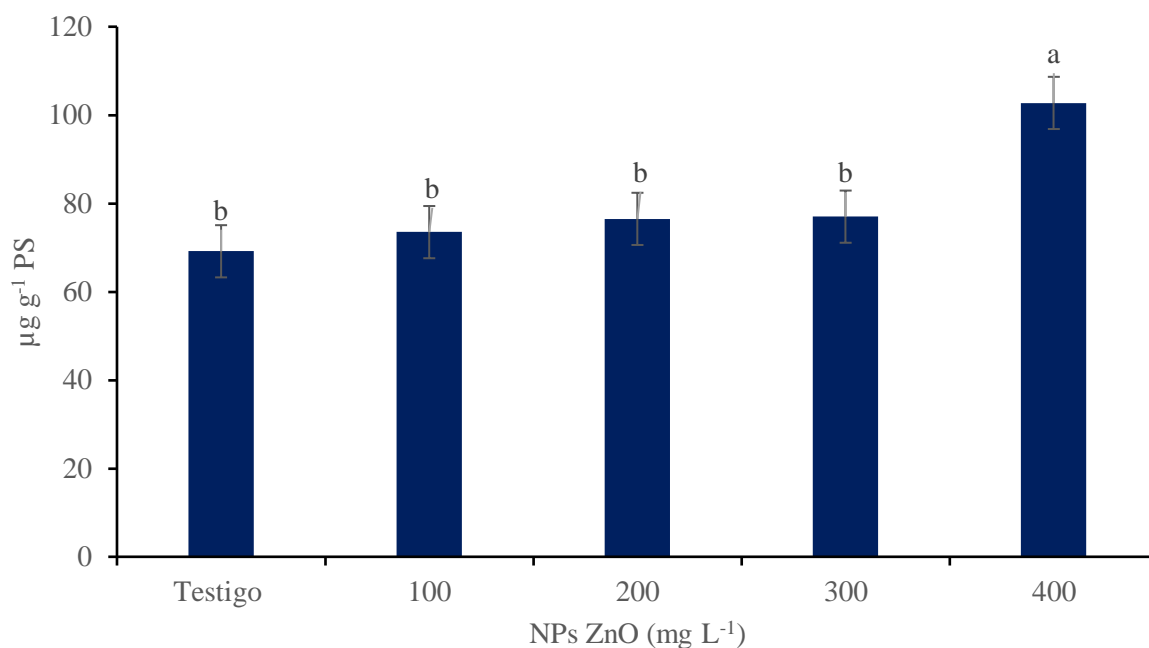


Figura 2. Concentración de Zn en granos de maíz (*Zea mays* L.) por efecto de la aplicación foliar de nanopartículas de óxido de zinc. PS: Peso seco. Valores con letras distintas indican diferencia significativa de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Estos resultados coinciden con Subbaiah *et al.* (2016), quienes reportan, en el cultivo de maíz, que concentraciones de 100 ppm a 400 ppm de NPs de ZnO obtuvieron los mejores resultados con respecto al control. En nuestro estudio la concentración donde se obtuvo mayor contenido de zinc fue en la de 400 mg L<sup>-1</sup>, esto se podría atribuir a que la translocación del zinc a los granos de maíz depende de la concentración utilizada, la estructura, tamaño y pureza de las nanopartículas aplicadas. Además, las NPs mejoran el contenido de zinc en brotes y granos y esto puede atribuirse a las diferencias de las reacciones químicas que experimenta en las diferentes condiciones del suelo. La manera en que las plantas asimilan el zinc es en forma de catión divalente (Zn<sup>2+</sup>) en pH elevados, también puede ser absorbido como catión monovalente (ZnOH<sup>+</sup>), el zinc es de beneficio para la producción de clorofila, síntesis de proteínas y la producción de semillas (INTAGRI, 2013).

### CONCLUSIONES

La concentración de 200 mg L<sup>-1</sup> presentó un incremento significativo en compuestos bioactivos por efecto de las aplicaciones de nanopartículas, lo cual es de alta importancia ya que es una característica de interés nutricional. El incremento de Zinc en maíz grano variedad San Lorenzo, por medio de la aplicación foliar de 400 mg L<sup>-1</sup> de nanopartículas de zinc, puede ser una alternativa de uso para su biofortificación y ser una estrategia para su ingesta adecuada para los seres humanos.

**Agradecimientos:** Al Tecnológico Nacional de México (TecNM) por Financiar este Proyecto con Número de registro 19696.24-P.

## REFERENCIAS

- Ayala Meza, C de J., 2020. Evaluación fisiológica y de compuestos bioactivos en maíces nativos antes estrés de temperatura y sequía. Tesis de Maestría. UdeNL, México. 121 p.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. & Berset, C. L. W. T. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1): 25-30.
- Chang, J. y Lin, C. Y. 2001. Cinética de decoloración de una cepa recombinante de *Escherichia coli* que alberga determinantes que decoloran azo-colorantes de *Rhodococcus* sp. *Biotechnol. Lett.* 23:631-636.
- García Reyes, E; Flores Naveda, A.; Ruiz Torres, N.; Camposeco Montejó, N.; Ramírez Barrón, S.; García López, J.I. 2022. Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de genotipos de maíz pigmentado (azul/morado). *Temas de Ciencia y Tecnología*, 26 (77):13 – 19.
- Galindo-Guzmán, A. P.; Fortis-Hernández, De la Rosa-Reta, C.V.; Zermeño-González, H. & Galindo-Guzmán, M. 2022. Síntesis química de nanopartículas de óxido de zinc y su evaluación en plántulas de *Lactuca sativa*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 28:299-308.
- INTAGRI. 2013. Nutrición vegetal, la función de los nutrimentos esenciales. Serie Nutrición Vegetal. Núm. 10 y 11. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 8.
- Lamaison, J. L. C. & Carnet, A. 1990. Contents in main flavonoid compounds of *Crataegus Monogyna* Jacq. and *Crataegus laevigata* (Poir) D. C. flowers at different development stages. *Pharmaceutica Acta Helvetica*. 65:315-320.
- Martínez-Martínez, R., Vera-Guzmán, A. M., Chávez-Servia, J. L., Bolaños, E. N. A., Carrillo-Rodríguez, J. C., & Pérez-Herrera, A. 2019. Bioactive compounds and antioxidant activities in pigmented maize landraces. *Interciencia*, 44(9):549-556.
- Méndez-Argüello BM, Lira-Saldivar RH, Vera-Reyes I. 2016. Respuestas fisiológicas de plantas cultivadas en bioespacios por efecto de nanofertilizantes y zeolita. *Agronano Tecnología*, 62-79.
- Sheoran, P., Grewal, S., Kumari, S., & Goel, S. 2021. Enhancement of growth and yield, leaching reduction in *Triticum aestivum* using biogenic synthesized zinc oxide nanofertilizer. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 32:101938.
- Salas-Pérez, L., Gaucín-Delgado, J. M., Preciado-Rangel, P., Fortis-Hernández, M., Valenzuela-García, J. R., & Ayala-Garay, A. V. 2016. Efecto del ácido benzoico en la capacidad antioxidante de germinados de trigo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 17: 3397-3404.
- Singleton, V. L., Orthofer, R. & Lamuela-Raventós, R. M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*. 299(7): 152-178.
- Subbaiah, L. V., Prasad, T. N., Krishna, T. G., Sudhakar, P., Reddy, B. R., & Pradeep, T. 2016. Novel Effects of Nanoparticulate Delivery of Zinc on Growth, Productivity, and Zinc Biofortification in Maize (*Zea mays* L.). *Journal of agricultural and food chemistry*, 64(19): 3778–3788.
- Urquilla, A. C. 2023. ¿Será la Agricultura 4.0 la solución al hambre global? *Realidad y Reflexión*, 57: 39-58.
- Vázquez-Olivo, G., López-Martínez, L. X., Contreras-Angulo, L. y Heredia, J. B. 2017. Antioxidant capacity of lignin and phenolic compounds from corn stover. *Springer*:1–8.
- Zhang, H.; Wang, R.; Chen, Z.; Cui, P.; Lu, H.; Yang, Y.; Zhang, H. 2021. The Effect of Zinc Oxide Nanoparticles for Enhancing Rice (*Oryza sativa* L.) Yield and Quality. *Agriculture*, 11: 1247.

## ANÁLISIS FACTORIAL DE LA CONCENTRACIÓN DE AUXINAS EN PLANTAS DE *Capsicum annuum* INOCULADAS CON *Fusarium sp.*

Herrera M.D.<sup>1</sup>; Ibarra V.G.A<sup>1</sup>; Salas M.S.<sup>1</sup>; Reveles-Torres L.R.<sup>1</sup>; Salazar B.F.B.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INIFAP-CEZAC. Carretera Zacatecas-Fresnillo, km. 24.5, Calera de V.R., Zacatecas, México. C.P. 98500. <sup>2</sup>Unidad Académica de Ciencias Químicas – Universidad Autónoma de Zacatecas Campus Siglo XXI, Villanueva - Zacatecas, La Escondida, 98160 Zacatecas, Zacatecas, México.

Email: mayradherrera@gmail.com

### RESUMEN

El estudio de las asociaciones entre microorganismos planta-rizosfera se ha convertido en un importante recurso de conocimiento para la agricultura sostenible. La interacción entre microorganismos y organismos superiores. Dicha interacción se basa en que los microorganismos colonizadores de las plantas (bacterias y hongos) sintetizan sus propias fitohormonas, afectando el equilibrio hormonal de la planta y modificando la interacción con los microorganismos. El objetivo fue evaluar el efecto de la interacción de cepas de *Fusarium sp.* con los diferentes tejidos de plantas de *Capsicum annuum* sobre la concentración de auxinas. Los resultados demostraron un efecto de interacción significativo, lo que diferenció la tendencia en la acumulación de auxinas a través de los diferentes tejidos de las plantas. La señalización de auxinas está íntimamente conectada con el crecimiento y desarrollo de las plantas, y puede ser modificada por microorganismos colonizadores de plantas, porque las plantas pueden recibir ácido indolacético microbiano. En conclusión, los hallazgos de esta investigación sugieren la importancia de avanzar en el estudio de su efecto tanto a nivel fisiológico como agronómico, para seleccionar hongos promotores de crecimiento que potencien el rendimiento del cultivo.

**Palabras clave:** Chile, auxinas, hongo promotor de crecimiento

### ABSTRACT

The study of plant-rhizosphere microorganism associations has become an important knowledge resource for sustainable agriculture. The interaction between microorganisms and higher organisms. This interaction is based on the fact that plant-colonizing microorganisms (bacteria and fungi) synthesize their own phytohormones, affecting the hormonal balance of the plant and modifying the interaction with microorganisms. The objective was to evaluate the effect of the interaction of *Fusarium sp.* strains with the different tissues of *Capsicum annuum* plants on the concentration of auxins. The results demonstrated a significant interaction effect,

which differentiates the trend in auxin accumulation through the different plant tissues. Auxin signaling is intimately connected to plant growth and development, and can be modified by plant-colonizing microorganisms, because plants can receive microbial indoleacetic acid. In conclusion, the findings of this research suggest the importance of advancing the study of its effect at both the physiological and agronomic levels, in order to select growth-promoting fungi that enhance crop yield.

**Key words:** Pepper, auxins, growth-promoting fungi

## INTRODUCCION

En la naturaleza las plantas interactúan con una gran variedad de microorganismos, las interacciones más conocidas son aquellas que repercuten de manera perjudicial en la planta por lo cual son consideradas como patógenas. Sin embargo, existen otro tipo de interacciones denominadas benéficas, en donde la planta se ve influenciada de manera positiva en diversos aspectos como en la absorción de minerales, la fijación de nitrógeno, la promoción del crecimiento, la resistencia al estrés biótico, y la tolerancia al abiótico (Berendsen et al., 2012). El interés en los microorganismos benéficos ha aumentado debido a los efectos beneficiosos reportados cuando se inoculan en plantas de cultivo. Estos efectos mejorados son la nutrición y productividad de las plantas, la resistencia al estrés biótico o abiótico y el aumento del rendimiento del cultivo (Trivedi et al., 2017), que se han relacionado con las interacciones moleculares entre plantas y microorganismos (Contreras-Cornejo et al., 2016). Por lo anterior, se han realizado estudios para identificar otras cepas benéficas para el crecimiento vegetal. Actualmente, se tiene identificada una gran variedad de géneros fúngicos con capacidad de promover el crecimiento vegetal, tal como algunas especies del género *Trichoderma* spp, *Penicillium* spp, *Fusarium* spp, entre otros (Schuster y Schmoll, 2010). Las especies de *Fusarium* están ampliamente distribuidas en el suelo y en partes de plantas subterráneas y aéreas. La señalización de auxinas está íntimamente conectada con el crecimiento y desarrollo de las plantas, y puede ser modificada por microorganismos colonizadores de plantas, porque las plantas pueden recibir ácido indolacético microbiano a través de sus propios receptores de auxinas (Fu & Shiping, 2011). Debido a que estas sustancias orgánicas son capaces de modificar las funciones fisiológicas y el crecimiento de las plantas, el objetivo del presente trabajo fue realizar un análisis factorial completo sobre la concentración de auxinas en diferentes tejidos de plantas de Chile, por efecto de diferentes cepas de *Fusarium*.

## MATERIALES Y METODOS

### Establecimiento de la parcela experimental

La siembra de chile se realizó en charolas de 200 cavidades dentro del invernadero del Campo Experimental Zacatecas del INIFAP, las cuales se establecieron en el mes de marzo bajo las recomendaciones señaladas por Reveles-Hernández et al. (2010) para la aplicación de riegos y nutrición. Las plántulas de chile se trasplantaron cuando presentaron de tres a cuatro hojas verdaderas con una altura de 10 a 20 cm, o después de que la planta cumpliera los 50 días en invernadero. Los trabajos de investigación se realizaron en terrenos del Campo Experimental Zacatecas (Calera, Zacatecas), ubicado a 22° 54' latitud Norte, y 102° 39' longitud Oeste a una altitud media de 2,197 msnm. En campo, se estableció la siembra de la parcela experimental en abril del 2020. Previo al trasplante, se realizó la inoculación en el sistema radicular de las plántulas de chile con cepas de *Fusarium*. La suspensión de esporas fúngicas se ajustó a  $1 \times 10^6$  esporas por mL. El aislamiento de las cepas y trabajos in vitro previos a su evaluación en campo están reportados por Reveles-Torres et al. (2019) Esta suspensión de esporas fue posteriormente utilizada para la inoculación de las plántulas de chile tipo Mirasol. Para visualizar el efecto de las cepas no se aplicó fertilización química en el trasplante, tampoco en el desarrollo del cultivo. La distancia entre plantas fue de 30 cm y 0.76 m entre surcos, se utilizó cintilla calibre 5000 de alto flujo con distanciamiento entre emisor de 20 cm. Se realizaron tres escardas al cultivo.

### Toma de muestras de tejidos de chile

Se tomó muestra de 3 plantas de chile por cada tratamiento y bloque experimental. Se tomó diferentes tejidos (hojas, tallos y raíz), que se sumergieron en nitrógeno líquido para detener los procesos metabólicos causados por el estrés mecánico. En laboratorio se almacenaron los tejidos a -70 °C por 24 h mínimo. Posteriormente se liofilizaron en una liofilizadora LABCONCO®-7754041 los tejidos, se molieron en un molino doméstico y se almacenaron en bolsas de polietileno selladas, hasta su uso.

### Cuantificación de auxinas

Se pesaron 0.050 g de muestra, posteriormente, se agregó 500 µL de etanol y 500 µL de reactivo Salkowski, este reactivo se prepara con la mezcla de 98 mL de ácido sulfúrico al 35% y 2 mL de cloruro férrico 0.5 M. Después de agitar en vortex, se dejó la muestra reposando en la oscuridad a 25 °C por 30 minutos. Posteriormente, se centrifugaron las muestras por 10 minutos a 13,000 x g. Posteriormente, se tomó el sobrenadante y se pasó directamente a un pozo de micro placa para leer su absorbancia a 530 nm en un lector de placa Multiskan™ GO Microplate Spectrophotometer de ThermoFisher. La concentración de auxinas se calculó con

base a un modelo de regresión lineal en el que se utilizó ácido indol-3-acético (AIA) ( $R^2 = 0.99$ ). Los resultados se reportaron como mg equivalentes de AIA por gramo de muestra seca (mg EAI/g).

### Diseño experimental y análisis de datos

Se trabajó con tres cepas de *Fusarium* aisladas de plantas de *Zea mays*: a) Cepa 1 (T1) *Fusarium* (M102T) sp., b) Cepa 2 (T2) *Fusarium* (M102R) sp., y c) Cepa 3 (T3) *Fusarium* (P119) sp. La metodología seguida para el aislamiento de las cepas de *Fusarium*, y la evaluación de su capacidad benéfica in vitro en plantas de *Arabidopsis thaliana* se describió previamente en una publicación técnica del INIFAP-Zacatecas (Reveles-Torres et al., 2019). Adicionalmente se incluyó un testigo (sin aplicación de cepa). Los cuatro grupos fueron establecidos bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los datos se analizaron mediante la comparación múltiple de medias con el paquete estadístico SAS (SAS Institute ver. 9.3, 2002-2010, Cary, NC, EE. UU.). Las medias de tratamiento se agruparon por la prueba estadística de Tukey con  $p < 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSION

Las fitohormonas y compuestos similares a hormonas pueden proporcionar una germinación exitosa de las semillas o un crecimiento normal de las plantas mediante la regulación de una relación simbiótica entre las plantas y, por ejemplo, hongos micorrízicos o bacterias (Tsavkelova et al., 2006). La Tabla 1 muestra que tanto los efectos principales como los efectos de interacción son estadísticamente significativos, es decir, el efecto de la cepa inoculada, la concentración de auxinas por el tipo de tejido, y la interacción de ambos factores. Si bien, la inoculación de las plantas de chile con la cepa T2 (M102R) permitió la síntesis de 19% más auxinas en plantas de chile, en comparación con el grupo de plantas control; y en general, las hojas fueron los tejidos con el mayor contenido de estas fitohormonas, es importante considerar que, al analizar la interacción entre los niveles de un factor, con los niveles del segundo factor, la tendencia en la respuesta de la variable en estudio puede ser diferenciada. En el caso particular de este experimento, la diferencia en la concentración de auxinas por efecto de la interacción puede ser explicada con la Figura 1. Al observar la tendencia en la síntesis de auxinas por efecto de la cepa M102R (línea azul en el cuadrante superior derecho) resulta interesante que a pesar de que en hoja se cuantificó la mayor concentración de la hormona, como ya se mencionó anteriormente, ocurre lo contrario en raíz, ya que las plantas inoculadas con esta cepa tuvieron una disminución en la concentración de hasta el 41%, en comparación con el grupo control. Por otro lado, a pesar de en base a los efectos principales se identifica a la Cepa 1 (T1, M102T) como el tratamiento con el menor



efecto, incluso con concentración menor a la cuantificada en el grupo control, se logra identificar en la interacción (línea verde, cuadrante superior derecho) que para el tejido foliar, no fue el tratamiento que permitió la menor síntesis de auxinas, lo que indica que a pesar de que T1 disminuye la concentración de auxinas en tallo, este tratamiento induce una acumulación ligeramente mayor de la hormona en el tejido foliar de las plantas.

Tabla 1. Efectos principales y de interacción en el contenido de auxinas en plantas de chile

<b>Efectos principales</b>			
<b>Cepa</b>		<b>Tejido</b>	
Control	701.9 b	Raíz	207.6 d
T1	687.9 b	Tallo	461.1 c
T2	828.3 a	Hoja	1555.8 a
T3	827.9 ab	Flor	915.6 b
<i>P</i>	0.0029	<i>P</i>	<0.0001
<b>Efectos de interacción</b>			
<b>Cepa x tejido</b>			
Control x Raíz	222.7 ef		
Control x Tallo	432.6 d-f		
Control x Hoja	1219.0 b		
Control x flor	920.7 bc		
T1 x Raíz	240.2 ef		
T1 x Tallo	391.8 ef		
T1 x Hoja	1319.3 b		
T1 x Flor	912.5 b-d		
T2 x Raíz	133.1 f		
T2 x Tallo	550.7 ef		
T2 x Hoja	2070.5 a		
T2 x Flor	910.6 b-c		
T3 x Raíz	234.4 ef		
T3 x Tallo	462.2 d-f		
T3 x Hoja	1743.0 a		
T3 x Flor	916.2 b-d		
<i>P</i>	<0.0001		

Los datos se muestran como la media. Letras diferentes entre líneas indican diferencia significativa con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Estos resultados sugieren una interacción significativa entre las vías de resistencia de las plantas y las fitohormonas. Lo más probable es que la relación entre las hormonas inmunitarias (como ácido jasmónico y etileno), y las hormonas del crecimiento, se produzca en esta interacción (Jaroszuk-Scisiel et al., 2019), ya que se ha observado un efecto positivo

de ácido jasmónico sobre el nivel de auxina en plantas, lo que se ha relacionado con un aumento significativo en el nivel endógeno de ácido indolacético tras la presencia de hongos (Carná et al., 2014). Además, Fu & Shiping (2011) reportaron que la señalización de auxinas está íntimamente conectada con el crecimiento y desarrollo de las plantas.

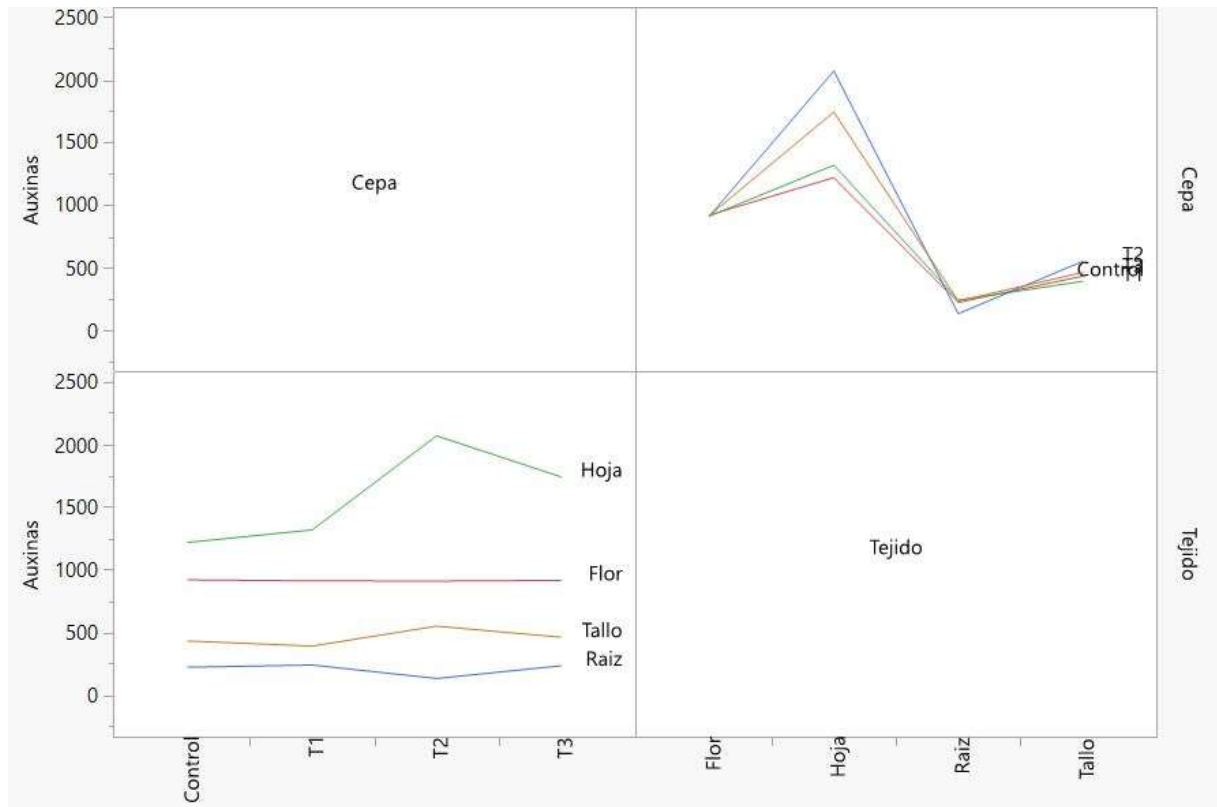


Figura 1. Gráfica de interacción

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el análisis factorial y las interacciones que existen entre los factores cepa y tejido de la planta exhiben resultados interesantes, al existir efecto de interacción significativo, la estrategia en la producción de chile, cuando se desea inocular con alguna cepa de crecimiento, debe ir en dirección de lo que se busca en tal práctica, es decir, si se busca mayor área foliar, quizá no será la misma cepa que la que permite un mayor desarrollo radicular. La relación *Fusarium*-planta es un sistema dinámico, en esta relación se moldea la regulación y el equilibrio hormonal específico. Es decir, la asociación microorganismo-planta produce metabolitos como las auxinas, que pudieran estar asociados con el desarrollo y crecimiento de las plantas de *C. annuum*, pero el proceso de su síntesis es variable y depende del hongo empleado y del tejido de la planta analizado, lo que sugiere la importancia de avanzar en el estudio de su efecto tanto a nivel fisiológico como agronómico, para seleccionar hongos promotores de crecimiento que potencien el rendimiento del cultivo.

**REFERENCIAS**

- Berendsen, R. L., Pieterse, C. M., & Bakker, P. A. (2012). The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends in plant science*, 17(8), 478-486.
- Carná, M., Repka, V., Skupa, P., Šturdík, E. (2014). Auxins in defense strategies. *Biologia*, 69, 1255–1263.
- Chanclud, E. & Lacombe, B. (2017). Plant hormones: key players in gut microbiota and human diseases? *Trends Plant Sci.* 2017, 22, 754–758.
- Contreras-Cornejo, H. A., Macías-Rodríguez, L., Del-Val, E. K., & Larsen, J. (2016). Ecological functions of *Trichoderma* spp. and their secondary metabolites in the rhizosphere: interactions with plants. *FEMS Microbiology Ecology*, 92(4), fiw036.
- Fu, J. & Shiping Wang, S. (2011). Insights into auxin signaling in plant–pathogen interactions. *Front. Plant Sci.* 2011, 2, 1–7.
- Jaroszuk-Scisiel, J., Kurek, E., Trytek, M. (2014). Efficiency of indoleacetic acid, gibberellic acid and ethylene synthesized in vitro by *Fusarium culmorum* strains with different effects on cereal growth. *Biologia*, 69, 281–292.
- Mefteh, F.B., Daoud, A., Bouket, A.C., Alenezi, F.N., Luptakova, L., Rateb, M.E., Kadri, A., Gharsallah, N., Belbahri, L. (2017). Fungal root microbiome from healthy and brittle leaf diseased date palm trees (*Phoenix dactylifera* L.) reveals a hidden untapped arsenal of antibacterial and broad spectrum antifungal secondary metabolites. *Front. Microbiol*, 8, 307.
- Reveles-Hernández M., Huchín-Alarcón, S., Velásquez-Valle, R., Trejo-Calzada, R., Ruiz-Torres, J. (2010). Producción de Plántula de Chile en Invernadero. Folleto Técnico Núm. 41. Campo Experimental Valle del Guadiana, CIRNOC-INIFAP, 40p.
- Reveles-Torres, L.R., Herrera, M.D., Salas-Muñoz, S., Salazar-Badillo, F.B., Mauricio-Castillo, J.A. (2019). Evaluación de la capacidad benéfica e identificación molecular de cepas de *Fusarium* spp aisladas de plantas de maíz. Folleto Técnico Núm. 105. Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP, 29p.
- Shi, W.L., Chen, X.L., Wang, L.X., Gong, Z.T., Li, S., Li, C.L., Xie, B.B., Zhang, W., Shi, M., Li, C., (2016). Cellular and molecular insight into the inhibition of primary root growth of *Arabidopsis* induced by peptaibols, a class of linear peptide antibiotics mainly produced by *Trichoderma* spp. *J. Exp. Bot.*, 67, 2191–2205.
- Trivedi, P., Schenk, P. M., Wallenstein, M. D., & Singh, B. K. (2017). Tiny microbes, big yields: Enhancing food crop production with biological solutions. *Microbial Biotechnology*, 10, 999–1003.
- Tsavkelova, E.A., Klimova, S.Y., Chedyntseva, T.A., Netrusov, A.I. (2006). Microbial producers of plant growth stimulators and their practical use: A review. *Appl. Biochem. Micro.*, 42, 117–126.

**BIOPESTICIDA DE QUERCETINA OBTENIDO DE HOJA Y TALLO DE *Larrea tridentata* EN DOS LOCALIDADES****BIOPESTICIDE FROM QUERCITIN OF LEAVES AND STEMS OF *Larrea tridentata* IN TWO LOCALITIES.**

Díaz-Jiménez L.<sup>1</sup>; Covarrubias-Ramírez J. M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, Cinvestav-Salttillo. Av. Industria Metalúrgica 1062, Ramos Arizpe, Coah., México. <sup>2</sup>CE Saltillo-INIFAP, [lourdes.diaz@cinvestav.edu.mx](mailto:lourdes.diaz@cinvestav.edu.mx)

**RESUMEN**

La quercetina es un flavonol natural presente en *Larrea tridentata* con actividad antioxidante, antifúngica y micotóxica, además presenta capacidad de control de plagas con varias vías de transducción de señales para la interacción planta microorganismo. Su concentración depende de la parte de la planta donde se extrae. El objetivo de este estudio fue determinar la concentración de quercetina en hojas y tallos de *Larrea tridentata* provenientes de 2 localidades usando 4 solventes para su extracción. Las localidades fueron: Valle de Mapimí, Durango y La Saucedá, Ramos Arizpe, Coahuila, los medios de extracción empleados fueron: vinagre al 10%, metanol al 10%, etanol al 10% en agua y agua destilada. La cuantificación de quercetina se realizó siguiendo un arreglo factorial 2x2x4 con 4 repeticiones completamente aleatorizado. La cuantificación de quercetina se realizó por HPLC. No se encontró diferencia significativa entre las partes vegetativas (Par), en el método de extracción (Ext) y localidades (Loc), si se encontró; la interacción Loc-Ext fue significativa, con el mayor valor fue para la Saucedá y etanol con 6,819.89 mg/kg. En la interacción de Ext con Par se encontró diferencia significativa y el mayor valor fue tallo con etanol con 5,459.64 mg/kg, la interacción Par-Loc se encontró diferencia significativa con hoja en la Saucedá con 6,030.02 mg/kg como el mejor, la interacción Ext-Par-Loc fue significativa en hoja con etanol en la Saucedá con 8,080.6 mg/kg, siendo estas las mejores respuestas. El etanol como extractante y las hojas de *Larrea tridentata* de La Saucedá son la mejor opción para la elaboración de un producto biorracional. **Palabras clave:** concentración, antifúngico, biorracional.

**ABSTRACT**

Quercetin is a natural flavonol from *Larrea tridentata* with antioxidant activity with antifungal and mycotoxic function, in addition to pest control, and with several signal transduction pathways for plant-microorganism interaction, its concentration depends on the part of the plant where it is extracted. The objective of this study was to determine the concentration of quercetin in leaves and stems of *Larrea tridentata* from 2 locations using 4 solvents for extraction. The localities were: Valle de Mapimí, Durango and La Saucedá, Ramos Arizpe, Coahuila, the means of extraction used were: 10% vinegar, 10% methanol, 10% ethanol in water and distilled water. The quantification of quercetin was performed following a factorial arrangement 2x2x4 with 4 completely randomized repetitions. Quercetin quantification was performed by HPLC. No significant difference was found between the vegetative parts (Par), in the extraction method (Ext) and localities (Loc), if found; the Loc-Ext interaction was significant, with the highest value was for Saucedá and ethanol with 6,819.89 mg/kg. In the interaction of Ext with Par significant difference was found, and the highest value was stem

with ethanol with 5,459.64 mg / kg, the interaction Par-Loc was found significant difference with leaf in the Saucedá with 6,030.02 mg / kg as the best, the interaction Ext-Par-Loc was significant in leaf with ethanol in the Saucedá with 8,080.6 mg / kg, these being the best answers. Ethanol as an extractant and *Larrea tridentata* leaves from La Saucedá are the best option to produce a biorational product.

**Key words:** concentration, antifungal, biorational.

## INTRODUCCION

La quercetina es un flavonol perteneciente a los flavonoides, que tiene capacidad antioxidante, antiinflamatoria, antiapoptótica, hepatoprotectora y cardioprotectora (Luo *et al.*, 2022). La quercetina es un polifenol con tres anillos bencénicos, cinco grupos hidroxilos y dos grupos de oxígeno, tiene una masa de 302.236 g/mol y una apariencia de un polvo amarillo cristalino (Guilherme *et al.*, 2020). La quercetina modifica la actividad de la glutación (GSH), de la polimerasa oxidativa, de las moléculas reactivas de oxígeno (ROS), induce las vías de traducción de señales, inhibe la actividad de las proteínas de choque térmico (Hsp) y provoca toxicidad en virus, bacterias y hongos (Mahajan *et al.*, 2021; Liao *et al.*, 2022).

La quercetina es el flavonol que induce las señales para el inicio para la formación de los pelos radicales, mientras que el inicio de las raíces laterales este inducido por la síntesis de Kaempferol, el incremento de ROS en especies deficientes en estos flavonoles, hay aumentos de óxidos, peróxidos, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y peroxinitrito en los pelos radicales y en la raíz lateral primaria que están oxidando a las proteínas señalizadoras para evitar el desarrollo de raíces (Martin *et al.*, 2022).

Composta formada por cáscara de uva, tallos y residuos de la poda de viñedos molidos a 5 cm y aplicada en dosis de 20 t ha<sup>-1</sup> en la agricultura orgánica en viñedos, contiene 115.55 ±18.32 mg kg<sup>-1</sup> de quercetina, además de otros elementos y compuestos, para tener un rendimiento de 1.4 kg por planta en 2021 y de 1.6 en 2022, lo que indica un efecto benéfico que no es inmediato (Cataldo *et al.*, 2023).

El Sauzgatillo (*Vitex agnus castus*) tiene una concentración de 37,270 mg kg<sup>-1</sup> de flavonoides en las hojas y menor en las semillas y entre ellos a la quercetina, que se utiliza como precursor de las señales para los mecanismos de defensa adquiridos como un insecticida orgánico para el control de la mosca del mediterráneo en frutales (Hamdouch *et al.*, 2002)

La gobernadora (*Larrea tridentata*) por sus principios activos de su resina y por sus compuestos fitoquímicos es considerada un producto biodegradable, que no produce un desequilibrio en los ecosistemas en el control de insectos plaga y enfermedades; aunque la quercetina tiene las ventajas anteriores, su uso se ha visto obstaculizado por una corta vida media biológica, poca solubilidad en agua, y baja biodisponibilidad en las especies que lo contienen (Luo *et al.*, 2022).

## MATERIALES Y METODOS

Se trabajaron tres factores: A) método de extracción, B) Localidades y C) parte vegetativa. Los métodos de extracción fueron 1) Vinagre al 10% en agua, 2) Metanol al 10% en agua, 3) Etanol al 10% en agua y 4) Agua destilada. Las localidades fueron a) Valle de Mapimí, Estado de Durango, b) La Saucedá, Ramos Arizpe, Coahuila. Las partes vegetativas fueron a) hojas y b) Tallos. Para tener 4 métodos de extracción, 2 localidades de donde se obtuvo la muestra y 2 partes vegetativas que es hojas y tallos con 4 repeticiones para un diseño factorial 2 x 2 x 4 completamente al azar con tres factores.

El estudio se realizó en el CINVESTAV-IPN, Unidad Saltillo, la extracción se realizó pesando 20 g de cada parte vegetativa con sus repeticiones y localidades, y se colocó en un matraz de Erlenmeyer de 250 mL, donde se les aplicó las soluciones de extracción de 100 mL; se agitó por 24 horas en una incubadora orbital INO – 650 M a 36° C y se pasó a molienda en una

licuadora, la mezcla molida se colocó en un embudo Büchner con un filtro No. 615 CMSLLC 3856 de 8  $\mu\text{m}$  y con una bomba de vacío chemker 300 hacia un matraz Kitasato de 500 mL, donde se colectaron alrededor de 50 mL, en esta solución (Brown *et al*, 2015), en cada muestra se diluyo en 1:10 en un matraz volumétrico de 10 mL y de la dilución se pasa a un vaso de precipitado de 10 mL y se toman 2 mL, con jeringa de 5 mL después se cambia de aguja y se coloca un filtro Agilent de 0.45  $\mu\text{m}$  en la jeringa y se pasa la muestra a un vial Verex de 9 mm y 2 mL, para su análisis.

El análisis se realizó con un HPLC marca Agilent 1200 con detector de matriz de diodos con señal 280,4 y referencia 360,100. Como fase móvil se utilizó una mezcla de metanol y ácido acético al 5% en relación 70% de metanol y 30% de ácido acético, con flujo de 0.6 mL/min y una presión máxima de 400 bar, la inyección fue de 10  $\mu\text{L}$  y el tiempo de análisis fue de 20 minutos. El método en el HPLC fue PF-GOBERNADORA-2022.M y las secuencias fueron MapiHoja.S, MapiTallo.S, SauHoja.S, SauTallo.S; para cuantificar quercetina de los extractos de *Larrea tridentata* con la columna SupelcoSil C18 150x4.6 mm; 5micras. Marca Supelco, Cod. 127506-03. Este proceso se realizó para cada parte vegetativa con sus cuatro repeticiones para 16 muestras, por dos localidades para 32 muestras y dos partes vegetativas para un total 64 muestras en el estudio (Martins *et al.*, 2011).

La curva de calibración para quercetina se realizó con 50, 100, 200, 300 y 400 ppm empleando un estándar de quercetina  $\geq 95.0\%$  (HPLC) de Sigma Aldrich, con el HPLC con el mismo método y la secuencia CAL-QUERCITIN.S, para obtener la cromatografía en mili-Unidades de Absorbancia por segundo (mAU\*s) y así ajustarla con el valor de ppm a un modelo de regresión lineal (Abdullahi *et al.*, 2020).

El análisis estadístico de los tratamientos se realizó con un término del error con probabilidad de  $P \leq 0.05$  y la diferencia entre tratamientos con Tukey (SAS 9.4, 2022).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el análisis de los factores individuales de los métodos de extracción no se encontró diferencia significativa entre las partes vegetativas porque el tallo presentó un valor de 3,706.5  $\text{mg kg}^{-1}$  y las hojas con 3,556.7  $\text{mg kg}^{-1}$  de quercetina; en el método de extracción, si se encontró diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ), el etanol presentó un valor de 5,263.2  $\text{mg kg}^{-1}$ , el metanol con 3,838.2  $\text{mg kg}^{-1}$ , el vinagre tuvo 2,753.3  $\text{mg kg}^{-1}$  y el agua con 2, 671.6  $\text{mg kg}^{-1}$  de quercetina. Esta secuencia con los extractantes para *Larrea tridentata*, es la reportada por Pérez *et al.* (2020), donde el etanol y metanol son los mejores extractantes. Para la localidad también se encontró diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ), donde el mayor valor fue para la Saucedá con 4,938.4  $\text{mg kg}^{-1}$ , respecto a Mapimí con 2,324.7  $\text{mg kg}^{-1}$  de quercetina.

Para determinar la interacción simple entre dos factores, la interacción método de extracción y localidad se muestra en Cuadro 1, donde la Saucedá con etanol presentó diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) con el mayor valor 6,819.89  $\text{mg kg}^{-1}$ , y se observa que el etanol y metanol si tiene el efecto indicado por Pérez *et al.*, (2020) para la extracción y dado que son alcoholes, una vez realizado el proceso de extracción se volatiliza una parte porque son compuestos orgánicos volátiles (Wade, 2016), pero esta volatilización no es total, porque la quercetina tiene una baja solubilidad en un medio acuoso que se reduce al aumentar la concentración de etanol (Wikeley *et al.*, 2022).

Para la interacción extractante y parte vegetativa no se encontró diferencia significativa (Cuadro 2), en hileras no hay diferencia nos indica que es indistinto utilizar las hojas o tallos, pero en columnas el mejor extractante evaluado en este estudio es el etanol. La concentración más elevada de quercetina corresponde a la interacción semilla y etanol con valor de 5,459.64  $\text{mg kg}^{-1}$ , seguido de la interacción hoja y etanol con 5,066.83  $\text{mg kg}^{-1}$ , por lo que, hay diferencia significativa con los demás extractantes y tienen menor concentración.

**Cuadro 1. Interacción de métodos de extracción y localidades de *Larrea tridentata* en la concentración de quercetina.**

Extracción	Quercetina (mg kg <sup>-1</sup> )		$\bar{x}$
	Sauceda	Mapimi	
<b>Etanol</b>	6,819.89 ax	3,706.59 ay	5,263.20 a
<b>Metanol</b>	5777.00 bx	1,899.34 by	3,838.20 b
<b>Vinagre</b>	3,832.97 cx	1,673.65 by	2,753.30 c
<b>Agua</b>	3,323.85 cx	2,019.32 by	2,671.60 c
$\bar{x}$	4,938.40 x	2,324.70 y	

a, b, c = Valores con literales diferentes en una columna, son diferentes Tukey ( $p \leq 0.05$ ).  
x, y, z = Valores con literales diferentes en una hilera, son diferentes Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

**Cuadro 2. Interacción de métodos de extracción y parte vegetativa de *Larrea tridentata* en la concentración de quercetina**

Extracción	Quercetina (mg kg <sup>-1</sup> )		$\bar{x}$
	Hoja	Tallo	
<b>Etanol</b>	5066.83 ax	5459.64 ax	5263.20 a
<b>Metanol</b>	3800.94 bx	3875.39 bx	3838.20 b
<b>Vinagre</b>	2732.59 cx	2774.03 cx	2753.30 c
<b>Agua</b>	2626.29 cx	2716.88 cx	2671.60 c
$\bar{x}$	3556.7 x	3706.5 x	

a, b, c = Valores con literales diferentes en una columna, son diferentes Tukey ( $p \leq 0.05$ ).  
x, y, z = Valores con literales diferentes en una hilera, son diferentes Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

En la interacción parte vegetativa y localidad, se muestra diferencia significativa entre columnas y para la localidad la Sauceda y la parte vegetativa la hoja se presentó la mayor concentración de quercetina con 6,030.02 mg kg<sup>-1</sup> (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Interacción de parte vegetativa y localidades de *Larrea tridentata* en la concentración de quercetina.**

Localidad	Quercetina (mg kg <sup>-1</sup> )		$\bar{x}$
	Hoja	Tallo	
<b>Sauceda</b>	6,030.02 ax	3,846.83 ay	4,938.4 a
<b>Mapimi</b>	1,083.31 by	3,566.14 ax	2,324.7 b
$\bar{x}$	3,556.7 x	3,706.5 x	

a, b, c = Valores con literales diferentes en una columna, son diferentes Tukey ( $p \leq 0.05$ ).  
x, y, z = Valores con literales diferentes en una hilera, son diferentes Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Polifenoles como la quercetina en el control de gusano oriental de la hoja (*Spodoptera litura*), en las fases de pupa y larva se tiene su mayor control con 625 mg kg<sup>-1</sup>, reduciendo la sobrevivencia y pupación (Gautam *et al.*, 2021); con una concentración de 6,030.02 mg kg<sup>-1</sup> se debe tener mejor control utilizando la quercetina como un biopesticida.

La interacción parte vegetativa, método de extracción y localidad, es una interacción triple y se analizó como tratamientos (Cuadro 4), los resultados fueron diferentes y significativos ( $p \leq 0.05$ ), el mayor valor observado fue 8,080.6 mg kg<sup>-1</sup> que corresponde a la localidad de Sauceda, en la hoja con la extracción de etanol, seguido de la localidad Sauceda, en hoja y



la extracción de metanol (6,678.8 mg kg<sup>-1</sup>), como los valores más elevados en la concentración de quercetina en el estudio.

**Cuadro 4. Interacción de métodos de extracción, parte vegetativa y localidades de *Larrea tridentata* en la concentración de quercetina.**

Extracción	Quercetina (mg kg <sup>-1</sup> )			
	Sauceda		Mapimi	
	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo
<b>Metanol</b>	6,678.8 ab	4,875.2 c	923.1 gh	2,875.6 ef
<b>Etanol</b>	8,080.6 a	5,559.2 bc	2,053.1 efg	5,360.1 bc
<b>Vinagre</b>	4,718.9 cd	2,947.0 ef	746.3 gh	2,601.0 ef
<b>Agua</b>	4,641.8 cd	2,005.9 fgh	610.8 h	3,427.9 de

a, b, c = Valores con literales diferentes en una columna, son diferentes Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

La extracción de quercetina de plantas como biopesticida se realiza en *Euphorbia rígida*, *Pinus wallichiana*, *Withania frutescens* y *Larrea tridentata*, en este estudio con su mayor dosis encontrada (8,080.6 mg kg<sup>-1</sup>) es adecuada para el control de enfermedades en las plantas (Ain *et al.*, 2021).

El uso de quercetina es limitado debido a su escasa biodisponibilidad, baja solubilidad acuosa y menor estabilidad en el agua, pero su efecto benéfico antibacteriano, antifúngico y antiviral; antiinflamatorio, antidiabético, previene enfermedades cardiovasculares, previene trastornos neurológicos, antioxidante, anticancerígeno, antialérgico, antidepresivo y previene de la cistitis antiartrítica e intersticial, estos efectos los tiene con menos de 100 mg kg<sup>-1</sup> (Rajesh y Dhanaraj, 2023) y en este estudio se obtuvo 8,080.6 mg kg<sup>-1</sup>, por lo que, en su uso tendría que diluirse en las aplicaciones.

La quercetina no es soluble en agua, en medicina la quercetina se impregna con nanopartículas de plata para mejorar su efecto en patógenos mediante lisis de la membrana celular después de la absorción de las nanopartículas (Hooda *et al.*, 2024), en este estudio el solvente de alcohol ya sea etanol o metanol, presentaron la mayor concentración de quercetina, por lo que, para fines de un biopesticida el alcohol es la mejor opción para solubilizar la quercetina.

Otra ventaja que tiene la quercetina es el control de daño y protección de células, este proceso se inicia con la absorción de quercetina dentro de la célula a través de proteínas transmembranales y ya dentro se realiza la reacción con glutatión reducida (GSH) y Q o quinona (Spencer *et al.*, 2003), tiene la capacidad de regenerar los tejidos dañados y activar los mecanismos de defensa de la planta, como un producto biopesticida.

El uso de quercetina con microorganismos beneficios como *Trichoderma viride*, *Pseudomonas fluorescens*, *Metarhizium anisopliae*, *Bauveria bassiana*, y *Bacillus thuringiensis* por ser un flavonol incrementa la concentración de señales en la simbiosis entre el microorganismo benéfico y la planta para el control de hongos y bacterias patógenas, y una vez en simbiosis incrementa la duración del control (Bora *et al.*, 2020), en microbiología ambiental, la quercetina como flavonol actúa en las señales de interacción molecular para simbiosis entre microorganismos y las plantas (Ferrera *et al.*, 2021).

Además de participar en la simbiosis, la quercetina controla las bacterias mediante la lisis de la pared y membrana celular y detiene su respiración, en los virus detiene las enzimas que procesan el RNA, en los hongos causa la lisis de las membranas y la cromatina, a los insectos adultos y larvas mediante la acetilcolinesterasa para reducir su movilidad y reducir su respiración al inhibir la actividad del citocromo mono oxigenasa (Ramaroson *et al.*, 2022).

La quercetina es un antioxidante, afecta la producción de hidrógenos (GSH) y elimina la producción de óxidos (ROS), tiene varias vías de transducción de señales para la interacción planta microorganismo, las enzimas que tiene el radical -OH, por su mismo efecto antioxidante reducen su actividad, los mecanismos antibacterianos y antifúngicos de la quercetina incluyen: modificar la permeabilidad de las células bacterianas; alteración de las paredes celulares bacterianas; inhibiendo la síntesis de ácidos nucleicos, que afectan así a la síntesis y expresión de proproteínas; y reducir actividad enzimática, previene las micotoxinas de *Fusarium* con la reducción de zearalenonas y deoxinivalenol, en *Aspergillus* con la reducción de aflatoxinas, ocratoxinas, además previene la toxicidad de fungicidas como el Imidacloprid e insecticidas organofosforados, previene la acumulación de metales pesados, cadmio, hierro, plomo (Qi et al., 2022), por lo que, la quercetina es un biopesticida sustentable que puede usarse en los cultivos, con resultados con menor efectividad que un insecticida, pero con menor daño al ambiente y así lograr un equilibrio en la producción de cultivos reduciendo el uso de insecticidas.

## CONCLUSIONES

El mejor extractante para la quercitina es el etanol al 10%, la parte vegetativa con mayor concentración fue similar en tallos y hojas; y la mejor localidad fue la Saucedá, demostrando que estas serían las mejores condiciones para la obtención de la quercitina.

La mayor concentración de quercitina (8,080.6 mg kg<sup>-1</sup>) es útil para retardar la senescencia, las pérdidas postcosecha y mantener la calidad de los frutos. También tiene efectos benéficos al evitar el estrés hídrico de las plantas y mostrar tolerancia a las heladas.

La quercitina mostró que es un buen controlador de patógenos como bacterias y hongos, incrementando la actividad antioxidante de protección a micotoxinas, y es un producto sustentable con aplicación en la agricultura, aunque también se utiliza en situaciones médicas.

## REFERENCIAS

- Abdullahi, H. U., Usman, A.G., Abba, S.I. 2020. Modelling the Absorbance of a Bioactive Compound in HPLC Method using Artificial Neural Network and Multilinear Regression Methods. DUJOPAS 6 (2): 362-371.
- Ain, Q. U., Asad, S., Ahad, K., Safdar, M. N., Jamal. A. 2021. Antimicrobial Activity of Pinus Wallachiana Against *Fusarium Oxysporum* f. sp. *Cubense* and Analysis of its Fractions by HPLC. Research square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1146041/v1>.
- Brown T. L.; LeMay Jr H. E.; Bursten B. E.; Murphy C. J.; Woodward P. M. and Stoltzfus. 2015. Chemistry. The Central Science. 13th Edition, AP® Edition. Pearson. USA. 1195 p.
- Bora, P., Bora, L. C., Bhuyan, R. P., Hashem, A., Abd-Allah, E. F. 2022. Bioagent consortia assisted suppression in grey blight disease with enhanced leaf nutrients and biochemical properties of tea (*Camellia sinensis*). Biological Control 170, 104907. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.104907>.
- Cataldo, E., Fucile, M., Manzi, D., Masini, C. M., Doni, S. and Mattii, G. B. 2023. Sustainable Soil Management: Effects of Clinoptilolite and Organic Compost Soil Application on Eco-Physiology, Quercetin, and Hydroxylated, Methoxylated Anthocyanins on *Vitis vinifera*. Plants 12, 708. <https://doi.org/10.3390/plants12040708>.
- Ferrera-Cerrato, R., Delgadillo-Martínez, J., Alarcón. 2021. Microbiología aplicada a la agricultura y agroecosistemas. Principios y técnicas para su investigación. Colegio De Postgraduados, bba. 628 p. ISBN: 9786077154129.
- Gautam, S., Samiksha, Chimni, S S., Arora, S., Sohal, S. K. 2021. Toxic effects of purified phenolic compounds from *Acacia nilotica* against common cutworm. Toxicon 203:22–29. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2021.09.017>.
- Guilherme, R., Aires, A., Rodrigues, N., Peres, A. M. and Pereira, J. A. 2020. Phenolics and Antioxidant Activity of Green and Red Sweet Peppers from Organic and Conventional Agriculture: A Comparative Study. Agriculture 10, 652. doi:10.3390/agriculture10120652.

- Hamdouch, A., Asdadi, A., Bijla, L., Gharby, S., Bouharroud, R., Chebli, B., Idrissi H. L. M. 2022. Leaves and seeds extracts of *Vitex agnus castus* L., an ecological and effective alternative to conventional insecticides against fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Caspian Journal of Environmental Sciences* 20 (5): 1117-1125. DOI: 10.22124/CJES.2022.6092.
- Hooda, H., Priyanka Singh, P., Bajpai, S. 2020. Effect of quercetin impregnated silver nanoparticle on growth of some clinical pathogens. *Materials Today: Proceedings*. 31(4):625-630. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.03.530>.
- Liao, Y., Mai, X., Wu, X., Hu, X., Luo, X. and Zhang, G. 2022. Exploring the Inhibition of Quercetin on Acetylcholinesterase by Multispectroscopic and In Silico Approaches and Evaluation of Its Neuroprotective Effects on PC12 Cells. *Molecules* 27, 7971. <https://doi.org/10.3390/molecules27227971>.
- Luo, J., Amenyogbe, E., Fua, W., Huang, J., Chen, G. 2022. Hepatic transcriptome profiles reveal the hepatoprotective effects of dietary quercetin and sodium quercetin-5'-sulfonates supplementation in hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*♀ × *Epinephelus polyphekadion*♂). *Aquaculture* 560, 738483.
- Mahajan, S., Choudhary, S., Kumar, P., Tomar, Sh. 2021. Antiviral strategies targeting host factors and mechanisms obliging +ssRNA viral pathogens. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* 46, 116356. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2021.116356>.
- Martin, R. M., Postiglione A. E., Muday, G K. 2022. Reactive oxygen species function as signaling molecules in controlling plant development and hormonal responses. *Current Opinion in Plant Biology* 69:102293. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2022.102293>.
- Martins, S., S. I. Mussatto, G. Martínez-Avila, J. Montañez-Saenz, C. N. Aguilar, J. A. Teixeira. 2011. Bioactive phenolic compounds: Production and extraction by solid-state fermentation. *A review. Biotechnology Advances* 29:365–373.
- Pérez L., R., Torres R., M., Flores C., M. A., González F., A. C., Hernández R., A., Soto P., J. M., Robles H., L. 2020. Phytotoxic and dissuasive activity of Chihuahua desert plant. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 48(1):426-435. DOI:10.15835/nbha48111505.
- Qi, W., Qi, W., Xiong, D., and Long, M. 2022. Quercetin: Its Antioxidant Mechanism, Antibacterial Properties and Potential Application in Prevention and Control of Toxipathy. *Molecules* 27, 6545. <https://doi.org/10.3390/molecules27196545>.
- Rajesh R. U., S. Dhanaraj S. 2023. A critical review on quercetin bioflavonoid and its derivatives: Scope, synthesis, and biological applications with future prospects. *Arabian Journal of Chemistry* 16, 104881. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.104881>.
- Ramaroson, M. L., Koutouan, C., Helesbeux, J. J., Le Clerc, V., Hamama, L., Geoffriau, E., Briard, M. 2022. Role of Phenylpropanoids and Flavonoids in Plant Resistance to Pests and Diseases. *Molecules* 27(23)8371. <https://doi.org/10.3390/molecules27238371>.
- Spencer, P. E. J., Kuhnle, G. C. G., Williams, J. R. and Rice-Evans, C. 2003. Intracellular metabolism and bioactivity of quercetin and its in vivo metabolites. *Biochem. J.* 372, 173–181.
- Statistical Analysis System (SAS). 2022. Software 9.4 (TS1M7). SAS Institute Inc. Cary, N.C. USA.
- Wikeley, A. S., Przybylowski, J., Lozano-S., P., Caffio, M., James, T. D., Bull, S. D., a Fletcher P. F. and Frank Marken F. 2022. Polymer indicator displacement assay: electrochemical glucose monitoring based on boronic acid receptors and graphene foam competitively binding with poly-nordihydroguaiaretic acid. *The Royal Society of Chemistry. Analyst* 147:661–670.

## CUANTIFICACIÓN DE KAEMPFEROL OBTENIDO DE HOJAS Y TALLOS DE *Larrea tridentata* EN DOS LOCALIDADES

### QUANTIFICATION OF KAEMPFEROL OBTAINED FROM LEAVES AND STEMS OF LARREA TRIDENTADA IN TWO LOCATIONS

Díaz-Jiménez L.<sup>1</sup>; Covarrubias-Ramírez J.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, Cinvestav-Salttillo. Av. Industria Metalúrgica 1062, Ramos Arizpe, Coah., México. <sup>2</sup>CE Saltillo-INIFAP, [lourdes.diaz@cinvestav.edu.mx](mailto:lourdes.diaz@cinvestav.edu.mx)

#### RESUMEN

El Kaempferol es un flavonol natural de *Larrea tridentata* con actividad antiinflamatoria, anticancerígena, antienvjecimiento, cardioprotector, neuro protector, inmunomodulador, antidiabético, antibacteriano, con propiedades antiparasitarias y antivirales y aplicaciones terapéuticas. El objetivo de este estudio fue determinar la concentración de kaempferol en hojas y tallos de *Larrea tridentata* provenientes de 2 localidades usando 3 solventes para su extracción. Las localidades fueron: Valle de Mapimí, Durango y La Saucedá, Ramos Arizpe, Coahuila, los medios de extracción empleados fueron: vinagre al 10%, metanol al 10% y etanol al 10% en agua. La cuantificación de kaempferol se efectuó con un arreglo factorial 2x2x3 con 4 repeticiones completamente aleatorizado. La cuantificación de kaempferol se realizó por HPLC. No se encontró diferencia significativa entre las partes vegetativas (Par), en el método de extracción (Ext), solo en localidades (Loc), con Mapimí; la interacción Loc-Ext fue significativa, con el mayor valor fue para Mapimí y vinagre con 132.83 mg kg<sup>-1</sup>. En la interacción de Ext con Par se encontró diferencia significativa y el mayor valor fue tallo con vinagre con 105.07 mg kg<sup>-1</sup>, la interacción Par-Loc se encontró diferencia significativa a favor de hoja en Mapimí con 123.59 mg kg<sup>-1</sup>; en la interacción triple, Mapimí con tallo en vinagre con 145.71 mg kg<sup>-1</sup> fue la mayor, los estudios indica que el control es bajo condiciones controladas y se requiere realizarse en campo.

**Palabras clave:** concentración, antifúngico, biopesticida.

#### ABSTRACT

Kaempferol is a natural flavonol from *Larrea tridentata* with anti-inflammatory, anticancer, anti-aging, cardioprotective, neuroprotective, immunomodulatory, antidiabetic, antibacterial, antiparasitic and antiviral properties and therapeutic applications. The objective of this study was to determine the concentration of kaempferol in leaves and stems of *Larrea tridentata* from 2 localities using 3 solvents for its extraction. The localities were: Mapimí Valley, Durango and La Saucedá, Ramos Arizpe, Coahuila, the extraction means used were: 10% vinegar, 10% methanol and 10% ethanol in water. Kaempferol was quantified with a fully randomized 2x2x3 factor arrangement with 4 replications. Kaempferol was quantified by HPLC. No significant difference was found between the vegetative parts (Par), in the extraction method (Ext), only in localities (Loc), with Mapimí; the Loc-Ext interaction was significant, with the highest value for Mapimí and vinegar with 132.83 mg kg<sup>-1</sup>. In the interaction of Ext with Par a significant difference was found and the highest value was stem with vinegar with 105.07 mg kg<sup>-1</sup>, the Par-Loc interaction was found significant difference in favor of leaf in Mapimí with 123.59 mg kg<sup>-1</sup>; in the triple interaction, Mapimí with stem in vinegar with 145.71 mg kg<sup>-1</sup> was the highest,

studies indicate that the control is under controlled conditions and is required to be carried out in the field.

**Key words:** concentration, antifungal, biopesticide.

## INTRODUCCION

El kaempferol es un flavonol, que pertenecen a los flavonoides, que tiene la capacidad antiinflamatorio, anticancerígeno, antienvjecimiento, cardioprotector, neuro protector, inmunomodulador, antidiabético, antibacteriano, propiedades antiparasitarias y antivirales y aplicaciones terapéuticas (Saini *et al.*, 2017; Singh *et al.*, 2022). El kaempferol es un polifenol con tres anillos bencénicos, tiene cuatro grupos hidroxilos y dos grupos de oxígeno, tiene una masa de 286.23 g/mol y una apariencia de un polvo amarillo cristalino (Guilherme *et al.*, 2020). El kaempferol modifica la actividad de la glutación (GSH), de la polimerasa oxidativa, de las moléculas reactivas de oxígeno (ROS), induce las vías de traducción de señales, inhibe la actividad de las proteínas de choque térmico (Hsp) y provoca toxicidad en virus, bacterias y hongos (Mahajan *et al.*, 2021; Liao *et al.*, 2022).

El inicio de las raíces laterales en las plantas es inducido por la síntesis de kaempferol, el incremento de ROS en especies deficientes en estos flavonoles, hay aumentos de óxidos, peróxidos, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y peroxinitrito en los pelos radicales y en la raíz lateral primaria que están oxidando a las proteínas señalizadoras para evitar el desarrollo de raíces (Martin *et al.*, 2022). En la actualidad el uso de insecticidas sintéticos en forma indiscriminada ha provocado que los insectos plaga y las enfermedades en las plantas han creado resistencia a estos productos; aplicaciones de kaempferol de 800 a 1000 mg kg<sup>-1</sup>, presentaron un control de *Spodoptera frugiperda* en maíz, del 80 al 90%, teniendo mayor efecto en la larva con 65 a 75% que en pupa (Kadiru *et al.*, 2022, Rodríguez-Cervantes *et al.*, 2024). El control de la palomilla (*Lymantria dispar* (L.)), con el kaempferol a concentración de 450 mg kg<sup>-1</sup> en colza, presentó buenos resultados (Tanasković *et al.*, 2021).

La gobernadora (*Larrea tridentata*) por sus principios activos de su resina y por sus compuestos fitoquímicos es considerada un producto biodegradable, que no produce un desequilibrio en los ecosistemas en el control de insectos plaga y enfermedades; aunque el kaempferol tiene las ventajas anteriores, su uso se ha visto obstaculizado por una corta vida media biológica, poca solubilidad en agua, y baja biodisponibilidad en las especies que lo contienen (Luo *et al.*, 2022).

## MATERIALES Y METODOS

Se trabajaron tres factores: A) métodos de extracción, B) Localidades y C) parte vegetativa. Los métodos de extracción fueron 1) Vinagre al 10% en agua, 2) Metanol al 10% en agua y 3) Etanol al 10% en agua. Las localidades fueron a) Valle de Mapimí, Estado de Durango, b) La Sauceda, Ramos Arizpe, Coahuila. Las partes vegetativas fueron a) hojas y b) Tallos. Para tener 3 métodos de extracción, 2 localidades de donde se obtuvo la muestra y 2 partes vegetativas que fueron hojas y tallos con 4 repeticiones para un diseño factorial 2 x 2 x 4 completamente al azar con tres factores.

El estudio se realizó en el CINVESTAV-IPN, Unidad Saltillo, la extracción se realizó pesando 20 g de cada parte vegetativa con sus repeticiones y localidades, y se colocó en un matraz de Erlenmeyer de 250 mL, donde se les aplicó las soluciones de extracción de 100 mL; se agitó por 24 horas en una incubadora orbital INO – 650 M a 36° C y se pasó a molienda en una licuadora, la mezcla molida se colocó en un embudo Büchner con un filtro No. 615 CMSLLC 3856 de 8 µm y con una bomba de vacío chemker 300 hacia un matraz Kitasato de 500 mL, donde se colectaron alrededor de 50 mL, en esta solución (Brown *et al.*, 2015), en cada muestra se diluyo en 1:10 en un matraz volumétrico de 10 mL y de la dilución se pasa a un vaso de precipitado de 10 mL y se toman 2 mL, con jeringa de 5 mL después se cambia de

aguja y se coloca un filtro Agilent de 0.45  $\mu\text{m}$  en la jeringa y se pasa la muestra a un vial Verex de 9 mm y 2 mL, para su análisis.

El análisis se realizó con un HPLC marca Agilent 1200 con detector de matriz de diodos con señal 280,4 y referencia 360,100, como fase móvil se utilizó una mezcla de metanol y ácido acético al 5% en relación 70% de metanol y 30% de ácido acético, con flujo de 0.6 mL/min y una presión máxima de 400 bar, la inyección fue de 10  $\mu\text{L}$  y el tiempo de análisis fue de 20 minutos. El método en el HPLC fue PF-GOBERNADORA-2022.M y las secuencias fueron MapiHoja.S, MapiTallo.S, SauHoja.S, SauTallo.S; para cuantificar kaempferol de los extractos de *Larrea tridentata* con la columna SupelcoSil C18 150x4.6 mm; 5micras. Marca Supelco, Cod. 127506-03. Este proceso se realizó para cada parte vegetativa con sus cuatro repeticiones para 16 muestras, por dos localidades para 32 muestras y dos partes vegetativas para un total 64 muestras en el estudio (Martins *et al.*, 2011).

La curva de calibración para kaempferol se realizó con 50, 100, 200, 300 y 400 ppm empleando un estándar de quercetina  $\geq 95.0\%$  (HPLC) de Sigma Aldrich, con el HPLC con el mismo método y la secuencia CURVA KAEMPHEROL\_LARREA.S, para obtener el cromatograma en mili-Unitades de Absorbancia por segundo (mAU\*s) y así ajustarla con el valor de ppm a un modelo de regresión lineal (Abdullahi *et al.*, 2020).

El análisis estadístico de los tratamientos se realizó con un término del error con probabilidad de  $P \leq 0.05$  y la diferencia entre tratamientos con Tukey (SAS 9.4, 2022).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En los efectos individuales solo se encontró diferencia significativa en localidades: Mapimí presentó un valor de 114.57  $\text{mg kg}^{-1}$  y la Saucedá con 67.24  $\text{mg kg}^{-1}$  de kaempferol; en la parte vegetativa y métodos de extracción no se encontró diferencia significativa de kaempferol. Para determinar la interacción simple entre dos factores, la interacción método de extracción y localidad se muestra en Cuadro 1, donde la extracción con vinagre presentó diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) con el mayor valor 132.83  $\text{mg kg}^{-1}$ , y el etanol es similar estadísticamente, este tiene el efecto indicado por Pérez *et al.*, (2020) para la extracción y dado que son alcoholes, una vez realizado el proceso de extracción se volatiliza una parte porque son compuestos orgánicos volátiles, pero esta volatilización no es total, porque el kaempferol tiene una baja solubilidad en un medio acuoso que se reduce al aumentar la concentración de etanol (Wikeley *et al.*, 2022).

Para la interacción extractante y parte vegetativa se encontró diferencia significativa (Cuadro 2), que es similar para hoja con los tres extractantes en hileras hay diferencia entre las hojas y tallos, porque el etanol y metanol son adecuados en hojas y el vinagre en tallo, en columnas el mejor extractante evaluado en este estudio fue el metanol. La concentración más elevada de kaempferol corresponde a la interacción tallo vinagre con 105.07  $\text{mg kg}^{-1}$ , que es similar a hoja con los tres extractantes, pero diferente en forma significativa con tallo con metanol y etanol, que tienen las menores concentraciones.

**Cuadro 1. Interacción de métodos de extracción y localidades de *Larrea tridentata* en la concentración de kaempferol.**

Extracción	Kaempferol ( $\text{mg kg}^{-1}$ )		$\bar{x}$
	Mapimí	Sauceda	
Vinagre	132.83 ax	61.09 ay	96.96 a
Etanol	112.01 ax	69.28 ay	90.64 a
Metanol	98.86 bx	71.35 ay	85.11 a
$\bar{x}$	114.57 x	67.24 y	

a, b, c = Valores con literales diferentes en una columna, son diferentes Tukey ( $p \leq 0.05$ ).  
x, y, z = Valores con literales diferentes en una hilera, son diferentes Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

**Cuadro 2. Interacción de métodos de extracción y parte vegetativa de *Larrea tridentata* en la concentración de kaempferol**

Extracción	Kaempferol ( $\text{mg kg}^{-1}$ )		$\bar{x}$
	Hoja	Tallo	
Metanol	98.90 a	71.31 b	85.11 a
Etanol	96.23 a	85.06 b	90.64 a
Vinagre	88.85 a	105.07 a	96.96 a
$\bar{x}$	94.73 x	87.15 x	

a, b, c = Valores con literales diferentes en una columna, son diferentes Tukey ( $p \leq 0.05$ ).  
x, y, z = Valores con literales diferentes en una hilera, son diferentes Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

En la interacción parte vegetativa y localidad, se muestra diferencia significativa entre hileras y columnas, para la localidad la Mapimí y la parte vegetativa la hoja se presentó la mayor concentración de kaempferol con  $123.59 \text{ mg kg}^{-1}$  (Cuadro 3). Además, la localidad Mapimí presenta los mayores valores.

**Cuadro 3. Interacción de parte vegetativa y localidades de *Larrea tridentata* en la concentración de kaempferol**

Localidad	Kaempferol ( $\text{mg kg}^{-1}$ )		$\bar{x}$
	Hoja	Tallo	
Mapimí	123.59 ax	105.54 ay	114.57 a
Sauceda	65.73 by	68.75 by	67.24 b
$\bar{x}$	94.66 y	87.15 y	

a, b, c = Valores con literales diferentes en una columna, son diferentes Tukey ( $p \leq 0.05$ ).  
x, y, z = Valores con literales diferentes en una hilera, son diferentes Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

La interacción parte vegetativa, método de extracción y localidad, es una interacción triple y se analizó como tratamientos (Cuadro 4), los resultados fueron diferentes y significativos ( $p \leq 0.05$ ), el mayor valor observado fue  $145.71 \text{ mg kg}^{-1}$  que corresponde a la localidad de Mapimí en tallo con la extracción de vinagre, seguido de la localidad Mapimí, en hoja y la extracción de metanol y etanol, como los valores más elevados en la concentración de kaempferol en el estudio

**Cuadro 4. Interacción de métodos de extracción, parte vegetativa y localidades de *Larrea tridentata* en la concentración de kaempferol.**

Extracción	Kempferol ( $\text{mg kg}^{-1}$ )			
	Sauceda		Mapimi	
	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo
Metanol	73.61 c	69.10 cd	124.19 ab	73.53 cd
Etanol	65.82 cd	72.74 cd	126.64 ab	97.38 bc
Vinagre	57.76 d	64.43 cd	119.95 ab	145.71 a



a, b, c = Valores con literales diferentes en una columna, son diferentes Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

El uso de fipronil para el control de *Thrips tabaco* y *Hydrellia wirthi* que actúa como inhibidor del flujo de iones de cloro hacia el interior de la neurona del insecto. Este flujo es normalmente regulado por el receptor del ácido gamma amino butírico (GABA). El uso excesivo de fipronil, ha provocado en las abejas se reduzca su control motor y sensibilidad sensorial y en humanos provoca enfermedades neurocognitivas; con dosis de  $50 \mu\text{mol L}^{-1}$  ( $14.3 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) de kaempferol se reduce la movilidad, recorrido, velocidad y el tamaño de los insectos plaga respecto a una dosis de  $10 \mu\text{mol L}^{-1}$  de fipronil, con los mismos resultados (Ramírez-Moreno *et al.*, 2022). En este estudio las concentraciones son mayores al trabajo anterior.

En tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.), el kaempferol se relacionaron con resistencia a *Pectobacterium atrosepticum*, un patógeno bacteriano necrótrofo y a *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* a dosis muy bajas (Ramaroson *et al.*, 2022). La acumulación de este flavonode en la resistencia a enfermedades del Patosistema planta-hongo, es una realidad.

El kaempferol presenta un control de *Rhizoctonia solani*, del 49.5% y de *Fusarium Oxysporum* a través de la inhibición del crecimiento micelial y las relaciones de la actividad estructural (SAR) (Song *et al.*, 2011). En caso del virus el mosaico del tabaco, al inicio del contagio se activan los mecanismos de defensa a través de la biosíntesis de kaempferol y ácido salicílico. El kaempferol reduce el índice agallas, la invasión, la movilidad y la tasa de penetración de nemátodo agallador en las raíces de tomate, por lo que un incremento en los niveles de kaempferol reduce la susceptibilidad del tomate. El efecto de la regulación transcripcional mediada por SIMYB108/112, es a través de la expresión de ácido jasmónico en la planta que regula los genes para la síntesis del kaempferol en la planta (Zhao *et al.*, 2023).

El hongo *Botrytis* (*Botrytis cinérea*) en tomate es uno de los más nocivos, el alcohol perílico (POH), un monoterpeneo natural, que inhibe el patógeno en la planta, la biosíntesis del Ácido jasmónico (JA) activada por POH y la inducción de la producción de JA en tomate dañado por *B. cinerea*. Además, POH regula el alza la expresión de genes relacionados con la defensa y acumulación inducida de especies reactivas de oxígeno (ROS) como respuesta al daño, así el POH indujo la acumulación de kaempferol en tomate y kaempferol exógeno rompe la membrana plasmática de *B. cinerea* e induce la producción de ROS, a una concentración de  $500 \mu\text{g mL}^{-1}$ , con esta dosis evita el daño al fruto y evita la infección (Zhao *et al.*, 2024).

El control del escarabajo del polen (*Brassicogethes aeneus*) por plantas de colza con capacidad de producir flavonoides, se encontró que el kaempferol con la mayor concentración en la planta de colza reducen la actividad alimenticia del escarabajo (Austel *et al.*, 2021).

El kaempferol provoca la disrupción de la membrana plasmática y afecta la síntesis de ácidos nucleicos, la síntesis de proteínas e inhibe la función mitocondrial de los hongos *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Candida*, *Albicans*, y *Saccharomyces cerevisiae*, a una concentración de  $256 \mu\text{g mL}^{-1}$ . En bacterias, el kaempferol inhibe el ADN PriA helicasa de *Staphylococcus aureus*, y la concentración de fosfato procedente de la hidrólisis de ATP por esta helicasa de ADN disminuyó significativamente en presencia de kaempferol, éste inhibe el crecimiento bacteriano por ruptura de la membrana y reduce su permeabilidad, interactúan directamente con la proteína de membrana, regula la generación de ROS y provoca la inhibición de la biosíntesis de membranas y paredes celulares (Jan *et al.*, 2022).

El kaempferol tiene alta toxicidad en araña roja (*Tetranychus urticae*), áfidos (*Macrosiphum Roseiformis*) y trips (*Scirtothrips dorsalis*), que son plagas en plantas ornamentales y cultivos, además no causa daño en la catarinita (*Coccinella septumpunctata*) y la chiche (*Orius insidiosus*), que son insectos benéficos (Gupta *et al.*, 2021).

La utilización del bioinsecticida con baculovirus en el control del gusano falso medidor (*Trichoplusia ni*) se incrementa en 4.2 veces al incluir kaempferol al mejorar la actividad del

baculovirus y la concentración de kaempferol en las hojas de la soya fue  $1.38 \text{ mg g}^{-1}$ , con lo que se demuestra el sinergismo de este flavonol en el control de plagas (Hay *et al.*, 2020). La palomilla en su estado adulto de *Orosanga japonica*, es una plaga *desbastadora* en Asia, aplicaciones de extractos de Altramuz blanco (*Lupinus albus*) con kaempferol a una concentración de  $2 \text{ g L}^{-1}$ , han dado resultados en el control de esta plaga (Akiner *et al.*, 2021).

## CONCLUSIONES

El mejor extractante para kaempferol es el vinagre al 10%, la parte vegetativa con mayor concentración fue similar en tallos y hojas; y la mejor localidad fue la Mapimi, demostrando que estas serían las mejores condiciones para la obtención de kaempferol.

El kaempferol es un buen controlador de patógenos como bacterias y hongos, incrementando la señalización para el control y como insecticida en forma de coadyuvante o solo tiene un buen control de plagas y es un producto sustentable que puede utilizarse en la agricultura, aunque también se aplica en situaciones médicas.

Los estudios que se muestran son bajo condiciones controladas o de laboratorio, por lo que es necesario evaluar las concentraciones encontradas en condiciones de campo.

## REFERENCIAS

- Abdullahi, H. U., Usman, A.G., Abba, S.I. 2020. Modelling the Absorbance of a Bioactive Compound in HPLC Method using Artificial Neural Network and Multilinear Regression Methods. DUJOPAS 6 (2): 362-371.
- Akiner, M. M., Selvi, E. K., Öztürk, M., Güney, I., Usta, A. 2021. Toxic efficacy of *Cuscuta campestris* Yunck. (Solanales: Convolvulaceae) and *Lupinus albus* L. (Fabales: Fabaceae) plant crude extracts against nymphs and adults of *Orosanga japonica* (Melichar, 1898) (Hemiptera: Ricaniidae) under laboratory conditions. *Türk. entomol. derg.*, 45 (1): 65-75. DOI: <http://dx.doi.org/10.16970/entoted.743439>.
- Austel, N., Böttcher, C., Meiners, T. 2021. Chemical defence in Brassicaceae against pollen beetles revealed by metabolomics and flower bud manipulation approaches. *Plant Cell Environ.* 44:519–534. DOI: 10.1111/pce.13949.
- Brown T. L.; LeMay Jr H. E.; Bursten B. E.; Murphy C. J.; Woodward P. M. and Stoltzfus. 2015. Chemistry. The Central Science. 13th Edition, AP® Edition. Pearson. USA. 1195 p.
- Guilherme, R., Aires, A., Rodrigues, N., Peres, A. M. and Pereira, J. A. 2020. Phenolics and Antioxidant Activity of Green and Red Sweet Peppers from Organic and Conventional Agriculture: A Comparative Study. *Agriculture* 10, 652. doi:10.3390/agriculture10120652.
- Gupta, G., Agarwal, U., Kumar, N. R., Gupta, P. 2021. Identification and efficacy of active metabolites of pomegranate fruit peel aqueous extract against sucking pests of rose and their predator. *Proceedings of the Indian National Science Academy* 87:324–335. 2021) 87:324–335. <https://doi.org/10.1007/s43538-021-00028-3>.
- Hay, W. T, Behle, R. W., Berhow, M. A., Miller, A. C. and Selling, G. W. 2020. Biopesticide synergy when combining plant flavonoids and entomopathogenic baculovirus. *Nature Research Scientific Reports* 10:6806. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63746-6>.
- Jan, R., Khan, M., Asaf, S., Lubna, Asif, S. y Kim, K. M. 2022. Bioactivity and Therapeutic Potential of Kaempferol and Quercetin: New Insights for Plant and Human Health. *Plants* 11, 2623. <https://doi.org/10.3390/plants11192623>.
- Kadiru, S.; Patil, S.; D'Souza, R. Effect of Pesticide Toxicity in Aquatic Environments: A Recent Review. *Int. J. Fish. Aquat. Stud.* 2022, 10, 113–118.
- Liao, Y., Mai, X., Wu, X., Hu, X., Luo, X. and Zhang, G. 2022. Exploring the Inhibition of Quercetin on Acetylcholinesterase by Multispectroscopic and In Silico Approaches and Evaluation of Its Neuroprotective Effects on PC12 Cells. *Molecules* 27, 7971. <https://doi.org/10.3390/molecules27227971>.
- Luo, J., Amenyogbe, E., Fua, W., Huang, J., Chen, G. 2022. Hepatic transcriptome profiles reveal the hepatoprotective effects of dietary quercetin and sodium quercetin-5'-sulfonates supplementation in hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*♀ × *Epinephelus polyphekadion*♂). *Aquaculture* 560, 738483.

- Mahajan, S., Choudhary, S., Kumar, P., Tomar, Sh. 2021. Antiviral strategies targeting host factors and mechanisms obliging +ssRNA viral pathogens. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* 46, 116356. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2021.116356>.
- Martin, R. M., Postiglione A. E., Muday. G K. 2022. Reactive oxygen species function as signaling molecules in controlling plant development and hormonal responses. *Current Opinion in Plant Biology* 69:102293. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2022.102293>.
- Martins, S., S. I. Mussatto, G. Martínez-Avila, J. Montañez-Saenz, C. N. Aguilar, J. A. Teixeira. 2011. Bioactive phenolic compounds: Production and extraction by solid-state fermentation. *A review. Biotechnology Advances* 29:365–373.
- Pérez L., R., Torres R., M., Flores C., M. A., González F., A. C., Hernández R., A., Soto P., J. M., Robles H., L. 2020. Phytotoxic and dissuasive activity of Chihuahua desert plant. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 48(1):426-435. DOI:10.15835/nbha48111505.
- Ramaroson. M. L., Koutouan, C., Helesbeux ; J. J., Le Clerc. V., Hamama; L., Geoffriau. E. and Briard, M. 2022. Role of Phenylpropanoids and Flavonoids in Plant Resistance to Pests and Diseases. *Molecules* 27, 8371. <https://doi.org/10.3390/molecules27238371>.
- Ramírez-Moreno, D. M., Lubinus, K.F. and Andre J. Riveros, A. 2022. The flavonoid kaempferol protects the fruit fly *Drosophila melanogaster* against the motor impairment produced by exposure to the insecticide fipronil. *Journal of Experimental Biology* 225, jeb244556. doi:10.1242/jeb.244556.
- Rodríguez-Cervantes; M., Zavala-Gómez, C. E., Hernández-Caracheo, K., Campos-Guillén, J., Rodríguez-de León; E., Amaro-Reyes, A., Rodríguez-Morales; J. A., Jiménez-García, S. N., Figueroa-Brito, R., David Osvaldo Salinas-Sánchez, D. O., Flores-Gallardo, F. J., and Ramos-López. M. A. 2024. Activity of Methanolic and Hydrolyzed Methanolic Extracts of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) and Kaempferol against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Appl. Sci.*, 14, 3128. <https://doi.org/10.3390/app14073128>.
- Saini, N.; Gahlawat, S.; Lather, V. Flavonoids: A nutraceutical and its role as anti-inflammatory and anticancer agent. In *Plant Biotechnology: Recent Advancements and Developments*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2017; pp. 255–270.
- Singh, D., Lawrence, K., Singh, S., Ercisli, S., Choudhary, R. 2022. In-vivo hyperglycemic, antioxidant, histopathological changes, and simultaneous measurement of kaempferol verified by high-performance thin layer chromatography of *Setaria italica* in streptozotocin-induced diabetic rats. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 29:3772-3790. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.03.009>.
- Song; Z., Chen, W., Du, X., Zhang, H., Lin, L., Xu., H. 2011. Chemical constituents of *Picea neoveitchii*. *Phytochemistry* 72(6): 490-494. doi:10.1016/j.phytochem.2011.01.018.
- Statistical Analysis System (SAS). 2022. Software 9.4 (TS1M7). SAS Institute Inc. Cary, N.C. USA.
- Tanasković, S., Gvozdenac, S., Kolarov, R., Bursić, V., Konstantinović, B., and Prvulović, D. 2021. Antifeeding and Insecticidal Activity of *Ailanthus altissima* and *Morus alba* Extracts Against Gypsy Moth (*Lymantria dispar* (L.)), Lepidoptera, Lymantridae) Larvae Under Laboratory Conditions. *J. Entomol. Res. Soc.*, 23(3): 197-212.
- Wikeley, A. S., Przybylowski, J., Lozano-S., P., Caffio, M., James, T. D., Bull, S. D., a Fletcher P. F. and Frank Marken F. 2022. Polymer indicator displacement assay: electrochemical glucose monitoring based on boronic acid receptors and graphene foam competitively binding with poly-nordihydroguaiaretic acid. *The Royal Society of Chemistry. Analyst* 147:661–670.
- Zhao, W., Liang, J., Huang, H., Yang, J., Feng, J., Sun, L., Yang, R., Zhao, M., Wang, J. and Wang, S. 2023. Tomato defence against *Meloidogyne incognita* by jasmonic acid-mediated fine-tuning of kaempferol homeostasis. *New Phytologist* 238: 1651–1670. doi: 10.1111/nph.18837.
- Zhao, H., Wang, G., Shen, S., Liang, W., Zhijian Zhao, Z., Li, D. 2024. Perillyl alcohol, a natural monoterpene, controls the gray mold on tomato via inducing jasmonic acid and kaempferol production. *Postharvest Biology and Technology* 216-113062 <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2024.113062>.

**ACIDO NORDIHDROGUAIARETICO COMO BIOPESTICIDA EXTRAIDO DE HOJAS Y TALLOS DE *Larrea tridentata* DE DOS LOCALIDADES****NORDIHDROGUAIARETIC ACID AS BIOPESTICIDE EXTRACTED OF LEAVES AND STEMS OF *Larrea tridentata* FROM TWO LOCALITIES****Díaz-Jiménez L.<sup>1</sup>; Covarrubias-Ramírez J.M.<sup>2</sup>****<sup>1</sup>Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, Cinvestav-Salttillo. Av. Industria Metalúrgica 1062, Ramos Arizpe, Coah., México. <sup>2</sup>CE Saltillo-INIFAP, [lourdes.diaz@cinvestav.edu.mx](mailto:lourdes.diaz@cinvestav.edu.mx)****RESUMEN**

El ácido nordihidroguaiarético (NDGA) es una lignina fenólica natural de *Larrea tridentata* con actividad antifúngica y que retarda la senescencia de los frutos para dar mayor calidad y duración en postcosecha. Su concentración depende de la parte de la planta donde se extrae. El objetivo de este estudio fue determinar la concentración de NDGA en hojas y semillas de *Larrea tridentata* provenientes de 2 localidades usando 3 solventes para su extracción. Las localidades fueron: Valle de Mapimí, Durango y La Saucedá, Ramos Arizpe, Coahuila, los medios de extracción empleados fueron: vinagre al 10%, metanol al 10% y etanol al 10% en agua. La extracción de NDGA se realizó siguiendo un arreglo factorial 2x2x3 con 4 repeticiones completamente aleatorizado. La cuantificación de NDGA se realizó por HPLC. No se encontró diferencia significativa en el solvente de extracción y partes vegetativas, pero sí en las localidades; la interacción solo fue significativa, donde el mayor valor fue para la Saucedá con 224.85 mg/kg, respecto a Mapimí con 123.83 mg/kg de NDGA. En la interacción de métodos de extracción y parte vegetativa no se encontró diferencia significativa, la interacción de métodos de extracción y localidades se encontró diferencia significativa con etanol en la Saucedá con 233.57 mg/kg como el mejor, la interacción de parte vegetativa y localidades con significancia en hoja en la Saucedá con 231.70 mg/kg, la interacción de métodos de extracción, parte vegetativa y localidades fue significativa en hoja con vinagre en la Saucedá con 245.83 mg/kg, siendo estas las mejores respuestas. El vinagre como extractante y las hojas de *Larrea tridentata* de La Saucedá son la mejor opción para la elaboración de un biopesticida.

**Palabras clave:** concentración, antifúngico, natural, sustentable.

**ABSTRACT**

Nordihydroguaiaretic acid (NDGA) is a natural phenolic lignin of *Larrea tridentata* with antifungal activity and to delay the senescence of the fruits to give greater quality and post-harvest duration, its concentration depends on the part of the plant where it is extracted. The objective of this study was to determine the concentration of NDGA in leaves and seeds of *Larrea tridentata* from 2 localities using 3 solvents for its extraction. The localities were: Mapimi Valley, Durango and La Saucedá, Ramos Arizpe, Coahuila, the extraction solvents used were: 10% vinegar, 10% methanol and 10% ethanol in water. NDGA extraction was performed following a 2x2x3 factorial arrangement with 4 completely randomized repeats. NDGA quantification was performed by HPLC. No significant difference was found in the extraction solvent and vegetative parts, but in the localities was found, where the highest value was for Saucedá with 224.85 mg/kg, compared to Mapimí with 123.83 mg/kg of NDGA. In the interaction of extraction methods and vegetative part no significant difference was found, the interaction of extraction methods and localities was found significant difference with ethanol in

Sauceda with 233.57 mg / kg as the best, the interaction of vegetative part and localities with significance in leaf in the Sauceda with 231.70 mg / kg, the interaction of extraction methods, vegetative part and localities was significant in leaf with vinegar in La Sauceda with 245.83 mg / kg, these being the best responses. Vinegar as an extractant and the leaves of *Larrea tridentata* from La Sauceda are the best option for the elaboration of a biopesticide.

**Key words:** concentration, antifungal, natural, sustainable.

## INTRODUCCION

Las hojas de *Larrea tridentata* tienen una capa gruesa de resina producida por los tricomas glandulares durante su desarrollo. Esta resina puede llegar a formar más del 20% del peso seco de la planta (Lira, 2003). La resina se encuentra también en tallos nuevos sin lignificación completa, por lo que son fácil de obtener de la planta. Del 16 al 21% del peso seco de la resina contiene lignanos fenólicos, como: hemi-norisoguaiacín, nordihidroguaiacín, ácido dihidroguaiarético y ácido nordihidroguaiarético (NDGA), este último representa casi el 50% de la concentración de los lignanos fenólicos (Rahman *et al.*, 2011, Aguirre *et al.*, 2019).

Los efectos del NDGA son conocidos como anti-oxidante, anti-cancerígeno y anti-viral que son más notables en la medicina (Mala *et al.*, 2020), el NDGA inhibe la glioxalasa que es una enzima que contribuye a la patogenicidad de varias enfermedades (Watanabe *et al.*, 2022), también tiene efectos benéficos en aliviar e inhibir la formación de tumores malignos por su capacidad anti-oxidante (Manciu *et al.*, 2022).

El uso de productos biológicos, incluyendo el NDGA, representan una alternativa atractiva para el control de enfermedades en plantas (Cervantes *et al.*, 2020). El NADG inhibe el efecto del ácido abscísico en agrietamiento de los frutos porque reduce la presión osmótica, la capacidad de absorción de agua y la presión de turgor de la cutícula del fruto (Yu *et al.*, 2020). El NDGA asperjado a jobo reduce la incidencia de saltamontes que se alimentan de ella, además se considera parte de un mecanismo de defensa de la planta (Nakano *et al.*, 2022). Ge *et al.* (2019), encontraron que el NDGA inhibe la acumulación de antocianinas, inhibe la actividad antioxidante e inhibe el contenido de otros fenoles en dosis de 100  $\mu\text{mol/L}$  (30.24 mg/ka) de NDGA en el cultivo de fresa cuando se trata de una enfermedad. El NADG es una lignina natural de *Larrea*, que inhibe la actividad de la enzima 9-cis-epoxycarotenoide dioxygenasa (NCED) y tiene un efecto antagónico con el ácido abscísico (ABA) y el NDGA tiene la capacidad de retardar la senescencia, las pérdidas postcosecha y mantiene la calidad de los frutos (Li *et al.*, 2023)

## MATERIALES Y METODOS

Se trabajaron tres factores: A) métodos de extracción, B) Localidades y C) parte vegetativa. Los métodos de extracción fueron 1) Vinagre al 10% en agua, 2) Metanol al 10% en agua y 3) Etanol al 10% en agua. Las localidades fueron a) Valle de Mapimí, Estado de Durango, b) La Sauceda, Ramos Arizpe, Coahuila. Las partes vegetativas fueron a) hojas y b) Tallos. Para tener 3 métodos de extracción, 2 localidades de donde se obtuvo la muestra y 2 partes vegetativas que es hojas y tallos con 4 repeticiones para un diseño factorial 2 x 2 x 3 completamente al azar con tres factores.

El estudio se realizó en el CINVESTAV-IPN, Unidad Saltillo, la extracción se realizó pesando 20 g de cada parte vegetativa con sus repeticiones, y se colocó en un matraz de Erlenmeyer de 250 mL, donde se les aplicó las soluciones de extracción de 100 mL. La mezcla se agitó por 24 horas en una incubadora orbital INO-650 M a 36° C y se pasó a molienda en una licuadora, la mezcla molida se colocó en un embudo Büchner con un filtro No. 615 CMSLLC 3856 de 8  $\mu\text{m}$  y con una bomba de vacío Chemker 300 hacia un matraz Kitasato de 500 mL, donde se colectaron alrededor de 50 mL. Para la cuantificación de NDGA, cada muestra se diluyó en 1:10 en un matraz volumétrico de 10 mL y de la dilución se pasó a un vaso de

precipitado de 10 mL y se tomaron 2 mL, se filtraron en filtro Agilent de 0.45  $\mu\text{m}$  se pasaron a un vial Verex para su análisis por HPLC (Brown *et al.*, 2015).

El análisis se realizó en un equipo Agilent 1200 con detector de matriz de diodos a una longitud de onda de 280 nm. Como fase móvil se utilizó una mezcla de metanol y ácido acético al 5% en relación 70% de metanol y 30% de ácido acético, con flujo de 0.6 mL/min y una presión máxima de 400 bar, la inyección fue de 10  $\mu\text{L}$  y el tiempo de análisis fue de 20 minutos. La separación de los analitos se hizo con la columna SupelcoSil C18 150x4.6 mm, 5 micras. Marca Supelco, Cod. 127506-03. Este proceso se realizó en tres días para cada parte vegetativa y su localidad para un total de 16 muestras (Martins *et al.*, 2011).

La curva de calibración para capsaicina se realizó con 50, 100, 200, 300 y 400 ppm empleando un estándar de Nordihidroguaiaretic acid,  $\geq 97.0\%$  (HPLC) de Sigma Aldrich (Abdullahi *et al.*, 2020).

El análisis estadístico de los tratamientos se realizó con un término del error con probabilidad de  $P \leq 0.05$  y la diferencia entre tratamientos con Tukey (SAS 9.4, 2022).

## RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de los factores individuales en el efecto de los métodos de extracción indicó que no se encontró diferencia significativa entre las partes vegetativas porque el tallo presentó un valor de 169.21 mg/kg y las hojas con 179.48 mg/kg de NDGA; tampoco se encontró diferencia significativa en el método de extracción, porque el vinagre tuvo 191.65 mg/kg, el etanol presentó un valor de 170.30 mg/kg y el metanol con 161.09 mg/kg de NDGA. Esta secuencia con los extractantes, no es la reportada por Pérez *et al.* (2020), donde el etanol y metanol son los extractantes utilizados para *Larrea tridentata*.

Para la localidad si se encontró diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ), donde el mayor valor fue para la Saucedá con 224.85 mg/kg, respecto a Mapimí con 123.83 mg/kg de NDGA. El efecto individual no expresa la relación entre los factores evaluados; la interacción método de extracción y localidad se muestra en Cuadro 1, donde la Saucedá con etanol presentó un valor 233.57 mg/kg, ya se observa que el etanol y metanol si tiene el efecto indicado por Pérez *et al.*, (2020) para la extracción. y dado que son alcoholes, una vez realizado el proceso de extracción se volatiliza una parte porque son compuestos orgánicos volátiles (Wade, 2016), pero esta volatilización no debe ser total, porque el NDGA tiene una baja solubilidad en un medio acuoso que se reduce al aumentar la concentración de etanol (Wikeley *et al.*, 2022).

**Cuadro 1. Interacción de métodos de extracción y localidades de *Larrea tridentata* en la concentración de ácido nordihidroguaiarético.**

Extracción	Ácido nordihidroguaiarético (mg/kg)		
	Sauceda	Mapimi	$\bar{x}$
<b>Etanol</b>	233.57 ax	107.02 by	170.30 a
<b>Metanol</b>	226.16 ax	96.01 by	161.09 a
<b>Vinagre</b>	214.82 ax	168.47 ax	191.65 a
$\bar{x}$	224.85 x	123.83 y	

a, b, c = Valores con literales diferentes en una columna, son diferentes Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

x, y, z = Valores con literales diferentes en una hilera, son diferentes Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Para la interacción extractante y parte vegetativa no se encontró diferencia significativa (Cuadro 2), la similitud de los valores tanto en hileras como columnas indica que es indistinto utilizar las hojas o tallos con cualquier extractante evaluado en este estudio. La concentración más elevada de NDGA corresponde a la interacción tallo y vinagre con 194.33 mg/kg, pero es

menor en 39.24 mg/kg a la concentración de la interacción Saucedá y etanol, por lo que, no hay diferencia significativa y se tiene menor concentración.

**Cuadro 2. Interacción de métodos de extracción y parte vegetativa de *Larrea tridentata* en la concentración de ácido nordihidroguaiarético**

Extracción	Ácido nordihidroguaiarético (mg/kg)		
	Hoja	Tallo	$\bar{x}$
Vinagre	188.97 ax	194.33 ax	191.65 a
Etanol	175.27 ax	165.32 ax	170.30 a
Metanol	174.20 ax	147.97 ax	161.09 a
$\bar{x}$	179.48 x	169.21 x	

a, b, c = Valores con literales diferentes en una columna, son diferentes Tukey ( $p \leq 0.05$ ).  
x, y, z = Valores con literales diferentes en una hilera, son diferentes Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

En la interacción parte vegetativa y localidad, se muestra diferencia significativa entre columnas y para la localidad la Saucedá y la parte vegetativa la hoja se presentó la mayor concentración de NADG con 231.7 mg/kg (Cuadro 3). El NDGA tiene efecto sobre *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium expansum* y *Fusarium moniliforme* en condiciones controladas con bajo efecto de toxicidad prolongada (Herrera et al., 2021), una dosis de 231.7 mg/kg puede controlar estas bacterias, pero su efecto en campo no se determinó.

**Cuadro 3. Interacción de parte vegetativa y localidades de *Larrea tridentata* en la concentración de ácido nordihidroguaiarético.**

Localidad	Ácido nordihidroguaiarético (mg/kg)		
	Hoja	Tallo	$\bar{x}$
Saucedá	231.70 ax	218.00 ax	224.85 a
Mapimi	127.2 bx	120.41 ax	123.83 a
$\bar{x}$	179.48 x	169.2 x	

a, b, c = Valores con literales diferentes en una columna, son diferentes Tukey ( $p \leq 0.05$ ).  
x, y, z = Valores con literales diferentes en una hilera, son diferentes Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

En la interacción parte vegetativa, método de extracción y localidad, que es la interacción triple y que se analizó como tratamientos (Cuadro 4) y los resultados fueron diferentes y significativos ( $p \leq 0.05$ ), el mayor valor observado fue 245.83 mg/kg que corresponde a la localidad de Saucedá, en la hoja con la extracción de vinagre, similares a la localidad Saucedá en tallo y con la extracción de etanol (239.64 mg/kg) y metanol (230.55 mg/kg), como los valores más elevados en la concentración de NDGA en el estudio.

**Cuadro 4. Interacción de métodos de extracción, parte vegetativa y localidades de *Larrea tridentata* en la concentración de ácido nordihidroguaiarético.**

Extracción	Ácido nordihidroguaiarético (mg/kg)			
	Saucedá		Mapimi	
	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo
Metanol	221.78 a	230.55 a	126.63 abc	65.39 c
Etanol	227.50 a	239.64 a	123.04 abc	91.00 bc
Vinagre	245.83 a	183.82 abc	132.11 abc	204.84 ab



Dosis de 0.78 mg/mL (780 mg/kg) de NDGA, inhibe la concentración al mínimo de las bacterias *Clavibacter michiganensis* sbsp. *michiganensis*, *Pseudomonas syringae*, y *Xanthomonas campestris* (Morales *et al.*, 2021). La mayor dosis encontrada en el estudio fue 245.83 mg/kg, que no cumple con la dosis que se indica porque es menor en 534.17 mg/kg, esta situación muestra al NDGA con un potencial biopesticida que se tiene que incrementar la concentración para un adecuado control de estas enfermedades.

El efecto del NDGA extraído de tallos como biopesticida sobre las plagas: *Spodopora littoralis* (Rosquilla negra) tuvo un control del 24%, en *Myzus persicae* (Pulgón verde) tuvo un efecto de repelencia 6.3% y un control del 31% y *Rhopalosiphum padi* (Pulgón del tallo) con una repelencia del 54.8% y un control del 72% a una dosis de 10 mg/mL (10,000 mg/kg), lo que indica que el NDGA aun a concentraciones muy elevadas tiene un menor efecto en el control de plagas (Pérez *et al.*, 2020).

La enzima  $\beta$ -1,3-glucanasa actúa durante el proceso hongo patógeno y planta, cuando el hongo infecta a la planta, la enzima es inhibida completamente por el NDGA a concentraciones de 25  $\mu$ M (7.6 mg/kg), por lo que se considera como un agente antifúngico en la protección de cultivos (Vargas *et al.* 2009). El NDGA se ha probado para el control de *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum gloeosporioides* y *Botrytis cinérea* teniendo un efecto positivo en el control, pero su mayor efecto fue en *Fusarium oxysporum* (Aguirre *et al.*, 2018).

El uso de heterodímeros como la quercetina/NDGA 5'-5', tienen mayor actividad antimicrobiana contra *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *Escherichia coli* y *Enterobacter cloacae* (Ngubane *et al.*, 2022). Los hidroxiácidos grasos tienen la función de mantener la estabilidad de las membranas y pared celular de los hongos y bacterias, la enzima que cataliza las reacciones del linoleato con los ácidos grasos y el oxígeno para formar los hidroxiácidos es la 12-lipoxygenasa (12LOXcd), el NDGA a dosis de 2.5  $\mu$ M (0.7 mg/kg) inhibe el dominio catalítico de la enzima 12LOXcd (Xu *et al.*, 2022), con lo cual, en los microorganismos como hongos y bacterias patógenas sus membranas celulares se desnaturalizan causando lisis y muerte de estos patógenos.

## CONCLUSIONES

El mejor extractante para el NDGA es el vinagre al 10%, la parte vegetativa con mayor concentración fueron las hojas y la mejor localidad fue la Saucedá, demostrando que estas son las mejores condiciones para la obtención del NDGA, para tener un biopesticida.

La mayor concentración de NDGA (245.83 mg/kg) es útil para retardar la senescencia, las pérdidas postcosecha y mantener la calidad de los frutos. También tiene efectos benéficos al evitar el estrés hídrico de las plantas y mostrar tolerancia a las heladas.

El NDGA mostró que es un buen controlador de patógenos como hongos y bacterias, inhibiendo la actividad enzimática de protección, y es un producto sustentable con aplicación en la agricultura como biopesticida, aunque también se utiliza en situaciones médicas.

## REFERENCIAS

- Abdullahi, H. U., Usman, A.G., Abba, S.I. 2020. Modelling the Absorbance of a Bioactive Compound in HPLC Method using Artificial Neural Network and Multilinear Regression Methods. DUJOPAS 6 (2): 362-371.
- Aguirre J., J. A., L. Pastrana C., D. Nieto O., J. Ventura S., R. Rojas M., and C. N. Aguilar. 2018. The physicochemical, antifungal and antioxidant properties of a mixed polyphenol based bioactive film. Heliyon 4:e00942.
- Brown T. L.; LeMay Jr H. E.; Bursten B. E.; Murphy C. J.; Woodward P. M. and Stoltzfus. 2015. Chemistry. The Central Science. 13th Edition, AP® Edition. Pearson. USA. 1195 p.

- Cervantes J., M. M., Olalde P., V., Martínez F., M. B., Notario Z., M I., Valdés R., S. E. 2020. La cistatina de amaranto previene y controla el tizón temprano en tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11(3):567-580.
- Ge, C., Luo, Y., Mo F., Ling Y., Mo Q., Shu Luo, S., and Tangl, H. 2019. Nordihydroguaiaretic acid treatment on the antioxidant properties of strawberry fruit. *AIP Conference Proceedings* 2079, 020013. <https://doi.org/10.1063/1.5092391>.
- Herrera M., R. E., Álvarez F., G. Contreras S., C and García L., J. C. 2021. Creosote Bush (*Larrea tridentata*) Phytochemical Traits and its Different uses: A Review. *Journal of Applied Life Sciences International*. 24(2): 34-45.
- Li, K., Xu, R., Cao, J., Jiang, W. 2023. Nordihydroguaiaretic acid (NDGA) maintains the postharvest quality of fresh daylily flower buds (*Heimerocallis citrina*) by enhancing antioxidant metabolism and regulating phytohormone equilibrium. *Postharvest Biology and Technology* 200 (2023) 112326. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112326>.
- Lira S., R. H. 2003. Estado actual del conocimiento sobre las propiedades biocidas de la gobernadora [*Larrea tridentata* (D.C.) Coville]. *Rev. Mex. Fitopatol.* 21(2):214-222.
- Mala J., G. S., Kumari V., V., Takeuchi, S., Shankar P., R., Venkatraman. G., Kumar R., S. 2020. Facile synthesis and nanoscale features of a nanostructured nordihydroguaiaretic acid analog for therapeutic applications. *Journal of Nanobiotechnology* 18:74. <https://doi.org/10.1186/s12951-020-00628-z>.
- Manciu, F. S., Jose Guerrero, J., Bennet, K. E., Chang, S. Y., Rahman, M., Martinez L., L. V., Chantigian, S., Castellanos, M., Manciu, M. 2022. Assessing nordihydroguaiaretic acid therapeutic effect for glioblastoma multiforme. *Sensors* 22-2643. <https://doi.org/10.3390/s22072643>.
- Martins, S., S. I. Mussatto, G. Martínez-Avila, J. Montañez-Saenz, C. N. Aguilar, J. A. Teixeira. 2011. Bioactive phenolic compounds: Production and extraction by solid-state fermentation. A review. *Biotechnology Advances* 29:365–373.
- Morales U., A. L., Rivero P., N., Ávila R., F., Aquino T., E., Prieto M., Hetta, H. F., El-Saber B., G. and Zaragoza B., A. 2021. Bactericidal Activity of *Larrea tridentata* Hydroalcoholic Extract against Phytopathogenic Bacteria. *Agronomy* 11(5),957. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050957>
- Nakano, M., Morgan-Richards, M., Trewick, S. A., Clavijo-McCormick, A. 2022. Chemical Ecology and Olfaction in Short-Horned Grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) *Journal of Chemical Ecology* 48:121–140. <https://doi.org/10.1007/s10886-021-01333-3>.
- Ngubane, S., Permaul, K., Kudanga, T. 2022. Characterisation of inhibition and thermodynamic properties of *Trametes pubescens* laccase and application in the synthesis of hybrid antioxidants. *Process Biochemistry* 122 (2022) 181–193. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2022.10.012>.
- Pérez L., R., Torres R., M., Flores C., M. A., González F., A. C., Hernández R., A., Soto P., J. M., Robles H., L. 2020. Phytotoxic and dissuasive activity of Chihuahua desert plant. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 48(1):426-435. DOI:10.15835/nbha48111505.
- Rahman, S., Ansari, R. A., Rehman, H., Parvez, S., Raisuddin, S. Hindawi. 2011. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. Publishing Corporation, Volume 2011, Article ID 734785, 10 pages. doi:10.1093/ecam/nep076.
- Statistical Analysis System (SAS). 2022. Software 9.4 (TS1M7). SAS Institute Inc. Cary, N.C. USA.
- Vargas A., I., A. Contreras V., M. Á. Martínez T. 2009. Lignans from *Larrea tridentata* (Creosote bush) as fungal  $\beta$ -1,3-glucanase inhibitors. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 94 (2–3): 60-63. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2009.04.002>.
- Wade, L. G. 2016. Química orgánica. 9 ed. Pearson. Madrid, Esp. 744 p.
- Watanabe, M., Toyomura, T., Ikegami, R., Suwaki, Y., Sada, M., Wake, H., Takashi Nishinaka, T., Hatipoglu, O. F., Takahashi, H., Nishibori, M., Mori, S. 2022. Nordihydroguaiaretic acid inhibits glyoxalase I and causes the accumulation of methylglyoxal followed by cell-growth inhibition. *Molecular Biology Reports* 49:10499–10507. <https://doi.org/10.1007/s11033-022-07929-6>.
- Wikeley, A. S., Przybylowski, J., Lozano-S., P., Caffio, M., James, T. D., Bull, S. D., a Fletcher P. F. and Frank Marken F. 2022. Polymer indicator displacement assay: electrochemical glucose monitoring based on boronic acid receptors and graphene foam competitively binding with poly-nordihydroguaiaretic acid. *The Royal Society of Chemistry. Analyst* 147:661–670.
- Xu, J.; Liu, Y.; Ma, J.; Li, P.; Geng, Z.; Wang, D.; Zhang, M.; Xu, W. 2022. Recombinant Porcine 12-Lipoxygenase Catalytic Domain: Effect of Inhibitors, Selectivity of Substrates and Specificity of Oxidation Products of Linoleic Acid. *Foods* 11, 980. <https://doi.org/10.3390/foods11070980>.

Yu, J., Zhu, M., Wang, M., Tang, W., Wu, S., Zhang, K., Yang, G. 2020. Effect of nordihydroguaiaretic acid on grape berry cracking. *Scientia Horticulturae* 261-108979. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108979>.

## ALTERNATIVAS EN EL MANEJO DEL MOHO GRIS (*BOTRYTIS CINEREA*) EN FRUTOS DE FRAMBUESA

Camacho A. A. J. <sup>1\*</sup>, Márquez L. G.<sup>1</sup>, Solano B. A. R.<sup>1</sup>, Trejo E. J. L.<sup>1</sup>, Rodríguez B. G.<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Carretera Yautepec-Jojutla, Km. 6, Calle CeProBi No. 8, Colonia San Isidro, Yautepec, Morelos, CP 62731, México. <sup>2</sup> Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara, Autlán de Navarro, Jalisco, México.

\*Autor de correspondencia: [acamacho2200@alumno.ipn.mx](mailto:acamacho2200@alumno.ipn.mx)

### RESUMEN

En México en el año 2020 la frambuesa generó \$1,105 millones de dólares, siendo la frutilla con mayor valor de exportación. México en 2023 ocupó el segundo lugar de exportación mundial de frambuesas. Sin embargo, uno de los principales problemas fitosanitarios es la enfermedad del moho gris (*Botrytis cinerea*), que se encuentra presente en las principales zonas de producción del país, lo que constituye una amenaza latente para la producción de frambuesa. La estrategia predominante para el manejo de la enfermedad es el uso de fungicidas, como inhibidores de quino o inhibidores de succinato deshidrogenasa, el uso continuo de esas moléculas ha generado resistencia en los organismos objetivo, complicando su manejo. Ante estos desafíos es crucial adoptar alternativas amigables con el ambiente que aseguren la inocuidad y calidad de los frutos, y extiendan su vida útil. Una alternativa prometedora es el uso de metabolitos funcionales de plantas, como los producidos por la planta *Baccharis conferta*. Por lo que, el objetivo de esta investigación fue evaluar el potencial antifúngico del extracto de la planta, extraído con un disolvente eutéctico de naturaleza profunda. Se evaluó el porcentaje de inhibición de los aislados mediante el ensayo *in vitro* de difusión en medio de cultivo Papa-Dextrosa-Agar. La planta y el disolvente si mostraron actividad antifúngica contra los aislados de *B. cinerea*. El disolvente natural mostro mayor actividad antifúngica.

**Palabras clave:** Frutillas, *Baccharis conferta*, extractos vegetales, NADES

### ABSTRACT

In Mexico, the cultivation of berries is the third most exported agri-food product. In 2020, raspberries generated \$1,105 million dollars, being the berry with the highest export value. Mexico in 2023 ranked second in world exports of raspberries. One of the main phytosanitary problems is the gray mold disease (*Botrytis cinerea*), which is present in the main production areas of the country, which constitutes a latent threat to raspberry production, the predominant strategy for managing the disease. is the use of fungicides, such as cinchona inhibitors or succinate dehydrogenase inhibitors, but continuous use has generated resistance in the target organisms, complicating their management. Faced with these challenges, it is crucial to adopt environmentally friendly alternatives that ensure the safety and quality of the fruits, and extend their useful life. A promising alternative is the use of functional plant metabolites, such as those produced by the *Baccharis conferta* plant, so the objective of this research is to evaluate the antifungal potential of the plant extract, extracted with a deep eutectic solvent. The percentage of inhibition of the isolates was evaluated by the *in vitro* diffusion test in Potato-Dextrose-Agar culture medium. The plant and the solvent did show antifungal activity against *B. cinerea* isolates. The natural solvent showed greater antifungal activity.

**Key words:** Berries, *Baccharis conferta*, plant extracts, NADES

## INTRODUCCIÓN

En México, en el año 2022 las exportaciones de berries superaron a las exportaciones de tequila, cerveza y aguacate. El crecimiento de este cultivo ha ido en aumento dentro del territorio nacional, posicionando a México como el segundo exportador a nivel mundial. Los principales estados productores son Jalisco (116 mil t/año), seguido de Michoacán (30 mil t/año) y Baja California (28 mil t/año) (SIAP, 2023). El cultivo de la frambuesa sigue una tendencia de crecimiento debido a demanda a nivel internacional, por lo que el cuidado de la calidad del fruto es de suma importancia.

El cultivo de la frambuesa se ve afectado por problemas fitosanitarios en el caso del fruto las principales enfermedades fúngicas que afectan este tejido son: Mildiu (*Peronospora sparsa*), Antracnosis (*Elsinoe veneta*) y Moho gris (*Botrytis cinerea*) (Delbridge y Rogers, 2023; Morales et al., 2017). En México, la enfermedad del moho gris tiene presencia en 17 zonas productoras de frutillas dentro de los cinco principales estados de producción: Colima, Jalisco, México, Michoacán y Morelos (Terrones et al., 2019). Este patógeno ha mostrado una incidencia creciente en especial durante la fase de maduración del fruto (Kozhar y Peever, 2021).

La estrategia predominante para abordar estos problemas radica en el empleo de fungicidas. El uso continuo de estas sustancias y su mecanismo de acción similar han generado resistencia en los organismos objetivo, complicando significativamente su manejo (Alzohairy et al., 2021; Grabke et al., 2013). El uso excesivo de plaguicidas también tiene repercusiones en el ámbito social, específicamente en la salud pública, ya que algunas sustancias pueden provocar intoxicaciones a corto plazo y, con una exposición prolongada, causar daños al sistema nervioso, malformaciones congénitas, cáncer, mutagenicidad, alteraciones reproductivas, así como síntomas persistentes de malestar general (Cortés et al., 2008). Ante estos desafíos, se vuelve crucial adoptar alternativas amigables con el medio ambiente que garanticen la inocuidad, calidad y amplia vida de anaquel de las frutas.

Una de las alternativas se encuentra en los metabolitos funcionales producidos por las plantas como: terpenos, compuestos fenólicos, glucósidos y alcaloides, el empleo de estas sustancias presentan ventajas. Algunas de las ventajas son el origen natural, propiedades antimicrobianas y los fitopatógenos aún no desarrollan resistencia a ellos (Ramírez et al., 2019).

Para la extracción de los metabolitos funcionales se requieren un método de extracción y un disolvente apropiado que está en función de los metabolitos que se desee extraer. Los disolventes más comunes para la extracción son los orgánicos como: etanol, metanol, cloroformo, diclorometano y acetato de etilo (Sierra et al., 2018). Estos disolventes presentan desventajas ambientales y de salud (Chiocchio et al., 2021). En la búsqueda de disminuir la contaminación ambiental derivada de la extracción de compuestos biológicos se han investigado disolventes de origen natural como los NADES (Disolventes Eutécticos Naturaleza Profunda por sus siglas en inglés). Los NADES se forma por 2 o más compuestos, un aceptor de enlaces de hidrógeno (HBA) y un donante de enlaces de hidrógeno (HBD). Esta mezcla se denomina eutéctica y posee la propiedad de tener un punto de fusión más bajo que los compuestos individuales. Le confiere estructura y estabilidad. Por ello en esta investigación el objetivo fue evaluar el potencial de la planta *Baccharis conferta*, un disolvente NADES y la mezcla de NADES+ *B. conferta*, en el manejo de aislados asociados a la enfermedad del moho gris (*B. cinerea*).

## MATERIALES Y METODOS

Para las muestras biológicas se realizó una recolección de flor y fruto de frambuesa con síntomas asociados al tizón floral y pudrición de fruto en los municipios de, Sayula, Ciudad Guzmán y Zapotitlán, Jalisco. Las muestras se trasladaron al laboratorio de Fitopatología del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional y se procesaron para obtener aislados del hongo de interés. De cada punto muestreado se seleccionaron 10 individuos, los cuales se desinfectaron en una solución de hipoclorito al 1.5% por 2 min, más un triple lavado con agua destilada estéril.

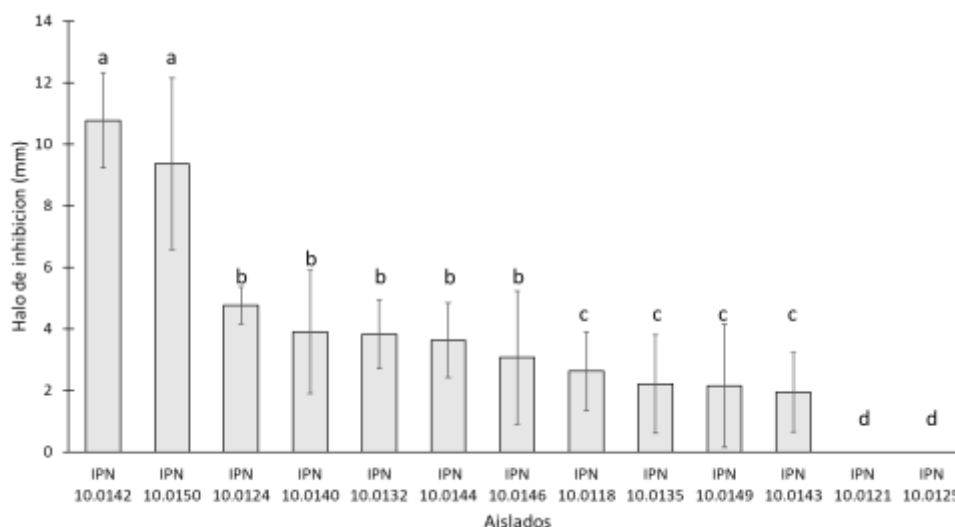
Obtención de aislados. Los frutos desinfectados se transfirieron a cámaras húmedas hechas en recipientes plásticos de tipo bisagra que contenían papel secante estéril humedecido con agua destilada estéril. Las cámaras húmedas se incubaron a 4°C, y se revisaron cada 24 h para detectar la aparición de los signos del patógeno. La recuperación del hongo se realizó con un asa bacteriológica, raspando la superficie del fruto esporulado, inmediatamente se realizó una suspensión conidial, una vez que se obtuvieron cultivos monospóricos se transfirieron a cajas de Petri con medio de cultivo Papa-Dextrosa-Agar natural adicionado con ácido láctico (0.1%, v/v) y se incubaron a 22°C por 36 h, se seleccionaron las colonias que cumplían las características morfológicas de *Botrytis* spp. De los crecimientos miceliales se seleccionaron 13 aislados con los criterios de representación geográfica, patogenicidad y tejido vegetativo de donde se obtuvieron.

Elaboración del disolvente y extracción de metabolitos. El disolvente NADES se elaboró siguiendo la metodología de Ivanović *et al.* (2022), se realizó con una relación molar 1:2 de cloruro de colina y ácido láctico. La extracción con el NADES se realizó con material vegetal seco y pulverizado de *B. conferta*, con una relación líquido sólido 20:1. Se llevó a cabo mediante extracción asistida por ultrasonido (EAU), con la ayuda de un procesador ultrasónico (VCX 130 Sonics® U.S.A.) de 130 watts a una amplitud del 80%. Se realizaron ciclos de 3 minutos en el sonicador y 10 de enfriamiento, durante cinco ciclos (Airouyuwa *et al.*, 2023).

Actividad antifúngica del extracto de *B. conferta*. La evaluación se realizó con el método de difusión. Primero fue necesario incrementar el inóculo de los 13 aislados de *Botrytis*, en medio de cultivo PDA natural con incubación a 25°C por 7 días. Para el experimento se cortaron barriles de agar de 5mm de diámetro y se colocaron en el centro de una caja (60 x 15 mm) con medio de cultivo PDA, en los cuatro puntos distales de la caja se colocaron gotas de 40µL del extracto. Las cajas se incubaron durante siete días a una temperatura de 20 °C. En el experimento se probaron los tratamientos; Nades (N), Nades con extracto (N+E) y testigo (T) con tres repeticiones. La evaluación se realizó a los 7 días, los parámetros medidos fueron el halo de inhibición, la esporulación y la formación de esclerocios de cada uno de los aislados. Debido a la transparencia del NADES solo se pudo evaluar el halo de inhibición del tratamiento NADES-*B. conferta*. El análisis estadístico se realizó un Análisis de varianza simple Kruskal-Wallis y un Análisis de varianza factorial.

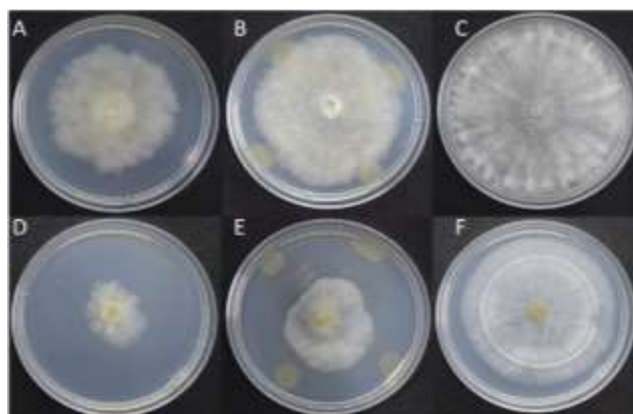
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La población se conformó con 13 aislados caracterizados morfológicamente como *Botrytis* spp. de acuerdo a las características descritas por Crous *et al.*, 2009 para este género. De los cuales cinco provienen del municipio de Sayula, cinco de Cd. Guzmán y tres de municipio de Zapotitlán. De acuerdo con el tejido muestreado, cuatro aislados se tomaron de flor y nueve fueron del fruto. En la evaluación de los aislados con los tratamientos de difusión se observó que hubo un efecto antifúngico en el crecimiento micelial. Los aislados presentaron en promedio de 2-5mm (Figura 1).



Actividad antifúngica sobre aislados de *B. cinerea*. en gotas de NADES-*B. conferta*. ( $H = 37.857$ ,  $n=12$ ,  $P_0 < 0.001$ , barras de error  $\pm DE$ , letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas).

Aunque en el tratamiento NADES-*B. conferta* los aislados que presentaron halo de inhibición de mayor tamaño fueron el IPN 10.0142 en contraste con dos aislados que en el mismo tiempo de evaluación no presentaron halo de inhibición (IPN 10.0121 e IPN 10.0125) (Figura 2). El efecto antifúngico del NADES se puede deber al pH que presenta la composición de este disolvente (Bedair *et al.*, 2024), la composición por separado de los compuestos de este disolvente también tiene actividad antifúngica (Che Zain *et al.*, 2021; Wen *et al.*, 2015).

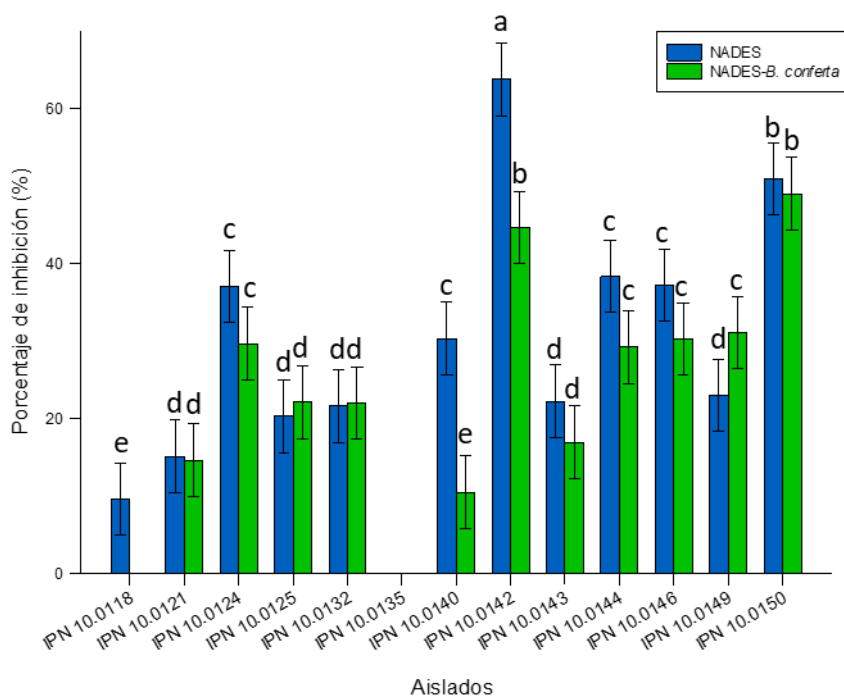


Comparación de la actividad antifúngica de los tratamientos en aislados de *Botrytis cinerea* (A-C aislado IPN 10.0142 A, NADES; B, NADES-*B. conferta*; C, Testigo; D-F aislado IPN 10.0118 D, NADES; E, NADES-*B. conferta*; F, Testigo)

Al comparar los tratamientos se observó una mayor inhibición del crecimiento micelial cuando se aplicó NADES, que la mezcla de disolvente con la planta. El aislado que mostró mayor porcentaje de inhibición fue IPN 10.0142, este aislado fue el mismo que presentó sensibilidad en el tratamiento NADES-*B. cinerea*. El aislado IPN 10.0135 no mostró el porcentaje de inhibición en ninguno de los dos tratamientos. En el análisis estadístico se observó que el factor con mayor efecto en la relación cepas-tratamientos, fue el factor de las cepas ( $F=14.208$ ;  $P < 0.001$ ), es decir debido a las diferencias de cada uno de los individuos evaluados se presentó un mayor o menor grado de inhibición, esto es importante porque



demuestra la importancia de tener una población diversa, que pueda reaccionar de forma similar a lo que se espera en condiciones ambientales (Figura 3). Debido a la plasticidad genética de este género la respuesta a tratamientos es diferente debido a la reacción que cada individuo expresa como lo señala Alster *et al.* (2021), con la respuesta que tienen los hongos a las variaciones de su entorno.



Actividad antifúngica de los tratamientos NADES y NADES-B. conferta, por el método de difusión en aislados de *Botrytis cinerea*, obtenidos de flor y fruto del cultivo de frambuesa.

## CONCLUSIONES

La incidencia del patógeno en los frutos fue mayor que en las flores. La planta *B. conferta* si tiene actividad antifúngica para el hongo *B. cinerea*. El disolvente natural (NADES) presentó por si solo un mayor potencial para el manejo de la enfermedad moho gris. Una amplia representación de los individuos (aislados) es importante dentro de un estudio debido a que el efecto de los tratamientos presenta variaciones dependiendo de la diversidad genética de los individuos a evaluar, ya que la variable con mayor variación en la comparación estadística de los dos tratamientos fue el factor de las cepas.

## REFERENCIAS

- Alster, C. J., Allison, S. D., Johnson, N. G., Glassman, S. I., & Treseder, K. K. (2021). Phenotypic plasticity of fungal traits in response to moisture and temperature. *ISME Communications*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s43705-021-00045-9>
- Alzohairy, S. A., Gillett, J., Saito, S., Naegle, R. N., Xiao, C. L., & Miles, T. D. (2021). Fungicide Resistance Profiles of *Botrytis cinerea* Isolates From Michigan Vineyards and Development of a TaqMan Assay for Detection of Fenhexamid Resistance. *Plant Disease*, 105(2), 285–294. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-20-1087-RE>

- Bedair, H. M., Samir, T. M., & Mansour, F. R. (2024). Antibacterial and antifungal activities of natural deep eutectic solvents. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 108(1), 198. <https://doi.org/10.1007/s00253-024-13044-2>
- Che Zain, M. S., Yeoh, J. X., Lee, S. Y., & Shaari, K. (2021). Physicochemical Properties of Choline Chloride-Based Natural Deep Eutectic Solvents (NaDES) and Their Applicability for Extracting Oil Palm Flavonoids. *Sustainability*, 13(23), 12981. <https://doi.org/10.3390/su132312981>
- Chiocchio, I., Mandrone, M., Tomasi, P., Marincich, L., & Poli, F. (2021). Plant Secondary Metabolites: An Opportunity for Circular Economy. *Molecules*, 26(2), 495. <https://doi.org/10.3390/molecules26020495>
- Cortés, P., Villegas, A., Aguilar, G., Paz, M., Maruris, M., & Juaréz, C. (2008). Síntomas ocasionados por plaguicidas en trabajadores agrícolas. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*, 46(2), 145–152.
- Crous, P. W., Verkley, G. J. M., Groenewald, J. Z., & Samson, R. A. (2009). *FUNGAL BIODIVERSITY.pdf*. CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre.
- Delbridge, R., & Rogers, D. (2023). *Guide to insect & disease management in raspberry*. Nova Scotia Guide to Pest Management in Raspberry. <https://www.perennia.ca/wp-content/uploads/2018/03/Raspberry-Insect-Disease-Management-2023.pdf>
- Grabke, A., Fernández-Ortuño, D., & Schnabel, G. (2013). Fenhexamid Resistance in *Botrytis cinerea* from Strawberry Fields in the Carolinas Is Associated with Four Target Gene Mutations. *Plant Disease*, 97(2), 271–276. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-12-0587-RE>
- Ivanović, M., Grujić, D., Cerar, J., Islamčević Razboršek, M., Topalić-Trivunović, L., Savić, A., Kočar, D., & Kolar, M. (2022). Extraction of Bioactive Metabolites from *Achillea millefolium* L. with Choline Chloride Based Natural Deep Eutectic Solvents: A Study of the Antioxidant and Antimicrobial Activity. *Antioxidants*, 11(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/antiox11040724>
- Kozhar, O., & Peever, T. L. (2021). Colonization of red raspberry flowers and fruit by *Botrytis cinerea* under commercial production conditions in northwestern Washington, USA. *Plant Pathology*, 70(2), 336–348. <https://doi.org/10.1111/ppa.13284>
- Morales, C., Riquelme, J., Hirzel, J., France, A., Pedreros, A., Uribe, H., & Abarca, P. (2017). *Manual de manejo agronómico del frambueso*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). <https://web.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/07%20Manual%20Frambuesa.pdf>
- Ramírez-Gómez, X. S., Jiménez-García, S. N., Campos, V. B., Campos, M. L. G., Ramírez-Gómez, X. S., Jiménez-García, S. N., Campos, V. B., & Campos, M. L. G. (2019). Plant Metabolites in Plant Defense Against Pathogens. En *Plant Diseases - Current Threats and Management Trends*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.87958>
- SIAP. (2023). *Panorama Agroalimentario 2023*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- Sierra, M., Ramón, B., Paternina, G., Mejía, Adriana, A., & Suárez, Davis, D. (2018). *Productos naturales: Metabolitos secundarios y aceites esenciales*.
- Terrones-Salgado, J., Nieto-Angel, D., Nava-Díaz, C., Téliz-Ortiz, D., García-Velasco, R., Vallejo-Pérez, M. R., Sánchez-García, P., Terrones-Salgado, J., Nieto-Angel, D., Nava-Díaz, C., Téliz-Ortiz, D., García-Velasco, R., Vallejo-Pérez, M. R., & Sánchez-García, P. (2019). *Botrytis cinerea* causante del moho gris en frutos de zarzamora en México. *Revista mexicana de fitopatología*, 37(3), 365–382. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1906-1>
- Wen, Q., Chen, J.-X., Tang, Y.-L., Wang, J., & Yang, Z. (2015). Assessing the toxicity and biodegradability of deep eutectic solvents. *Chemosphere*, 132, 63–69. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.02.061>

## CULTIVANDO FUTURO: EVALUACIÓN DE MANEJO ORGÁNICO EN EL VIVERO FORESTAL DEL IST QUININDÉ

Cabrera, A.M.J.<sup>1</sup>, Meza, C.J.A.<sup>1\*</sup>, Pastor, L.F.J.<sup>2</sup>, Alcalá, E.K.I.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Superior Tecnológico Quinindé, Ecuador

[josuethmeza@gmail.com](mailto:josuethmeza@gmail.com)

<sup>2</sup> INIFAP – Campo Experimental La Laguna

<sup>3</sup> INIFAP – CENID FYMA

### RESUMEN

Esta investigación evaluó la implementación de un vivero forestal orgánico en el Instituto Superior Tecnológico Quinindé, centrado en la producción de plántulas nativas como guayacán, laurel, terminalia y pachaco utilizando prácticas ecológicas. Se aplicaron métodos de investigación descriptiva, explicativa y evaluativa con enfoques cuantitativos y cualitativos, combinando datos bibliográficos y observacionales. Las prácticas sostenibles incluyeron el uso de una mezcla de sustrato para mejorar el drenaje y evitar enfermedades, sacarosa para reducir el estrés por trasplante y microorganismos eficientes para potenciar el crecimiento. Los resultados mostraron que el pachaco tuvo la menor tasa de mortalidad (2,82%) y la mayor tasa de sobrevivencia (97%), con un crecimiento del 70%, mientras que la terminalia presentó la mayor mortalidad (17,17%) y una tasa de crecimiento del 17,54%. Este estudio resalta la efectividad del manejo orgánico en la producción de plántulas y su potencial en la sostenibilidad ambiental.

**Palabras clave:** Manejo Orgánico, Vivero Forestal, Plántulas, Especies Nativas

### ABSTRACT

This research assessed the implementation of an organic forest nursery at IST Quinindé, focusing on the production of native seedlings such as guayacán, laurel, terminalia, and pachaco using ecological practices. Descriptive, explanatory, and evaluative research methods were applied with both quantitative and qualitative approaches, combining bibliographic and observational data. Sustainable practices included using a substrate mixture to enhance drainage and prevent diseases, sucrose to reduce transplant stress, and efficient microorganisms to boost growth. Results showed that pachaco had the lowest mortality rate (2.82%) and the highest survival rate (97%), with a growth rate of 70%, while terminalia had the highest mortality rate (17.17%) and a growth rate of 17.54%. This study highlights the effectiveness of organic management in seedling production and its potential for environmental sustainability.

**Key words:** Organic Management, Forest Nursery, Seedlings, Native Species

### INTRODUCCIÓN

La agricultura basada en monocultivos ha tenido como único objetivo incrementar los rendimientos mediante el uso indiscriminado y no controlado de altas dosis de insumos agroquímicos. Esto ha causado daños irreparables en el ecosistema, como la pérdida de la cobertura vegetal, la disminución de la fertilidad del suelo, la contaminación del suelo y alteraciones en los recursos hídricos, además de enormes pérdidas económicas para el sector rural. Para mejorar el medio ambiente y abandonar los sistemas de producción convencionales, surge la estrategia de conversión agroecológica, que implementa sistemas

diversificados basados en buenas prácticas como el manejo orgánico de los suelos y los cultivos (Altieri & Nicholls, 2007).

El manejo orgánico de los cultivos influye en procesos ecológicos del suelo, como la regulación biótica, la colección de organismos y la conservación de nutrientes, determinando un suelo óptimo y, por ende, altos rendimientos con productos sanos. El cambio en el manejo de los cultivos dependerá de las tecnologías aplicadas por el ser humano y de varios componentes productivos, para mejorar la humedad del suelo y reducir su erosión (Altieri & Nicholls, 2007).

La obtención de plantas en vivero es el proceso mediante el cual se proporcionan a la semilla los cuidados y tratamientos necesarios para una buena germinación y un adecuado crecimiento de la planta, con el objetivo de lograr altas tasas de sobrevivencia y favorecer su desarrollo al plantarla en campo. Las prácticas de manejo en vivero se reflejan en la calidad de la planta producida, la cual debe tener una serie de atributos morfológicos y fisiológicos que le permitan adaptarse y desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación (Muñoz, Sáenz, Coria, Hernández, & Manzanilla, 2018).

En la naturaleza, las plantas necesitan que sus semillas lleguen en buen estado al suelo y encuentren buenas condiciones para germinar y crecer. Este período es el más delicado en la vida de la planta, ya que la semilla debe enfrentar temperaturas extremas, falta de humedad, enfermedades, animales que la consumen y, después de germinar, la plántula puede sufrir por falta de agua, calor o heladas, un suelo pobre, y ataques de animales y enfermedades.

Esta propuesta se enfoca en la implementación y caracterización del manejo orgánico de un vivero forestal en el cantón Quinindé, con la finalidad de producir plantas de calidad en el vivero que contribuyan a garantizar la sostenibilidad y el buen manejo de los viveros orgánicos forestales, así como en los programas de formación y aprendizaje del estudiantado del IST Quinindé.

## **MATERIALES Y METODOS**

Para obtener resultados que cumplan con los objetivos planteados en este artículo académico, es necesario determinar una estructura y plan de investigación claros, estableciendo objetivos, tipos y técnicas de investigación a utilizar (Batthyány et al., 2011).

Este estudio utilizó un enfoque de investigación descriptiva, explicativa y evaluativa. La investigación descriptiva se llevó a cabo para caracterizar y especificar las propiedades, características y rasgos relevantes del manejo orgánico de un vivero forestal. La investigación explicativa buscó comprender el manejo productivo de especies forestales y la influencia del manejo orgánico en su rendimiento. La investigación evaluativa tuvo como objetivo evaluar los procesos y resultados del vivero forestal manejado orgánicamente. A través de la observación in situ, se recopiló información efectiva sobre el desarrollo del proyecto y se identificaron las limitaciones ambientales, sociales y económicas que podrían surgir durante la ejecución del vivero.

El proceso investigativo adoptó un enfoque mixto, tanto cuantitativo como cualitativo. La recopilación de bibliografía se basó en información secundaria para la elaboración del marco teórico. La observación y recopilación de información permitieron describir los pasos llevados a cabo en la implementación del vivero, explicando objetivamente el proceso productivo.

El diseño de la investigación se desarrolló en dos etapas: en la primera etapa, se realizó una caracterización de las especies forestales. En la segunda etapa, se implementó el vivero, lo que permitió recopilar información sobre el manejo orgánico, el crecimiento de las plantas, las plagas y enfermedades, y todos los factores que influyen en el proceso productivo del vivero.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Según Rodríguez (2016), los viveros forestales son esenciales para la recuperación de la vegetación en áreas que han perdido este recurso natural. Estos viveros desempeñan un papel crucial en la protección del ecosistema y en la economía de las comunidades que se benefician de la explotación de ciertos tipos de madera. En el contexto del siglo XXI, los viveros forestales son importantes porque ayudan a reducir los niveles de dióxido de carbono, mitigando los riesgos del calentamiento global y asegurando el respeto por los derechos de la naturaleza, protegiendo diversas especies florales y animales.

Además, los productos derivados de los viveros, como semillas, plantas de regeneración natural y estacas, son fundamentales para el consumo humano. Un ejemplo de esto se observa en México, donde se producen plantas en viveros forestales para apoyar los programas de reforestación. Sin embargo, hay bajos porcentajes de establecimiento de plantas en campo, lo que resalta la necesidad de prestar atención a los factores que determinan la supervivencia de las plantas (Rodríguez, 2016).

Es crucial contar con métodos y técnicas adecuadas para el manejo de los viveros. Según Hirozumi (2017), en la creación de viveros, la preparación del semillero es fundamental. Recomienda la desinfección del suelo con agua hervida, cal y ceniza, o con productos fitosanitarios de etiqueta verde, para evitar plagas y enfermedades. Las semillas deben distribuirse uniformemente y protegerse con paja para amortiguar el calor nocturno y protegerlas de aves. El riego debe ser diario, preferentemente en las primeras horas de la mañana y en las últimas de la tarde, evitando el encharcamiento.

### Manejo Orgánico del Vivero

#### Sustrato

El sustrato en la producción viverística es cualquier material sólido diferente del suelo, que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico, y que permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular (Pastor Sáenz, 1999). Los sustratos pueden ser químicamente inertes o activos, dependiendo de su capacidad para intervenir en la nutrición de la planta (González Cilia, 2013).

Para el vivero en el IST Quinindé, se utilizó un sustrato compuesto por 50% arena y 50% tierra, colocado en fundas de dos libras, para obtener plantas orgánicas de calidad y bajo costo. Este sustrato posee características esenciales como alta porosidad, textura fina, capacidad de retención de agua, limpieza y bajo costo.

#### Tierra de Monte

La tierra de rastrojo, abundante y de composición variable, se usa por su estructura y contenido de materia orgánica.

### Arena

La arena de río lavada se utiliza por su porosidad y menor contenido de sales, siendo ideal para el enraizamiento de las plántulas.

### Sacarosa

La aplicación de sacarosa, según Bonza, Pinzón, y Álvarez (2016), ayuda a prevenir el estrés por trasplante y mejorar la calidad y rendimiento de las plantas. En el vivero del IST Quinindé, se aplicaron tres cucharadas de panela disuelta en ocho litros de agua a las plántulas, obteniendo resultados positivos en prendimiento y adaptación.

### Microorganismos Eficientes

Los microorganismos eficientes (ME), amigables con el medio ambiente, reemplazan los agroquímicos, promoviendo el desarrollo de las plantas (Faife et al., 2020). En el vivero del IST Quinindé, se aplicó un litro de complejo de ME en una bomba de 20 litros, elaborado por los estudiantes, promoviendo bacterias beneficiosas y hongos de fermentación.

### Métodos de Propagación Utilizados

#### Propagación a Raíz Desnuda

Se colectaron plántulas en la comunidad Abdón Calderón y se transportaron a raíz desnuda al vivero, donde germinaron 1,201 Terminalia, 413 Pachaco y 212 Laurel.

#### Propagación por Semillas

Se colectaron aproximadamente 400 semillas de Guayacán en el IST Quinindé, de las cuales germinaron 355.

### Tasa de Mortalidad y Supervivencia de las Especies Forestales en el Vivero IST Quinindé

La tasa de supervivencia y mortalidad se calculó en función de las plantas germinadas o colectadas a raíz desnuda frente a las plantas sembradas (Aguirre et al., 2019). La Terminalia mostró el mayor nivel de mortalidad (17,17%), seguida por el Guayacán (11,25%), el Laurel (5,78%) y el Pachaco (2,82%). La tasa de supervivencia fue alta: Pachaco (97%), Laurel (94%), Guayacán (88,75%) y Terminalia (82,83%) (Tabla 1).

Tabla 1. Tasa de mortalidad de las Especies Forestales

Tipo de Planta	Plantas Sembradas	Germinadas/Raíz Desnuda	No Germinadas/Raíz Desnuda	% Supervivencia	% Mortalidad
Guayacán	400	355	45	88,75%	11,25%
Laurel	225	212	13	94,22%	5,78%
Pachaco	425	413	12	97,18%	2,82%
Terminalia	1,450	1,201	249	82,83%	17,17%
<b>TOTAL</b>	<b>2,500</b>	<b>2,181</b>	<b>319</b>	<b>87,24%</b>	<b>12,76%</b>

La Figura 1 muestra la relación entre plantas sembradas y germinadas, indicando un alto nivel de prendimiento con los métodos orgánicos utilizados.

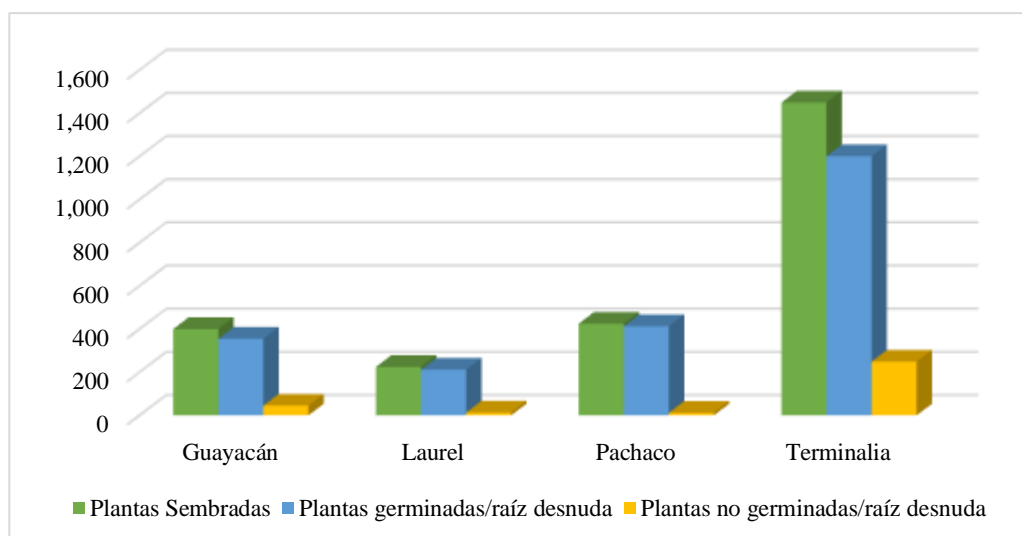


Figura 1. Relación entre plantas sembradas y germinadas

### Tasa de Crecimiento de las Plantas

La tasa de crecimiento de las especies forestales en el vivero IST Quinindé durante el IIPA 2021 mostró que el Pachaco tuvo la mayor tasa de crecimiento (70%), seguido por la Terminalia (47,37%), y finalmente el Guayacán y el Laurel (17,54% cada uno) (Tabla 2).

Tabla 2. Tasa de crecimiento de las Especies Forestales

Tipo de Planta	Tamaño Inicial (cm)	Tamaño Final (cm)	Tasa de Crecimiento
Guayacán	5	15	17,54%
Laurel	10	20	17,54%
Pachaco	20	60	70,18%
Terminalia	8	35	47,37%

### Problemática a Resolver con la Ejecución del Vivero

La implementación y caracterización del vivero forestal con manejo orgánico en las parcelas del IST Quinindé busca producir plantas propagativas de buena calidad y bajo costo, representando una alternativa para el desarrollo rural sostenible (López, 2009). Esta iniciativa responde a la problemática de deforestación, pérdida de biodiversidad y calentamiento global. Según López y Muñoz (2017), la tasa de deforestación en Ecuador es del 1%, con una expansión agrícola significativa que sobrepasa el uso de la tierra. La madera comercializada en el país es en un 50% ilegal, proveniente de bosques nativos.

El IST Quinindé apuesta por la reforestación de árboles maderables nativos, promoviendo un cambio en la matriz productiva del país. La provincia de Esmeraldas, afectada por la tala ilegal y la falta de planes de reforestación, requiere acciones urgentes. Es fundamental que el estado endurezca las leyes y fomente un cambio de mentalidad extractivista, promoviendo la actividad forestal planificada y sostenible para mitigar el calentamiento global y preservar los recursos naturales para las futuras generaciones.



## CONCLUSIONES

El uso de un sustrato compuesto por una proporción igual de tierra de monte y arena resultó ser altamente efectivo para la germinación y el prendimiento de las plántulas. Esta combinación ofreció un ambiente adecuado para el crecimiento inicial de las plantas.

La adición de sacarosa demostró ser beneficiosa al proporcionar energía a las plantas y mitigar el estrés del trasplante. Asimismo, el uso de microorganismos eficientes sustituyó con éxito a los productos químicos, promoviendo la presencia de bacterias fotosintéticas, bacterias ácido lácticas, levaduras, actinomicetos y hongos de fermentación, todos los cuales contribuyeron positivamente al crecimiento de las plantas.

La aplicación de prácticas de manejo orgánico en el vivero resultó en una alta tasa de germinación y crecimiento de las plántulas. Entre las especies estudiadas, el Pachaco mostró el mayor porcentaje de supervivencia con un 97% y una tasa de crecimiento del 70%. En contraste, la Terminalia presentó la tasa más alta de mortalidad con un 17.17% y una tasa de crecimiento del 47%. El Guayacán, aunque tuvo una tasa de supervivencia relativamente alta, mostró la tasa de crecimiento más baja con un 17.54%.

La implementación de un vivero forestal con manejo orgánico no solo contribuye a la conservación de especies nativas y la reforestación de áreas degradadas, sino que también representa una alternativa económica sostenible para la comunidad local. Este enfoque reduce la dependencia de productos químicos y promueve prácticas agrícolas ecológicas, mejorando la calidad del aire y proporcionando recursos forestales para futuras generaciones.

## REFERENCIAS

- Acosta Quispe, E. A. (2024). Sistema de gestión integral de los residuos orgánicos generados en las plazas del cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, periodo 2023-2024. (*Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi;(UTC)*).
- Acosta Quispe, E. A. (2024). Sistema de gestión integral de los residuos orgánicos generados en las plazas del cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, periodo 2023-2024. *Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi;(UTC)*.
- Aguirre, Z., Gaona, T., Granda, M., & Carrión, J. (2019). Sobrevivencia, mortalidad y crecimiento de tres especies forestales plantadas en matorral andino en el sur del Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*.
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2007). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación: . *Ecosistemas*, 16(1).  
<https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/133>.
- Batthyány, K., Cabrera, M., Alesina, L., Bertoni, M., Mascheroni, P., Moreira, N., & Rojo, V. (2011). Metodología de la investigación para las ciencias sociales: apuntes para un curso inicial. Montevideo, Uruguay.
- Bermúdez-Savòn, R. C.-O.-A. (2013). Una tecnología sostenible, aporte a la seguridad alimentaria. *Tecnología Química*, 33(2), 181-192.
- Bonza, M., Pinzón, E., & Álvarez, J. (2016). Efecto del nitrato de potasio y la sacorsa sobre el rendimiento de plantas de cebolla (*Allium cepa* L.) *Temas Agrarios*, 21(2).

- Chiriboga Moreno, G. L. (2012). Estudio de factibilidad para la creación de una pequeña empresa, productora y comercializadora de abono orgánico; a partir de los desechos de la caña de azúcar en la parroquia Imbaya, Cantón Antonio Ante, Provincia de Imbabura . (*Bachelor's thesis*).
- Cuesta, A. V. (2018). Análisis de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante descomposición aeróbica de residuos industriales en mezcla con residuos pecuarios. *Universidad Andina Simón Bolívar*.
- Faife, E., Roget, D., Fandiño, C., Pérez, I., De la Hoz, Y., Tortoló, K., & Michelena, G. (2020). Empleo de microorganismos eficientes como alternativa para el tratamiento de residuales. Revisión bibliográfica.
- FAO, P. y. (2020). *Nuevas variedades vegetales*. Perú.
- Galuzzo, A. M. (2011). INFLUENCIA DEL CONTROL DE LA HUMEDAD SOBRE LA POBLACIÓN DE LOMBRICES, LA ACTIVIDAD MICROBIANA Y LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL HUMUS PRODUCIDO EN EL SISTEMA DE LOMBRICULTURA.
- García, M. E. (2023). Elaboración de abono orgánico a base de lombriz roja californiana. *Estudios Agrarios*.
- González Cilia, C. (2013). Apuntes Técnicos para el Vivero Familiar. Mar del Plata: Ediciones INTA.
- Guevara Villamar, L. F. (2024). Análisis de crianza y reproducción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). *Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2024*.
- Hines, D. &. (2016). Vinculando la seguridad alimentaria y nutricional con la agricultura urbana y periurbana y el uso de energía sostenible. *CONSTRUYENDO CAMINOS HACIA LA GARANTÍA DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL EN COLOMBIA*.
- Hirozumi, K. (2017). Guía técnica: Manejo de viveros forestales. Ecuador.
- INTAGRI. (2020). *Cultivo de chile en México*. México.
- López, C. R.-A.-T.-L.-H. (2013). Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*): Influence of different organic substrates on earthworm (*Eisenia foetida*). . *Tecnociencia Chihuahua*, 7(2), 81-87.
- López, J. (2009). Manual de viveros: Producción de mudas de especies forestales. Proyecto JIRCAS 2007 / 2010. . Paraguay.
- López, N., & Muñoz, J. (2017). La producción forestal una actividad con alto potencial en el Ecuador requiere un cambio de visión. Volumen 7 N 1.
- Mamani Lima, W. (2016). Producción de humus de lombriz roja californiana (*eisenia foetida*) con alimentación de estiercoles de animales en el vivero forestal de la prelatura de Corocoro en Patacamaya provincia Aroma La Paz.
- Muñoz, H., Sáenz, J., Coria, V., Hernández, J., & Manzanilla, G. (2018). Calidad de planta en el vivero forestal La Dieta, Municipio Zitácuro. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6 (27), 78-89. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i27.282> . Michoacán, México.

- Nelson, M. J. (1986). *Aedes aegypti: Biología y ecología*. Washington. D.C.: Organización Panamericana de la Salud.
- Pastor Sáenz, J. (1999). Utilización de sustratos en Viveros. Redalyc.org, 231-235.
- Robles, J. N. (1995). El dengue en México: un problema prioritario de salud pública. *Salud Pública de México*, 13.
- Rodríguez, R. (2016). Manual de Prácticas de viveros forestales. . México.
- ROMERO, O. E. (2021). Lombricultura: práctica de aprovechamiento a partir de residuos orgánicos. *Notas de Campus*.
- Sánchez, G. E. (2012). Efectividad residual de temefos en una ciudad del sureste mexicano prevalente al dengue. *ScieELO*, 11.

## DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA VERMICULTURA EN EL CANTÓN QUININDÉ

Meza C.J.A.<sup>1</sup>; Cabrera A. M.<sup>1\*</sup>; Intriago M. F. <sup>1</sup>; Talledo V.D.<sup>2</sup>; Pastor L.F.J.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Superior Tecnológico Quinindé, Quinindé, Ecuador

<sup>2</sup>Escuela Superior Politécnica Agropecuaria "Manuel Félix López", Ecuador

<sup>3</sup>INIFAP – Campo Experimental La Laguna

\*[Jacbrera321@gmail.com](mailto:Jacbrera321@gmail.com)

### RESUMEN

En esta investigación se consideró la vermicultura, que implica el uso de lombrices para descomponer materia orgánica y producir abono de calidad. Este método ofrece beneficios económicos, ambientales y sociales, como la generación de abono orgánico, la reducción de desechos, el ahorro en abonos artificiales, ingresos adicionales y la promoción de la sostenibilidad. En Ecuador, la vermicultura ha ganado popularidad en comunidades agrícolas, siendo clave para la concienciación ambiental y sostenibilidad. El estudio se enfocó en analizar los costos de producción de vermicompost en Quinindé. La investigación siguió un enfoque cuantitativo exploratorio, empleando cuatro tipos de sustratos: musáceas, raquis de palma, desechos orgánicos y una mezcla de estos con estiércol. Se evaluaron la reducción del sustrato, reproducción de lombrices, costos de producción y precios de venta. Los resultados revelaron variaciones en la reducción del sustrato entre tratamientos, destacando el tratamiento con musáceas con el 66.1% y el tratamiento con estiércol de ganado con el 10.5%. La reproducción de lombrices también varió, el tratamiento con musáceas al 31% y el tratamiento con estiércol de ganado llegó al 134%. Los costos oscilaron, siendo musáceas los más económicos (\$18.20) y raquis de palma los más caros (\$27.82). El precio de venta, con un margen del 30%, se situó entre \$0.25 y \$0.37 por kg. Los resultados obtenidos en este estudio proporcionan información valiosa a los agricultores para que puedan planificar y gestionar sus proyectos de vermicultura, asegurando su rentabilidad y sostenibilidad a largo plazo.

**Palabras clave:** Vermicultura, sustrato, lombrices, sostenibilidad, costos.

### ABSTRACT

In this research, vermicomposting was considered, which involves the use of worms to decompose organic matter and produce quality compost. This method offers economic, environmental, and social benefits, such as generating organic compost, reducing waste, saving on artificial fertilizers, generating additional income, and promoting sustainability. In Ecuador, vermicomposting has gained popularity in agricultural communities, being key to environmental awareness and sustainability. The study focused on analyzing the production costs of vermicompost in Quinindé. The research followed an exploratory quantitative approach, using four types of substrates: musaceae, palm fronds, organic waste, and a mixture of these with manure. Substrate reduction, worm reproduction, production costs, and sales prices were evaluated. The results revealed variations in substrate reduction among treatments, with musaceae treatment showing 66.1% and livestock manure treatment showing 10.5% reduction. Worm reproduction also varied, with musaceae treatment at 31% and livestock manure treatment at 134%. Costs varied, with musaceae being the least expensive (\$18.20) and palm fronds being the most expensive (\$27.82). The selling price, with a 30% margin, ranged from \$0.25 to \$0.37 per kilogram. The findings of this study provide valuable

information to farmers to help them plan and manage their vermicomposting projects, ensuring their long-term profitability and sustainability.

**Keywords:** Vermicomposting, substrate, worms, sustainability, costs.

## INTRODUCCION

La vermicultura es una técnica de compostaje que emplea lombrices para descomponer materia orgánica y generar abono de alta calidad. En este proceso, se utilizan lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) para convertir residuos orgánicos, como restos de comida, hojas y papel, en un abono rico en nutrientes para las plantas (Guevara Villamar, 2024).

La vermicultura ofrece múltiples beneficios económicos, medioambientales y sociales. Algunos de los más destacados son:

**Producción de abono orgánico de alta calidad:** Este abono mejora la salud y productividad del suelo, siendo adecuado para cultivos, plantas ornamentales y otros usos que requieren fertilización (Bermúdez-Savón, 2013). **Reducción de residuos orgánicos:** La vermicultura contribuye a disminuir la cantidad de residuos generados en hogares, industrias y comercios, transformando estos desechos en alimento para las lombrices y, posteriormente, en abono orgánico (ROMERO, 2021).

**Ahorro de costos en la producción agrícola:** Al utilizar abono orgánico producido en este proceso, se reduce la dependencia de fertilizantes químicos, lo que genera un ahorro significativo en los costos de producción agrícola (Hines, 2016). **Generación de ingresos:** La producción de abono orgánico a través de la vermicultura puede convertirse en una fuente de ingresos para los productores, quienes pueden vender este abono a otros agricultores o al público en general (Chiriboga Moreno, 2012).

**Contribución a la sostenibilidad ambiental:** Al reducir los residuos orgánicos, la vermicultura ayuda a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo a la mitigación del cambio climático (Cuesta, 2018). En Ecuador, la vermicultura ha ganado popularidad en los últimos años, especialmente entre agricultores y comunidades locales. Esta técnica no solo permite reducir los residuos, sino que también mejora la calidad del suelo y la producción de cultivos (Acosta Quispe E. A., 2024). Existen iniciativas, como el Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas (PNMIP), que promueven la vermicultura como parte de su estrategia de manejo.

Varias empresas ecuatorianas han comenzado a producir y comercializar abonos orgánicos a base de lombrices, lo que refleja el potencial económico de esta práctica. Además, la vermicultura puede servir como herramienta educativa para fomentar la conciencia ambiental y la sostenibilidad en las comunidades (Acosta Quispe E. A., 2024). Los costos de producción son un aspecto muy importante para conocer la viabilidad económica de la vermicultura. Es esencial conocer los gastos asociados, que incluyen lombrices, sustratos, alimentación y mano de obra, para planificar y gestionar el proyecto de manera eficaz, garantizando su rentabilidad y sostenibilidad (García, 2023).

El objetivo del proyecto fue determinar los costos de producción del proceso de vermicultura en el cantón Quinindé. Se establecieron cuatro tipos de tratamientos o sustratos, identificándose los costos de los productos utilizados en cada uno y, a partir de esto, se calcularon los precios de venta del abono producido.

## MATERIALES Y METODOS

**Tipo:** Cuantitativo

**Nivel:** Exploratorio: Análisis de reducción, tanto del sustrato y el análisis de la tasa de multiplicación de la reproducción de las lombrices; el análisis de los costos asociados a la

producción de vermicompost; para ello, se identificó los costos que se generan, en las diferentes etapas del proceso productivo y el cálculo del precio de venta.

Técnica: Se estableció cuatro tipos de sustratos, cada uno con su repetición.

- Tratamiento 1 (T1A) y repetición (T1B) Sustrato de raquis y tallos tiernos de musáceas (100%)

- Tratamiento 2 (T2A) y repetición (T2B) Sustrato de raquis de palma aceitera (30%) y residuos orgánicos (70%).

- Tratamiento 3 (T3A) y repetición (T3B) Sustrato de residuos orgánicos (100%).

- Tratamiento 4 (T4A) y repetición (T4B). Sustrato de estiércol de ganado (30%) y residuos orgánicos (70%).

- A cada tratamiento y repetición se le asignó 1 kg de lombriz californiana.

Fórmulas utilizadas:

- Para el análisis de reducción del sustrato y de las lombrices en cada tratamiento se utilizó la siguiente fórmula:  $(\text{peso inicial} - \text{peso final}) / \text{peso inicial} * 100$ .

- Para el análisis de la tasa de multiplicación de las lombrices en cada uno de los tratamientos, se utilizó la fórmula:  $(\text{Peso final de lombrices} - \text{Peso inicial de lombrices}) / \text{Peso inicial de lombrices}$ .

- Para el análisis de los costos de producción por lb se utilizó la siguiente fórmula  $CT * MO (30\%) / 100$ .

- Para determinar el PVP se usó la siguiente fórmula:  $\text{costos de producción multiplicado por el 30\% de valor de la mano de obra y dividido para el peso final. } CP * MG (30\%) / PF$ .

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 1. Reducción del sustrato

La tasa de reducción de peso del sustrato indica cuanto peso perdió el sustrato en cada tratamiento en un periodo de 16 semanas, tiempo en el cual se desarrolló la investigación.

Para determinar la tasa de reducción se consideró las cantidades de peso inicial y peso final de sustrato (Tabla 1).

Tabla 1. Reducción de peso del sustrato por tratamiento

Tratamiento	Peso inicial sustrato	Peso final sustrato	Tasa de reducción de peso
T1A musáceas	276.1	93.64	66.10%
T1B musáceas	312.74	121.36	61.20%
T2A raquis de palma	295.1	97.27	67.00%
T2B raquis de palma	307.35	106.36	65.90%
T3A residuos orgánicos	219.12	92.73	57.90%
T3B residuos orgánicos	191.72	88.18	53.90%
T4A estiércol de bovino	191	135	10.50%
T4B estiércol de bovino	175.07	91.36	47.80%

Para musáceas, la tasa de reducción de peso del sustrato es similar en ambos tratamientos, pero ligeramente mayor en T1A. Para raquis de palma, la tasa de reducción de peso es similar en ambos tratamientos, con una ligera ventaja para T2A. Para residuos orgánicos, la tasa de

reducción de peso es mayor en el tratamiento T3A. Para estiércol de bovino, la tasa de reducción de peso es significativamente mayor en el tratamiento T4B.

El tratamiento que mostró mayor tasa de reducción fue T2A raquis de palma y el que menor tasa de reducción mostró fue el T4A estiércol de bovino.

Según (Galuzzo, 2011), con el control de la humedad en el cultivo de la lombriz, se logra un ahorro importante del agua, aumentando la eficiencia del cultivo y la mejora de las características químicas y biológicas del humus final producido.

## 2. Reproducción de lombrices californianas.

Para determinar el porcentaje de reproducción de las lombrices se consideró los pesos de lombrices inicial y final (Tabla 2).

Tabla 2. Tasa de multiplicación

Tratamiento	Peso inicial lombrices	Peso final lombrices	Tasa de multiplicación
T1A musáceas	1000	1310	31%
T1B musáceas	1000	3360	236%
T2A raquis de palma	1000	2090	7%
T2B raquis de palma	1000	1070	140%
T3A residuos orgánicos	1000	2400	-84%
T3B residuos orgánicos	1000	160	1%
T4A estiércol de bovino	1000	1010	1%
T4B estiércol de bovino	1000	2340	134%

La tasa de multiplicación indica cuánto crecieron las poblaciones de lombrices en un período de tiempo de 16 semanas, se puede observar que el estiércol de bovino (T4B) y las raquis de palma (T2B) presentaron las tasas más altas de multiplicación, con un 134% y un 140%, respectivamente. Lo cual indica que estos sustratos son altamente favorables para el crecimiento de las poblaciones de lombrices. Por otro lado, los residuos orgánicos en T3A presentaron una tasa de multiplicación negativa (-84%), lo que indica que la población de lombrices disminuyó en lugar de aumentar. Esto podría deberse a factores como una alimentación inadecuada, humedad excesiva, un manejo deficiente o la presencia de factores estresantes para las lombrices. Por lo tanto, es importante realizar un monitoreo constante y ajustar el proceso según sea necesario para lograr una producción eficiente y sostenible de las camas de lombricultura. (López C. R.-A.-T.-L.-H., 2013) indica que los resultados sugieren que la mejor mezcla para la adaptación, reproducción de la lombriz roja californiana y calidad en el lombricompost debe contener aserrín con estiércol de bovino más un inóculo de aserrín-melaza-lactobacilos de suero de leche

## 3. Costos de producción, margen de ganancia y precio de venta.

Los costos de producción están determinados por el costo de los materiales y la mano de obra (Tabla 3).



Tablas 3. Costo de producción, margen de ganancia y precio de venta.

Tratamiento	Insumos	Peso inicial	Unidad	Precio	Peso final	Costo promedio por tratamiento	Margen de Ganancia	Precio de venta por Kg
T1A Musáceas	Raquiz de musáceas	276.1	kg	6.07	93.64	21.11	23.66	0.25
	Agua	100	lt	2.5				
	Lombrices californianas	1	kg	5.5				
	Mano de obra	4.13	\$	4.13				
	Costo de producción			18.2				
T1B Musáceas	Raquiz de musáceas	312.74	kg	6.88	121.36			
	Agua	100	lt	2.5				
	Lombrices californianas	1	kg	5.5				
	Mano de obra	4.46	\$	4.46				
	Costo de producción			19.34				
T2A Ráquiz de palma	Desechos orgánicos	206.57	kg	4.55	97.27			
	Raquiz de palma	88.53	kg	8.85				
	Agua	100	lt	2.5				
	Lombrices californianas	1	kg	5.5				
	Mano de obra	6.42	\$	6.42				
	Costo de producción			27.82				
T2B Ráquiz de palma	Desechos orgánicos	215.15	kg	4.73	106.36			
	Raquiz de palma	92.21	kg	9.22				
	Agua	100	lt	2.5				
	Lombrices californianas	1	kg	5.5				
	Mano de obra	6.59	\$	6.59				
	Costo de producción			28.54				
T3A Desechos orgánicos	desechos orgánicos	219	kg	4.82	92.73			
	Agua	100	lt	2.5				
	Lombrices californianas	1	kg	5.5				
	Mano de obra	3.85	\$	3.85				
	Costo de producción			16.67				
T3B Desechos orgánicos	Desechos orgánicos	191.72	kg	4.22	88.18			
	Agua	100	lt	2.5				
	Lombrices californianas	1	kg	5.5				
	Mano de obra	3.67	\$	3.67				
	Costo de producción			15.89				
T4A Estiercol de ganado	Desechos orgánicos	133.7	kg	2.94	135			
	Estiercol de ganado	57.3	kg	5.73				
	Agua	100	lt	2.5				
	Lombrices californianas	1	kg	5.5				
	Mano de obra	5	\$	5				
	Costo de producción			21.67				
T4B Estiercol de ganado	Desechos orgánicos	122.55	kg	2.7	91.36			
	Estiercol de ganado	52.52	kg	5.25				

Agua	100	lt	2.5			
Lombrices californianas	1	kg	5.5			
Mano de obra	4.79	\$	4.79			
Costo de producción			20.74			

De acuerdo con los datos obtenidos, el tratamiento T4A obtuvo el mayor peso final (135 kg) y el tratamiento T3B obtuvo el menor peso final (88,18 kg). El tratamiento T2A tuvo el costo total más alto (27,82) y el tratamiento T1A tuvo el costo total más bajo (18,20). El tratamiento T2B tuvo el margen de ganancia más alto (37,10) y el tratamiento T1A tuvo el margen de ganancia más bajo (23,66).

En cuanto a los precios de venta, el tratamiento T2A tuvo el precio por kg más alto (0,37), mientras que el tratamiento T1A tuvo el precio por kg más bajo (0,25). El tratamiento T1A tuvo el precio por lb más bajo (0,11) y el tratamiento T2A tuvo el precio por lb más alto (0,17). El tratamiento T2A tuvo el precio por 100 lb más alto (16,90) y el tratamiento T1A tuvo el precio por 100 lb más bajo (11,48).

El margen de ganancia varía significativamente entre los diferentes tratamientos. El tratamiento T2B tuvo el margen de ganancia más alto (37,10), lo que significa que el precio de venta fue significativamente mayor que el costo total de producción. Por otro lado, el tratamiento T1A tuvo el margen de ganancia más bajo (23,66), lo que indica que el precio de venta fue sólo ligeramente superior al costo total de producción.

Los tratamientos de la palma se muestran más rentables, aunque también requieren una mayor inversión inicial en términos de insumos. Los tratamientos de musáceas tienen márgenes de ganancia más bajos, pero precios de venta por kg también más bajos. En este contexto (Mamani Lima, 2016) menciona que los costos de producción de humus dependen del proceso de crianza como: el material de construcción de la infraestructura, tipo de estiércoles alimentos, mano de obra, cantidad de lombrices utilizadas y otros gastos. Además, menciona que, con el fin de minimizar costos en la producción del humus a nivel familiar, se sugiere la utilización de un solo sustrato.

## CONCLUSIONES

Con respecto a la tasa de reducción de peso del sustrato, éste varía entre los diferentes tratamientos, siendo más efectiva en ciertos sustratos como raquis de palma (T2A). Por otro lado, el estiércol de bovino (T4A) mostró la menor tasa de reducción. Estos resultados sugieren que la elección del sustrato puede influir en la eficiencia del proceso de vermicultura.

La tasa de multiplicación de las lombrices también varía según el tratamiento, siendo más favorable en sustratos como el estiércol de bovino (T4B) y el raquis de palma (T2B). Por el contrario, los residuos orgánicos en T3A presentaron una tasa de multiplicación negativa, lo que destaca la importancia de las condiciones adecuadas para el crecimiento de las poblaciones de lombrices.

En cuanto a los costos de producción, margen de ganancia y precio de venta se observa que los tratamientos de raquis de palma son más rentables en términos de margen de ganancia, a pesar de requerir una inversión inicial más alta en insumos. Por otro lado, los tratamientos de musáceas presentan márgenes de ganancia más bajos y precios de venta por kg más reducidos. Estos resultados resaltan la importancia de considerar tanto los costos de

producción como los precios de venta al elegir el sustrato y planificar la producción de abono a través de la vermicultura.

## REFERENCIAS

- Acosta Quispe, E. A. (2024). Sistema de gestión integral de los residuos orgánicos generados en las plazas del cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, periodo 2023-2024. (*Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi;(UTC)*).
- Acosta Quispe, E. A. (2024). Sistema de gestión integral de los residuos orgánicos generados en las plazas del cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, periodo 2023-2024. *Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi;(UTC)*.
- Aguirre, Z., Gaona, T., Granda, M., & Carrión, J. (2019). Sobrevivencia, mortalidad y crecimiento de tres especies forestales plantadas en matorral andino en el sur del Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*.
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2007). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación: . *Ecosistemas*, 16(1).  
<https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/133>.
- Batthyány, K., Cabrera, M., Alesina, L., Bertoni, M., Mascheroni, P., Moreira, N., & Rojo, V. (2011). Metodología de la investigación para las ciencias sociales: apuntes para un curso inicial. Montevideo, Uruguay.
- Bermúdez-Savòn, R. C.-O.-A. (2013). Una tecnología sostenible, aporte a la seguridad alimentaria. *Tecnología Química*, 33(2), 181-192.
- Bonza, M., Pinzón, E., & Álvarez, J. (2016). Efecto del nitrato de potasio y la sacrosa sobre el rendimiento de plantas de cebolla (*Allium cepa* L.) *Temas Agrarios*, 21(2).
- Chiriboga Moreno, G. L. (2012). Estudio de factibilidad para la creación de una pequeña empresa, productora y comercializadora de abono orgánico; a partir de los desechos de la caña de azúcar en la parroquia Imbaya, Cantón Antonio Ante, Provincia de Imbabura . (*Bachelor's thesis*).
- Cuesta, A. V. (2018). Análisis de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante descomposición aeróbica de residuos industriales en mezcla con residuos pecuarios. *Universidad Andina Simón Bolívar*.
- Faife, E., Roget, D., Fandiño, C., Pérez, I., De la Hoz, Y., Tortoló, K., & Michelena, G. (2020). Empleo de microorganismos eficientes como alternativa para el tratamiento de residuales. Revisión bibliográfica.
- FAO, P. y. (2020). *Nuevas variedades vegetales*. Perú.
- Galuzzo, A. M. (2011). INFLUENCIA DEL CONTROL DE LA HUMEDAD SOBRE LA POBLACIÓN DE LOMBRICES, LA ACTIVIDAD MICROBIANA Y LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL HUMUS PRODUCIDO EN EL SISTEMA DE LOMBRICULTURA.

- García, M. E. (2023). Elaboración de abono orgánico a base de lombriz roja californiana. *Estudios Agrarios*.
- González Cilia, C. (2013). Apuntes Técnicos para el Vivero Familiar. Mar del Plata: Ediciones INTA.
- Guevara Villamar, L. F. (2024). Análisis de crianza y reproducción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). *Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2024*.
- Hines, D. &. (2016). Vinculando la seguridad alimentaria y nutricional con la agricultura urbana y periurbana y el uso de energía sostenible. *CONSTRUYENDO CAMINOS HACIA LA GARANTÍA DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL EN COLOMBIA*.
- Hirozumi, K. (2017). Guía técnica: Manejo de viveros forestales. Ecuador.
- INTAGRI. (2020). *Cultivo de chile en México*. México.
- López, C. R.-A.-T.-L.-H. (2013). Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*): Influence of different organic substrates on earthworm (*Eisenia foetida*). . *Tecnociencia Chihuahua*, 7(2), 81-87.
- López, J. (2009). Manual de viveros: Producción de mudas de especies forestales. Proyecto JIRCAS 2007 / 2010. . Paraguay.
- López, N., & Muñoz, J. (2017). La producción forestal una actividad con alto potencial en el Ecuador requiere un cambio de visión. Volumen 7 N 1.
- Mamani Lima, W. (2016). Producción de humus de lombriz roja californiana (*eisenia foetida*) con alimentación de estiercoles de animales en el vivero forestal de la prelatura de Corocoro en Patacamaya provincia Aroma La Paz.
- Muñoz, H., Sáenz, J., Coria, V., Hernández, J., & Manzanilla, G. (2018). Calidad de planta en el vivero forestal La Dieta, Municipio Zitácuaro. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6 (27), 78-89. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i27.282> . Michoacán, México.
- Nelson, M. J. (1986). *Aedes aegypti: Biología y ecología*. Washington. D.C.: Organización Panamericana de la Salud.
- Pastor Sáenz, J. (1999). Utilización de sustratos en Viveros. *Redalyc.org*, 231-235.
- Robles, J. N. (1995). El dengue en México: un problema prioritario de salud pública. *Salud Pública de México*, 13.
- Rodríguez, R. (2016). Manual de Prácticas de viveros forestales. . México.
- ROMERO, O. E. (2021). Lombricultura: práctica de aprovechamiento a partir de residuos orgánicos. *Notas de Campus*.
- Sánchez, G. E. (2012). Efectividad residual de temefos en una ciudad del sureste mexicano prevalente al dengue. *ScieELO*, 11.

## PROCESO DE SOLARIZADO PARA REDUCCION DE CARGA MICROBIANA EN ESTIERCOL BOVINO

Gallegos R. M. A<sup>1</sup>; Sánchez G. L. G<sup>1</sup>; González S. U<sup>1</sup>; Castellanos P. E<sup>1</sup>; Sánchez L. R<sup>1</sup>,  
Ayala N. C<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, Ejido  
Venecia, Durango, C P 35110.  
Email: [garoma64@hotmail.com](mailto:garoma64@hotmail.com)

### RESUMEN

En la agricultura el estiércol bovino se considera una fuente importante de nutrientes para las plantas, aporta materia orgánica al suelo y mejora las propiedades físico-químicas del suelo, sin embargo, se debe hacer un uso sustentable del mismo dado que altas dosis de aplicación incorporan altas dosis de sales lo cual aumenta la conductividad eléctrica del suelo, así mismo, la aplicación de estiércol sin tratar aumenta el riesgo de incorporar microorganismos patógenos al suelo que puedan estar presentes de forma natural en el estiércol. Con base a esto último, el presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de observar la reducción a través del tiempo de microorganismos patógenos presentes en el estiércol bovino mediante la técnica del solarizado. El experimento se llevó a cabo durante el periodo de septiembre-octubre del 2022. El estiércol bovino que se utilizó en el estudio se colectó en el establo de la Facultad de Agricultura y Zootecnia. Las pilas de estiércol midieron 2 m de largo por 1 m de ancho y 1 m de alto y para el proceso de solarizaron las pilas fueron cubiertas con plástico transparente sin albedo. Los análisis de microbiológicos y el cálculo de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) se realizaron cada 15 días durante tres fechas. Con ayuda de un termómetro tipo reloj se estuvo monitoreando la temperatura de las pilas de forma diaria. Los tratamientos fueron las tres fechas de muestreo. El diseño experimental fue completamente al azar (DCA) con seis repeticiones y la prueba de comparación de medias fue con DMS. Los resultados mostraron diferencias altamente significativas en las fechas de muestreo respecto al número de UFC/g de estiércol. En el primer muestreo (estiércol sin solarizar aún) se observó una carga microbiana de 88333 UFC/g, en el segundo muestreo de 3500 UFC/g y en el tercer muestreo de 300 UFC/g. La temperatura máxima alcanzada en los primeros 15 días del solarizado fue de 55 °C y en los siguientes 15 días fue de 57 °C. No se detectó la presencia de *Salmonella* en el estiércol analizado. Se concluye que la temperatura alcanzada durante el proceso del solarizado fue adecuada para lograr el objetivo de la reducción de carga microbiana.

**Palabras clave:** Estiércol, solarizado, microorganismos, UFC

### ABSTRACT

In agriculture, bovine manure is considered an important source of nutrients for plants, it provides organic matter to the soil and improves the physical-chemical properties of the soil, however, it must be used sustainably since high application doses incorporate high doses of salts which increase the electrical conductivity of the soil, likewise, the application of untreated manure increases the risk of incorporating pathogenic microorganisms into the soil that may be naturally present in the manure. Based on the latter, the present research work was carried out with the aim of observing the reduction over time of pathogenic microorganisms present in bovine manure using the solarization technique. The experiment was carried out during the period of September-October 2022. The bovine manure used in the study was collected in the stable of the Faculty of Agriculture and Animal Husbandry. The manure piles measured 2 m long by 1 m wide and 1 m high and for the solarization process the piles were covered with transparent plastic without albedo. The microbiological analyses and the calculation of Colony

Forming Units (CFU) were carried out every 15 days for three dates. Using a clock-type thermometer, the temperature of the piles was monitored daily. The treatments were the three sampling dates. The experimental design was completely randomized (DCA) with six repetitions and the test for comparing means was with DMS. The results showed highly significant differences in the sampling dates with respect to the number of CFU/g of manure. In the first sampling (manure not yet solarized) a microbial load of 88,333 CFU/g was observed, in the second sampling of 3,500 CFU/g and in the third sampling of 300 CFU/g. The maximum temperature reached in the first 15 days of solarization was 55 °C and in the following 15 days it was 57 °C. The presence of *Salmonella* was not detected in the manure analyzed. It is concluded that the temperature reached during the solarization process was adequate to achieve the objective of reducing the microbial load.

**Key words:** Manure, solarized, microorganisms, UFC

## INTRODUCCION

La Comarca Lagunera es la principal cuenca lechera de México con cerca de 500 000 cabezas de ganado bovino que excretan alrededor de 1 200 000 Mg año<sup>-1</sup> (Salazar et al., 2013). El estiércol bovino contiene cerca del 1.5 % de nitrógeno y ha sido utilizado desde tiempos remotos como fertilizante y su influencia sobre la fertilidad del suelo ha sido demostrada. La composición química del estiércol, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo, presentan variaciones según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad. Los beneficios del uso de abonos orgánicos son muy amplios, ya que además de aportar MO y nutrimentos al suelo, se ha demostrado que pueden prevenir, controlar e influir en la severidad del ataque de patógenos del suelo (Pedroza-Sandoval y Samaniego-Gaxiola, 2003). Desafortunadamente, aunque en casos limitados, el estiércol directo aplicado sin tratamiento desinfectante ha sido señalado como transmisor de patógenos en hortalizas frescas por lo que se recomienda tratarlo antes de su utilización en los cultivos. Estos materiales constituyen un importante reservorio de bacterias patógenas al humano como *Salmonella sp.*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 y otras (Larney et al., 2003). Schamberger and Diez-González (2004) encontraron cepas de *Escherichia coli* en 20% de las heces de ganado vacuno examinadas. Larney et al. (2003) encontró que *E. coli* O157:H7 sobrevivió por más de un año en una pila de estiércol ovino expuesta a condiciones ambientales. Los dos tipos de tratamiento de estiércol más importantes son el compostaje y la solarización (Ruiz et al., 2018). En ambos casos, el calor generado durante el proceso elimina una gran cantidad de microorganismos patógenos presentes en el material. Los objetivos de este trabajo fueron: evaluar el efecto del solarizado en la reducción de la carga microbiana en estiércol bovino, estimar la reducción de la carga microbiana presente en el estiércol bovino y estimar el umbral de temperatura alcanzada en el proceso de solarizado.

## MATERIALES Y METODOS

La parte experimental de la investigación se llevó a cabo la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED) Facultad de Agricultura Y Zootecnia ubicada en el ejido Venecia, municipio de Gómez Palacio, Durango, durante el periodo de septiembre-octubre del 2022. Este ejido se ubica en el km 30 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, entre 25°46' 56" N y 103°21' 02" O. El estiércol bovino que se utilizó en el estudio se colectó en el establo de la misma facultad. Las pilas de estiércol se construyeron con dimensiones 2 m de largo por 1 m de ancho y 1 m de alto. Para llevar a cabo el proceso de solarizaron las pilas fueron cubiertas con plástico transparente sin albedo el cual tenía las siguientes características: fabricado por la empresa Plastoza, S.A. del Estado de México, cuya descripciones es PLANAT 180 x 1000

/ 100 (1.8 m de ancho, 1000 m de largo) y 100  $\mu$  de grosor y transparente. Los muestreos para los análisis de microbiológicos y de cálculo de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) se realizaron cada 15 días durante tres fechas. La muestra inicial de estiércol se tomó el día 02 del mes de septiembre del 2022 previo a cubrir el estiércol con el plástico para determinar la carga microbiana inicial. El segundo muestreo se tomó el día 17 de septiembre y el tercero el día 02 de octubre 2022. Con ayuda de un termómetro tipo reloj se estuvo monitoreando la temperatura de la pila de forma diaria, mediante la inserción del sensor en el estiércol a una profundidad de 30 cm. Para el análisis de *Salmonella* sp., en cada muestreo y en cada repetición se tomaron 100 g de estiércol, de estos 100 g se tomó 1 gr de estiércol y se colocó en 9 ml de solución de NaCl (0.85%), una vez que las muestras de estiércol se agitaron y estabilizaron, se pasó 1 ml de esta solución a 9 ml de agua peptonada bufferada (APB). Las muestras se homogenizaron manualmente por 2 min y se pusieron a incubar a 35 +/- 2°C por 20-24 horas. Transcurrido este tiempo se pasaron 1 ml en 9 ml de caldo Tetrationato (TT) y 1 ml en 9 ml de caldo Rappaport Vassiliadis modificado (mRV por sus siglas en ingles). Se incubaron a 42 +/- 0.5 °C por 18-24 h. A partir de estos medios de cultivo se efectuó una siembra en medio selectivo de agar verde Brillante con Sulfadiazina (BGS por sus siglas en inglés). Se usó una sola asa y placa por muestra. Las placas se pusieron a incubar a 35+- 2 °C por 24 h. Después de este tiempo se examinó el crecimiento de las placas. Las placas que no presentaron crecimiento se volvieron a incubar otras 18-24h y se volvieron a examinar. Para la detección de morfología colonial en agar BGS, se seleccionaron las colonias de color rosa y opaco con apariencia tersa y rodeada por un halo de color rojo. Los tratamientos fueron las tres fechas de muestreo. Los datos se analizaron en un diseño experimental fue completamente al azar (DCA) con seis repeticiones y comparación de medias con DMS a un nivel de significancia de 95% ( $p < 0.05$ ). Se utilizó el software SAS versión 8.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el análisis de varianza (cuadro 1) se puede apreciar que hubo diferencias altamente significativas en la fuente de variación muestreo, lo cual señala que existieron diferencias altamente significativas en las fechas de muestreo respecto al número de UFC que se estimaron en cada uno de los muestreos.

Cuadro 1. Procedimiento ANOVA. Variable dependiente: Log10 de UFC

Fuente	GL	Suma de Cuadros	de Cuadros medios	F-Valor	Pr > F
Rep	5	1.322	0.2644	1.54	0.2621
Muestreo	2	14.893	7.4469	43.37	< 0.0001
Error	10	1.716	0.1716		
Total	17	17.933			
R-cuadrado	0.9042				
Coef. Var.	11.91				

Los valores más altos de UFC se observaron en el primer muestreo que correspondió al estiércol previo al tratamiento de solarizado, con valores que oscilaron de  $10^4$  a  $3.2 \times 10^4$  (cuadro 2). El valor promedio estimado en este primer muestreo fue de 88333 UFC/g de estiércol. De acuerdo con Heinonen-Tanski *et al.*, (2006) las heces frescas pueden contener un gran número de bacterias, las cuales pueden alcanzar niveles desde  $10^9$  hasta  $10^{10}$  UFC/g. En el segundo muestreo los valores de UFC oscilaron de  $10^3$  a  $7 \times 10^3$  con un valor promedio estimado de 3500 UFC/g de estiércol. En el tercer muestreo los valores de UFC oscilaron de  $10^2$  a  $5 \times 10^2$  con un valor promedio estimado de 300 UFC/g de estiércol.

Cuadro 2. Concentración de datos de conteos directos por dilución, cálculos de Unidades Formadoras de Colonias (UFC/g de estiércol) y transformaciones logarítmicas base 10.

Muestreo	Muestra	D0	D1	D2	D3	D4	UFC/g	Log 10	Prom Log 10	Prom UFC
M1	R1	8	5	1	1	0	10000	4	4.6	88333
M1	R2	90	70	46	9	3	90000	4.9		
M1	R3	23	10	3	2	0	20000	4.3		
M1	R4	100	62	43	8	0	80000	4.9		
M1	R5	36	11	13	1	1	10000	4		
M1	R6	98	57	45	32	5	320000	5.5		
M2	R1	25	11	1	1	0	1000	3	3.4	3500
M2	R2	32	8	3	0	0	3000	3.4		
M2	R3	36	4	4	4	2	4000	3.6		
M2	R4	35	10	1	0	1	1000	3		
M2	R5	43	23	7	3	1	7000	3.8		
M2	R6	46	21	5	4	3	5000	3.6		
M3	R1	2	1	1	0	0	100	2	2.3	300
M3	R2	7	4	0	0	0	400	2.6		
M3	R3	13	5	0	0	0	500	2.6		
M3	R4	21	5	0	0	0	500	2.6		
M3	R5	2	1	0	0	0	100	2		
M3	R6	2	2	0	0	0	200	2.3		

El cuadro 3 muestra los valores medios en UFC/g de estiércol y transformados a Log 10, donde se observa que el valor más alto se presentó en el primer muestreo que corresponde al estiércol sin tratar, previo al proceso de solarización; del primero al segundo muestreo se contabilizó una reducción de 84833 UFC, y del segundo al tercer muestreo una reducción de 3200 UFC. La reducción de las UFC a través de los muestreos señala la eficacia del solarizado. Berry y Miller (2005), indican que la humedad y las temperaturas en el solarizado son un factor que contribuye a reducir la presencia de *Escherichia coli*. La resistencia térmica de los microorganismos aumenta con la disminución del contenido de humedad, así mismo, a medida que la célula se calienta, las moléculas de agua comienzan a vibrar y esta vibración rompe los enlaces disulfuro y los enlaces de hidrógeno en las proteínas, lo que puede alterar las configuraciones tridimensionales e impedir la correcta función de la proteína. A menor cantidad de agua presente, estas vibraciones se reducen, disminuyendo la desnaturalización de proteínas por este mecanismo, aumentando la resistencia de los microorganismos (Vázquez *et al.*, 2011).

Cuadro 3. Comparación de medias en UFC y Log 10 por muestreo.

Muestreo	N	Media UFC/g	Media log 10	Clasificación
1	6	88333	4.61	A
2	6	3500	3.43	B
3	6	300	2.38	C
DMS = 0.533				

Muestreos con letras iguales no son diferentes estadísticamente.



La transformación a Log 10 de las UFC mostró una respuesta lineal negativa en función del tiempo del proceso de solarizado (figura 1). La reducción logarítmica es un término matemático que se utiliza para expresar el número relativo de microbios vivos eliminados por un desinfectante, físico o químico, en este caso la temperatura (Randive, 2023).

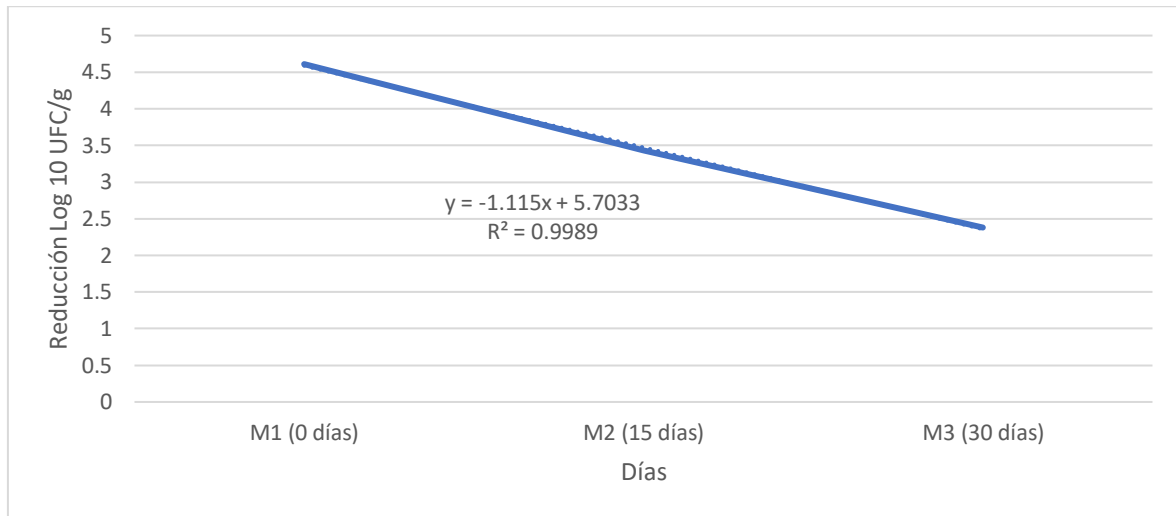


Figura 1. Reducción logarítmica base 10 de las UFC a través de tres muestreos.

La figura 2 muestra la reducción de microorganismos en UFC/g de estiércol. En los primeros 15 días es donde se observó la mayor reducción con un valor de 84833 UFC; en los siguientes 15 días la reducción fue de 3200 UFC.

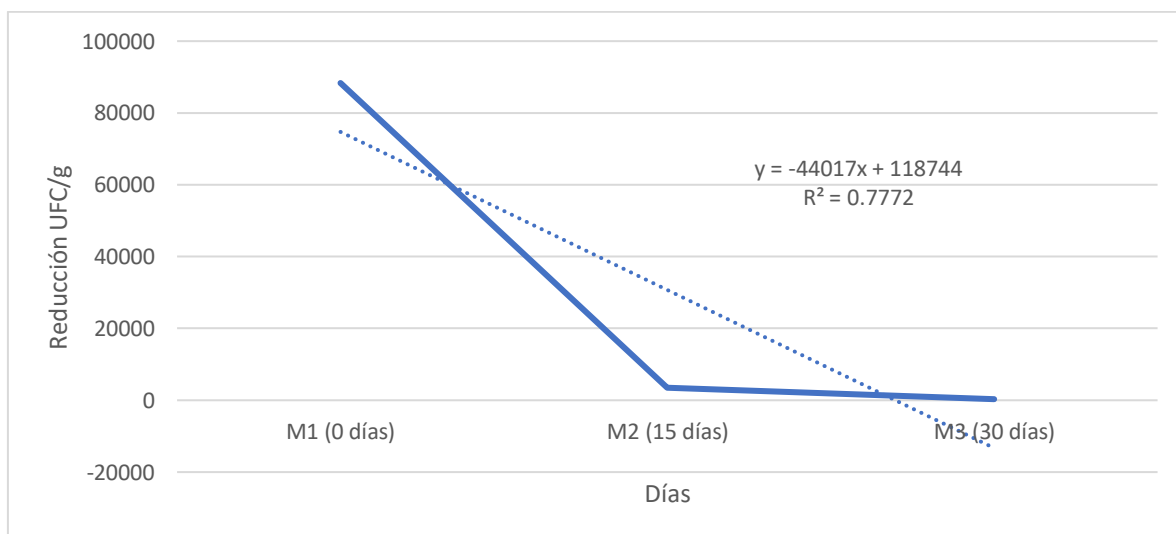


Figura 2. Reducción de las UFC a través de tres muestreos.

En el solarizado la reducción de la carga microbiana es dependiente de la temperatura que se alcance dentro de la masa de estiércol, en este sentido se puede observar en la figura 3 que la temperatura máxima alcanzada en los primeros 15 días del solarizado fue de 55 °C y en los siguientes 15 días fue de 57 °C. De acuerdo con la Universidad de Nebraska-Lincoln (2023), la mayoría de los microorganismos considerados como patógenos son destruidos durante el proceso de compostaje cuando se alcanza una temperatura de 54.4 °C. Las temperaturas

máximas alcanzadas en este trabajo son similares a las alcanzadas por Parra (2008) en un trabajo de compostaje

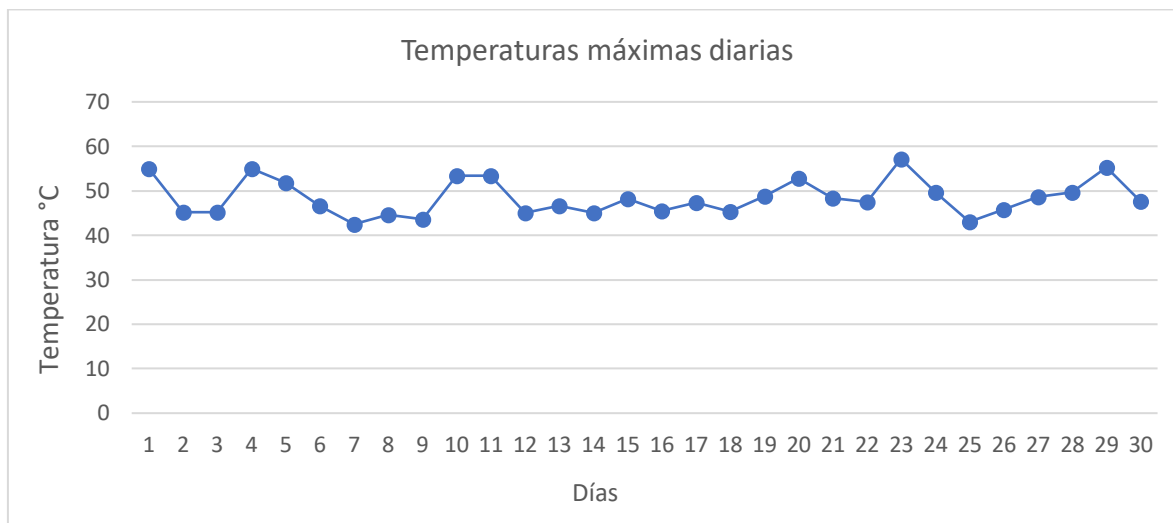


Figura 3. Temperaturas máximas alcanzadas durante 30 días del mes de septiembre.

Respecto a la presencia de *Salmonella* en las muestras de estiércol, los resultados fueron negativos. Una posible explicación a estos resultados negativos puede ser lo señalado por Coe *et al* (2023) que es debido al uso de antibióticos en las explotaciones pecuarias, que históricamente se les da a los animales en su alimentación como una medida preventiva amplia para promover un ganado saludable.

### CONCLUSIONES

El valor alto inicial de las UFC en el primer muestreo demuestra que el estiércol posee una alta carga microbiana. El proceso de solarizado generó una respuesta lineal negativa en la reducción de la carga microbiana, lo cual lo constituye en una opción adecuada para tal propósito. La reducción de la carga microbiana está en función de la temperatura alcanzada en la masa de estiércol y del tiempo que dure el proceso. La temperatura alcanzada durante el proceso del solarizado fue adecuada para lograr el objetivo de la reducción de carga microbiana. No se detectó la presencia de *Salmonella* en los análisis, posiblemente debido al uso de antibióticos en la salud animal de las vacas de donde se obtuvo el estiércol.

### REFERENCIAS

- Berry ED and DN, Miller. 2005. Cattle Feedlot soil moisture and manure content: Impact on Escherichia Coli 0157. *Journal Environ. Qual.*, 34:656-663.
- Coe, S., Balogun, B., Sutherland, N. 2023. The use of antibiotics on healthy farm animals and antimicrobial resistance. Commons Library Debate Pack, 13 January 2023. <https://researchbriefings.files.parliament.uk/documents/CDP-2023-0012/CDP-2023-0012.pdf>
- Heinonen-Tanski, V., Mohammed Mohaibes., Päivi Karinen., Jari Koivunen. 2006. Methods to reduce pathogen microorganisms in manure. *Livestock Science*. Volume 102, Issue 3, July 2006, Pages 248-255.
- Larney, F.; Jay, Y. L.; Miller, J. and Mc Allister, T. 2003. Fate of coliform bacteria in composted beef cattle feedlot manure. *J. Environ. Quality*. 32(6):1508-1515.
- Parra Oviedo, C. 2008. Caracterización de poblaciones microbianas en dos tipos de estiércol, durante el proceso de compostaje. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al

- título de Microbióloga Agrícola y Veterinaria. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, carrera de Microbiología Agrícola y Veterinaria. Bogotá, D. C.
- Pedroza-Sandoval A y Samaniego-Gaxiola J. A. 2003. Efecto del Subsoleo, Materia Orgánica y Diferentes Variedades en el Patosistema del Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología*, vol. 21, núm. 3, pp. 272-277.
- Randive, R. 2023. What is Log Reduction? <https://klaran.com/what-is-log-reduction>
- Ruiz, C.; Russian, T.; Domingo, T. 2007. Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de la cebolla. *Agronomía Tropical*. 57: 7-14.
- Salazar-Sosa, E.; Héctor Idilio Trejo-Escareño, H.; López-Martínez J.D.; Vázquez-Vázquez C.; Serrato-Corona J.S.; Orona-Castillo I. y Flores-Márquez J.P. 2013. Efecto residual de estiércol bovino sobre el rendimiento de maíz forrajero y propiedades del suelo. *Terra Latinoam* [online]. vol.28, n.4, pp.381-390. ISSN 2395-8030.
- Schamberger, G. P And Diez-Gonzalez, F. 2004. Characterization of Colicinogenic *Escherichia coli* Strains Inhibitory to Enterohemorrhagic *Escherichia coli*. *Journal of Food Protection*, Vol. 67, No. 3: 486–492.
- Universidad de Nebraska-Lincoln. 2023. Institute of Agriculture and Natural Resources. Pathogens and Organic Matter. <https://water.unl.edu/article/animal-manure-management/pathogens-and-organicmatter#:~:text=Composting%20livestock%20manure%20for%20several,most%20unwanted%20pathogens%20and%20parasites>.
- Vázquez-Vázquez C.; García-Hernández J.L.; Salazar-Sosa E.; López-Martínez J.D.; Valdez-Cepeda R.D.; Orona-Castillo I.; Gallegos-Robles M.A. y Preciado-Rangel P. 2011. Aplicación de estiércol solarizado al suelo y la producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). *Rev. Chapingo Ser.Hortic* vol.17

## EFFECTO DE DOS TIPOS DE VERMICOMPOST EN RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL CILANTRO (*Coriandrum sativum*)

Ayala N.C<sup>1</sup>; Gallegos R. M. A<sup>1\*</sup>; González M. A<sup>1</sup>; González S. U<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, Ejido Venecia, Durango, C P 35110.

Email: [garoma64@hotmail.com](mailto:garoma64@hotmail.com)

### RESUMEN

El cilantro (*Coriandrum sativum*) es una planta ampliamente cultivada y valorada tanto por sus usos culinarios como por sus propiedades nutraceuticas, especialmente en la gastronomía mexicana. Este estudio evaluó el impacto de diversos tratamientos de fertilización orgánica, utilizando vermicompost y lixiviados derivados de estiércol y residuos orgánicos domésticos, en la concentración de nutrientes y altura de los tallos de cilantro, así como en la cantidad de microorganismos presentes en dichos fertilizantes orgánicos. Los resultados indicaron diferencias significativas en la concentración de nutrientes entre los tratamientos. Específicamente, los tratamientos T4 y T6, que combinaron vermicompost y lixiviados de residuos domésticos, mostraron las mayores concentraciones de P. Mientras que T1, T3 y T5 base estiércol tuvieron la mayor concentración de Ca, y el T1 base estiércol presentó la mayor concentración de Fe. En términos de crecimiento, los tratamientos con vermicompost y lixiviados resultaron en plantas significativamente más altas que el control, con el tratamiento T6 alcanzando la mayor altura a los 60 días. Adicionalmente, el análisis de microorganismos reveló que los fertilizantes orgánicos influyen notablemente en la cantidad de bacterias y hongos presentes. El tratamiento T3, con lixiviado base estiércol, tuvo el mayor conteo de bacterias, mientras que el tratamiento T2, con vermicompost de residuos domésticos, presentó la mayor cantidad de hongos. Los resultados que se presentan subrayan que los fertilizantes orgánicos no solo mejoran la disponibilidad de nutrientes y el crecimiento del cilantro, sino que también promueven una diversidad microbiana saludable en el suelo, por lo que la aplicación de vermicompost y lixiviados representa una estrategia eficaz para optimizar la calidad nutricional y el rendimiento del cilantro, contribuyendo así a prácticas agrícolas más sostenibles y productivas.

### Palabras clave

Vermicompostaje, Estiércol, Residuos domésticos, Lixiviado, Microorganismos, Propiedades nutraceuticas.

### ABSTRACT

Cilantro (*Coriandrum sativum*) is a widely cultivated plant valued for both its culinary uses and nutraceutical properties, particularly in Mexican cuisine. This study evaluated the impact of various organic fertilization treatments, using vermicompost and leachates derived from manure and household organic waste, on the nutrient concentration and stem height of cilantro, as well as on the quantity of microorganisms present in these organic fertilizers. The results indicated significant differences in nutrient concentration among the treatments. The results indicated significant differences in the concentration of nutrients between treatments. Specifically, T4 and T6 treatments, which combined vermicompost and leachate of domestic waste, showed the highest concentrations of P. While T1, T3 and T5 based on manure had the highest concentration of Ca, and the T1 based on manure presented the greatest concentration of Fe. In terms of growth, treatments with vermicompost and leachates resulted

in significantly taller plants compared to the control, with treatment T6 reaching the greatest height at 60 days. Additionally, the microorganism analysis revealed that organic fertilizers notably influence the amount of bacteria and fungi present. Treatment T3, with manure-based leachate, had the highest bacterial count, while treatment T2, with household waste vermicompost, presented the highest amount of fungi. The results presented underline that organic fertilizers not only improve nutrient availability and cilantro growth but also promote a healthy microbial diversity in the soil, making the application of vermicompost and leachates an effective strategy to optimize the nutritional quality and yield of cilantro, thereby contributing to more sustainable and productive agricultural practices.

### Key words

Vermicomposting, Manure, Household waste, Leachate, Microorganisms, Nutraceutical properties.

## INTRODUCCIÓN

En el norte de México, las estadísticas indican que diariamente en el estado de Durango, la generación per cápita promedio de residuos sólidos es de 1.3 kg/hab y en Coahuila, la cifra es de 0.895 kg/hab al día. De dichos residuos sólidos urbanos, el 46.42% corresponde a residuos orgánicos (INECC, 2022). Por otra parte, se estima que, a nivel nacional, 102,895.00 toneladas de residuos son generadas diariamente y de esta cantidad, únicamente el 9.63% se recicla (SEMARNAT, 2017). El Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos (DBGIR) indica que más del 77% de aquellos generados a nivel nacional podrían aprovecharse, sin embargo, solamente el 6.2% de los residuos orgánicos son separados para su debida gestión (SEMARNAT, 2022). Dentro de los residuos orgánicos mayormente generados en la zona norte del país, se encuentra el estiércol proveniente del sector pecuario. Específicamente en la Comarca Lagunera, se registra una producción de estiércol de ganado bovino de 842 mil toneladas anuales en peso seco (Figueroa *et al.*, 2015). Según datos otorgados por la SAGARPA, la región ya contaba con 468,000 cabezas de ganado bovino en el 2017 y en promedio, cada cabeza de ganado produce un estimado de entre 50 y 60 kg de excretas frescas, lo que se traduce en ocho kg de estiércol seco por cabeza al día.

Debido a las cifras anteriores, este estudio está enfocado en la comparación entre vermicompost a base de residuos orgánicos domésticos y vermicompost a base de estiércol, ya que, al ser gestionados correctamente, los residuos sólidos que se generan a partir de actividades humanas, representan un área de oportunidad y la reducción de impactos negativos en el ambiente (Aguilar *et al.*, 2018). El proceso de vermicompostaje fomenta prácticas agrícolas sostenibles ya que implica la conversión de residuos en material útil (Karwal y Kaushik, 2020). De este resultan bioproductos conocidos como humus y lixiviado, cuyo contenido de microorganismos y elementos esenciales, incrementa el rendimiento y productividad de las plantas (Calero *et al.*, 2020).

Con la finalidad de evaluar el efecto de ambos tipos de vermicompost, el enfoque de experimentación se dirige hacia uno de los cultivos mayormente consumidos en México: el cilantro (*Coriandrum sativum*). Tan solo en el estado de Puebla, se cultivan anualmente 2,380 ha, que generan un volumen de producción de 19,557.74 t/año de cilantro (Tibaduiza, 2018). La importancia del cultivo en cuestión recae en que es fuente de compuestos antioxidantes, como vitamina C, así como también de nutrientes minerales esenciales como hierro (Fe), calcio (Ca) y fósforo (P), que son componentes que conforman la base de la salud humana (Jamanca y Alfaro, 2017). Por consiguiente, el objetivo principal de este trabajo es contrastar

el efecto de los abonos orgánicos provenientes de dos tipos de vermicompost, en el contenido nutrimental y rendimiento del cilantro y cuantificar la flora microbiana presente en los sustratos utilizados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, ubicada en el Km. 35 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, ejido Venecia, con coordenadas: 25°46'56" Latitud N; 103°21'02" Longitud W. La zona se caracteriza por su clima árido. La estimación de temperatura y precipitación media anual es de 29°C y 247 mm, respectivamente. La humedad media es del 42% y el índice UV promedio es 6. Durante el periodo primaveral del 2023, el área designada para la experimentación en la Universidad se situó dentro de una malla sombra blanca, para mayor control de condiciones.

Se instalaron dos vermicomposteras plásticas dentro de la malla sombra, donde fueron colocados los pies de cría con 100 lombrices californianas cada uno y los dos tipos de residuos orgánicos a estudiar. El establecimiento del cultivo se llevó a cabo en octubre de 2023. Se utilizaron 21 macetas de cerámica que fueron rellenas con sustrato conformado por arena, como material inerte y vermicompost a una relación de 60:40, según Moreno *et al.* (2014). En volumen, 12 litros de arena desinfectada, cuatro litros de vermicompost base estiércol y cuatro base residuos domésticos. La arena fue desinfectada durante 30 min con hipoclorito de sodio en relación de 190 ml por 19 L de agua. Luego de esto, la arena fue lavada únicamente con agua y colocada en un contenedor para su secado. Para medir la proporción del sustrato, se dividieron los sustratos en dos cubetas y a cada una se le agregaron seis litros de arena y cuatro litros de vermicompost a base de residuos orgánicos domésticos y a base de estiércol, respectivamente. Tres de las macetas, fueron llenadas únicamente con arena desinfectada, como testigo negativo. Se llevó a cabo una rotulación para mantener el orden en el experimento y para proceder con la siembra al voleo de semillas de cilantro de la variedad Liderth.

Se utilizó un sistema de riego por goteo por gravedad y para ello fue necesario elevar un bidón de 50 L a una altura de 1.50 m. Al bidón se le hizo un orificio como respirador y se le colocó una llave de paso tipo globo con el fin de regular la cantidad de agua. Para conducir el riego se utilizó tubo de riego PVC flexible, conectores y boquillas ajustables para un riego localizado, cuya frecuencia semanal se mantuvo entre 26 a 28 L de agua.

El presente estudio se realizó bajo un esquema de siete tratamientos (T1-T7), con tres repeticiones. Los tratamientos fueron: T1 (arena y vermicompost de estiércol), T2 (arena y vermicompost de residuos orgánicos domésticos), T3 (arena y vermicompost de estiércol con riego radicular de lixiviado), T4 (arena y vermicompost de residuos domésticos con riego radicular de lixiviado), T5 (arena y vermicompost de estiércol con riego foliar de lixiviado), T6 (arena y vermicompost de residuos domésticos con riego foliar de lixiviado), y un control negativo T7 (arena sin abonos orgánicos). Los tratamientos T1-T6 contaron con arena y vermicompost en una proporción de 60:40.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades nutraceuticas del cilantro

El contenido de nutrientes (P, Ca y Fe) en los tratamientos mostró diferencias significativas debido al efecto de los distintos tipos de fertilizantes orgánicos. Se detectaron diferencias estadísticas en los contenidos de nutrientes entre los tratamientos ( $p \leq 0.0001$ ). La mayor

concentración de P se observó en los tratamientos T4 y T6, que no presentaron diferencias significativas entre ellos. Respecto al Ca los mejores tratamientos fueron T3, T1 y T5; en Fe el mejor tratamiento fue T1. Aquellos con vermicompost de residuos domésticos y lixiviado radicular (T6) también presentaron altas concentraciones de Fe (61.6 mg/g), destacando sobre otros tratamientos como T2 y T5. Estos resultados indican que los tratamientos con vermicompost, especialmente los que incluyen lixiviados, pueden mejorar significativamente la disponibilidad de ciertos nutrientes en el suelo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Contenido de nutrientes (P, Ca y Fe) en cilantro bajo tratamientos de vermicompost y lixiviado.

Tratamiento	Nutrientes Medias (mg/g)		
	P	Ca	Fe
T1 Arena y vermicompost estiércol	276.7 b	3663.3 a	69.4 a
T2 Arena y vermicompost residuos domésticos	320.0 ab	3526.7 ab	46.9 d
T3 Arena, verm. Estiércol y lixiviado foliar	226.7 bc	3766.7 a	45.8 e
T4 Arena, verm. Res. Domésticos y lixiviado foliar	386.7 a	3033.3 b	26.0 f
T5 Arena, verm. Estiércol y lixiviado radicular	306.7 ab	3593.3 a	50.5 c
T6 Arena, verm. Res. Domésticos y lixiviado radicular	386.7 a	3446.7 ab	61.6 b
T7 Testigo negativo	156.7 c	2416.7 c	6.4 g
DMS	97.15	538.08	0.76
CV	11.841	5.761	0.624

De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio de Cabilovski *et al.* (2023), donde realizaron aplicaciones de lixiviado de lombriz en cultivo de fresa, se observó que hubo aumentos significativos en diversos parámetros de calidad de la fruta como antocianinas totales y actividad antioxidante, lo que sugiere que la aplicación de vermicompost y lixiviado de lombriz puede mejorar la calidad del producto en ciertos cultivos aunque su efecto puede variar dependiendo de la especie vegetal y sus requerimientos nutricionales. En cuanto a las propiedades nutraceuticas, Zolfaghari *et al.* (2022) muestran en sus resultados que la aplicación de vermicompost al cilantro, influyó significativamente en el contenido de aceite esencial de la planta, superando otros tratamientos. Dicho aumento sugiere que este tipo de fertilización orgánica puede tener un efecto positivo en la producción de compuestos nutraceuticos, ya que estudios anteriores han indicado que la composición y concentración de aceites esenciales en las plantas pueden ser influenciadas por factores como la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana en el suelo.

#### Altura del cilantro

Los resultados de la toma de alturas de las plantas de cilantro, tratadas con vermicompost y lixiviado, revelaron diferencias estadísticamente significativas ( $P < .0001$ ) entre los tratamientos. Según el análisis de Tukey, los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 y T6, mostraron alturas significativamente mayores en comparación con el tratamiento T7 en todas las etapas de medición (15, 30, 45 y 60 días después de la siembra). Específicamente, a los 15 días después de la siembra, las alturas promedio variaron entre 4.3 cm para T7 y 8.3 cm para el T6. A los 60 días después de la siembra, las alturas promedio variaron entre 10.3 cm para el T7 y 27.0 cm para el T6.

Los datos obtenidos sobre la variable altura, resultaron significativamente diferentes entre tratamientos a base de vermicompost y lixiviado y el testigo negativo. Tal y como lo muestran Sakthivel *et al.*, (2020), la mayor altura media de las plantas de cilantro a los 15 d.d.s y a los 30 d.d.s se observó en tratamientos a base de vermicompost y biofertilizante, siendo 12.87 y 20.25 cm las alturas registradas, respectivamente. Por ende, el uso de vermicompost y lixiviado de lombriz puede ser beneficioso para promover el crecimiento y desarrollo de las plantas de cilantro. Tamilarasi *et al.* (2020) observan una variación significativa en la altura de las plantas de cilantro, tratadas con vermicompost y lixiviado, los cuales, pueden aumentar no solo el crecimiento y la productividad de las plantas, sino también la calidad nutricional de algunos cultivos.

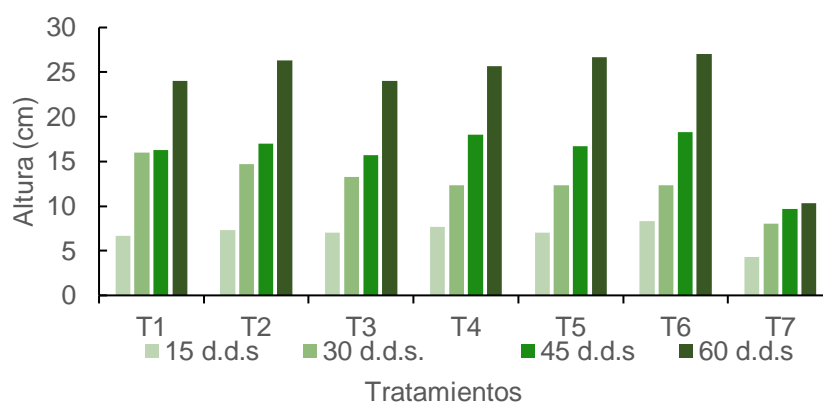


Figura 11. Alturas de las plantas de cilantro, registradas a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra (d.d.s).

#### Microorganismos en sustratos y lixiviados

Mediante el conteo de unidades formadoras de colonias (UFC) se observaron diferencias significativas en el conteo de bacterias entre los distintos tratamientos ( $P < 0.0434$ ). El tratamiento con lixiviado base estiércol (T3) mostró el mayor número de bacterias con un promedio de 4,436,666.7 UFC, siendo estadísticamente diferente al tratamiento con vermicompost base residuos orgánicos domésticos (T2), que presentó el menor número de bacterias con 737,777.8 UFC. En cuanto al conteo de hongos, también se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $P < 0.0146$ ). El tratamiento con vermicompost base residuos orgánicos domésticos (T2) presentó el mayor número de hongos con un promedio de 156,044.4 UFC, siendo estadísticamente diferente a los tratamientos con vermicompost base estiércol (T1) y lixiviado base residuos orgánicos domésticos (T4), que presentaron 62,922.2 y 66,044.4 UFC, respectivamente.



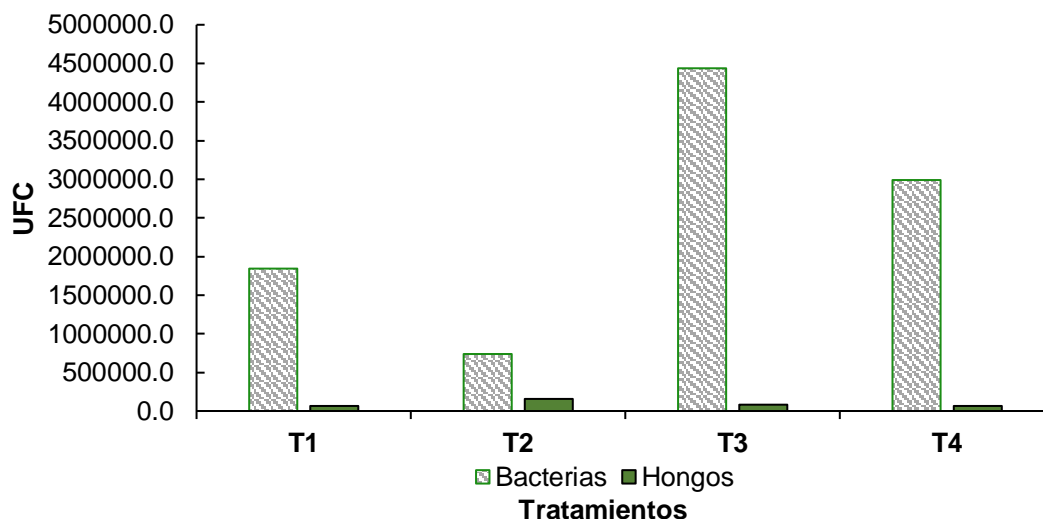


Figura 12. Medias de las unidades formadoras de colonias (UFC) de bacterias y hongos, presentes en los diversos tratamientos de vermicompost y lixiviado.

Vijayabharathi *et al.* (2015) destacan que el vermicompostaje aumenta la diversidad microbiana, y la cantidad de UFC presentes, puede generar beneficios para la descomposición de materia orgánica y la mejora de la calidad del suelo. La investigación de Rehman *et al.* demuestra que el vermicompost influye en las comunidades microbianas del suelo, incrementando la actividad de enzimas producidas por bacterias como *Aeromonas hydrophila* y *Paenibacillus motobuensis*, lo cual, favorece al desarrollo de las lombrices. Un mayor conteo de UFC de hongos en los tratamientos T2 (vermicompost base residuos orgánicos domésticos) y T4 (lixiviado base residuos orgánicos domésticos) indica una potencial mejora en la estructura del suelo y en su capacidad de retención de agua (Fernández-Gómez *et al.*, 2010). Según el estándar de calidad de CalRecycle para el compostaje terminado, se establece que las poblaciones microbianas deben estar en el rango de  $10,000 \times 10^4 - 10,000 \times 10^6$  UFC/g de peso seco, por lo que al comparar los resultados de esta investigación con dichos estándares, se observa que los conteos de UFC obtenidos en los tratamientos de vermicompost y lixiviado superan los límites inferiores del rango recomendado para compostaje terminado, aunque es importante destacar que aquellos resultados en términos de peso seco no son directamente comparables debido a la naturaleza del lixiviado, lo cual puede influir en las interpretaciones finales (Kamaruddin *et al.*, 2018).

## CONCLUSIONES

Los resultados indican que la fertilización orgánica con vermicompost y lixiviados puede aumentar significativamente la calidad y el rendimiento del cultivo de cilantro. En particular, los tratamientos con vermicompost y lixiviados de residuos domésticos (T4 y T6) mejoraron notablemente la concentración de P, mientras que los de base estiércol mejoraron el contenido de Ca y Fe en la planta. En cuanto a la altura del cilantro, los tratamientos con vermicompost y lixiviado (T1, T2, T3, T4, T5, T6) mostraron un crecimiento significativamente mayor en comparación con el control negativo (T7). Estos hallazgos confirman que estos fertilizantes son una estrategia efectiva para promover el crecimiento en altura del cilantro durante todo su ciclo de desarrollo, contribuyendo a una mayor productividad.

El análisis microbiano reveló que el tipo de fertilizante orgánico influye significativamente en la cantidad de unidades formadoras de colonias (UFC) de bacterias y hongos. El tratamiento

con lixiviado de estiércol (T3) mostró el mayor conteo de bacterias, mientras que el vermicompost de residuos domésticos (T2) presentó el mayor número de hongos. Esto sugiere que los fertilizantes orgánicos no solo mejoran la calidad del suelo, sino que también promueven una diversidad y abundancia microbiana benéfica, lo cual es crucial para la descomposición de materia orgánica y la mejora de la estructura y fertilidad del suelo. La aplicación de vermicompost y lixiviados representa una estrategia eficaz para mejorar la calidad nutricional y el rendimiento del cilantro, contribuyendo a prácticas agrícolas más sostenibles y productivas.

## REFERENCIAS

- Cabilovski, R., Manojlović, M.S., Popović, B.M., Radojćin, M.T., Magazin, N., Petković, K., Kovačević, D., Lakićević, M.D. (2023) Vermicompost and Vermicompost Leachate Application in Strawberry Production: Impact on Yield and Fruit Quality. *Horticulturae* 9, 337. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9030337>
- Calero Hurtado, A., Pérez Díaz, Y., González-Pardo Hurtado, Y., Yanes Simón, L. A., Peña Calzada, K., Olivera Viciado, D. y Meléndrez Rodríguez, J. F. (2020). Respuesta agroproductiva de la habichuela a la aplicación de vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 9(1), 112–124. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v9n1.82584>
- Figuroa Viramontes, U., Núñez Hernández, G., Reta Sánchez, D.G. y Flores López, H. E. (2015). Regional nitrogen balance in the milk-forage production system in the Comarca Lagunera, Mexico. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 6(4), 377-392. Recuperado en 06 de junio de 2023.
- INECC (2022). Atlas nacional de residuos sólidos urbanos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- Jamanca Gonzáles N. C., Alfaro Cruz, S. (2017). Antioxidantes en los alimentos. Ediciones UNAB. pp. 96 Recuperado de: [https://repositorio.unab.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12935/17/NC\\_Antiox\\_Nicodemo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unab.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12935/17/NC_Antiox_Nicodemo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Kamaruddin, M. A., Idrus, A. F. M., Norashiddin, F. A., Ibrahim, M. H., Hamzah, M. R., Zawawi, M. H., & Alrozi, R. (2018). A study on vermicompost yield and total microbial count by *Eudrilus Eugeniae* species under different temperature regime. doi:10.1063/1.5066841
- Karwal, M., & Kaushik, A. (2020). Co-composting and vermicomposting of coal fly-ash with press mud: changes in nutrients, micro-nutrients and enzyme activities. *Environmental Technology & Innovation*, 18, 100708.
- Moreno-Reséndez, A., Solís-Morales, G., Blanco-Contreras, E., Vásquez-Arroyo, J., Guzmán-Cedillo, L. M., Rodríguez-Dimas, N., & Figuroa-Viramontes, U. (2014). Desarrollo de plántulas de huizache (*Acacia farnesiana*) en sustratos con vermicompost. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 20(1), 55-62.
- Sakthivel, P., Sujeetha, A. R., Ravi, G., Girish, A. G., & Chander, P. (2020). Effect of vermicompost with microbial bio inoculums on the growth parameter of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Int J Curr Microbiol App Sci*, 9(8), 613-622.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2017). Residuos sólidos urbanos (RSU). Recuperado de: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/residuos-solidos-urbanos-rsu>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2022). Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2022-2024. Recuperado de: [https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portal/publicaciones/2022/PNPGIR\\_2022.pdf](https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portal/publicaciones/2022/PNPGIR_2022.pdf)
- Tamilarasi, M., Esakkiammal, B., & Chairman, K. (2020). Impact on the combined effect of vermicompost and vermiwash on the growth and yield parameters of coriander. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 8(3), 273-277.
- Tibaduiza-Roa, V., Huerta-de la Peña, A., Morales-Jiménez, J., Hernández-Anguiano A. M., Muñiz-Reyes, E. 2018. Sistema de producción del cilantro en Puebla y su impacto en la inocuidad. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Volumen 9, número 4, pp. 773-786.
- Vijayabharathi, R., Sathya, A., Gopalakrishnan, S. (2015). Plant Growth-Promoting Microbes from Herbal Vermicompost. In: Egamberdieva, D., Shrivastava, S., Varma, A. (eds) *Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Medicinal Plants*. Soil Biology, vol 42. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-13401-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-13401-7_4)

Zolfaghari, M., Tolideh, S., Dehkordi, F. S., & Sourestani, M. M. (2022). Evaluation of Growth, Yield and Essential Oil of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) Under Mycorrhiza, Vermicompost and Chemical Fertilizer Treatments. DOAJ (DOAJ: Directory Of Open Access Journals). <https://doi.org/10.22034/saps.2021.42112.2556>

## LOS CONSORCIOS DE RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL MEJORAN LA GERMINACIÓN DE LA SEMILLA Y CRECIMIENTO DE TOMATE SALADETE

Andrade-Sifuentes, Alfonso.<sup>1\*</sup>; Sáenz-Mata, Jorge.<sup>1</sup>; Quezada-Rivera, Jesús. Josafat <sup>1</sup>; Palacio-Rodríguez, Ruben<sup>1</sup>, Sánchez-Galván, Homero.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Ecología Microbiana-Facultad de Ciencias Biológicas-Universidad Juárez del Estado de Durango. Av. Universidad s/n, Frac. Filadelfia, Gómez Palacio, Durango, México. CP. 35010. Tel: (871) 1117279. \* Autor para correspondencia: [ing.andrade\\_85@hotmail.com](mailto:ing.andrade_85@hotmail.com)

### RESUMEN

La agricultura sostenible se enfoca en mantener la productividad a largo plazo sin agotar los recursos naturales. La producción de plántulas de calidad es fundamental para obtener un mayor rendimiento y calidad de cualquier cosecha, por lo que el uso de rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (*PGPR*) son cada vez más utilizadas en estos sistemas de producción debido a que ejercen una fuerte influencia en el crecimiento de las plantas por la producción de fitohormonas y auxinas que liberan. El presente estudio se llevó a cabo en la Universidad Juárez del Estado de Durango *FCB* donde se evaluó el efecto de la inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (individuales y en consorcios); (*Cryzos (Bacillus arayabhatai)*, *CR7 (Bacillus subtilis)* y *CR5 (Bacillus Cereus)* sobre la germinación de la semilla y el crecimiento de plántulas de tomate (*Solanum Lycopersicum*). Las variables evaluadas fueron porcentaje de germinación, altura de la planta, longitud de raíz y diámetro de tallo donde los resultados muestran una tendencia favorable al inocular las semillas con las cepas *CR7* Y *CRY1*. Por lo que se concluye que las inoculaciones con *PGPR (Bacillus subtilis* y *Bacillus arayabhatai)* en consorcios, tiene efectos positivos en el crecimiento de plántulas de tomate mejorando la germinación de semilla y acelerando su fisiología mostrando características idóneas para un buen desarrollo radical y vegetativos.

**Palabras claves:** Consorcios Bacterianos; *PGPR*; *Solanum lycopersicum*,

### ABSTRACT

Sustainable agriculture focuses on maintaining long-term productivity without depleting natural resources. The production of quality seedlings is essential to obtain a higher yield and quality of any crop, so the use of plant growth promoting rhizobacteria (*PGPR*) are increasingly used in these production systems because they exert a strong influence on plant growth by the production of phytohormones and auxins that they release. The present study was carried out at the Universidad Juárez del Estado de Durango *FCB* where the effect of inoculation of plant growth-promoting rhizobacteria (individual and in consortia) was evaluated; (*Cryzos (Bacillus arayabhatai)*, *CR7 (Bacillus subtilis)* and *CR5 (Bacillus Cereus)* on seed germination and growth of tomato seedlings (*Solanum Lycopersicum*). The variables evaluated were germination percentage, plant height, root length and stem diameter where the results show a favorable trend when inoculating the seeds with the *CR7* and *CRY1* strains. Therefore, it is concluded that inoculations with *PGPR (Bacillus subtilis* and *Bacillus arayabhatai)* in consortia have positive effects on the growth of tomato seedlings, improving seed germination and accelerating their physiology, showing ideal characteristics for good root and vegetative development

**Keywords:** Bacterial Consortia; *PGPR*; *Solanum lycopersicum*,

## INTRODUCCIÓN

La agricultura sostenible se centra en la producción de cultivos a largo plazo, beneficiando al medio ambiente y aumentando biodiversidad al proporcionar un entorno saludable y natural apto para la sobrevivencia de miles de organismos (Bagyaraj *et al.* 2011). La producción de plántulas de calidad en bandejas profesionales es una técnica emergente en México ya que es fundamental para obtener un mayor rendimiento y calidad de cualquier cosecha, por lo tanto, la producción y distribución oportuna de las plántulas tienen un mayor alcance para satisfacer la demanda de los agricultores. Las PGPR son cada vez más utilizadas en estos sistemas de producción, ejercen una fuerte influencia en el crecimiento de las plantas por la producción de fitohormonas y auxinas que liberan (Palacio *et al.* 2022), estas al ser aplicadas en consorcio pueden potencializar sus procesos bioquímicos sobre las plantas. Los tomates (*Solanum lycopersicum*) pertenecen a la familia de las solanáceas y son el cultivo hortícola más cultivado a nivel mundial. Su importancia radica en que forman parte en miles de platillos tradicionales. De ahí la importancia de producir sustentablemente este producto. Bajo esta perspectiva el principal objetivo fue evaluar la capacidad de 3 rizobacterias (individual y en consorcio) sobre la germinación y la promoción de crecimiento del tomate *saladete* y su utilización como biofertilizantes en la producción de plántulas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la Universidad Juárez del Estado de Durango FCB, en el laboratorio de ecología microbiana con ubicación. (Av. Universidad Fraccionamiento. Filadelfia, C.P 35100, Gómez Palacio, Dgo, México en el paralelo (25°35'14.08" N 103°30'2.43" O). Se utilizaron semillas de tomate (*Lycopersicon L.*) de la variedad *Saladete* las cuales se separaron en lotes de 9 para ser desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio al 10% (v/v) durante 5 min y finalmente, se lavaron cinco veces con agua destilada estéril para eliminar la solución desinfectante y proceder a la inoculación (Jaborova *et al.* 2020). Las bacterias utilizadas en este proyecto fueron suministradas por la UJED FCB donde la activación de estas bacterias se realizó en medio de cultivo Luria Bertani líquido (LB) (Rahma *et al.* 2021), se crecieron en una incubadora de agitación a 37 °C y 120 rpm por un periodo de 24 horas y se ajustó la densidad celular a  $1 \times 10^8$  UFC mL<sup>-1</sup>, utilizando una cámara de Neubauer. Se realizaron las combinaciones de las rizobacterias para la conformación de los tratamientos Tabla 1. y se procedió a realizar la inoculación de las semillas, para ellos se utilizó un godete de plástico circular de 10 cavidades suministrando un volumen de 3 ml en cada cavidad durante 60 minutos Figura 1a. Una vez finalizado el periodo de inoculación, se depositaron 9 semillas en papel de filtro estéril humedecido con 5 mL de agua desionizado estéril dentro de una placa de Petri; con el embrión ubicado hacia abajo Figura 1b. y finalmente, las placas de Petri se sellaron y se colocaron en una incubadora de crecimiento artificial (Yamato Scientific America, IC 403) con un periodo de luz de ciclo 12:12 a  $25 \pm 2$  °C con una humedad relativa del 60% medida con (BOSCH Digital Multi-Scanner GMS120G, México). La germinación de las semillas se cuantificó diariamente de acuerdo con la International Seed Testing Association (ISTA, Suiza 1999), analizando los siguientes parámetros de crecimiento: porcentaje de germinación y peso de la semilla germinada hasta el 7º día.

**Tabla 1.** Tratamientos establecidos con las rizobacterias.

Treatments	CEPA 1. CR5	CEPA 2. CR7	CEPA 3. Cryizos1
	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Bacillus aryabhatai</i>
T1 = CR5	CR5		
T2 = CR7		CR7	
T3 = CRY1			CRY1
T4 = CR5+CR7	CR5	CR7	
T5 = CR7+ CRY1		CR7	CRY1
T6 = CR5+CRY1	CR5		CRY2
T7 = CR5+CR7+ CRY1	CR5	CR7	CRY3
T8 = TESTIGO	0	0	0

Posteriormente los germinados se pasaron a charolas de germinación de 12 cavidades utilizándose como sustrato Peat Moss estéril. Con la finalidad de seguir evaluando la promoción de crecimiento de las bacterias estudiadas. Se realizaron 3 inoculaciones en plántulas a los 7, 15 y 45 días después de trasplante, suministrando riegos a base de agua destilada estéril. Las variables evaluadas al final del experimento fueron (Altura de planta (cm), Diámetro de tallo (mm) y longitud de raíz. Utilizando regla de 30 cm y Vernier digital. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar considerando 8 tratamientos con 7 repeticiones. Se realizaron análisis de varianza y prueba de separación de medias utilizando el software estadístico Statistical Analysis System versión 9.4 (SAS. 2016), y como prueba Post Hoc se utilizó Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

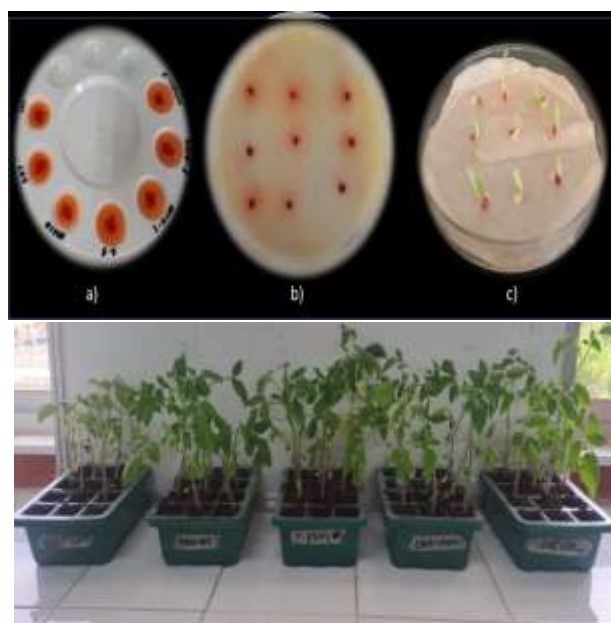


Figura 1. Inoculación y germinación de semilla

Figura 2. Charolas de germinación

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación a la tasa de germinación de la semilla, la Tabla 2 muestra los tratamientos con rápida germinación (T2, T5 Y T6) alcanzado el 100% al 4 día de inoculado los cuales correspondieron a la cepa CR7 y las interacciones (CR7+CRY1) y (CR5+CRY1) mientras que T8 (Testigo) lo alcanzo hasta el 6 día. Para la variable peso de semilla germinada existió diferencia significativa  $p \leq 0.05$  siendo el T5 (CR5+CRY1) el que presento mayor peso 30.25 mg estando un 48% arriba que el tratamiento testigo 15.75 mg. Estos resultados obtenidos indican que la cepa CR7 en consorcio con la CRY1 (T5) mejoran la germinación de las

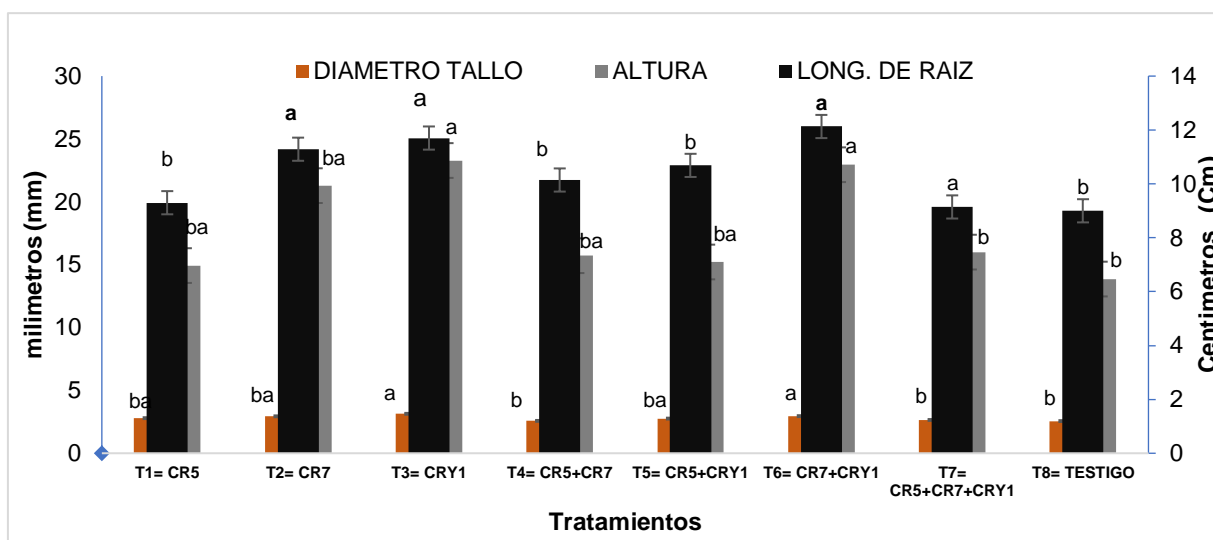
semillas. En particular, se puede observar que la cepa CR7 (*Bacillus subtilis*) estimula la síntesis de la producción de ácido indol-3-acético (AIA), y este compuesto, al ser una auxina, puede a su vez permitir que se produzca un aumento en la germinación de las semillas, ya que favorece la división celular en la etapa temprana del período embriogénico Fouda *et al.* 2021. Experimentos realizados en germinación *in vitro* obtuvieron un mayor porcentaje de germinación de semillas de tomate inoculadas con consorcios bacterianos en comparación con el control (Kumar *et al.* 2020; Pérez-García *et al.* 2023).

Tabla 2. Porcentajes de germinación durante 7 días.

Tratamiento	Días de crecimiento.						
	1	2	3	4	5	6	7
	<b>Porcentaje de germinación</b>						
T1 = CR5	0%	0%	22%	33%	50%	67%	100%
T2 = CR7	0%	0%	33%	100%			
T3 = CRY1	0%	0%	44%	90%	89%	100%	
T4 = CR5+CR7	0%	0%	22%	90%	100%		
T5 = CR7+ CRY1	0%	0%	44%	100%			
T6 = CR5+CRY1	0%	0%	33%	100%			
T7 = CR5+CR7+ CRY1	0%	0%	78%	90%	100%		
T8 = TESTIGO	0%	0%	0%	80%	90%	100%	

Esta respuesta mostró, para el trasplante a los 45 (días después de la siembra), que aquellas plántulas inoculadas con bacterias *PGPR* (CR7 *Bacillus subtilis* y CRY1 *Bacillus aryabhatai*) presentaron una altura de plántula de  $12.12 \pm 2$  cm, por su parte, las plántulas no inoculadas exhibieron hasta  $(9.13 \pm 0.7)$  cm. Sharma *et al.* (2015), reportó un aumento significativo de los parámetros de crecimiento de las plantas de tomate tratadas con *Bacillus subtilis* cepa S25. La medición de longitud de la raíz se muestra en la figura 3, donde se sigue observando el potencial de las cepas CR7 y CRY1 en el incremento de longitud de la raíz tanto individual como en consorcio T6 obteniendo promedios de 23.28 y 22.95 cm siendo estadísticamente iguales  $p \leq 0.05$  demostrando una tendencia superior de los tratamientos (T1, T4 y T5) y estando un 42 % arriba del T8 (Testigo). Estudio reciente muestra que *Bacillus subtilis* y *Bacillus aryabhatai* promovieron el crecimiento vegetal de las plántulas de tomate incrementando el área radicular y sugieren su estudio en consorcios (Cochard *et al.*, 2022). Por otro lado, la variable de diámetro de tallo mostró resultados significativos (Figura 3) para el tratamiento 3 y el tratamiento 6 arrojando valores de  $3.14 \pm 0.3$  y  $2.95 \pm 1.1$  mm estando un 18.47 % arriba del tratamiento testigo T8. Al respecto, (Zulueta-Rodríguez *et al.*, 2020) reportó un aumento de hasta 15% en comparación del tratamiento testigo en la variable de diámetro del tallo en plántulas de tomate inoculadas con *Bacillus subtilis* producido bajo condiciones protegidas en un sistema de producción hidropónico por lo que estudios demuestran que las especies *Bacillus* y *Pseudomonas* podrían ser biofertilizantes con más eficiencia cuando se usan en consorcios ya que estimulan el crecimiento vegetal (Bradacova y Él. *et al.*, 2019).





**Figura 3.** Efecto de la PGPR (individual y en consorcio) sobre el crecimiento de plántulas de tomate. Los valores con letras diferentes son estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ).

## CONCLUSIÓN

Este estudio evaluó el potencial de 3 PGPR (individual y en consorcios) sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de tomate con el objetivo de obtener plantas de calidad que aseguren la demandada de los productores e incrementen sus rendimientos y calidad de sus cosechas contribuyendo a la sostenibilidad ambiental. En particular, los resultados subrayaron la importancia y el potencial de las rizobacterias suministradas en consorcio sobre la germinación y el crecimiento de la plántula de tomate dándole el crédito a las cepas CR7 (*Bacillus cereus*) y CRY1 (*Bacillus aryabhatai*) las cuales mostraron una tendencia favorable sobre la germinación y el crecimiento acelerado de las plántulas cuando se aplican en consorcio.

## REFERENCIAS

Bagyaraj, D. José. *Biotecnología microbiana para la agricultura, la horticultura y la silvicultura sostenibles*. Nueva Agencia Editorial de la India, 2011.

Bradáčová, K.; Florea, A.S.; Bar-Tal, A.; Minz, D.; Yermiyahu, U.; Shawahna, R.; Kraut-Cohen, J.; Zolti, A.; Erel, R.; Dietel, K.; et al. Microbial Consortia versus Single-Strain Inoculants: An Advantage in PGPM-Assisted Tomato Production? *Agronomy* 2019, 9, 105. <https://doi.org/10.3390/agronomy9020105>

Y. He.; H.A. Pantigoso, Z.; Wu, J.M. Vivanco, Co-inoculation of *Bacillus* sp. and *Pseudomonas putida* at different development stages acts as a biostimulant to promote growth, yield and nutrient uptake of tomato, *Journal of Applied Microbiology*, 2019, 127, 1, 1, 196–207, <https://doi.org/10.1111/jam.14273>

Pérez-García, L.-A.; Sáenz-Mata, J.; Fortis-Hernández, M.; Navarro-Muñoz, C.E.; Palacio-Rodríguez, R.; Preciado-Rangel, P. Las rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas mejoran la germinación y los compuestos bioactivos en las plántulas de pepino. *Agronomía* 2023, 13, 315. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020315>

Palacio-Rodríguez, Rubén, Benjamín Nava-Reyes, Homero Sánchez-Galván, Jesús Josafath Quezada-Rivera, y Jorge Sáenz-Mata. Efecto De La inoculación De Rizobacterias Promotoras Del Crecimiento Vegetal De Tomate En Condiciones De Casa Sombra Comercial». *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas* 2022, 13 (28). México, ME:231-42. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3278>.



Rahma, H.; Kristina, N. Rizobacterias promotoras del crecimiento de plantas (PGPR): como un potencial biocontrol para *Curvularia lunata* in vitro. *J. Phys. Conf. Ser.* **2021**, 1940, 012097. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1940/1/012091>

Sharma, R.; Chauhan, A. and Shirkort, C. K. Characterization of plant growth promoting *Bacillus* strains and their potential as crop protectants against *Phytophthora capsici* in tomato. *Biol. Agric. Hort.* **2015**, 31(4):230-244. <https://doi.org/10.1080/01448765.2015.1009860>

Jaborova, D.; Wirth, S.; Kannepalli, A.; Narimanov, A.; Desouky, S.; Davranov, K.; Sayyed, R.Z.; El Enshasy, H.; Malek, R.A.; Syed, A.; et al. Co-Inoculation of Rhizobacteria and Biochar Application Improves Growth and Nutrients in Soybean and Enriches Soil Nutrients and Enzymes. *Agronomy* **2020**, 10, 1142. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081142>

Zulueta, R. R.; Hernández, M. L. G.; Reyes, P. J. J.; González, M. G. Y. and Lara, C. L. Effects of co-inoculation of *Bacillus subtilis* and *Rhizoglyphus intraradices* in tomato production (*Solanum lycopersicum* L.) in a semi-hydroponic system. *Rev. Bio.Cienc.* **2020** 7:1-17. <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e671>

## NIVELES DE ELEMENTOS MENORES EN MAÍZ (*Zea mays* L.) FORRAJERO REGADO CON AGUAS RESIDUALES TRATADAS

Muñoz V. J. A.<sup>1\*</sup>, Cerano P. J.<sup>2</sup>, Nava R. E.<sup>2</sup>, Constante G. V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INIFAP; CIRNOC-C.E Delicias, km 2 Carretera Delicias-Rosales Sacramento, Cd. Delicias, Chihuahua, México. (\*[villalobos.arcadio@inifap.gob.mx](mailto:villalobos.arcadio@inifap.gob.mx)).

<sup>2</sup> INIFAP; CENID RASPA, km 6.5 margen derecha Canal Sacramento, Gómez Palacio, Dgo. México. 35140.

### RESUMEN

Por lo general cuando se habla de nutrición de las plantas, se considera que los micro elementos no son tan importantes como los macro elementos, debido a que estos se requieren en pequeñas cantidades y que no limitan el desarrollo de los cultivos y tampoco afectan significativamente la producción. En este punto se debe considerar que hay nutrimentos esenciales y los micro elementos como Fe, Cu, Zn y Mn lo son, porque si alguno de ellos no está presente en la nutrición de la planta, la producción del cultivo se reduce afectando en forma importante las ganancias económicas. Cada planta posee su mínimo, óptimo o máximo de tolerancia para cada uno de los elementos citados. El objetivo del experimento fue evaluar la extracción de micro elementos por la planta de maíz de un suelo regado con aguas residuales y con tratamientos de fertilización mineral. Se estableció un experimento con maíz, el cual se sembró en el ciclo de primavera-verano, bajo condiciones de riego utilizando aguas residuales de una planta tratadora y un tratamiento regado con agua de pozo. En el diseño experimental se incluyeron tratamientos con dosis de nitrógeno (N) y fósforo (P) para la fertilización del cultivo. Los resultados de la serie de datos originales de la presencia de Cobre, Hierro, Zinc y Manganeso en las hojas de estos micro elementos junto con los tratamientos de fertilización y agua residual, mostraron que, entre estas variables, si existen diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de medias de Tukey. Sin embargo, es necesario aclarar que la diferencia más grande se encontró con respecto al tratamiento testigo que se rego con agua de pozo y no recibió algún tratamiento de fertilización química. De acuerdo con los valores de referencia de los requerimientos de micronutrientes para el maíz, se concluye que, para este caso, las cantidades de micro elementos aportados por las aguas residuales están dentro del rango de suficiencia para el cultivo.

**Palabras clave:** microelementos, micronutrimentos, fertilización mineral

### ABSTRACT

Generally when talking about plant nutrition, it is considered that micro elements are not as important as macro elements, because these are required in small quantities and do not limit the development of crops and do not significantly affect the production. At this point it must be considered that there are essential nutrients and micro elements such as Fe, Cu, Zn and Mn are, because if any of them is not present in the plant's nutrition, crop production is reduced, significantly affecting economic gains. Each plant has its minimum, optimal or maximum tolerance for each of the aforementioned elements. The objective of the experiment was to evaluate the extraction of microelements by the corn plant from soil irrigated with wastewater and mineral fertilization treatments. An experiment was established with corn, which was planted in the spring-summer cycle, under irrigation conditions using wastewater from a

treatment plant and a treatment irrigated with well water. The experimental design included treatments with doses of nitrogen (N) and phosphorus (P) for crop fertilization. The results of the original data series of the presence of Copper, Iron, Zinc and Manganese in the leaves of these micro elements together with the fertilization and residual water treatments, showed that, among these variables, there are significant differences between treatments, according to Tukey's test of means. However, it is necessary to clarify that the greatest difference was found with respect to the control treatment that was irrigated with well water and did not receive any chemical fertilization treatment. According to the reference values of micronutrient requirements for corn, it is concluded that, in this case, the quantities of micro elements provided by wastewater are within the sufficiency range for the crop.

**Key words:** microelements, micronutrients, mineral fertilization

## INTRODUCCIÓN

La Organización de Naciones Unidas (ONU) reporta que para el año 2025 se acentuará la escasez de agua por la sobreexplotación recursos acuíferos del planeta, y subraya que dos de cada tres habitantes están amenazados de padecer escasez de agua. La escasez de agua es un problema global ya que se considera que más del 40% de la población mundial sufre ese problema (FAO, 2005). Esta problemática es recurrente en las zonas áridas y semiáridas, donde se reportan pérdidas anuales en la producción agrícola debido a los bajos volúmenes de precipitación y que la actividad agrícola es de temporal (FAO, 2005). Existe la alternativa del uso de las aguas residuales para riego agrícola, la cual es generada por la población urbana, como por las industrias. Sin embargo, son pocos los estudios relacionados con la calidad sanitaria y productividad agrícola de tales recursos hídricos (Mendoza-Retana *et al.*, 2021).

Los problemas con el agua residual a gran escala surgen después de que son establecidos los sistemas de drenaje. Cuando no existía un control, estos desechos se arrojaban a los ríos sin ningún tratamiento, por lo que surgieron problemas de contaminación y eutrofización de los ríos por el exceso de materia orgánica en los residuos. Esta situación obligó a los países a dar tratamiento a las aguas residuales, en las plantas modernas de tratamiento de aguas. Los riegos con estas aguas aportan una cantidad de nutrientes y materia orgánica, lo cual ayuda a mejorar paulatinamente las propiedades físicas y químicas de los suelos reactivando la flora y fauna microbiana que enriquece el suelo (Murray *et al.*, 2010). La nutrición orgánica se plantea como opción viable para suministrar nutrimentos a los cultivos de interés para los productores, en este caso el maíz, con el fin de disminuir la dependencia de los fertilizantes químicos y disminuir los costos de producción.

En México la mayor parte del agua dulce está repartida entre la agricultura y la población, en un 76.3 % y un 17 % respectivamente, el resto (6.7 %) se utiliza en la industria, en la acuicultura y para las termoeléctricas (Cisneros y Estrada, 2016). Los problemas con el uso de agua residual a gran escala, se relaciona con la contaminación que ocurre cuando se incorporan metales pesados al suelo (plomo, níquel, cadmio, hierro, cobre, zinc y manganeso) y que pueden ser tomados por las plantas y como consecuencia afectar al humano en forma indirecta. Sin embargo, las aguas residuales se convierten en una alternativa para las regiones de México donde no hay suficiente agua para el riego de los cultivos agrícolas, como es el caso de las zonas áridas y semiáridas. Esta alternativa se aplica para los agricultores que desarrollan la actividad agrícola en zonas marginales y que es el único recurso hídrico del que pueden disponer (Woldetsadik *et al.*, 2018). Los suelos agrícolas sufren una pérdida de la calidad física y química debido al tipo de agricultura que se realiza en ellos. Este tipo de manejo como el excesivo laboreo, producción no sostenible, el monocultivo, la pérdida de

materia orgánica (MO) ocasionando una disminución de la fertilidad natural del horizonte superficial, lo cual se acentúa en regiones con poca producción de biomasa. Otro beneficio que aportan estas aguas, es el aporte de nutrientes que mejoran la fertilidad del suelo, por los materiales orgánicos mezclados en este efluente, lo cual ayuda a mejorar gradualmente las propiedades físicas y químicas, reactivando la flora y fauna microbiana que enriquece el suelo (Simonete *et al.*, 2003; Murray *et al.*, 2011). La nutrición orgánica se plantea como opción viable para suministrar nutrimentos a los cultivos de interés para los productores, en este caso el maíz, con el fin de disminuir la dependencia de los fertilizantes químicos y disminuir los costos de producción.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta del cultivo a la fertilización química en parcelas regadas con agua residual (AR) y agua de pozo (AP), sobre el contenido de micronutrientes en el cultivo del maíz. Se evaluaron tres dosis de nitrógeno ( $100-200-300 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y tres tratamientos con fósforo ( $50-100-150 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), tomando como testigo la dosis de 0.0 de fertilizante  $\text{kg ha}^{-1}$  y regado con agua de pozo, para ambos casos. El diseño experimental fue de bloques al azar con 4 repeticiones, manejando por separado los tratamientos del tipo de aguas con que se regó el cultivo. Al final del experimento se tomaron muestras de planta para el análisis en el laboratorio. Se midieron las concentraciones de los micro elementos como cobre, hierro, zinc y manganeso. Los datos se evaluaron estadísticamente con MINITAB V16 y se efectuó comparación de medias (Tukey 5%) de los tratamientos utilizados en el experimento. Las variables evaluadas mostraron diferencias significativas entre tratamientos, por el factor nutricional en los tratamientos que se regaron con agua residual con la que se trató el cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En esta primera etapa se manejó la siembra de maíz bajo riego utilizando agua de pozo y aguas residuales de una planta tratadora, además de tratamientos con dosis de fertilización que se describen más adelante Cuadro 2). Las aguas residuales son un material con características físicas, químicas y biológicas particulares que depende del material que queda en el proceso mediante el cual se obtuvieron. Las aguas residuales son líquidos de composición variada que provienen de usos municipal, industrial, comercial o agropecuario, las cuales han sufrido degradación de su calidad original ocasionando la necesidad de un tratamiento que asegure la reutilización.

El trabajo se estableció en terrenos del Centro Nacional de Investigación en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (INIFAP; CENID-RASPA). Se establecieron 1,600 metros cuadrados con cultivo de maíz forrajero. Se hizo una distribución en el terreno con un diseño de bloques completamente al azar con siete tratamientos de fertilización, un testigo regado con agua residual y un testigo absoluto sin fertilizar y regado con agua de pozo y una distribución en cuatro repeticiones. Se trazó el experimento con una cuadrícula de bordos, y sembrando cada parcela con maíz forrajero. El cultivo en los dos experimentos se regó con agua de pozo y con agua residual de una planta tratadora de agua, en parcelas independientes.

Durante la operación del trabajo, se tomaron muestras de plantas para analizar en el laboratorio por partes. Se analizaron las hojas de las plantas seleccionadas en cada tratamiento.

Los tratamientos a evaluar en el experimento fueron obtenidos a partir de dosis de fertilización con nitrógeno y fósforo, además de un testigo sin fertilización, respectivamente, con las dosis de nitrógeno con incrementos de 100 unidades por tratamiento hasta 300 unidades por hectárea y para el fósforo las dosis fueron desde 50 unidades por hectárea hasta 150 unidades. En el Cuadro 1, se presentan los valores de referencia para Fe, Cu, Zn y Mn que

se deben considerar para definir si el micro nutriente está en la planta en la cantidad suficiente, o es deficiente o se encuentra en exceso (y puede ser tóxico).

Cuadro 1. Valores de referencia de la concentración de micro nutrimentos en la hoja de maíz que deben considerarse como la base para definir el estado del elemento en la planta.

Cultivo	Muestra vegetal y época de muestreo	*Concentración de micro elementos ppm			
		Cu	Fe	Mn	Zn
Maíz	Hoja opuesta a la mazorca al inicio de la formación del elote	2-13	20-135	15-85	10-45

Fuente: Lora S.R. (2007); \*Los valores indican un intervalo de deficiente a óptimo; los valores que sean menores a este intervalo se consideran insuficientes y los que superen los valores máximos se interpretan como niveles tóxicos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se consideran micro elementos debido a que las plantas los requieren en pequeñas cantidades, por consecuencia, cuando los valores rebasan las necesidades de la planta, estos elementos pueden causar toxicidad. Para el uso de estos nutrientes, hay que tener un especial cuidado en los niveles requeridos por las plantas, ya que existe un intervalo muy corto entre la deficiencia y los niveles requeridos. Los que se midieron en este trabajo fueron el fierro (Fe), manganeso (Mn), cinc (Zn), cobre (Cu).

En el Cuadro 2 se muestran los valores de las medias que resultaron del análisis de varianza para Fe, Cu, Zn y Mn. Con el análisis estadístico se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de medias de Tukey. Sin embargo, es necesario aclarar que la diferencia más grande se encontró con respecto al tratamiento testigo que se regó con agua de pozo y no recibió algún tratamiento de fertilización química. La comparación de los valores más altos para cada uno de los micro elementos, se puede observar que el nivel se duplica en unos casos como el del Fe que en el tratamiento de fertilización con 300-50-00 de N-P y regado con agua residual, el valor del elemento es de 141 ppm y el del tratamiento testigo que se regó con agua de pozo y no se fertilizó el nivel de Fe se quedó en 71 ppm. En el caso del cobre (Cu), hubo cuatro tratamientos con diferentes dosis de fertilización, con cuatro veces más (>8.0 ppm) que el testigo sin fertilizar (2.0 ppm) y regado con agua de pozo. Algo muy similar ocurrió con la concentración del Zn, por ejemplo, en el tratamiento con 300 unidades de nitrógeno y riego con agua residual, se registró un nivel de Zn de 32.2 ppm superando al testigo hasta en 29.0 ppm del elemento. El manganeso (Mn), tubo valores dos veces superiores al del testigo absoluto. Como el caso del tratamiento con 300 unidades de nitrógeno (sin fósforo), reportó 41.7 ppm de Mn, mientras que el testigo solo registró 15 ppm.

Cuadro 2. Valores de las medias para los micro elementos medidos en las hojas de maíz forrajero

Tratamiento Fertilización	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm
00-50-00	113 bc*	5.4 c	13.4 c	39.8 a
100-50-00	134 ab	8.1 a	18.9 b	39.8 a
200-50-00	133 ab	5.7 c	3.6 c	42.2 a
300-50-00	141 a	8.6 a	18.1 b	33.8 b
300-100-00	74 c	7.3 b	27.9 ab	35.7 ab
300-150-00	100 c	6.8 b	12.8 c	36.0 ab

300-00-00	117 bc	8.7 a	32.2 a	41.7 a
00-00-00	145 a	8.0 a	15.3 bc	34.8 b
Testigo	71 c	2.0 c	3.0 c	15.0 c

\*Los valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes; ppm-partes por millón; Fe-ferro; Cu-cobre; Zn-zinc; Mn-manganeso

Estos resultados muestran que el riego con agua residual en el cultivo del maíz, aporta cantidades importantes de metales pesados o micro elementos para la planta durante un solo ciclo de cultivo. Se podría concluir que el uso de aguas residuales es una buena recomendación, porque mejora la fertilidad del suelo al aportar materia orgánica y con ello hace un gran aporte de macro y micro nutrimentos para los cultivos. Sin embargo, se debe considerar que el uso repetido, constante y sostenido de estas aguas, puede acarrear problemas a la larga por la contaminación con metales pesados, compuestos orgánicos y sustancias químicas que en exceso van a ser perjudiciales para el suelo, para las plantas y directa e indirectamente afectarán al ser humano.

La variabilidad que presentaron los micro elementos en las hojas del maíz, tiene que ver con las cantidades que alcanzo a extraer la planta, cuando estuvieron disponibles para tomarlos en el suelo (Figura 1). Las aguas residuales aportan un gran porcentaje de materia orgánica al suelo, y en esa materia orgánica están integrados los micro elementos en los tejidos orgánicos del origen que sean (animal o vegetal). Por esta razón, el factor determinante en el contenido y distribución de los micronutrientes en el suelo, depende de ese porcentaje de materia orgánica en el mismo. Tanto Cu, Fe como Mn, tienen cierta movilidad en el perfil, mientras que Zn permanece adsorbido en las partículas del suelo, sin un desplazamiento vertical. El Zn, es el único metal que, además, muestra diferencias como consecuencia de la salinidad y granulometría de los suelos (Roca *et al.*, 2007; Prieto *et al.*, 2009; García *et al.*, 2010). La disponibilidad para la planta de estos elementos va a depender de la concentración que haya en el suelo donde crece la raíz del cultivo.

Los niveles de los micro elementos que mostraron las hojas del maíz después del análisis en laboratorio, son valores que se mantuvieron dentro del rango aceptable para los requerimientos de la planta.

Los valores del cuadro 1, muestran el intervalo que existe entre el valor más bajo como deficiente y el valor más alto como óptimo o suficiente. En la Figura 1, los niveles de los micro elementos en las hojas del maíz, se mantuvieron con valores dentro de la suficiencia. Para el caso de Fe el valor que se toma como óptimo o cercano a lo óptimo, es de 135 ppm, sin embargo, solo cuatro estuvieron en este rango. Aun así, los demás tratamientos estuvieron por encima de las 20 ppm que se consideran como deficiente.

El cobre (Cu), con niveles más uniformes, registró valores muy cercanos a lo óptimo (13 ppm), con valores que variaron entre 5.4 y 8.7 ppm y ninguno de los tratamientos se acercó a un nivel de deficiencia (2.0ppm).

El cinc (Zn) mostró una mayor variación en el comportamiento entre tratamientos, aunque sus niveles no estuvieron cerca del valor óptimo (45 ppm). Este micro elemento tubo una tendencia de valores muy cercanos al nivel de deficiencia (10 ppm).

El manganeso (Mn) manifestó una tendencia más estable en su comportamiento, manteniendo sus niveles de presencia en las hojas del maíz, con valores intermedios entre 33.8 a 42.2 ppm del micro elemento, considerando que el valor de deficiencia es de 15 ppm.

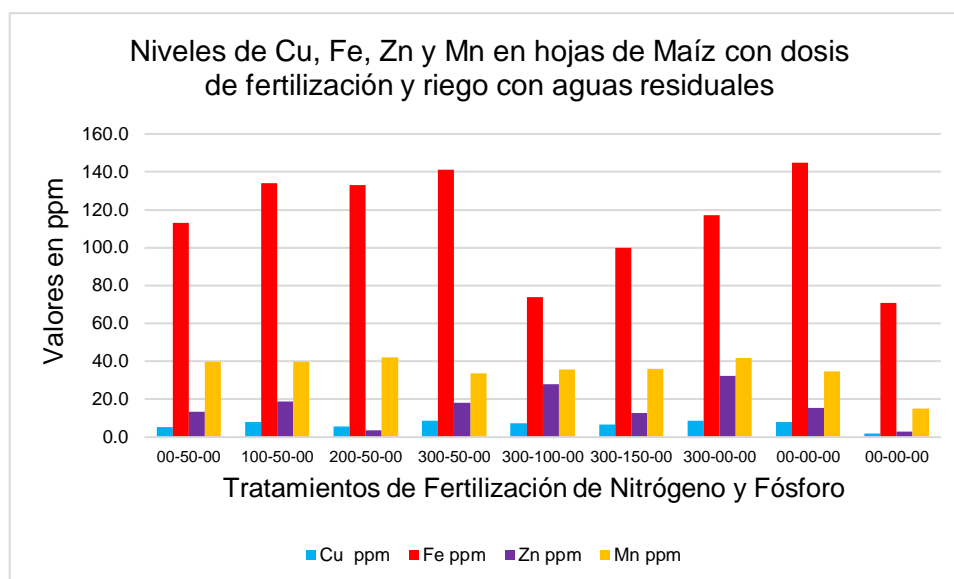


Figura 1. Valores de las medias para hierro, cobre, zinc y manganeso en las hojas del maíz regado con aguas residuales y agua de pozo, con fertilización química.

Este comportamiento de los elementos menores en las hojas del maíz demuestra que las aguas residuales si aportan una buena carga de estos micro elementos. Sin embargo, estos datos registrados a partir de un solo experimento y la evaluación de un solo ciclo de cultivo que se riega con aguas residuales, debe considerar hacer una evaluación a largo plazo.

Al hacer una proyección a futuro, se puede suponer que un suelo regado con aguas residuales cada ciclo de cultivo, tenderá a acumular este tipo de elemento que a lo largo del tiempo aportará o mantendrá niveles tóxicos de metales pesados como los que se estudiaron en este trabajo de investigación científica.

## CONCLUSIONES

- Los niveles de los micro elementos que mostraron las hojas del maíz después del análisis en laboratorio, son valores que se mantuvieron dentro del rango aceptable para los requerimientos de la planta.
- Estos resultados muestran que el riego con agua residual en el cultivo del maíz, aporta cantidades importantes de metales pesados o micro elementos para la planta durante un solo ciclo de cultivo.
- El uso de estos nutrientes, hay que tener un especial cuidado en los niveles requeridos por las plantas, ya que existe un intervalo muy corto entre la deficiencia y los niveles requeridos. Los que se midieron en este trabajo fueron el hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu).

## REFERENCIAS

- Cisneros O. X. y Estrada H. S. R. 2016. Reúso de aguas residuales en la agricultura. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Coordinación de Riego y Drenaje. pp. 20-174
- FAO (Food and Agricultural Organization). 2005. Aquastat information system on water and agriculture. Food and Agricultural Organization. Rome, Italy. <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGL/aglw/aquastat/main/index.stm>.
- García J.R., Cuesta M., García L. R., Quiñones R., Figueredo J. M., Faure, R., Pedroso R., Mollineda Á. 2010. Caracterización del contenido de microelementos en el sistema suelo-planta-animal y

- su influencia en la reproducción bovina en la zona central de Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. Instituto de Ciencia Animal La Habana, Cuba. Vol. 44, Núm. 3, pp. 233-237.
- Lora S., R. 2007. Contaminación elementos menores. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*. Vol. 10, No. 1. pp. 5-20.
- Luchsinger L. A., Trujillo Z. A., Larraín S. P. 1981. Influencia de los microelementos cinc, cobre, fierro, manganeso y del elemento secundario azufre en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.). Departamento de Producción Agrícola. *Inv. Agric. (Chile)* Vol. 7, No. 2. pp. 57-67
- Mendoza-Retana S. S., María Gabriela Cervantes-Vázquez M.G., Valenzuela-García A. A., Guzmán-Silos T. L., Orona-Castillo I., Tomás Juan Álvaro Cervantes-Vázquez T. J. 2021. Uso potencial de aguas residuales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol. 12 No. 1 pp. 1-11
- Murray, K.E.; Thomas, S.M. y Bodour, A. A. 2010. Prioritizing research for trace pollutants and emerging contaminants in the freshwater environment. En: *Environmental Pollution*. 2010. Vol. 158. pp. 3462–3471.
- Prieto M. J., González R. C. A., Román G. A. D., Prieto G. F. 2009. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua Tropical and Subtropical Agroecosystems. Universidad Autónoma de Yucatán Mérida, Yucatán, México. Vol. 10. Núm. 1. pp. 29-44.
- Roca N., Pazos M. S., Bech J. 2007. Disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc en suelos del NO Argentino. *Cl. Suelo (Argentina)*. Vol. 25, No. 1. pp. 31-42.
- Simonete, M., J. Kiehl y T. Andrade. 2003. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38(10): 1187-1195.
- Woldetsadik, D.; Drechsel, P.; Keraita, B.; Itanna, F. and Gebrekidan, H. 2018. Farmers' perceptions on irrigation water contamination, health risks and risk management measures in prominent wastewater-irrigated vegetable farming sites of Addis Ababa, Ethiopia. *Environ. Systems Decisions*. 38(4):52-64.



## INSECTOS BENÉFICOS ASOCIADOS A LOS PULGONES DEL NOGAL PECANERO EN LA COMARCA LAGUNERA

**Jared Ceniceros-García<sup>1\*</sup>, Urbano Nava-Camberos<sup>1,2</sup>, José Luis García-Hernández<sup>1</sup>,  
Priscilla Yamilhet Montes-Orona<sup>1</sup>, Verónica Ávila-Rodríguez<sup>2</sup>, Jorge Maltos-Buendía<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Facultad de Agricultura y Zootecnia UJED, Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo Km. 32. Venecia, Gómez Palacio, Dgo. México. CP 35111; <sup>2</sup> Facultad de Ciencias Biológicas, UJED, Av. Universidad s/n. Fracc. Filadelfia. C.P. 35010. Gómez Palacio, Dgo. México. <sup>3</sup> Campo Experimental La Laguna- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Matamoros, Coahuila, México.  
[jcega@outlook.es](mailto:jcega@outlook.es)

### RESUMEN

Uno de los factores que limitan la producción de la nuez pecanera lo componen las plagas, las cuales ocasionan que el rendimiento y calidad disminuyan afectando directamente en la economía de los productores. Existen diversos insectos plaga en el cultivo de nogal, entre los más importantes se encuentra un complejo de áfidos el cual está tomando gran importancia por los efectos que produce. Para contrarrestar esta plaga en la mayoría de los ciclos agrícolas es mediante la aplicación de insecticidas altamente tóxicos, mismos que afectan a la fauna benéfica e incrementan los costos de producción. Generalmente se encuentra una gran diversidad de insectos benéficos en las huertas de nogal los cuales ejercen un control y regulan las poblaciones plaga y las mantienen por debajo del umbral económico; dicha regulación se da al combinarse las actividades de distintos insectos depredadores; por esta razón se considera al control biológico como una de las estrategias y alternativas más importantes para el manejo de áfidos del nogal combinada con otros métodos de control.

**Palabras clave:** Control biológico, insectos benéficos, pulgón del nogal.

### ABSTRACT

One of the factors that limit the production of pecan nut is composed by pests, which cause yield and quality to decrease, directly affecting the economy of producers. There are several insect pests in the walnut crop, among the most important is a complex of aphids which is taking great importance for the effects it produces. To counteract this pest in most agricultural cycles is through the application of highly toxic insecticides, which affect the beneficial fauna and increase production costs. Generally, a great diversity of beneficial insects is found in pecan orchards, which control and regulate pest populations and keep them below the economic threshold; this regulation occurs by combining the activities of different predatory insects; for this reason, biological control is considered one of the most important strategies and alternatives for the management of pecan aphids combined with other control methods.

**Keywords:** Biological control, beneficial insects, pecan aphids.

## INTRODUCCIÓN

Las plagas y enfermedades del nogal pecanero causan daños reduciendo los rendimientos y la calidad de la cosecha. Se estima que estos problemas fitosanitarios causan pérdidas de la producción agrícola en México estimadas anualmente entre el 13 y 15%, lo cual equivale a una pérdida económica de alrededor de 2,500 millones de dólares. Los pulgones son los insectos plaga más comunes en las huertas de nogal en la Comarca Lagunera que están tomando gran importancia por los daños que generan; estos insectos causan problemas en el nogal por daño directo a las hojas mediante extracción de savia y daño indirecto por excreción de mielecilla (Aguilar 2007, Nava & Ramírez 2002). Adicionalmente, su control implica un incremento en los costos de producción y mayor contaminación ambiental. Al respecto, los productores agrícolas de México gastan alrededor de \$400 millones de dólares al año en plaguicidas y liberan al ambiente más de 25 mil toneladas de ingrediente activo de estos agroquímicos, con el fin de contrarrestar los daños causados por los organismos dañinos de los cultivos (Byerly 1998). Generalmente en las huertas nogaleras, se encuentra una diversa cantidad de enemigos naturales de áfidos, los cuales ejercen un control sobre las poblaciones de la plaga y las mantienen por debajo del umbral económico de acción, considerando al control biológico natural como una de las alternativas y estrategias más importantes para el manejo de áfidos (Tarango *et al.*, 2013). Dicho control se da cuando se combinan actividades entre distintos enemigos naturales. Por lo anterior, el objetivo de este artículo es conocer e identificar a los insectos benéficos asociados al pulgón del nogal y su abundancia poblacional.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en cuatro huertas de nogal pecanero en producción ubicadas en la Comarca Lagunera en el ejido Gregorio A Garcia Dgo., Hormiguero Coah., Jiménez Dgo. y Venecia Dgo. respectivamente. Las huertas se encuentran bajo diferente manejo de plagas como el uso de plaguicidas orgánicos, biorracionales y convencionales, además de una huerta testigo sin tratar. Se realizaron muestreos con frecuencia semanal de abril a septiembre del 2023, en los cuales se revisaron 10 hojas por árbol de 10 árboles seleccionados al azar por huerta. Se identificaron y contabilizaron los insectos benéficos asociados al pulgón del nogal mediante manuales de manejo de áfidos del nogal.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Densidades de depredadores:** Durante el ciclo de cultivo del nogal en las diversas huertas evaluadas los enemigos naturales más abundantes fueron: crisopas verdes (*Chrysoperla* spp. y *Chrysopa* spp.), catarinita roja, (*Hippodamia convergens*), catarinita gris (*Olla v-nigrum*), arañas cazadoras (*Misumema* spp.) y moscas sírfidas (*Allograpta* spp.). La dinámica

poblacional de los enemigos naturales presentó una tendencia similar a la de sus presas los áfidos amarillos, lo que indica una estrecha relación de densodependencia entre los insectos benéficos y la plaga. Los promedios y rangos de abundancia de los depredadores identificados y contabilizados en las diversas huertas se expresan en los cuadros 1, 2 y 3 donde se puede observar que los promedios de densidad variaron entre huertas debido a las diferencias en el manejo de plaguicidas.

**Crisopas verdes.** Los adultos de crisopas son de cuerpo esbelto y blando, de color verde amarillento, con alas transparentes ligeramente más largas que el cuerpo, miden de 13 a 18 mm de longitud (Figura 1). El estado biológico de mayor importancia es la larva de tercer instar, que puede consumir bajo condiciones de laboratorio hasta el 80% del total de los pulgones (Canard & Principi 1984). En el agroecosistema del nogal en la Comarca Lagunera las especies de crisopas más comunes son *Chrysoperla comanche*, *C. carnea*, *C. externa*, *C. nigricornis* y *C. rufilabris* (Vázquez & Muñoz 2000, Ramírez 2007, De La Cruz 2016). El Cuadro 1 muestra la densidad de crisopas expresado en promedios y rangos en sus diferentes etapas biológicas. Se puede observar que las huertas testigo (sin tratar), orgánica y biorracional presentaron mayor población de crisopas; por lo contrario, la huerta con manejo convencional presentó la menor cantidad de este insecto depredador; este mismo fenómeno ocurre en el cuadro 2 y 3 para las catarinas y otros depredadores debido al control que se ejerce con insecticidas altamente tóxicos y de amplio espectro lo cual reduce drásticamente la población de enemigos naturales.



Figura 1. Huevo, larva, pupa y adulto de crisopa verde.

Cuadro 1. Promedios y rangos de crisopas verdes por hoja compuesta en huertas de nogal con diferente manejo de plagas.

Manejo de la huerta	Etapa biológica									
	Huevo		Larva		Pupa		Adulto		Total	
	Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango
Testigo	0.255	0-1.08	0.014	0-0.05	0.009	0-0.05	0.006	0-0.04	0.07	0-1.08
Orgánico	0.372	0-1.71	0.012	0-0.08	0.012	0-0.05	0.011	0-0.08	0.10	0-1.71
Biorracional	0.335	0-2.25	0.016	0-0.05	0.017	0-0.09	0.011	0-0.07	0.09	0-2.25
Convencional	0.163	0-0.99	0.016	0-0.05	0.0005	0-0.01	0.003	0-0.02	0.04	0-0.99

**Catarinitas.** Las catarinitas son de los depredadores más importantes en las nogaleras ya que son muy constantes, sobre todo en verano. Son de hábito arbóreo y tienen altos índices de depredación de los áfidos. En el agroecosistema del nogal en la Comarca Lagunera las especies de catarinitas más abundantes son la catarinita convergente *Hippodamia convergens* (54.6%) y la catarinita gris *Olla v-nigrum* (41.5%) (Figura 2); seguidas de la catarinita café *Scymnus* sp. (3.7%) y la catarinita de siete manchas *Coccinella septempunctata* (0.2%) (Martínez et al. 2002, Torres et al., 2013). El Cuadro 2 muestra su abundancia en las diferentes huertas evaluadas. Se puede observar que las huertas testigo y con manejo orgánico presentaron mayores densidades (promedio de 0.11 catarinas/hoja); en cambio las huertas con manejo biorracional y convencional presentaron densidades más bajas (promedios de 0.01-0.02 catarinas/hoja) debido al uso de insecticidas tóxicos, los cuales afectaron negativamente a la fauna benéfica.



Figura 2. Huevo, larva, pupa y adulto de catarina gris.

Cuadro 2. Promedios y rangos por hoja de las poblaciones de catarinas en huertas bajo diferente manejo de plagas.

Manejo de La huerta	Etapa biológica									
	Huevo		Larva		Pupa		Adulto		Total	
	Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango
Testigo	0.45	0-5.83	0.007	0-0.05	0.003	0-0.03	0.005	0-0.03	0.11	0-5.83
Orgánico	0.40	0-5.14	0.024	0-0.29	0.009	0-0.05	0.016	0-0.09	0.11	0-5.14

Biorracional	0.06	0-0.76	0.003	0-0.02	0.003	0-0.04	0.007	0-0.06	0.01	0-0.76
Convencional	0.098	0-0.49	0.004	0-0.02	0	0	0.003	0-0.2	0.02	0-0.49

**Otros depredadores.** Existe una gran diversidad de otros depredadores nativos que se alimentan de los pulgones del nogal y otras especies de insectos plaga, entre los cuales se reportan a las arañas, chinches asesinas *Zelus* sp. y *Sinea* sp., chinche nebulosa *Deraeocoris nebulosus*, moscas sirfidas *Allograpta* sp., crisopas cafés, pájaros y murciélagos (Figura 3) (Tarango 2008). En el Cuadro 3 se observa cómo se distribuyeron los diversos insectos depredadores identificados en las huertas bajo diferente manejo; en donde la huerta que presentó mayor población de depredadores totales fue la huerta con manejo orgánico en contraste con la huerta convencional la cual presentó menor población.



Figura 3. Araña *Misumema* sp., mosca sirfida *Allograpta* sp., chinche asesina *Zelus* sp., y araña *Araneus* sp.

Cuadro 3. Promedios y rangos de diferentes especies de depredadores por hoja compuesta en huertas de nogal con diferente manejo de plagas.

Manejo de la huerta	Araña		Mosca sirfida		Acaro		Chinche asesina		Total	
	Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango
Testigo	0.0422	0-0.26	0.0011	0-0.01	0.0017	0-0.03	0	0	0.011	0-0.26
Orgánico	0.0267	0-0.09	0.0011	0-0.01	0.005	0-0.03	0.0272	0-0.31	0.015	0-0.31
Biorracional	0.0406	0-0.13	0.0022	0-0.04	0.0006	0-0.01	0.0006	0-0.01	0.011	0-0.13
Convencional	0.0161	0-0.05	0.0044	0-0.07	0	0	0.0022	0-0.01	0.005	0-0.07

## CONCLUSIONES

En el presente estudio se identificaron a los insectos depredadores asociados a los pulgones del nogal y se determinaron sus relaciones de densodependencia, los cuales juegan un papel importante en el control biológico natural de los áfidos del nogal. Se encontró que el manejo

de insecticidas afectó la abundancia de los insectos benéficos en las huertas de nogal, observándose una menor densidad en la huerta con manejo convencional. Por lo anterior, se recomienda integrar el control biológico natural y el método de control químico mediante el uso de insecticidas selectivos para la conservación de los enemigos naturales, los cuales se ha demostrado que regulan las poblaciones de los insectos plaga.

## REFERENCIAS

- Aguilar Pérez, J., H. (2007). Principales plagas de nogal en el Norte de Coahuila. INIFAP-CIRNE. Campo experimental Saltillo. Sitio Experimental Zaragoza. Folleto Técnico Núm. 14, Zaragoza, Coahuila, México. 28p.
- Ávila-Rodríguez V., Vacio-Fraga C. A., Nava-Camberos U., Márquez-Hernández C., García-de la Peña M. C., Olalde-Portugal V., García-Hernández J. L. (2016). Identificación, fluctuación poblacional y parasitismo de áfidos en nogal en la Comarca Lagunera, México. *Phyton*. 85: 249-255.
- Byerly M. K. F., Martínez C. J. L., Nava C. U. (1998). Manejo integrado de plagas, In: Pacheco CJJ, Pacheco MP, editores. *Temas Selectos para el Manejo Integrado de la Mosquita Blanca*. Memoria Científica Núm 6. CIRNO-INIFAP-SAGAR. Press 3-25.
- Canard M, Principi M. M. (1984). Development of chrysopidae. In: Canard M, Semeria Y, New TR editores. *Biology of Chrysopidae*. Dr. W. Junk Publishers. Boston, E.U.A. Press. p. 57-150.
- De la Cruz Ramos J. M. (2016). "Variabilidad genética de especies de crisópidos (Neuroptera; Chrysopidae) en la Comarca Lagunera." Tesis Maestría. FCB-UJED. 80p.
- Martínez A. I. P., Ramírez D. M., Nava C. U., Vázquez N. J. M. (2002). Fluctuación poblacional de pulgones y sus depredadores en huertas de nogal, con y sin alfalfa en la Comarca Lagunera. In: memorias del XXV Congreso Nacional de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico. Hermosillo, Sonora, México. 178-180pp.
- Nava C., U. & M. Ramírez D. (2002). Manejo integrado de plagas de nogal. En: *Tecnología de producción en nogal pecanero*. CELA-LA-CIRNOC-INIFAP Matamoros, Coahuila. Libro técnico no.3. pp. 145-172.
- Ramírez-Delgado M. (2007). Diversidad, distribución y atributos bioecológicos de especies de Chrysopidae asociadas a los frutales del Norte y Centro de México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de Los Garza, N. L., México. 145 p.
- Tarango, S. H., García, N. G., y Burrola, M. J. R. (2013). Manejo de áfidos del nogal pecanero. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Tarango-Rivero S., H. (2008). Áfidos (Hemiptera: *Aphididae*) del nogal pecanero, pp. 231-244. In: H. C. Arredondo-Bernal y L. A. Rodríguez del Bosque (eds). *Casos de control Biológico en México*. Mundi Prensa México, S. A. de C. V. México, D. F.
- Torres-Delgado M. G., V. Ávila-Rodríguez, U. Nava-Camberos, J. M. de la Cruz-Ramos y C. Márquez-Hernández. (2013). Fluctuación poblacional y parasitismo de catarinas en el cultivo de nogal *Carya illinoensis*, Karl Koch (Fagales: Juglandaceae), en la Comarca Lagunera. pp. 123-128. Memoria: de las Jornadas Académico-Culturales "Manejo y aprovechamiento de los recursos bióticos", del 11 al 15 de noviembre en Cd. Lerdo, Durango.
- Vázquez N. J. M., Muñoz S. R. (2000). Fluctuación poblacional de "crisópidos" (Neuroptera: Chrysopidae) en huertas de nogal pecanero de la Comarca Lagunera. In: *Memorias del XXIII Congreso Nacional de Control Biológico*, Guanajuato, Gto., México. 230-232 pp.



## USO DEL MODELO HIDROLÓGICO SWAT PARA ESTIMAR EL BALANCE HIDRÍCO EN LA ZONA DEL ALTO AGUASCALIENTES

Santiago A. V<sup>1</sup>., Montoya E. F.<sup>2</sup> Corrales S. A.<sup>3</sup>, Alfaro G. M.<sup>4</sup>, Verduzco G.L.<sup>2,5\*</sup>

Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Blvd. Gral. Marcelino Barragán, Olímpica, 44430 Guadalajara, Jalisco, Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes, La Estación Rincón, 1001, Rincón de Romos, Ags. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Km 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Ags., Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, 20100, Aguascalientes, Ags., Universidad Politécnica de Aguascalientes, Paseo de San Gerardo 202, Aguascalientes, Ags., [lidia.verduzco@upa.edu.mx](mailto:lidia.verduzco@upa.edu.mx)

### RESUMEN

El estado de Aguascalientes enfrenta un problema de crisis hídrica dentro de las cuencas hidrológicas que rodean la región a niveles preocupantes. Se estima, que el estado podría alcanzar el día cero en el 2030, lo que limita la disponibilidad de agua en la agricultura la cual, es una de las principales actividades económicas del Estado. En este trabajo, se utilizó el modelo hidrológico SWAT (herramienta de evaluación de suelo y agua) para estimar, mediante datos temporales, la respuesta hidrológica a través del balance hídrico en ríos pertenecientes a la zona del Alto Aguascalientes en el periodo 2021-2023. Los resultados obtenidos arrojaron un balance hídrico positivo, lo que sugiere que los caudales de las subcuencas tienden a realizar aportaciones de volumen a la cuenca Lerma-Santiago, sin embargo, los valores obtenidos de precipitación y escorrentía estiman que esta aportación podría no abastecer de forma eficiente a las actividades del sector primario predominante en la región. Hasta nuestro alcance para el estado de Aguascalientes, este tipo de estudios son escasos o nulos por lo que los resultados obtenidos en este trabajo podrían ser utilizados para estimar el déficit de agua en la región y ser un parteaguas para la toma de decisiones en cuanto a disponibilidad de los recursos hídricos en el estado.

**Palabras clave:** SWAT, balance hídrico, contaminación difusa.

### ABSTRACT

The state of Aguascalientes faces a severe water crisis within the hydrological basins surrounding the region, reaching alarming levels. It is estimated that the state could reach "Day Zero" by 2030, which is limiting water availability for agriculture, one of the state's main economic activities. In this study, the SWAT (Soil and Water Assessment Tool) hydrological model was used to estimate, using temporal data, the hydrological response through the water balance in rivers within the Alto Aguascalientes area during the period 2021-2023. The results showed a positive water balance, suggesting that the sub-basin flows tend to contribute volume to the Lerma-Santiago basin. However, the values obtained for precipitation (mm/year) and runoff (mm/year) indicate that this contribution does not efficiently supply the needs of the predominant primary sector in the region. To our knowledge, studies of this nature are scarce or nonexistent in the state of Aguascalientes. Therefore, the results obtained in this study could be used to estimate the water deficit in the region and serve as a watershed for decision-making regarding the availability of water resources.

**Key words:** SWAT, water balance, Agriculture.

## INTRODUCCION

El balance hídrico es un aspecto fundamental en la gestión de recursos hídricos, especialmente en regiones como la zona del Alto Aguascalientes, donde la disponibilidad de agua es un factor crítico para la estabilidad del sector primario. La región enfrenta retos significativos, incluyendo una creciente demanda de agua debido a la expansión agrícola, industrial y urbana, así como los desafíos adicionales derivados de las políticas públicas y del cambio climático. Lo anterior, influye de manera directa en la vulnerabilidad de los recursos hídricos, poniendo en riesgo la sostenibilidad de las actividades económicas y el bienestar de las comunidades (Bautista-Avalos *et al.*, 2014; Ćosić-Flajsig *et al.*, 2021; Mendonça dos Santos *et al.*, 2021).

En este contexto, el uso de herramientas avanzadas para la evaluación y manejo de los recursos hídricos se vuelve indispensable. El modelo hidrológico SWAT (Herramienta para la evaluación de suelo y agua) ha emergido como una herramienta útil para estimar y analizar el balance hídrico en cuencas hidrográficas. Este modelo permite simular los procesos hidrológicos a escala de cuenca, integrando información sobre el uso del suelo, la topografía, el clima y las prácticas de manejo, lo que facilita una comprensión integral de la dinámica del agua en el territorio (Arnold *et al.*, 2011; Rojas-Rodríguez *et al.*, 2020).

El presente estudio se centra en la aplicación del modelo SWAT para estimar el balance hídrico en la zona del Alto Aguascalientes, con el objetivo de proporcionar información valiosa para la toma de decisiones en la gestión de los recursos hídricos y evaluar la capacidad de la cuenca para satisfacer las demandas hídricas actuales y futuras del estado. Hasta nuestro alcance para el estado de Aguascalientes, este tipo de estudios son escasos o nulos por lo que los resultados obtenidos podrían ser utilizados para estimar el déficit de agua en la región y ser un parteaguas para la toma de decisiones en cuanto a disponibilidad de los recursos hídricos en el estado.

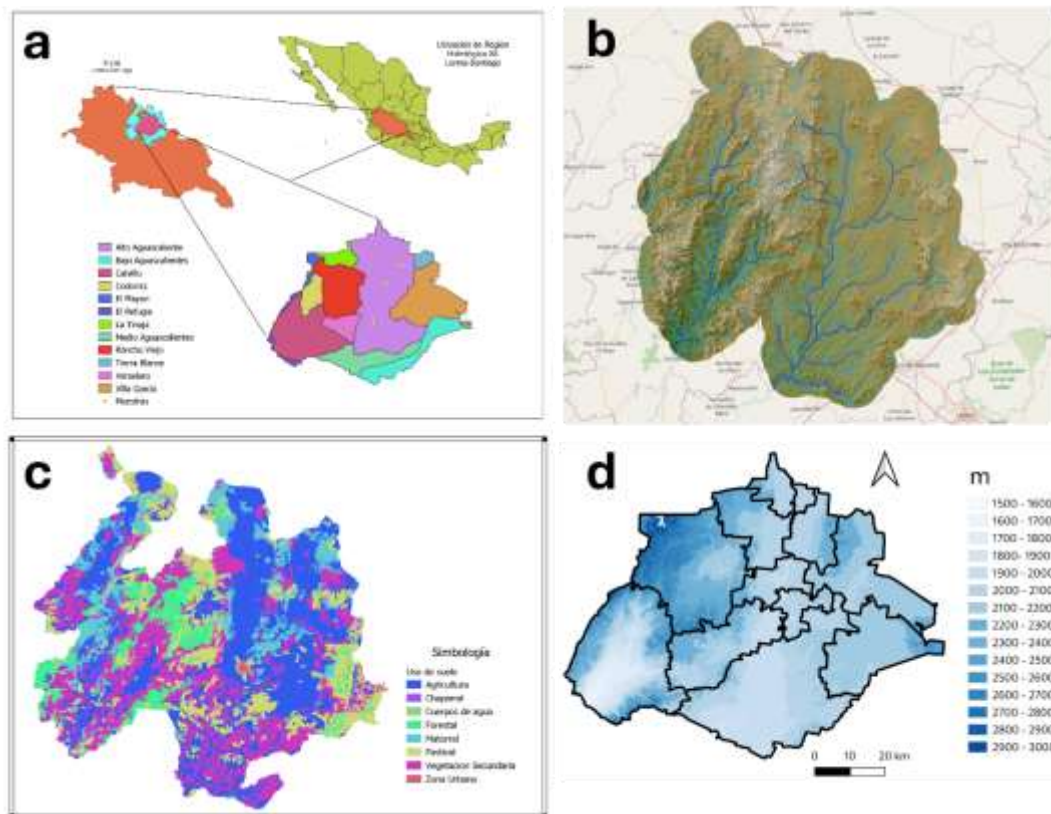
## MATERIALES Y METODOS

El área de estudio comprende la zona del Alto Aguascalientes, el cual está conformado por los municipios Pabellón de Arteaga y Tepezalá, principalmente. Estos se localizan en la subcuenca del Alto Aguascalientes con las coordenadas 102° 11' 17.88" Longitud Oeste y 22° 13' 41.02" Latitud Norte para el primero, y, 102° 16' 15.06" Longitud Oeste y 22° 8' 16.58" Latitud Norte. Los datos de entrada comprenden el modelo de elevación digital obtenido del Continuo de Elevaciones Nacional Serie I de INEGI, los datos meteorológicos diarios de precipitación, temperatura máxima y mínima se obtuvieron a partir de los datos horarios del reanálisis Era5 (Hersbach *et al.*, 2020). Para el Uso y tipo de suelo fueron tomados en cuenta la Serie V y Serie IV del continuo nacional acotado a las cuencas de estudio y realizado por la CONABIO. Los datos de calidad del agua y contenido de nitratos fueron obtenidos de CONAGUA Oficina Local de Aguascalientes y corresponden a 3 sitios de muestreo localizados en Pabellón de Arteaga y Tepezalá correspondientes a las estaciones de muestro Influyente P.T. (DLAGU00029RNL) y Efluente (DLAGU00029RNL), Influyente P.T. (DLAGU0008RNL) y Efluente (DLAGU0009RNL) en Tepezalá respectivamente, durante el periodo 2021-2023. Los datos de cantidad de fertilizante dosificada por hectárea fueron proporcionados por SADER Oficina Local en Aguascalientes. Las simulaciones se realizaron mediante SWAT utilizando una base de datos diaria a partir de ERA5 para las variables de precipitación y temperaturas máxima y mínima. Se utilizó el año 2021 como periodo de spin up para la configuración del modelo.



## RESULTADOS Y DISCUSION

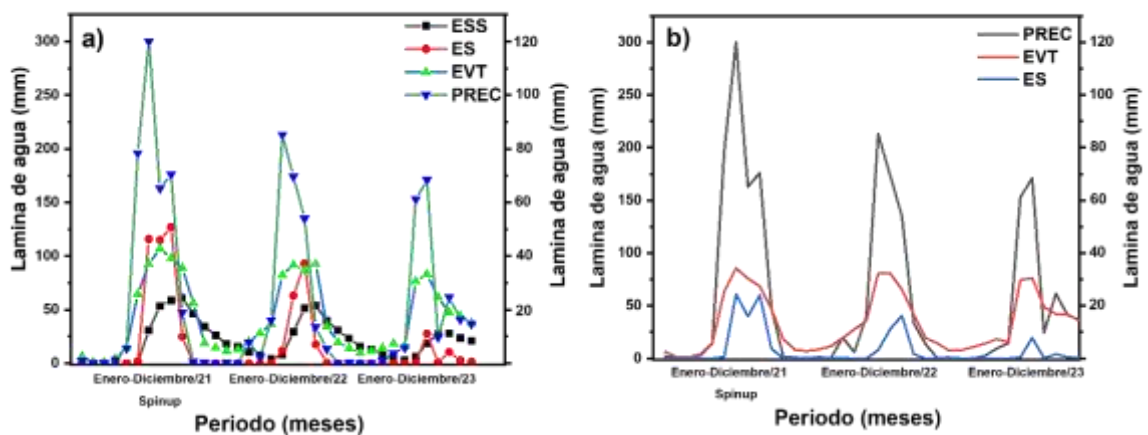
La zona de estudio comprendió al Alto Aguascalientes la cual es la zona agrícola más importante del estado ocupando un área cultivada del 35.7% en modalidad de riego y el 64% en temporal; en esta zona se encuentran los municipios de Tepezalá y Rincón de Romos que cuentan con denominación de origen para la producción de agave mezcalero, así como en colindancia con Pabellón de Arteaga ocupan el cuarto lugar en la producción de uva a nivel nacional (SADER, 2024), por lo que estimar la disponibilidad de agua, es un factor importante. El Estado de Aguascalientes se incluye en su totalidad dentro de la Región Hidrológica (RH) No. VIII Lerma-Santiago-Pacífico que drena a la vertiente del Pacífico y a la subregión Alto Santiago (Fig.1a). El principal cauce del estado es el Rio Aguascalientes el cual se une a los ríos de pabellón y otros arroyos menores proveyendo en parte a la agricultura [Fig.1b]. El tipo de suelo que predomina en esta zona se clasifican como vertisoles, con un uso de suelo predominante de matorral, chaparral con vegetación secundaria y agricultura de temporal y riego [Fig. 1c], y su unidad fisiográfica pertenece a la madre sierra occidental con una altitud aproximada de 1,640 a 3,050 msnm [Fig. 1d] (Periódico Oficial del Estado de Aguascalientes, 2014).



**Figura 1.** Localización del área de estudio incluyendo los puntos de muestreo (en amarillo) correspondiente al Alto Aguascalientes (a), el dominio de simulación del SWAT (b), uso de suelo en la cuenca (c) y topografía (m) del Estado de Aguascalientes (d).

La Figura 1 muestra las áreas con condiciones favorables para el proceso de erosión, influenciada principalmente por el tipo y uso de suelo; además, áreas cercadas a la subcuenca presentan pendientes abruptas lo que podría jugar un papel importante en la determinación de la cantidad de escurrimiento superficial [3,6-8].

Para estimar el nivel de escurrimiento superficial (ES), subsuperficial (ESS) y la evotranspiración (EVT) se utilizó el modelo hidrológico SWAT. Los resultados preliminares obtenidos de los periodos evaluados y que aún se encuentran en validación se muestran en la Figura 2. La Figura 2a, muestra los parámetros evaluados para Tepezalá y Pabellón de Arteaga (Figura 2b) durante el periodo de mayor precipitación en los años 2021-2023. Como se puede observar, la mayor precipitación se presentó durante los meses de julio a septiembre del año 2021 (spin up) con valores de escurrimientos cercados a los 120 mm, esto se ve reflejado en el balance hídrico el cual resultó positivo con un aproximado del 20% destacando valores positivos en la época de lluvia, sin embargo, en la época de estiaje presentan valores cercanos a 0. Sin embargo, para el periodo de 2022 y 2023 la precipitación presentó una reducción de aproximadamente 60 mm, la cual podría ser atribuida a un desfase de la etapa de lluvias hacia los meses de octubre y noviembre con valores de escurrimiento ES y ESS cercanos a los 125 y 90 mm para Tepezalá y Pabellón de Arteaga, respectivamente. Lo anterior, propició una disminución en la escorrentía y por en una disminución en los niveles de agua en los cuerpos receptores.



**Figura 2.** Precipitación (PREC) de acuerdo a ERA5 y estimación mediante SWAT del escurrimiento superficial (ES), escurrimiento subsuperficial (ESS) y evapotranspiración (EVT) para a) Tepezalá y b) Pabellón de Arteaga durante el periodo de estudio (2021-2023).

## CONCLUSIONES

Los resultados mostrados en este estudio son preliminares y están siendo calibrados y validados en un periodo más amplio. Cabe destacar que para el estado de Aguascalientes no se tienen, hasta nuestro alcance, estudios con modelos hidrológicos que permitan estimar los parámetros evaluados y la contaminación difusa en cuerpos receptores. Por otro lado, la escorrentía observada muestra el resultado de la influencia de la topografía del estado, lo que podría influir en la disponibilidad de agua en épocas de estiaje, además, el nivel de contaminación por metales pesados a los que se enfrenta Aguascalientes, aunado a la adición no controlada de fertilizantes en áreas agrícolas, y su uso con aguas tratadas con alta concentración de nutrientes, propicia daños ambientales y al suelo agrícola, los cuales, podrían mitigarse a través del estudio y análisis de este tipo de estudios. Como trabajo en curso, se está realizando mediante SWAT la estimación de la contaminación difusa en el estado, lo que fomenta el uso de este tipo de modelos para generar información útil en la toma de decisiones.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Fondo Estatal de Innovación Tecnológica 2024 y al Instituto de Ciencia y Tecnología del Estado de Aguascalientes por el apoyo brindado con el proyecto 2024/SO-11/92. Al INIFAP Campo Experimental Pabellón a través del proyecto No. SIGI11254636311 en colaboración con el Dr. Arturo Corrales Suastegui.

## REFERENCIAS

- Arnold, J. G., Neitsch, S. L., Kiniry, J. R., and Williams, J. R. (2011). Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009.
- Bautista-Avalos D, Cruz-Cárdenas G, Moncayo-Estrada Rodrigo, Silva-García José Teodoro, Estrada-Godoy Francisco. (2014). Aplicación del modelo SWAT para evaluar la contaminación por fuentes difusas en la subcuenca del lago de Chapala, México., *Rev. Int. Contam. Ambie.* 30 (3) 263-274.
- Ćosić-Flajsig G, Karleuša B, Glavan M. (2021). Integrated Water Quality Management Model for the Rural Transboundary River Basin—A Case Study of the Sutla/Sotla River. *Water* 13(18):2569.
- Hersbach H, Bell B, Berrisford P, et al. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Q J R Meteorol Soc.* 146: 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
- Mendonça dos Santos Franciane., Proença de Oliveira Rodrigo., Fábio Mauad Frederico. (2021). Evaluating a parsimonious watershed model versus SWAT to estimate streamflow, soil loss and river contamination in two case studies in Tietê river basin, São Paulo, Brazil., *Journal of Hydrology: Regional Studies* 29, 100685.
- Periódico Oficial del Estado de Aguascalientes, Tomo LXXVII (38), 2014. <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://eservicios2.aguascalientes.gob.mx/NormatecaAdministrador/archivos/EDO-23-40.pdf&ved=2ahUKEwiQoLWfj9yHAXJJ0QIHTbLFegQFnoECCsQAQ&usg=AOvVaw1yQEyG37yZCpfYxZJqptFa>.
- Rojas-Rodríguez Isaac, Shamir., Coronado-García Manuel Arturo., Rossetti-López Sergio Ramón, Beltrán-Morales, Félix Alfredo. (2020). Contaminación por nitratos y fosfatos provenientes de la actividad agrícola en la cuenca baja del río Mayo en el estado de Sonora, México. *Terra Latinoamericana*, 38(2):247.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2024).. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/aguascalientes-un-territorio-pequeno-pero-muy-productivo>. (Fecha de consulta: 03 de agosto de 2024).

## RESPUESTA HIDROLÓGICA AL CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA REGION HIDROLÓGICA XII LERMA-SANTIAGO MEDIANTE REGCM-SWAT

Santiago A. V<sup>1</sup>., Corrales S. A.<sup>2</sup>, Avalos C. D.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Blv. Gral. Marcelino Barragán, Olímpica, 44430 Guadalajara, Jalisco, <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Pabellón, Carretera Aguascalientes-Zacatecas Km 32.5, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20670. Correo electrónico [corrales.arturo@inifap.gob.mx](mailto:corrales.arturo@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El Modelo Climático Regional (RegCM4) proporcionó las entradas en el modelo hidrológico SWAT para las variables de precipitación y temperatura en la cuenca del Lerma- Santiago perteneciente a la Región Hidrológica 12, con periodo de análisis de 1997-2008. Las entradas de uso y tipo de suelo fueron obtenidas de la base de datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en las series I y V del continuo nacional. De esta misma base de datos se obtuvo el modelo de elevación digital con resolución 60 m del continuo nacional. Para la calibración y validación del estudio hidrológico, fueron utilizadas la base de datos de estaciones hidrométricas de la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA), en el mismo periodo 1997-2008. Fue comparados los datos de observación con la base de datos de reanálisis GloFAS en su equivalente de puntos de aforo. En específico para este trabajo es ilustrado el periodo 1997-1999. Se utilizaron 2 simulaciones de 13 años (1996-2008) forzadas con RegCM4 por el reanálisis Era Interim 75 como entradas de SWAT, las cuales resultaron del proyecto de investigación "34-2022. Efecto de la deforestación/aforestación en precipitación y temperatura durante la estación húmeda en México", llevado a cabo en el Laboratorio Nacional de Cómputo de Alto Desempeño (LANCAD) del CONAHCYT.

**Palabras clave.** Respuesta hidrológica, RegCM, SWAT, cambio de uso de suelo, modelación hidrológica

### ABSTRACT

The Regional Climate Model (RegCM4) provided inputs for precipitation and temperature variables in the SWAT hydrological model for the Lerma-Santiago basin, which is part of Hydrological Region 12, covering the analysis period of 1997-2008. Land use and soil type inputs were obtained from the database of the National Institute of Statistics and Geography (INEGI), specifically from series I and V of the national continuum. From the same database, a digital elevation model with a 60 m resolution was acquired. For the calibration and validation of the hydrological study, data from the hydrometric stations of the National Water Commission (CONAGUA) were used, covering the same period, 1997-2008. The observational data were compared with the GloFAS reanalysis database at corresponding gauging points. Specifically for this work, the period from 1997 to 1999 was analyzed. We used two RegCM4 simulations, each spanning 13 years (1996-2008) and forced by the ERA-Interim reanalysis data, as inputs for SWAT. These simulations were part of the research project "34-2022. Effect of deforestation/afforestation on precipitation and temperature during the wet season in Mexico," conducted at the Laboratorio Nacional de Cómputo de Alto Desempeño of CONAHCYT.

**Key words.** Hydrological response, RegCM, SWAT, land use change, hydrological modeling

## INTRODUCCION

La cuenca Lerma-Santiago, ubicada en el centro de México mostrado en la Figura 1., despierta un interés significativo debido a su importancia demográfica y su papel crucial en el suministro de agua en diferentes sectores. Atraviesa ocho estados de la República Mexicana (Estado de México, Michoacán, Querétaro, Guanajuato, Jalisco, Nayarit y Aguascalientes), que contienen algunas de las zonas de actividad agrícola más importantes del país. El principal objetivo de este estudio es comprender en como los cambios de uso de suelo afectan el flujo de agua y disponibilidad de recursos hídricos en esta cuenca. El Modelo Climático Regional (RegCM4) proporcionó las entradas en el modelo hidrológico SWAT para las variables de precipitación y temperatura, con periodo de análisis de 1997-2008, con el fin de comparar la respuesta hidrológica al cambio de uso de suelo en la cuenca, sustituyendo el uso de suelo forestal por pastizales.

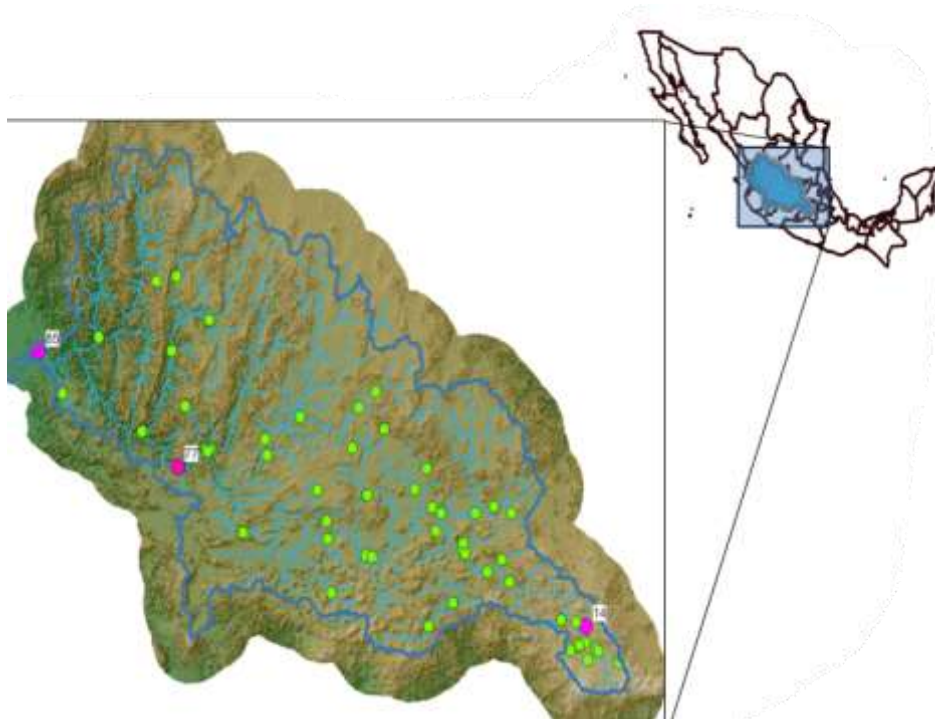


Figura 1. Esquema de localización de la cuenca Lerma-Santiago. Fuente: Elaboración propia

## MATERIALES Y METODOS

El modelo ICTP RegCM4 fue utilizado para realizar simulaciones en el dominio CORDEX-CAM, durante un período de 12 años (1997-2008). Estas simulaciones incluyeron una corrida de control (CTL), que mantuvo la vegetación prescrita de acuerdo con el modelo de superficie terrestre CLM4.5 (Oleson et al., 2013), y una corrida de deforestación numérica de árboles a pastizales (VGE1) sobre México. RegCM4 proporcionó las entradas en el modelo hidrológico SWAT para las variables de precipitación y temperatura, con un período de análisis de 1997-2008. Las entradas de Uso y Tipo de Suelo se obtuvieron de la base de datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en las series I y V del continuo nacional. De esta misma base de datos se obtuvo el modelo digital de elevación con 60 m de resolución del continuo nacional. Adicionalmente fue incluido un escenario con la base de datos de reanálisis de ERA5 (Hersbatch *et al.*, 2020) para comparar la modelación hidrológica de diferentes bases de datos meteorológicos. Para la calibración y validación del estudio hidrológico utilizaremos la base de datos de estaciones hidrométricas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)



durante el mismo periodo 1997-2008. En este trabajo fueron incluidas tres estaciones de comparación de escurrimientos superficiales de los puntos de aforo con diferentes condiciones uso y tipo de suelo para evaluar los distintos escenarios, es específico son referenciadas bajo la siguiente nomenclatura: Estación 85: Campomal, Nayarit (Clave CONAGUA: CAPNR); Estación 77: Santa Rosa 2, Amatitán, Jalisco (Clave CONAGUA: B12521); Estación 14: San Bartolo del Llano, Jipilco, Estado de México (Clave CONAGUA: B12581).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 2 se muestran dos escenarios de RegCM4 en el que fueron utilizados para graficar promedios diarios de tres variables diferentes: promedio de temperatura mínima diaria. En la Figura 3 se muestra el promedio de temperatura máxima diaria y en la Figura 4 promedio de precipitación.

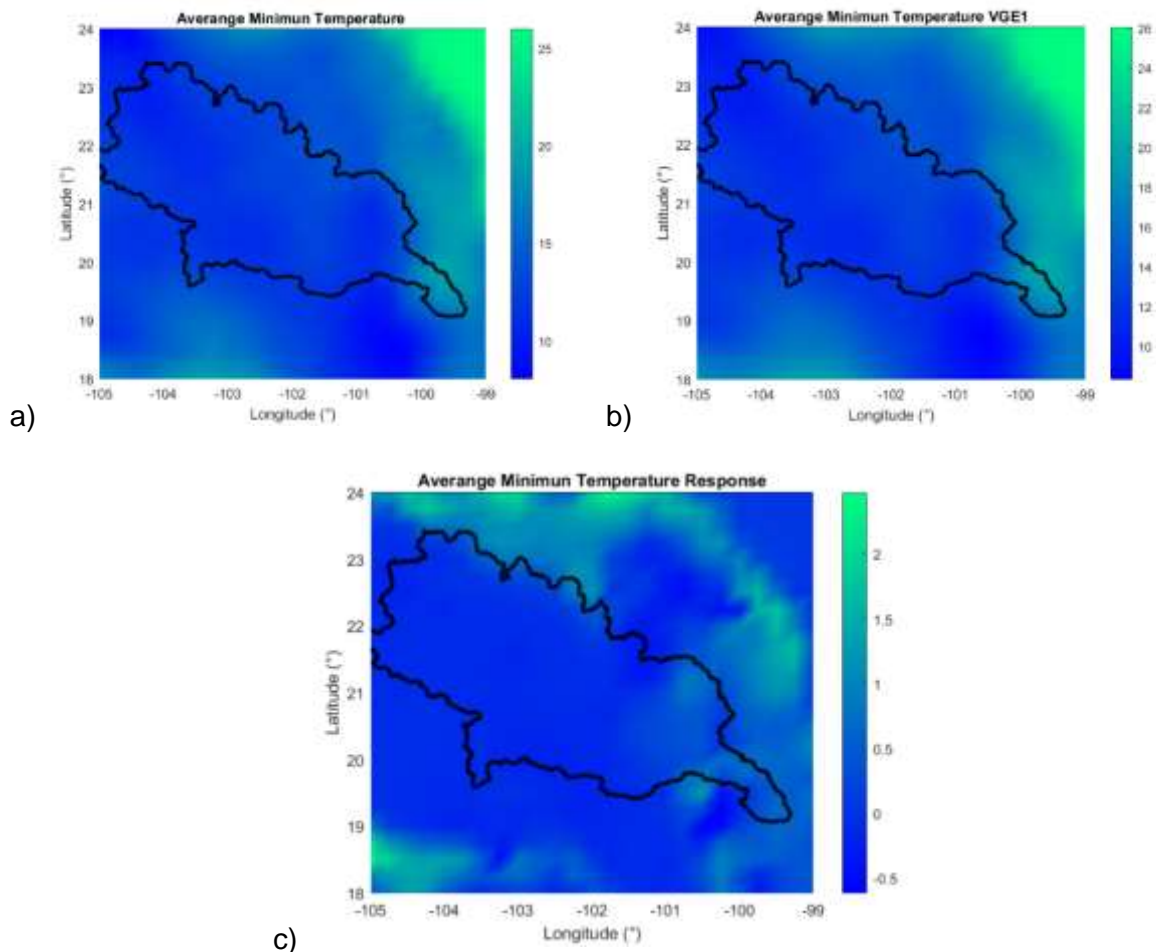


Figura 4. Respuesta de temperatura mínima al cambio de uso de suelo

En la Figura 2 se muestra en a) el promedio de la temperatura mínima en el periodo de simulación 1997-1999 donde en la mayor parte de la cuenca ronda los 15 °C diarios, mientras que en b) se muestra el mismo promedio de temperatura mínima diaria para el cambio de uso

de suelo de bosque a pastizales con un valor de 18°C en la mayor parte de la cuenca. En c) es graficada la respuesta a la temperatura mínima promedio, donde claramente se observan en zonas de bosque ubicadas por encima de los 2000 metros sobre el nivel del mar un incremento de 1.5 °C.

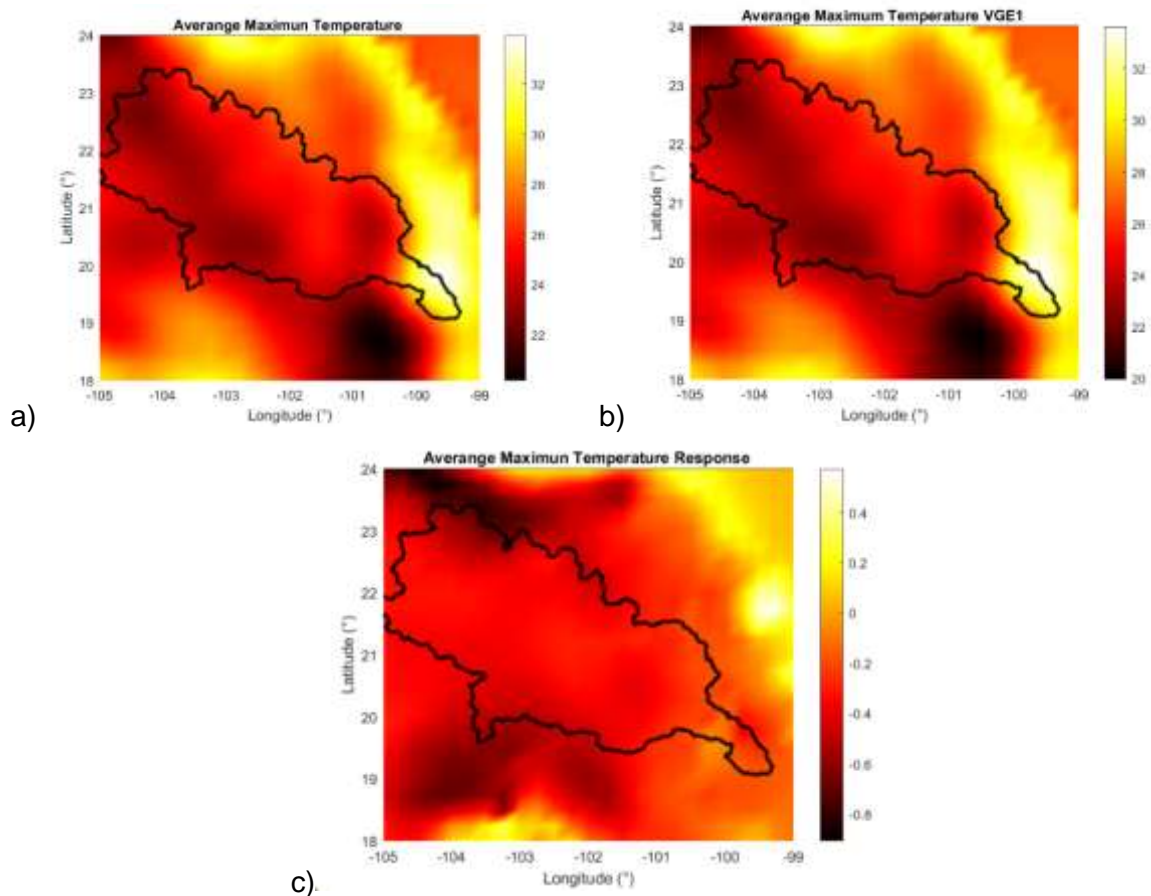
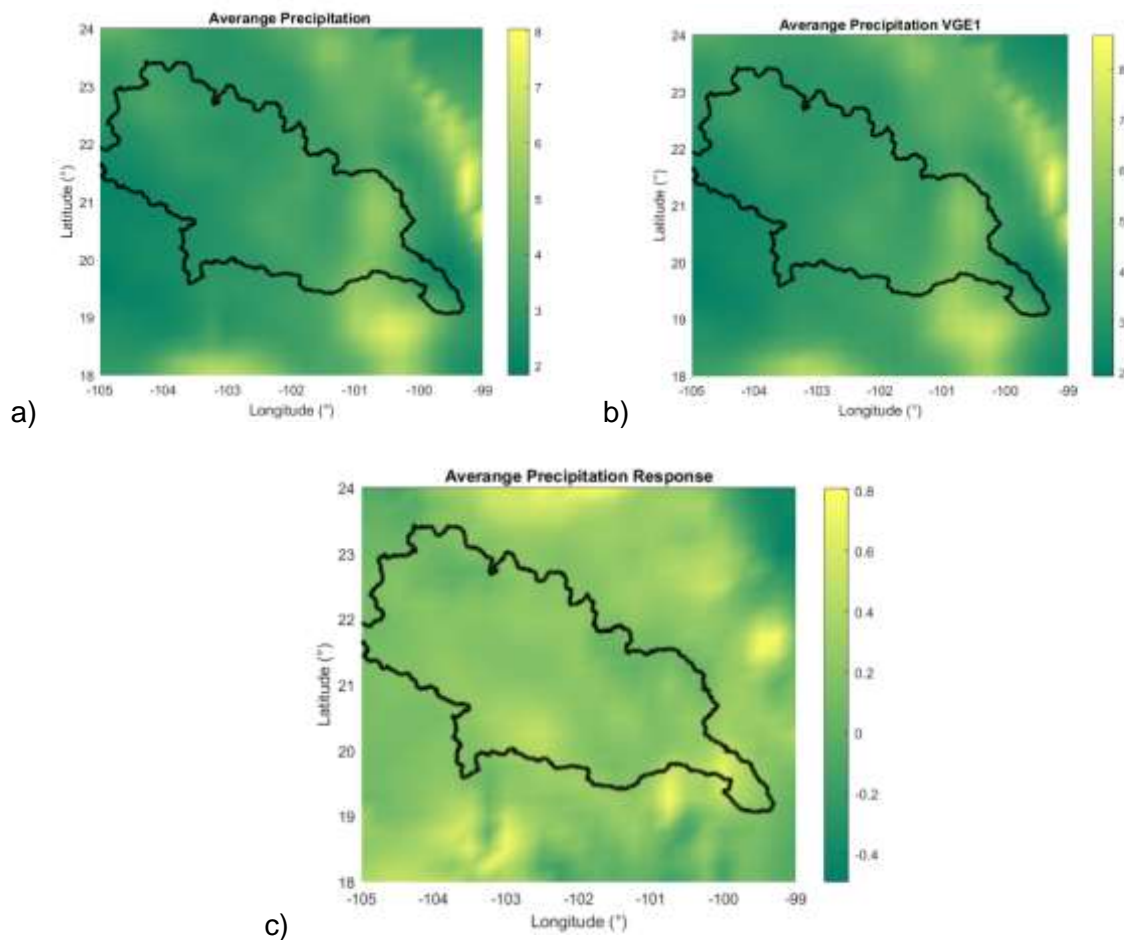


Figura 3. Respuesta de temperatura promedio máxima al cambio de uso de suelo. Fuente: elaboración propia

De la misma manera que la Figura 2, la Figura 4 muestra los promedios de temperatura diaria en el periodo de 1997 a 1999, pero en este caso ilustra el promedio de temperatura máxima diaria. Sin embargo, para esta variable es mostrada una disminución en la mayor parte de la cuenca.



**Figura 4. Respuesta en la precipitación al cambio de uso de suelo. Fuente: elaboración propia.**

En contraste a las Figuras 2 y 3, la Figura 4 representa la respuesta en la precipitación al cambio de uso suelo en el escenario VGE1, en la que es observado un incremento en la precipitación durante el periodo analizado en varias regiones de la zona de estudio.

La Figura 5 muestra graficas de los escurrimientos superficiales por estación hidrográfica, en azul los datos de observación de estaciones hidrográficas de la CONAGUA, en rojo la base de datos GloFAS, en verde la simulación realizada en SWAT con base de datos climatológicos de ERA5, de color magenta aparece la simulación en SWAT con base de datos de RegCM4, y por último la línea discontinua en negro, muestra la respuesta hidrológica, es decir SWAT-RegCM<sub>CTL</sub> menos SWAT-RegCM<sub>VGE1</sub>. Como era de esperarse de acuerdo con los resultados en Figuras 2,3 y 4, si la precipitación aumenta en diferentes partes de la cuenca LS, los escurrimientos superficiales también se vieron afectados de manera significativa, en dos de los tres puntos de aforo.



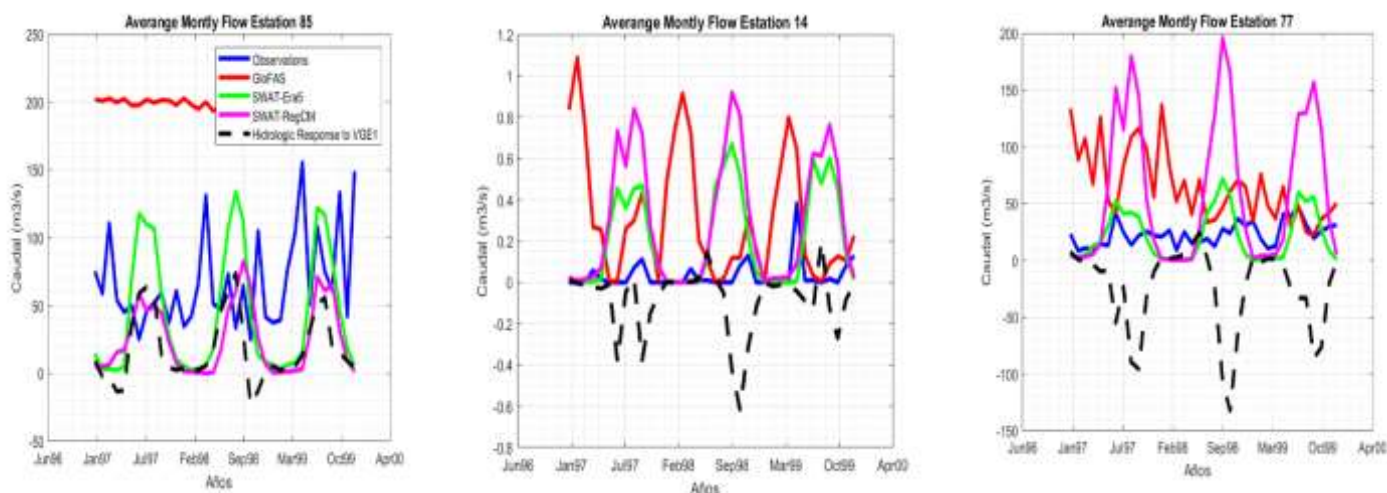


Figura 5. Promedio mensual de escurrimientos en estación hidrométrica 85, 77 y 14, Fuente: elaboración propia

En la Figura 5 las estaciones 14 y 77 respectivamente muestran un incremento en la respuesta hidrológica, resultado del incremento en las precipitaciones generadas por el cambio de uso de suelo, sin embargo, no se puede concluir lo mismo en la estación 85, que es el punto de captación de toda la cuenca hidrográfica.

## CONCLUSIONES

Los resultados de nuestro estudio indican que el cambio de uso del suelo, específicamente debido a la deforestación en México, tiene un impacto significativo en la escorrentía de agua. Este fenómeno provoca un aumento en el caudal de la cuenca, debido al aumento de las precipitaciones, no obstante, en otros puntos de la cuenca el caudal disminuyó. Como lo mencionan Chen *et al.* (2019), la deforestación implica un calentamiento superficial, provocando un aumento de la evaporación y calentamiento convectivo en diferentes puntos del área de estudio. Sin embargo, es importante resaltar que estos resultados son preliminares y se requiere una calibración exhaustiva de nuestros modelos para obtener conclusiones más precisas y confiables. A pesar de estas limitaciones, nuestros hallazgos subrayan la necesidad de medidas para mitigar estos efectos y promover el manejo forestal sostenible para preservar el ciclo hidrológico natural.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el tiempo de cómputo otorgado por LANCAD y CONAHCYT en la supercomputadora Yoltla/Miztli/Xiuhcoatl en la LSVP UAM-Iztapalapa/DGTIC UNAM/CGSTIC CINVESTAV. La investigación de ACS cuenta con el apoyo del INIFAP (México) a través del proyecto de investigación No. SIGI. 11254636311.

## REFERENCIAS

- Arnold, J. G., Neitsch, S. L., Kiniry, J. R., & Williams, J. R. (2011). Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009.
- Bharati, L., Gurung, P., Maharjan, L., & Bhattarai, U. (2016). Past and future variability in the hydrological regime of the Koshi Basin, Nepal. *Hydrological Sciences Journal*, 61(1), 79–93. <https://doi.org/10.1080/02626667.2014.952639>
- Brighenti, T. M., Gassman, P. W., Gutowski, W. J., & Thompson, J. R. (2023). Assessing the Influence of a Bias Correction Method on Future Climate Scenarios Using SWAT as an Impact Model Indicator. *Water (Switzerland)*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/w15040750>

- Chow, V. Te, Maidend, D. R., & Mays, L. W. (1994). Hidrologia Aplicada - Ven te chow (M. E. Suarez R., Ed.; First).
- Corson-Dosch H., Nell C., Volentine R., Archer A. A., Bechtel E., Bruce J. L., Felts N., Gross T. A., Lopez-Trujillo D., Riggs C. E., & Read E. K. (2022, October). El Ciclo del Agua - The Water Cycle, Spanish (PNG). Water Science School.
- Cruz-Arevalo, B. L. (2019). Cambio de Uso de Suelo y Su Efecto en el Escurrimiento Modelado con SWAT en la Cuenca del Río Chapingo. Colegio de Posgraduados.
- Grimaldi, S., Salamon, P., Disperati, J., Zsoter, E., Russo, C., Ramos, A., Carton De Wiart, C., Barnard, C., Hansford, E., Gomes, G., & Prudhomme, C. (2019, November 5). River discharge and related historical data from the Global Flood Awareness System. v4.0. European Commission, Joint Research Centre (JRC). <https://doi.org/10.24381/cds.a4fdd6b9>
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., et al. (2020). The ERA5 global reanalysis. Q J R Meteorol Soc.; 146: 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
- Mccarl, B. A., Brody, S. D., & El-Halwagi, M. (2007). AN ANALYSIS OF PRODUCING ETHANOL AND ELECTRIC POWER FROM WOODY RESIDUES AND AGRICULTURAL CROPS IN EAST TEXAS.
- Muñoz Sabater, J. (2019, July 12). ERA5-Land hourly data from 1950 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). <https://doi.org/10.24381/cds.e2161ba>

## CALIDAD BROMATOLOGICA DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ (*Zea mays*) CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA – INORGANICA

González-T. Anselmo.<sup>1\*</sup>, Vásquez-M. Regino.<sup>2</sup>, García-C. Mario.<sup>3</sup>, Flores-H. Eduardo. A.<sup>3</sup>  
Ávila C. Rafa.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Básicas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro/Unidad Laguna, División de estudios de posgrado e investigación. Periférico Raúl López Sánchez, número, colonia valle verde, C.P. (27054). Torreón, Coahuila, México.<sup>2</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro/Unidad Laguna, División de estudios de posgrado e investigación. Periférico Raúl López Sánchez, número, colonia valle verde, C.P. (27054). Torreón, Coahuila, México.<sup>3</sup>Departamento de suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro/Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez, número, colonia valle verde, C.P. (27054). Torreón, Coahuila, México.

\*Autor de correspondencia: [anselgonz@hotmail.com](mailto:anselgonz@hotmail.com)

### RESUMEN

La investigación tiene como objetivo evaluar la composición Bromatológica del Forraje Verde Hidropónico (FVH) de maíz, utilizando fertilización orgánica (FO) a base de lixiviado de vermicompost y fertilización inorgánica (FI). Los tratamientos fueron: T1 100% FO; T2 50% FO; T3 100% FI; T4 50% FI; T5 50%FO-50%FI; T6 Testigo, el cual fue irrigado únicamente con agua. Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones por tratamiento. Los resultados obtenidos (cuadro 5), demuestran que el tratamiento T1 100%FO obtuvo los valores más altos en las variables; Peso Fresco (PF), Peso seco (PS), Extracto Etéreo (EE), Ceniza (CN), proteína Cruda (PC), Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Acido (FDA) en comparación a los demás tratamientos, sin embargo, el tratamiento T5 50%FO-50%FI presento el valor más alto en la variable Materia Seca (MS). Por su parte los tratamientos irrigados con 100% de FI también mostraron resultados muy altos en las variables de PS, CN, FDN y FDA, destacando solo un poco por debajo a los valores obtenidos por el T1. Con esto se concluye, que el uso de fuentes de fertilización orgánica a base de lixiviado de vermicompost, puede remplazar el uso de fertilizantes de síntesis química para producir FVH con alta calidad bromatológica.

**Palabras clave:** Composición Bromatológica, Fertilización orgánica, Forraje Verde Hidropónico, Maíz.

### ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the bromatological composition of the hydroponic green fodder (HVF) of corn, using organic fertilization (FO) based on vermicompost leachate and inorganic fertilization (FI). The treatments were: T1 100% FO; T2 50% FO; T3 100% FI; T4 50% FI; T5 50%FO-50%FI; T6 Control, which was irrigated only with water. A completely randomized design with five replications per treatment was used. The results obtained (Table 5) show that the treatment T1 100%FO obtained the highest values in the variables; Fresh Weight (FP), Dry Weight (DW), Ethereal Extract (EE), Ash (CN), Crude Protein (CP), Neutral Detergent Fiber (NDF) and Acid Detergent Fiber (AF) in comparison to the other treatments, however, the treatment T5 50%FO-50%FI presented the highest value in the Dry Matter (DM) variable. The treatments irrigated with 100% FI also showed very high results in the variables PS, CN, NDF and FDA, only slightly below the values obtained by T1. This leads to the conclusion that the use of organic fertilization sources based on vermicompost leachate can replace the use of chemically synthesized fertilizers to produce FVH with high bromatological quality.

**Key words:** Bromatological composition, Organic fertilization, Hydroponic green forage, Corn.

## INTRODUCCIÓN

El forraje verde hidropónico (FVH) es el resultado de la germinación y crecimiento temprano de plántulas provenientes de semillas forrajeras de gramíneas y leguminosas durante períodos de producción que varían de 9 a 16 días, este tipo de forraje puede producirse en forma vertical (lotes apilados a varios niveles) tanto en invernaderos automatizados como en sistemas operados manualmente estableciendo condiciones adecuadas de temperatura, humedad y luz (FAO, 2001).

El forraje se cosecha en forma de un “pan de forraje” que se entrega a los animales para consumo directo, o bien puede almacenarse compactado en bolsas. De esta manera los animales consumen tanto las hojas como las raíces y restos de semillas del FVH y obtienen de esta fuente buenos contenidos de proteínas, energía, vitaminas y minerales (Acosta Lozano, Lima Orozco, Castro Alegría, Avellaneda Cevallos, & Suárez Reyes, 2016). Numerosas especies pueden ser utilizadas para la obtención de forraje verde hidropónico, entre ellas cebada, avena, trigo, sorgo, alfalfa y maíz (Birgi, Gargaglione, & Utrilla, 2018).

La inclusión de forraje verde hidropónico de maíz en dietas de alimentación en animales monogástricos y poligástricos incrementando su fertilidad y productividad además de disminuir la incidencia de algunas enfermedades de tipo digestivo e infeccioso incluyendo parasitosis (Cisneros Saguilán et al., 2020).

Los efectos benéficos del consumo de FVH en la salud de los animales que lo consumen han sido atribuidos generalmente a su contenido de proteínas, minerales y vitaminas (Castillo & Núñez, 2019).

El FVH resulta una alternativa viable, si consideramos que este tipo de producción ahorra 10 veces la cantidad de agua que se utilizaría en una producción en campo abierto. Consecuentemente, la búsqueda de metodologías alternativas de producción de forraje en las cuales se considere el ahorro de agua, altos rendimientos por m<sup>2</sup> ocupado, calidad nutricional, flexibilidad en la transferencia y mínimos impactos negativos sobre el medio ambiente es de particular importancia (Lopez Aguilar, Murillo Amador, & Rodriguez Quezada, 2009) (Elmulthum-Nagat et al., 2023)

En la actualidad se utilizan practicas inadecuadas para la producción de forraje, como la aplicación excesiva de fertilizantes y sistemas de riego inapropiados, en algunos casos ocasionando contaminación de suelos y aguas subterráneas (Grigas, Kemzuraite, Steponavicius, Steponaviciene, & Domeika, 2020). En consecuencia, es de suma importancia el uso de alternativas para la producción de forraje que consideren el ahorro de agua, rendimiento sostenible, calidad nutrimental (Ramírez Víquez & Soto Bravo, 2017). Una alternativa para disminuir los costos y la dependencia de fertilizantes sintéticos, es la utilización de algunos materiales orgánicos líquidos como el lixiviado de vermicompost (Valverde, Mera, Castro, & Gabriel-Ortega, 2017).

Por otro lado, se ha logrado obtener rendimientos y calidad nutritiva en FVH producido bajo fertilización orgánica similares a los obtenidos aplicando fertilización Inorganica (Ramírez Víquez & Soto Bravo, 2017). Sin embargo, no ha sido evaluado el rendimiento y calidad del FVH en combinación de ambas fuentes de fertilización, de ahí que surja el objetivo de esta investigación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Ubicación del área de estudio** Se utilizaron muestras de FVH de maíz (*Zea mays* spp.) cultivada dentro de una malla sombra, ubicada en La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro unidad laguna de Torreón, Coahuila, México, localizado entre las latitudes 24°30' y 27° N, y 102°00' y 104°40' O, a una altitud de 1120m.

**Material vegetativo** La semilla utilizada fue comercial (maíz tipo criollo) la cual tiene un porcentaje de germinación del 99%, esto con el fin de tener mayor uniformidad en los diferentes tratamientos.

**Metodología para la Producción del Forraje Verde Hidropónico** Para la producción del FVH de maíz, se siguió la metodología utilizada por Herrera-Torres et al. (2010), la cual se desarrolla de la siguiente manera:

**Lavado y desinfección de la semilla** En un recipiente con agua se lavó la semilla retirando basura y semillas que floten, ya que estas no resultan útiles, posteriormente en 20 litros de agua se desinfectó la semilla utilizando 10 ml de hipoclorito de sodio al 5%.

**Remojo de la semilla** En un recipiente con 20 L de agua se dejó remojando la semilla durante 24h con el fin de hidratarlas. Transcurrido ese tiempo, las semillas fueron escurridas y colocadas en botes de plástico de 20 litros perforados y cubiertos con plástico negro durante 24h más para estimular su germinación.

**Siembra en charolas** La siembra se realizó colocando 120 gr de semillas con radículas de 1-1,5cm de longitud en bandejas de poliestireno de 10x20cm perforadas (Salas Pérez, Borroel-García, Ramírez-Aragón, & Moncayo Luján, 2018).

**Riego** Las plántulas fueron irrigadas a suficiencia con agua potable de la llave, los riegos se realizaron cada hora durante un lapso de 1 minuto utilizando atomizador a presión desde las 8:00h hasta las 20:00h a partir del día de siembra hasta la cosecha del forraje (día 12).

**Fertilización** Las soluciones nutritivas orgánicas fueron a base de lixiviado de vermicompost, preparadas de acuerdo a Minor-Morgan (2017), la solución nutritiva inorgánica utilizada fue a base de Bayfolan, producto comercial de la compañía BAYER. La concentración de nutrientes en los tratamientos utilizados se muestra en el cuadro 3. Los tratamientos fueron aplicados cuatro veces al día (8:00 am, 12:00 pm, 4:00 pm y 8:00 pm) sobre la parte aérea del forraje, con un volumen promedio de 1L de solución nutritiva por tratamiento distribuido entre las 5 repeticiones.

Tabla 1. Composición química de los fertilizantes aplicados en la producción de forraje verde hidropónico de maíz en invernadero

Fertilizante	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	pH	CE
	-----%-----			-----ppm-----					(dS/m)
100% FO	0.046	0.060	0.852	0.220	0.712	15.984	2.424	6.5	2.5
50% FO	0.023	0.030	0.426	0.110	0.356	7.992	1.212	6.5	2.5
100% FI	0.24	0.17	0.130	0.200	250	500	500	7	3.5
50% FI	0.12	0.085	0.065	0.100	125	250	250	7	3.5
50%FO 50%FI	0.143	0.115	0.491	0.210	125.3	257.99	251.21	7	3.5
Agua	0.020	ND	0.160	0.268	8.00	ND	ND	7.37	0.692

FO= Fertilizante Orgánico; FI= Fertilizante Inorgánico; ND= No Detectado

#### Cosecha

La cosecha se realizó a los 12 días de la siembra, posteriormente se determinó el peso fresco de los diferentes tratamientos en una báscula digital.

Se utilizaron 6 tratamientos cada uno con diferentes porcentajes y tipos de fertilización, con 5 repeticiones por cada tratamiento, como se muestran en el cuadro 4.

Tabla 2. Distribución de los tratamientos y tipos de fertilización

Tratamientos	% de Fertilización	Repeticiones
1	FO 100%	5
2	FO 50%	5
3	FI 100%	5
4	FI 50%	5
5	FO 50%-FI 50%	5
6	Agua	5

FO= Fertilización orgánica; FI= Fertilización Inorgánica

**Variables evaluadas** El peso fresco se determinó el día de la cosecha, pesando los diferentes tratamientos en una báscula digital.

El peso seco se determinó a los 2 días, pesando las muestras en balanza digital, después de que las muestras cosechadas se sometieran a una deshidratación a la sombra, para posteriormente ser secadas en una mufla a temperatura constante durante 24h para determinación de % de materia seca (Vargas Rodríguez, 2008).

La determinación del contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y grasa se realizaron siguiendo los métodos oficiales de la (A.O.A.C, 2005).

La materia seca se cuantificó colocando muestra fresca (12g) en cajas de aluminio en estufa de aire forzado a 70°C hasta peso constante.

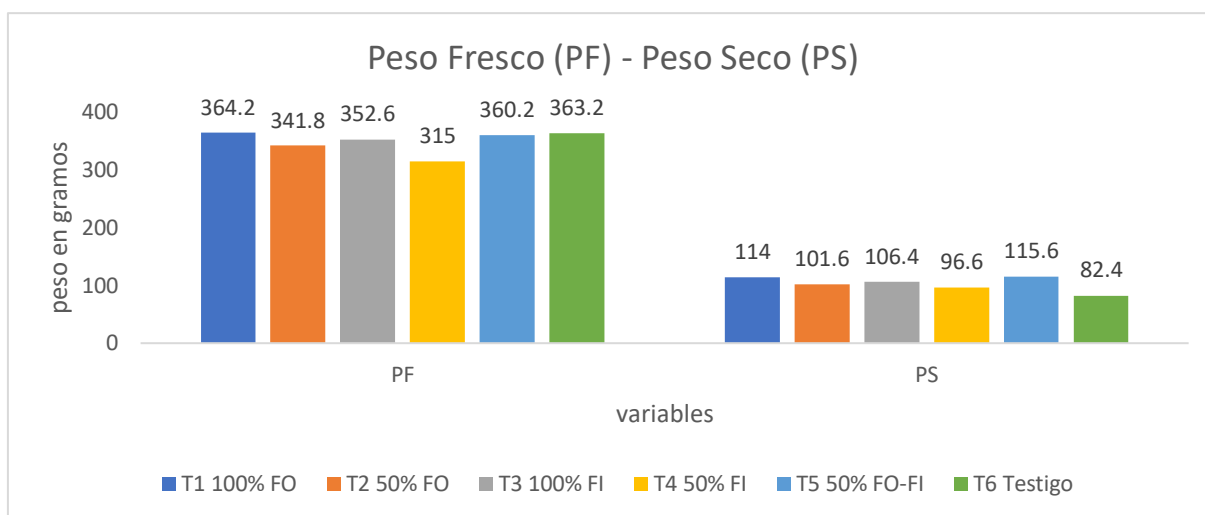
La PC se cuantificó con el método microKjeldhal, mientras que el contenido de grasa se determinó mediante el método Soxhlet usando un extractor Goldfish (Labconco, EEUU).

Los porcentajes de fibras ácido y neutro detergente (FAD y FND) se cuantificaron con el método de fraccionamiento, con detergente y filtración subsecuente (Van Soest, Mertens, & Deinum, 1978).

**Diseño experimental** Se utilizó un diseño experimental Completamente al azar con seis tratamientos y 5 repeticiones. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza usando el programa estadístico SAS (1999) versión 9.0 y para las comparaciones de medias se usó la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos para las variables evaluadas del FVH de maíz producidos con fertilización orgánica e inorgánica, así como la combinación de ambos, y en diferentes dosis, nos muestran que se pueden alcanzar altos niveles de producción y con altos valores nutraceuticos de forraje. La fertilización es un factor que debe ser considerado para obtener rendimientos aceptables en FVH (Salvador-Castillo et al., 2022), lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente trabajo, donde la concentración nutrimental de los diferentes tipos de fertilizantes utilizados (cuadro 5) satisficieron los requerimientos del FVH.



**Figura 1.** Peso fresco y Peso seco del FVH de maíz irrigado con diferente dosis y tipo de fertilización.

**Tabla 3.** Calidad bromatológica del FVH de maíz irrigado con diferentes dosis y tipo de fertilización

TRATAMIENTO	MS	EE	CN	PC	FDN	FDA
	----- % -----					
T1 100% FO	31.31 ab	7.46 a	3.56 a	11.50 a	54.36 a	14.08a
T2 50% FO	29.72 b	7.04 ab	3.0 bc	10.76 b	50.3 a	12.58 b
T3 100% FI	30.18 b	6.9 ab	3.48 ab	10.43 b	51.08 a	14.04 a
T4 50% FI	30.68 ab	6.7 b	2.92 c	9.06 c	45.18 b	11.96 b
T5 50% FO-FI	32.12 a	6.48 b	3.1 abc	10.66 b	49.58 ab	13.76 a
T6 Testigo	22.69 c	5.12 c	1.89 d	8.14 d	33.2 c	8.42 c

Letras iguales dentro de misma columna son estadísticamente iguales (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). MS= Materia Seca; EE= Extracto Etéreo; CN= Ceniza; PC= Proteína cruda; F.D.N.=Fibra Detergente Neutro; F.D.A.= Fibra Detergente Acido.

Para la variable de PF, el tratamiento T1 el cual fue irrigado con 100%FO, presentó el mejor rendimiento.

Podríamos considerar que a mayor PF obtendríamos mayor PS y porcentaje de MS, sin embargo, el tratamiento T6 correspondiente al testigo, presento unos de los valores más altos en PF (363.2 g), sin embargo, después de deshidratarse mostró resultados completamente contradictorios, ya que su peso seco bajó hasta los 82.4 g, este elevado rendimiento en el PF del testigo puede ser atribuido a que el agua de riego utilizado contiene una mínima cantidad de nitrógeno y otros elementos como se muestra en la tabla 1.

Todos los componentes químicos analizados (tabla 3) estuvieron dentro de los intervalos reportados en forrajes como aceptables (Núñez-Torres & Guerrero-López, 2021). Valverde-Lucio, Ayón-Villao, Orlando-Indacochea, Alcívar-Cobeña, and Gabriel-Ortega (2018) mencionan que el suministro adecuado de nutrientes, especialmente nitrógeno (N), es un factor determinante que impacta la acumulación de MS en cultivos sometidos a altas densidades de siembra, como en el FVH. Por otra parte Afzalnia and Karimi (2020) demostraron que la densidad de siembra, la calidad las condiciones de crecimiento del FVH influyen sobre el contenido de MS en el cultivo de cebada.

El porcentaje de Extracto Etéreo (EE) o grasa, como lo manejan algunos investigadores, se vio fuertemente influenciado por el tipo y dosis de fertilización, siendo los tratamientos T1 con 100%FO y el tratamiento T2 con 50% de concentración de fertilización orgánica los que alcanzaron los valores más altos ( T1= 31.31% y T2= 29.72%)..

El tipo de fertilización utilizada en la producción de FVH presento efectos significativos sobre importantes variables de calidad del forraje, tal es el caso del porcentaje de CN, donde los tratamientos T1 con 100% FO y el tratamiento T3 con 100% FI mostraron las medias más altas (T1= 3.56%, T3=3.48%) en comparación con los demás tratamientos, podemos observar en la tabla 3, que el tratamiento T6 testigo, mostro la media más baja, esto se debe principalmente a que fue irrigada únicamente con agua de la llave.

El contenido de PC del FVH esta fuertemente influenciado por los nutrientes contenidos en el agua de riego (Soto-Bravo & Ramírez-Viquez, 2018), en este sentido se observa en la tabla 3, que los tratamientos T1 con 100% de FO y T3 con 100% de FI, mostraron valores muy altos en comparación con el tratamiento T6 correspondiente al testigo, el cual fue irrigado únicamente con agua de la llave.

Los porcentajes de FDA Y FDN obtenidos en este estudio (tabla 3) se reportan como aceptables de acuerdo a Kebede, Worku, Jifar, and Feyissa (2024), donde mencionan que la dosis adecuadas de fertilización, es indispensable para mantener altos índices de rendimiento y calidad de los forrajes. En este sentido se observa que los tratamientos T1 con 100% de FO y T2 con 100% de FI los cuales tienen mayor concentración de fertilización obtuvieron los porcentajes más altos de estas variables.

Como se aprecia en la tabla 3, el tratamiento T1-100%FO destaco notablemente en todas las variables de rendimiento y calidad del FVH de maíz, incluso en algunas variables se presentó notable diferencia estadística en comparación con el tratamiento T3-100%FI, esto demuestra que podemos optar al uso de fertilizantes orgánicos ya presentan aumentos en la producción de FVH y evitan la dependencia de fertilizantes de síntesis química. Por otra parte, la obtención de lixiviado de vermicompost se puede facilitar, al instalar un área de lombricomposta y al mismo tiempo estar produciendo el FVH.

## CONCLUSIONES

La utilización de diferentes dosis de fertilización orgánica influye positivamente sobre los parámetros de calidad bromatológica del forraje verde hidropónico de maíz. Los tratamientos irrigados con 100% y 50% de FO mostraron valores iguales o superiores sobre la calidad del forraje irrigados con 100%FI. Se concluye que, aunque la fertilización inorgánica nos permite producir FVH con altos valores nutraceuticos, se puede sustituir parcial o totalmente su uso para la producción de FVH disminuyendo así a la dependencia de fertilizantes de síntesis que contaminan el suelo y el agua.

## REFERENCIAS

- A.O.A.C. (2005). Official Methods of Analysis.
- Acosta Lozano, N. V., Lima Orozco, R., Castro Alegría, A., Avellaneda Cevallos, J. H., & Suárez Reyes, Y. G. (2016). Evaluación de diferentes sistemas de producción de biomasa hidropónica de maíz. [Evaluation of different biomass production systems hydroponic corn]. *Centro Agrícola*, 43(4), 57-66.
- Afzalnia, S., & Karimi, A. (2020). Barley Cultivars and Seed Rates Effects on Energy and Water Productivity of Green Fodder Production under Hydroponic Condition. *Indian Journal of Agricultural Research*, 54(6), 792-796. doi:10.18805/IJARE.A-554
- Barquero, V., Nieuwenhuyse, A., & García-Arguedas, R. (2019). Efecto de diferentes concentraciones de sales fertilizantes sobre la producción primaria de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.), San Carlos, Costa Rica. *AgroInnovación en el Trópico Húmedo*, 2, 12-17. doi:10.18860/rath.v2i1.4688
- Birgi, J. A., Gargaglione, V., & Utrilla, V. (2018). El forraje verde hidropónico como una alternativa productiva en Patagonia Sur: Productividad y calidad nutricional de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare*). *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 44(3), 316-323.



- Castillo, H. J. M., & Núñez, F. S. O. (2019). Forraje verde hidropónico: una alternativa de producción ante el cambio climático. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 5(9), 1103-1120.
- Cisneros Saguilán, P., Aniano Aguirre, H., Martínez-Martínez, R., Gómez Vázquez, A., Maldonado Peralta, M. d. I. Á., & Ayala Monter, M. A. (2020). Forraje verde hidropónico en dietas de cerdos en crecimiento en Pinotepa Nacional, Oaxaca. [Hydroponic green forage in diets of growing pigs in Pinotepa Nacional, Oaxaca]. *Revista Mexicana de ciencias agrícolas*, 11(spe24), 247-253. doi:10.29312/remexca.v0i24.2375
- Elmulthum-Nagat, A., Zeineldin-Faisal, I., Al-Khateeb-Suliman, A., Al-Barrak-Khalid, M., Mohammed-Tagelsir, A., Sattar-Muhammad, N., & Mohmand-Akbar, S. (2023). Water Use Efficiency and Economic Evaluation of the Hydroponic versus Conventional Cultivation Systems for Green Fodder Production in Saudi Arabia. *Sustainability*, 15(1), 822. doi:10.3390/su15010822
- FAO. (2001). Manual Técnico de Producción de Forraje Verde Hidropónico. *TCP/ECU/066 (A)*.
- Farghaly, M. M., Abdullah, M. A. M., Youssef, I. M. I., Abdel-Rahim, I. R., & Abouelezz, K. (2019). Effect of feeding hydroponic barley sprouts to sheep on feed intake, nutrient digestibility, nitrogen retention, rumen fermentation and ruminal enzymes activity. *Livestock Science*, 228, 31-37. doi:10.1016/j.livsci.2019.07.022
- Gallegos-Robles, M. Á., Luna-Ortega, J. G., Galindo-Guzmán, M., Cervantes-Vázquez, M. G., Sánchez-Pérez, D. M., & González-Salas, U. (2022). Calidad de forraje orgánico e inorgánico de maíz y frijol Yorimón. *Revista Mexicana de ciencias agrícolas*, 13(SPE28), 91-100.
- García-Sepúlveda, J. L., Cueto-Wong, J. A., Figueroa-Viramontes, U., & Reta-Sánchez, D. G. (2019). Inhibidor de la nitrificación DMPP en la fertilización del maíz forrajero en la Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de ciencias agrícolas*, 10(8), 1849-1861.
- Grigas, A., Kemzuraite, A., Steponavicius, D., Steponaviciene, A., & Domeika, R. (2020). Impact of Slope of Growing Trays on Productivity of Wheat Green Fodder by a Nutrient Film Technique System. *WATER*, 12(11). doi:10.3390/w12113009
- Harwanto, H., Hendarto, E., Bahrun, B., Hidayat, N., Istiqomah, D., & Candrasari, D. P. (2022). Productivity and nutrient digestibility of sorghum fodder at different urine fertilizers levels and harvest times. *Animal Production*, 24(1), 23-30.
- Herrera-Torres, E., Cerrillo-Soto, M. A., Juárez-Reyes, A. S., Murillo-Ortiz, M., Rios-Rincon, F. G., Reyes-Estrada, O., & Bernal-Barragan, H. (2010). EFECTO DEL TIEMPO DE COSECHA SOBRE EL VALOR PROTEICO Y ENERGÉTICO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE TRIGO. *INTERCIENCIA*, 35(4), 284-289.
- Kebede, G., Worku, W., Jifar, H., & Feyissa, F. (2024). Effects of fertilizer levels and varieties on fodder yield productivity, nutrient use efficiency, and profitability of oat (*Avena sativa* L.) in the central highlands of Ethiopia. *Journal of Agriculture and Food Research*, 16, 101161. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101161>
- Lopez Aguilar, R., Murillo Amador, B., & Rodriguez Quezada, G. (2009). HYDROPONIC GREEN FODDER (HGF): AN ALTERNATIVE FOR CATTLE FOOD PRODUCTION IN ARID ZONES. *INTERCIENCIA*, 34(2), 121-126.
- Minor-Morgan. (2017). *Aerated Compost Tea: A Field Guide to Production Methods, Formulas and Application Protocols*. Retrieved from Albuquerque, New Mexico 87197: <https://projects.sare.org/wp-content/uploads/manual.pdf>
- Núñez-Torres, O. P., & Guerrero-López, J. R. (2021). Forrajes hidropónicos: una alternativa para la alimentación de animales domésticos. [Hydroponic foods: an alternative for the feeding of domestic animals]. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 8(1), 44-52.
- Ramírez Viquez, C., & Soto Bravo, F. (2017). Efecto de la nutrición mineral sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz. [Effect of mineral nutrition on green hydroponic maize forage production]. *Agronomía Costarricense*, 41(2), 79-91. doi:10.15517/rac.v41i2.31301
- Salas Pérez, L., Borroel-García, V. J., Ramírez-Aragón, M. G., & Moncayo Luján, M. d. R. (2018). Efecto de la adición de ácido ascórbico y té de composta en la producción y capacidad antioxidante de forraje hidropónico de maíz. [Effect of the addition of ascorbic acid and compost tea on the production and antioxidant capacity of corn hydroponic forage]. *Nova scientia*, 10(20), 47-63. doi:10.21640/ns.v10i20.1168
- Salvador-Castillo, J., Bolaños-González, M., Cedillo-Aviles, A., Vázquez-Chena, Y., Gante, S., & Meza Discua, J. (2022). Efecto de la aplicación de soluciones nutritivas en la calidad bromatológica del forraje verde hidropónico de *Avena sativa* y *Hordeum vulgare*. *Terra Latinoamericana*, 40. doi:10.28940/terra.v40i0.996

- Soto-Bravo, F., & Ramírez-Viquez, C. (2018). Efecto de la nutrición mineral en el rendimiento y las características bromatológicas del forraje verde hidropónico de maíz. [Effect of mineral nutrition on the yield and bromatological characteristics of corn hydroponic green forage]. *Pastos y Forrajes*, 41(2), 106-113.
- Valverde-Lucio, Y., Ayón-Villao, F., Orlando-Indacochea, F., Alcívar-Cobeña, J. L., & Gabriel-Ortega, J. (2018). Producción de tres variedades de Forraje verde hidropónico con diferentes dosis de fertilizante nitrogenado. *JOURNAL OF THE SELVA ANDINA RESEARCH SOCIETY*, 9(2), 120-126.
- Valverde, Y. A., Mera, A., Castro, C., & Gabriel-Ortega, J. (2017). Producción de forraje hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) utilizando fertilizantes químicos y orgánicos. [Hydroponic maize (*Zea mays* L.) forage production using chemical and organic fertilizers]. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 5(2), 144-151.
- Van Soest, P. J., Mertens, D. R., & Deinum, B. (1978). Preharvest Factors Influencing Quality of Conserved Forage. *Journal of Animal Science*, 47(3), 712-720. doi:10.2527/jas1978.473712x
- Vargas Rodriguez, C. (2008). Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. *Agronomía Mesoamericana*, 19. doi:10.15517/am.v19i2.5005

## METODOLOGIA PARA CUANTIFICACIÓN DE NITRÓGENO ORGÁNICO LÁBIL, MEDIO RECALCITRANTE y NITRÓGENO TOTAL EN SUELOS

Puente-V. C. O.; Nava-R. E.; González-C. G.; González-B. J. L.; García-A. R.

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID RASPA) inifap. [puente.cristo@inifap.gob.mx](mailto:puente.cristo@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El nitrógeno es vital para la vida, forma compuestos como aminoácidos, proteínas, péptidos y minerales como amonio y nitratos. Su principal reserva es la atmósfera, donde constituye el 70% como gas diatómico. El ciclo del nitrógeno, mediado por microorganismos, convierte el nitrógeno atmosférico en formas asimilables para productores primarios y cultivos agrícolas, también obteniéndolo de la degradación de materia orgánica. El nitrógeno lábil, asociado a moléculas de fácil degradación, es consumido por microorganismos, con mayor contenido en reservas rápidas de carbono orgánico. Diversas metodologías, como la de Rovira y colaboradores, usan ácido sulfúrico para extraer fracciones de carbono y nitrógeno del suelo, evaluando la calidad de la materia orgánica. Conocer el contenido de nitrógeno lábil en el suelo ayuda a entender procesos microbianos, tasas de mineralización y la calidad de las reservas orgánicas, con implicaciones agrícolas y ambientales. Se realizaron pruebas para determinar el Límite Óptimo Detectable (LOD) y el Límite Óptimo Cuantificable (LOC) arrojando valores de 0.77 y 2.30, lo que equivale al 0.003% de Nt para el LOD y al 0.0115% de Nt para el LOC, se logró un promedio de recobro de la metodología del 98.7% con estándares certificados. De manera que se propone una metodología para extraer y cuantificar fracciones de nitrógeno, con una alta eficiencia en la cuantificación del nitrógeno y sus fracciones en muestras de suelo.

**Palabras clave:** Nitrógeno, Fracciones de Nitrógeno, Cuantificación

### ABSTRACT

Nitrogen is vital for life, forming compounds such as amino acids, proteins, peptides, and minerals like ammonia and nitrates. Its main reservoir is the atmosphere, where it constitutes 70% as a diatomic gas. The nitrogen cycle, mediated by microorganisms, converts atmospheric nitrogen into assimilable forms for primary producers and agricultural crops, also obtaining it from the degradation of organic matter. Labile nitrogen, associated with easily degradable molecules, is consumed by microorganisms, with higher content in fast carbon organic reserves. Various methodologies, such as that of Rovira and colleagues, use sulfuric acid to extract carbon and nitrogen fractions from soil, evaluating organic matter quality. Understanding labile nitrogen content in soil helps to comprehend microbial processes, mineralization rates, and organic reserves' quality, with agricultural and environmental implications. Tests were conducted to determine the Limit of Detection (LOD) and the Limit of Quantification (LOQ), yielding values of 0.77 and 2.30, equivalent to 0.003% Nt for LOD and 0.0115% Nt for LOQ, achieving an average recovery rate of 98.7% with certified standards. Thus, a methodology is proposed to extract and quantify nitrogen fractions, demonstrating high efficiency in nitrogen quantification and its fractions in soil samples.

**Key words:** Nitrogen, Nitrogen Fractions, Quantification

## INTRODUCCIÓN

El nitrógeno es uno de los elementos más importantes para los seres vivos, debido a que se encuentra implícito en muchos procesos vitales que permiten el sostenimiento de la vida; dentro sus características químicas que tiene este elemento son: séptimo elemento de la tabla periódica, con una masa atómica de 14.0067 g/mol y diferentes estados de oxidación que van desde  $-3$  a  $+5$ , lo que le permite tener una gran variedad de especies químicas, encontrando entre estas a los aminoácidos, proteínas, péptidos y sus formas minerales de amonio y nitratos; la principal reserva ambiental de este elemento es la atmósfera, donde representa hasta un 70 por ciento de su composición como gas diatómico.

El ciclo del nitrógeno es un proceso biogeoquímico de gran importancia el cual está mediado principalmente por los microorganismos los cuales se encargan de su fijación a partir de la atmósfera transformando el nitrógeno atmosférico en formas asimilables para los productores primarios. Otra fuente importante de nitrógeno para los productores primarios y entre estos los cultivos de interés agronómico es la degradación de la materia orgánica. Esto se debe a que el nitrógeno puede formar enlaces covalentes con diferentes elementos primarios que constituyen a los seres vivos (Hayashi, 2022; Sardar et al., 2023; Zhang et al., 2022).

El nitrógeno lábil será todo aquel nitrógeno que se encuentra asociado con moléculas de fácil degradación es decir aminoácidos, péptidos y metabolitos secundarios producidos en gran medida por la actividad microbiana del suelo ya sea como estrategia fisiológica o como productos secundarios de la despolimerización de la materia orgánica en el suelo. Cuanto más nitrógeno esté asociado al carbono, mayor será el consumo de este por parte de los microorganismos debido a su contenido de nitrógeno. Por lo tanto, el contenido de nitrógeno en las reservas de carbono orgánico será mayor en la reserva rápida, seguido por la intermedia y finalmente la tardía, según la clasificación de la FAO (Lefèvre et al., 2017).

En cuanto al fraccionamiento o cuantificación de las reservas de carbono orgánico y nitrógeno orgánica en el suelo, existen varias metodologías basadas principalmente en el poder de oxidación de la mezcla crómica-ácida con variación del nivel de acidez para extraer las distintas fracciones de carbono orgánico. Rovira y colaboradores proponen una metodología para la extracción de las fracciones de carbono orgánico y nitrógeno, con el fin de evaluar la calidad de la materia orgánica presente en el suelo. Esta metodología se basa en la capacidad de extracción del ácido sulfúrico a diferentes normalidades para obtener las distintas reservas de carbono orgánico y, con ello, el nitrógeno asociado a cada reserva (McLauchlan & Hobbie, 2004; Rovira & Ramón Vallejo, 2002, 2007).

El objetivo de evaluar el fraccionamiento de nitrógeno es la asociación de este como etiqueta energética que le brinda este compuesto a los compuestos orgánicos presentes en la materia orgánica del suelo. Esto indicaría que aún puede extraerse energía del compuesto orgánico, de modo que cuanto más nitrógeno tenga una reserva de carbono, mayor será su labilidad ante el metabolismo microbiano del suelo (Gunina & Kuzyakov, 2022). Conocer el contenido de nitrógeno lábil en el suelo permitirá elucidar procesos microbianos, como tasas de mineralización de materia orgánica, reservas lentas y rápidas de materia orgánica en el suelo con fines agrícolas, contribuyendo así a mitigar el cambio climático y reducir la contaminación por el uso excesivo de compuestos nitrogenados (Deng et al., 2021; Lu et al., 2021; Tang et al., 2023).

## MATERIALES Y METODOS

El trabajo de laboratorio se realizó en las instalaciones del laboratorio de suelos del CENID RASPA INIFAP. Para evaluar la precisión, recuperación y exactitud de la adaptación metodológica, se utilizaron los siguientes materiales de referencia: el set de 6 de 7 estándares

de suelos de Elemental Microanalysis® (B2196) y los estándares de suelos Leco® (502-962, 502-697), cuyos valores de nitrógeno total se expresan en la Tabla 1.

Para el fraccionamiento de nitrógeno, se emplearon 0.4 g de muestra/estándar, los cuales fueron sometidos de forma secuencial a extracciones ácidas con ácido sulfúrico en concentraciones de 6 y 24 N, obteniendo el sobrenadante de cada extracción por centrifugación a 3500 rpm durante 10 minutos. En el primer extractante, se realizó una incubación a 90 °C durante 60 minutos; en la segunda extracción, a 40 °C durante 18 horas y una hora a 90 °C. En ambos casos, se recuperaron 9 mL del extractante representando la fracción lábil y media de nitrógeno orgánico (ver figura 1.), para obtener el valor del nitrógeno recalcitrante se realiza por diferencia entre el nitrógeno total y la suma de las fracciones anteriores.

La digestión de los sobrenadantes y del nitrógeno total se realizó añadiendo 0.6 g de mezcla catalítica y 2.5 mL de ácido sulfúrico concentrado, calentados sobre un plato caliente a 350°C hasta que la muestra se aclaró y/o se formó un color azul en los digeridos. Luego, se añadieron 10 gotas de peróxido de hidrógeno al 30 % por las paredes del contenedor y se calentó por 10 minutos más. Los digeridos fueron enfriados y aforados con agua destilada a 10 mL para su análisis colorimétrico. Para la reacción colorimétrica, se emplearon 100 microlitros de digerido y/o estándar, mezclados con 3 mL de la solución de trabajo, dejando reaccionar por 15 minutos a temperatura ambiente y leyendo frente a un blanco reactivo a 640 nm en un espectrofotómetro UV-Vis Genesis®20, interpolando en una curva de adiciones con un rango de trabajo de 4 a 64 mg/L de N-NH<sub>4</sub>

La mezcla catalítica estaba compuesta por 100 g de sulfato de potasio, 20 g de sulfato de cobre pentahidratado, 12 g de ácido salicílico y 2 g de selenio, todos perfectamente homogenizados y molidos a una malla de 400 micras. Para la reacción colorimétrica, se empleó una solución de 21.5 % de ácido salicílico y 0.15 % de nitroprusiato de sodio disueltos en hidróxido de sodio al 5 N, y una solución de 0.2 % de dicloroisocianurato de sodio disuelto en agua destilada. Con estas soluciones se preparó una solución de trabajo con una relación 1:5 entre la solución de dicloroisocianurato y la solución de ácido salicílico, la cual fue preparada en el momento del análisis. Para todos los reactivos se empleó grado ACS.

Finalmente, para el cálculo de la concentración de nitrógeno se obtuvo mediante la interpolación de los valores de absorbancia frente a curva de adiciones con blanco reactivo, considerando los factores de dilución para cada caso.

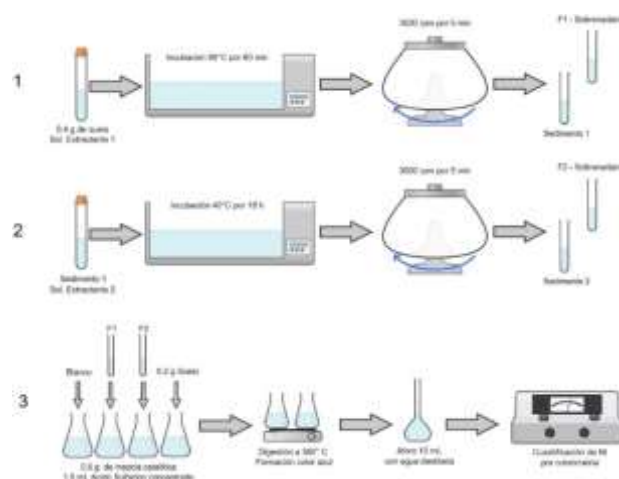


Figura 1. Diagrama de la metodología para el fraccionamiento de nitrógeno orgánico en el suelo.

## RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo con la entidad mexicana de acreditación los ensayos de metodologías analíticas deben de validarse estableciendo como mínimo límites de detección y cuantificación, porcentaje de recobro y error, la reproducibilidad de la metodología y su robustez, entre otra serie de características de los ensayos analíticos, en este trabajo nos enfocamos en las primeras cuatro características enlistadas. Donde el límite de detección y cuantificación se realizarón de acuerdo con lo establecido por Miller & Miller obteniendo valores de 0.77 y 2.30 respectivamente, lo cual es equivalente a 0.003 % y 0.0115 % de nitrógeno total en suelo. En la tabla 1, pueden observarse los recobros y por diferencia con 100 los errores obtenidos para cada estándar ensayado, obteniendo un promedio general de 98.7 y 1.3 de error, para la cuantificación colorimétrica de nitrógeno total en suelo.

Tabla 1. Serie de material de referencia certificado analizados con valores de recuperación

Tipo de estándar	Nt Rep (%) ± Incertidumbre	Nt Rec ± SD / % Rec
Arcilla (B2196)	0.230 ± 0.010	0.236 ± 0.016 / 102.68
Arenoso (B2196)	0.043 ± 0.010	0.037 ± 0.005 / 87.740
Calcáreo (B2196)	0.320 ± 0.010	0.299 ± 0.021 / 93.460
Limoso (B2196)	0.182 ± 0.010	0.182 ± 0.050 / 100.40
Mineral (B2196)	0.027 ± 0.002	0.026 ± 0.008 / 97.920
Turboso (B2196)	1.240 ± 0.040	1.234 ± 0.208 / 99.570
LECO 01 (502-962)	0.101 ± 0.009	0.104 ± 0.019 / 102.98
LECO 02 (502-697)	0.328 ± 0.083	0.350 ± 0.015 / 106.80

Nt Rep (%): valor de nitrógeno total contenido en el material de referencia; Nt Rec (%): valor de nitrógeno total ensayado bajo la técnica citada, SD: Desviación estándar; % Rec: por ciento de recuperación = (Nt Rec (%)/Nt Rep(%))\*100

En la tabla 2 se expresan los valores de nitrógeno total en porcentaje obtenidos al someter cada estándar a la metodología descrita, donde la fracción lábil esta representada por F1, la fracción media recalcitrante por F2 y finalmente la recalcitrante por F3; también se representan el porcentaje equivalente al valor de cada fracción con respecto al contenido de nitrógeno total.

Tabla 2. Estadística descriptiva de los valores de fracciones de nitrógeno obtenidos para cada estándar.

	Arcilla	Arenoso	Calcáreo	Limoso	Mineral	Turboso	Leco 1	Leco 2
F1	0.039 ± 0.001	0.011 ± 0.0002	0.096 ± 0.002	0.06 ± 0.001	0.01 ± 0.0001	0.305 ± 0.003	0.04 ± 0.001	0.064 ± 0.001
F2	0.038 ± 0.002	0.023 ± 0.0005	0.151 ± 0.003	0.083 ± 0.001	0.01± 0.0002	0.603 ± 0.018	0.035 ± 0.001	0.178 ± 0.002
F3	0.154 ± 0.002	0.008 ± 0.0001	0.073 ± 0.002	0.041 ± 0.001	0.007 ± 0.0002	0.352 ± 0.004	0.024 ± 0.001	0.087 ± 0.001
%F1	16.75 ± 0.1	26.3 ± 0.54	31.19 ± 0.47	32.72 ± 0.56	36.13 ± 0.21	24.07 ± 0.37	40.03 ± 0.23	19.2 ± 0.3
%F2	16.09 ± 0.28	53.67 ± 0.63	45.39 ± 0.53	44.36 ± 0.69	38.13 ± 0.58	46.39 ± 0.72	35.15 ± 0.35	55.77 ± 1.65
%F3	65.39 ± 1.66	19.41 ± 0.3	23.47 ± 0.27	22.73 ± 0.13	26.43 ± 0.15	28.51 ± 0.16	24.32 ± 0.24	26.87 ± 0.27

En todos los casos se representa la media de 3 repeticiones con su desviación estándar asociada

En la figura 2 se muestra la representación gráfica de la estadística descriptiva mostrada en la tabla 2. Puede observarse que la fracción más variable con respecto al contenido de nitrógeno es la F1, seguida por la F2, donde a excepción del estándar de arcilla este presenta una fracción F3 muy por encima del resto, es conocido que la materia orgánica tiende a protegerse por asociación mineral con las arcillas como lo menciona como lo expresa Wang y colaboradores en su revisión (Wang *et al*; 2024). Con respecto al comportamiento del resto de los estándares es congruente con lo que se expresa Gunina y colaboradores (Gunina *et al*; 2021), quien menciona la carga energética que aporta el nitrógeno haciendo al carbono acompañante más atractivo para su consumo, es decir es de esperarse menos concentración de nitrógeno en la F3 con respecto a las otras dos.

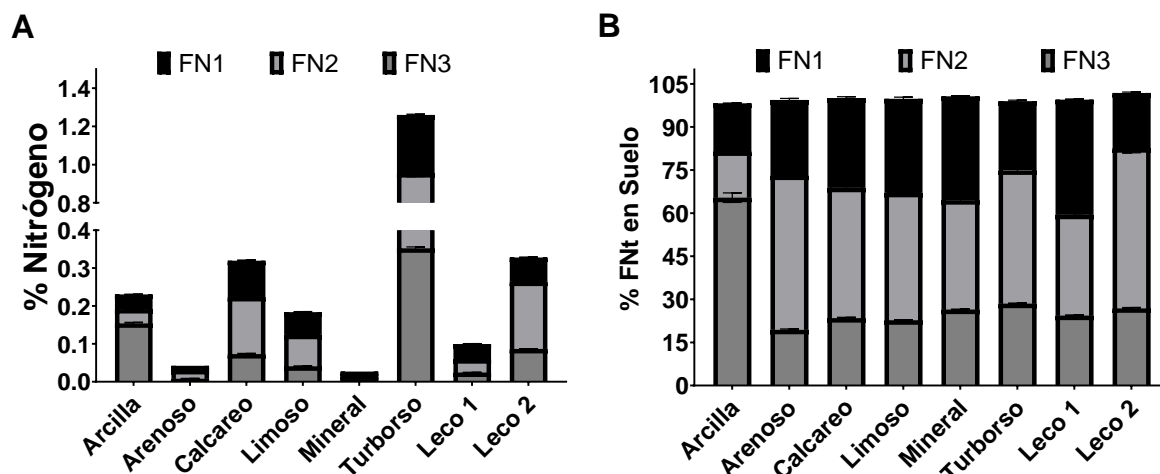


Figura 2. Representación gráfica de las fracciones de nitrógeno determinadas para cada estándar.

Donde para todos los casos se representa la media de tres repeticiones con su desviación estándar asociada, en el panel A se expresa el porcentaje de nitrógeno por fracción ensayada y en el panel B el porcentaje que representa cada fracción con respecto al nitrógeno total.

Finalmente, con respecto a los datos de validación de las metodologías de los ensayos analíticos los valores de recobro y error obtenidos con esta metodología son aceptables, así mismo la sensibilidad de la metodología reportada

## CONCLUSIONES

La metodología ensayada es adecuada para el estudio de las fracciones de nitrógeno en el suelo, es una metodología reproducible con límites de detección y cuantificación deseables para evaluar los cambios en la dinámica de las fracciones de nitrógeno en el suelo.

## REFERENCIAS

- Deng, L., Peng, C., Kim, D. G., Li, J., Liu, Y., Hai, X., Liu, Q., Huang, C., Shanguan, Z., & Kuzyakov, Y. (2021). Drought effects on soil carbon and nitrogen dynamics in global natural ecosystems. In *Earth-Science Reviews* (Vol. 214). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103501>
- Gunina, A., & Kuzyakov, Y. (2022). From energy to (soil organic) matter. *Global Change Biology*, 28(7), 2169–2182. <https://doi.org/10.1111/gcb.16071>



- Hayashi, K. (2022). Nitrogen cycling and management focusing on the central role of soils: a review. In *Soil Science and Plant Nutrition* (Vol. 68, Issues 5–6, pp. 514–525). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/00380768.2022.2125789>
- Lefèvre, C., Rekik, F., Alcantara, V., & Wiese, L. (2017). CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO el potencial oculto.
- Lu, X., Vitousek, P. M., Mao, Q., Gilliam, F. S., Luo, Y., Turner, B. L., Zhou, G., & Mo, J. (2021). Nitrogen deposition accelerates soil carbon sequestration in tropical forests. <https://doi.org/10.1073/pnas.2020790118/-/DCSupplemental>
- McLaughlan, K. K., & Hobbie, S. E. (2004). Comparison of Labile Soil Organic Matter Fractionation Techniques. *Soil Science Society of America Journal*, 68(5), 1616–1625. <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.1616>
- Rovira, P., & Ramón Vallejo, V. (2002). Labile and recalcitrant pools of carbon and nitrogen in organic matter decomposing at different depths in soil: an acid hydrolysis approach. In *geoderma* (Vol. 107). [www.elsevier.com/locate/](http://www.elsevier.com/locate/)
- Rovira, P., & Ramón Vallejo, V. (2007). Labile, recalcitrant, and inert organic matter in Mediterranean forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(1), 202–215. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.07.021>
- Sardar, M. F., Younas, F., Farooqi, Z. U. R., & Li, Y. (2023). Soil nitrogen dynamics in natural forest ecosystem: a review. In *Frontiers in Forests and Global Change* (Vol. 6). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1144930>
- Tang, B., Rocci, K. S., Lehmann, A., & Rillig, M. C. (2023). Nitrogen increases soil organic carbon accrual and alters its functionality. *Global Change Biology*, 29(7), 1971–1983. <https://doi.org/10.1111/gcb.16588>
- Wang C, Kuzyakov Y. Soil organic matter priming: The pH effects. *Glob Chang Biol*. 2024 Jun;30(6):e17349. doi: 10.1111/gcb.17349. PMID: 38822665.
- Zhang, L., Xiong, K., Wang, X., & Wan, P. (2022). Study of Soil Nitrogen in Karst Rocky Desertification Areas: a Literature Review. In *Polish Journal of Environmental Studies* (Vol. 31, Issue 6, pp. 5533–5547). HARD Publishing Company. <https://doi.org/10.15244/pjoes/152450>



## EVALUACIÓN DE SEMBRADORA DE TRIGO. VALLE DEL YAQUI, SONORA.

Cortés J. J. M.<sup>1</sup>; Ortiz A. A. A.<sup>1</sup>; Rosas J. I. A.<sup>1</sup>; Félix F. J. L.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP. Calle Norman E. Borlaug km 12, C.P. 85000, Cd. Obregón, Sonora, México, Tel. (55) 38718700 Ext. 81210.  
Correo: cortes.juanmanuel@inifap.gob.mx

### RESUMEN

La evaluación se realizó durante el ciclo otoño-invierno 2023-24 en un suelo arcilloso del Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora. El lote experimental tiene certificación orgánica desde junio de 2017. Se fertilizó en banda con 300 kg ha<sup>-1</sup> de composta peletizada marca Bida, la cual cuenta con registro OMRI y COFEPRIS. Se aplicó un riego de presiembra y cuatro riegos de auxilio. La fecha de siembra fue el 30 de noviembre de 2023, con 47 kg ha<sup>-1</sup> de semilla variedad Baroyeca Oro C2013. Para el estudio se utilizaron cuatro surcos de 110 metros de longitud, separados a 80 cm. La siembra se realizó con dos hileras de plantas separadas a 30 cm. La sembradora utilizada fue de la marca Vázquez de fabricación local. Para la calibración, se pesó la cantidad de semilla que se tiró en 187.2 m<sup>2</sup> en cada uno de los ocho tubos de siembra. El peso para cada uno fue de 88, 118, 116, 126, 106, 88, 118 y 120 gramos. La media fue de 110 gramos, la desviación estándar 14.7 g y el coeficiente de variación 13.3%. Para determinar el rendimiento de grano se cosecharon manualmente con hoz 0.4 m<sup>2</sup> de cada uno de los tubos de siembra. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones. Se observaron diferencias significativas entre hileras de siembra en las variables biomasa, rendimiento de grano y espigas por metro cuadrado. En el análisis de varianza, los coeficientes de variación fueron de 8.65%, 9.14% y 12.36% respectivamente. Se concluyó que existen diferencias significativas en la biomasa, rendimiento de grano y espigas por metro cuadrado de trigo, asociadas con la diferente cantidad de semilla que tira la sembradora evaluada en cada uno de sus cuerpos de siembra.

**Palabras clave:** coeficiente de variación, variabilidad

### ABSTRACT

The evaluation was carried out during the 2023-24 autumn-winter season in a clay soil of the Norman E. Borlaug Experimental Station in the Yaqui Valley, Sonora. The experimental lot has been certified organic since June 2017. It was band fertilized with 300 kg ha<sup>-1</sup> of Bida pelletized compost, which has OMRI and COFEPRIS registration. One pre-sowing irrigation and four complementary irrigations were applied. The sowing date was November 30, 2023, with 47 kg ha<sup>-1</sup> of Baroyeca Oro C2013 variety seed. For the study, four 110-meter-long furrows were used, spaced 80 cm apart. Planting was carried out with two rows of plants 30 cm apart. The seeder used was a locally manufactured Vázquez brand. For calibration, the amount of seed that was thrown in 187.2 m<sup>2</sup> in each of the eight planting tubes was weighed. The weight for each one was 88, 118, 116, 126, 106, 88, 118 and 120 grams. The mean was 110 grams, the standard deviation 14.7 g and the coefficient of variation 13.3%. To determine the grain yield, 0.4 m<sup>2</sup> of each of the planting tubes were manually harvested with a sickle. A randomized block experimental design with 4 repetitions was used. Significant differences were observed between planting rows in the variables biomass, grain yield and spikes per square meter. In the analysis of variance, the variation coefficients were 8.65%, 9.14% and 12.36% respectively. It was concluded that there are significant differences in the biomass, grain yield and spikes per square meter of wheat, associated with the different amount of seed that the evaluated planter throws in each of its sowing bodies.

**Key words:** coefficient of variation, variability

## INTRODUCCION

La variabilidad del rendimiento de trigo se debe a la variación que existe en los suelos, clima, variedades y manejo en las zonas productoras. La variabilidad espacial del suelo puede verse alterada por las prácticas agrícolas. Comprender la estructura espacial y la variabilidad de las propiedades del suelo es vital para implementar prácticas agrícolas sostenibles, como la gestión específica del sitio de cultivo, ya que pueden ayudar a optimizar el muestreo del suelo (Ciarlo y Muschietti, 2020).

La agricultura de precisión (AP) es un concepto de gestión que incluye observar, medir y responder a la variabilidad espacial y temporal dentro del campo. La tecnología se puede dividir en tecnología de imágenes satelitales, tecnología de sensores y vehículos aéreos no tripulados también conocidos como drones. Las tecnologías de agricultura de precisión permiten a los agricultores reconocer variaciones en el campo y aplicar tratamientos de tasa variable con un grado de precisión mucho más fino que nunca antes. Por lo tanto, juega un papel importante en la intensificación y en la mejora de la eficiencia agrícola y la sostenibilidad ambiental (Nkoa y Walsh, 2017).

Ensayos previos conducidos en el Campo Experimental Norman E. Borlaug, cuantificaron la variabilidad de la biomasa del trigo en estudios donde no existían fuentes de variación evaluadas, lo cual se atribuyó a la variabilidad del suelo (Cortés-Jiménez et al., 2021; Ortiz-Avalos et al., 2020). Sin embargo, durante la calibración de la sembradora, se detectaron diferencias en la cantidad de semilla que se siembra en cada hilera de trigo. El objetivo fue evaluar la variabilidad del rendimiento de trigo de una sembradora de cuatro surcos y ocho hileras de siembra en el Valle del Yaqui, Sonora.

## MATERIALES Y METODOS

La evaluación se llevó a cabo durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2023-24 en un suelo arcilloso del Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora (27°22'4.9"N latitud y 109°55'36.86"W longitud, 40 msnm). Esta región presenta un clima cálido (BW(h)) y calor extremo según la clasificación de Köppen, modificada por García (1988). El lote experimental tiene certificación orgánica desde junio de 2017. Se fertilizó en banda con 300 kg ha<sup>-1</sup> de composta peletizada marca Bida, la cual cuenta con registro OMRI y COFEPRIS.

Se aplicó un riego de presembrado y cuatro riegos de auxilio. La fecha de siembra fue el 30 de noviembre de 2023, con 47 kg ha<sup>-1</sup> de semilla sin tratamiento variedad Baroyeca Oro C2013. Para el estudio se utilizaron cuatro surcos de 110 metros de longitud, separados a 80 cm (352 m<sup>2</sup>). La siembra se realizó con dos hileras de plantas separadas a 30 cm. La sembradora utilizada fue de la marca Vázquez de fabricación local. Para la calibración, se pesó la cantidad de semilla que se tiró en 187.2 m<sup>2</sup> en cada uno de los ocho tubos de siembra. El peso para cada uno fue de 88, 118, 116, 126, 106, 88, 118 y 120 gramos. La media fue de 110 gramos, la desviación estándar 14.7 g y el coeficiente de variación 13.3%. La diferencia entre el valor máximo y mínimo fue de 32 gramos.

Para determinar el rendimiento de grano se cosecharon manualmente con hoz 0.4 m<sup>2</sup> de cada uno de los tubos de siembra. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones. Las variables evaluadas fueron biomasa, rendimiento de grano, índice de

cosecha y espigas por metro cuadrado. En la Figura 1 se observa la sembradora utilizada y el aspecto del trigo en la etapa de llenado de grano. La hilera 1 corresponde al tubo de siembra del lado izquierdo de la sembradora y la hilera 8 al derecho de la misma.



Figura 1. A la izquierda: la sembradora Vázquez evaluada. A la derecha: aspecto del cultivo.

### RESULTADOS Y DISCUSION

Se observaron diferencias significativas entre hileras de siembra en las variables biomasa, rendimiento de grano y espigas por metro cuadrado (Cuadro 1). Los valores menores correspondieron a la hilera 6, en la cual se sembró la menor cantidad de semilla. Sin embargo, con esa misma cantidad de semilla, se observó el mayor rendimiento de grano en la hilera uno. En el análisis de varianza, el coeficiente de variación de la biomasa del cultivo fue de 8.65%, del rendimiento de grano 9.14%, del índice de cosecha 3.75% y de las espigas por metro cuadrado 12.36%. Los coeficientes se consideran elevados si se toma en cuenta que la única fuente de variación es la cantidad de semilla que tira la sembradora. Lo anterior debe tomarse en cuenta en los estudios de variabilidad espacial del rendimiento de trigo.

Cuadro 1. Diferenciación de medias para las variables biomasa, rendimiento de grano, índice de cosecha y espigas por metro cuadrado.

Tratamiento	Biomasa t ha <sup>-1</sup>	Rendimiento de grano t ha <sup>-1</sup>	Índice de Cosecha	Espigas/m <sup>2</sup>
Hilera 1	15.188 a	6.950 a	0.457 a	249 ab
Hilera 2	13.988 ab	6.200 ab	0.445 a	258 ab
Hilera 3	14.850 a	6.875 a	0.463 a	267 a
Hilera 4	14.375 a	6.419 ab	0.447 a	280 a
Hilera 5	15.350 a	6.894 a	0.450 a	274 a
Hilera 6	12.288 b	5.588 b	0.455 a	214 b
Hilera 7	14.700 a	6.725 a	0.458 a	258 ab
Hilera 8	14.013 ab	6.331 ab	0.452 a	265 a
DMS 0.05	1.826	0.874	0.025	47

La biomasa del cultivo está muy relacionada con el rendimiento de grano en trigo (Cortés-Jiménez et al., 2021; Ortiz-Avalos et al., 2020; Quiñonez et al., 2019; Sañudo et al., 2019). En esta evaluación, la cantidad de semilla correlacionó positivamente con las tres variables que mostraron significancia. El mayor coeficiente se observó con las espigas por metro cuadrado ( $r = 0.75$ ).

## CONCLUSIONES

Se concluyó que existen diferencias significativas en la biomasa, rendimiento de grano y espigas por metro cuadrado, asociadas con la diferente cantidad de semilla que tira la sembradora evaluada en cada uno de sus cuerpos de siembra. Lo anterior debe tomarse en cuenta en los estudios de variabilidad espacial del rendimiento de trigo.

## REFERENCIAS

- Ciarlo EA, Muschietti MP. 2020. Variabilidad espacial de propiedades del suelo. Efecto del uso y tipo. *Ciencia del suelo*, 38 (2), 262-273. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7767465>
- Cortés JJM, Ortiz AAA, Félix FJL and Rosas JIA. 2022. Variabilidad del rendimiento de trigo orgánico sin fertilización. Valle del Yaqui, Sonora. Memoria de la XXXIV Semana Internacional de Agronomía de la Facultad de Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del estado de Durango. Gómez Palacio, Durango, México. pp. 107-111
- Cortés JJM y Ortiz AAA. 2021. Estimación de la variabilidad en el rendimiento de trigo, mediante un índice de biomasa y muestreo de campo. Memoria del XXIV Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California. Instituto de Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. pp. 333-340
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Libros número 6. México, D.F. 90 pp.
- Nkoa OR and Walsh O. 2017. Precision agriculture advances and limitations: Lessons to the stakeholders. *Crops & Soils magazine*. 3 p. doi:10.2134/cs2017.50.0408
- Ortiz-Avalos AA, Cortés-Jiménez JM, Fuentes-Dávila G, Félix-Fuentes JL, and Rosas-Jáuregui IA. 2020. Durum wheat grain yield components under organic production in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico. *Ann Wheat Newslet* 66:54-57.
- Quiñones RCA, Sañudo LPA, Cortés JJM, and Ortiz AAA. 2019. Componentes de rendimiento de trigo de la variedad CENEB ORO 2017, con manejo orgánico en el Valle del Yaqui. Memoria de la XXXI Semana Internacional de Agronomía de la Facultad de Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del estado de Durango. Gómez Palacio, Durango, México. pp. 965-969 (In Spanish).
- Sañudo LPA, Quiñones RCA, Ortiz AAA, and Cortés, J.J.M. 2019. Componentes de rendimiento en la variedad de trigo (*Triticum durum* L.) CIRNO C2008, con manejo orgánico en el Valle del Yaqui. Memoria de la XXXI Semana Internacional de Agronomía de la Facultad de Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del estado de Durango. Gómez Palacio, Durango, México. pp. 506-510 (In Spanish).

## ETIOLOGÍA DEL AGENTE CAUSAL DE LA MANCHA FOLIAR DE LA ZARZAMORA

Nava D. J.<sup>1\*</sup>; Márquez L. G.<sup>2</sup>; Solano B. A. R.<sup>2</sup>; Rodríguez B. G.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería Química, 72570, Puebla, Puebla, México. <sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, 62731, Yautepec, Morelos, México. <sup>3</sup>Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa Sur, 48900, Autlán, Jalisco, México.

\*Autor de correspondencia: [navajoanna243@gmail.com](mailto:navajoanna243@gmail.com)

### RESUMEN

En el año 2023, se observaron síntomas severos de mancha foliar en cultivos de zarzamora en Zacatlán (19°55'56.2"N 98°00'31.7"W), Puebla y los Reyes (19°34'29.0"N 102°27'13.7"W), Michoacán. Sin embargo, no hay información sobre la identidad de agente causal lo que ha impedido el desarrollo de estrategias adecuadas de manejo. Por tal, el objetivo de esta investigación fue identificar el agente causal de esta enfermedad, como resultado del aislamiento se obtuvieron colonias similares a *Colletotrichum*, por cada sitio de colecta se recuperó un aislado. La identificación morfológica se determinó por características culturales y estructuras reproductivas, lo cual dio como resultado especies pertenecientes al complejo *C. acutatum* y *C. boninense* para Zacatlán y Los Reyes respectivamente. La patogenicidad de los aislados se probó con la inoculación de  $1 \times 10^8$  conidios mL<sup>-1</sup> sobre plantas sanas de zarzamora variedad Tupy de 60 días de edad. Las plantas se mantuvieron a 25°C con un fotoperiodo de luz/oscuridad de 16:8 h. Los síntomas de la enfermedad se observaron a los 7 y 5 días después de la inoculación, mientras que las plantas sin inocular permanecieron sanas. Señalando a los hongos inoculados como los agentes causales de la enfermedad.

**Palabras clave.** *Rubus*, hongos fitopatógenos, *Colletotrichum*, patogenicidad, morfología.

### ABSTRACT

In 2023, severe symptoms of leaf spot were observed in blackberry crops in Zacatlán (19°55'56.2"N 98°00'31.7"W), Puebla, and Los Reyes (19°34'29.0"N 102°27'13.7"W), Michoacán. However, there is no information on the identity of the causal agent, which has hindered the development of appropriate management strategies. Therefore, the objective of this research was to identify the causal agent of this disease. As a result of isolation, colonies similar to *Colletotrichum* were obtained, with one isolate recovered from each collection site. Morphological identification was determined based on cultural characteristics and reproductive structures, resulting in species belonging to the *C. acutatum* and *C. boninense* complexes for Zacatlán and Los Reyes, respectively. The pathogenicity of the isolates was tested by inoculating  $1 \times 10^8$  conidia mL<sup>-1</sup> onto healthy 60-day-old Tupy blackberry plants. The plants were maintained at 25°C under a 16:8 light/dark photoperiod. Disease symptoms were observed 7 and 5 days after inoculation, while non-inoculated plants remained healthy, indicating that the inoculated fungi were the causal agents of the disease.

**Key words.** *Rubus*, phytopathogenic fungi, *Colletotrichum*, pathogenicity, morphology.

### INTRODUCCION

La zarzamora (*Rubus fruticosus*) es una planta arbustiva nativa de Europa, distribuida naturalmente en regiones frescas y tropicales de todo el mundo (CABI, 2019).

Esta frutilla ha tomado importancia a nivel mundial debido a su elevada rentabilidad, el rápido retorno de inversión, uso intensivo de mano de obra, la versatilidad de los frutos para su consumo, así como las posibilidades de exportación (Razo et al., 2019).

En el año 2022 en México la cosecha de zarzamora fue de 223 mil t, posicionándolo como principal productor a nivel mundial. Además, se exportaron 90,399 t, con lo cual, los ingresos

alcanzaron un máximo histórico de \$730 millones de dólares. Los principales países importadores son Estados Unidos, seguido por Canadá, Reino Unido, Italia, Países Bajos y los Emiratos Árabes, por mencionar algunos (SIAP, 2023).

A pesar de la tecnificación del cultivo, existen diversas especies de hongos fitopatógenos que afectan a la zarzamora como los causantes de Mildiú, las royas y la mancha blanca. Sin embargo, nuevas enfermedades emergentes como la mancha foliar también representan un serio problema. A lo largo del mundo la enfermedad mancha foliar es ocasionada por patógenos como *Cercospora* spp., *Septoria* spp. y *Colletotrichum* spp.. En México, la enfermedad de la mancha foliar ha sido asociada a especies del género *Colletotrichum* (Mir et al., 2004; Sarmiento-Chacón et al., 2023). Este hongo es un ascomiceto que de acuerdo con estudios taxonómicos divide sus especies dentro de 15 complejos (Talhinhas & Baroncelli, 2021). Causantes de enfermedades en órganos de diferentes cultivos, que en su mayoría son tratados con métodos químicos. Los tratamientos aplicados a la mancha foliar en zarzamora hasta el momento no presentan resultados debido al desconocimiento del agente causante en las diferentes zonas geográficas del país, es por ello que el objetivo de la presente investigación es determinar el agente causal de la misma en las zonas muestreadas.

## MATERIALES Y METODOS

Las muestras se obtuvieron de dos sitios de muestreo donde se observaron síntomas de manchas foliares en el cultivo de zarzamora; Los Reyes, Michoacán (19°34'29.0"N 102°27'13.7"W), y Zacatlán, Puebla (19°55'56.2"N 98°00'31.7"W) México. El tejido vegetal fue procesado en el laboratorio de Fitopatología del Centro Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional. El tejido vegetal fue submuestreado utilizando bisturí estéril, recuperando fragmentos de transición sano-enfermo, estos se desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio al 1.2% por un minuto, seguido de un triple lavado con agua destilada estéril, los fragmentos de tejido se dejaron secar por 2 h sobre papel secante estéril, una vez secas se transfirieron a cajas Petri con medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA, BD Bioxon®, USA) las cuales se incubaron por 48h a 25°C en oscuridad. El crecimiento fúngico se recuperó y transfirió a medio Aguar-Agar, después de 24 h de crecimiento se recuperó una hifa independiente que fue transferida a medio de cultivo PDA. Las cajas se incubaron en oscuridad por 7 d a 25°C. De las muestras solo se presentaron dos morfotipos, uno de cada sitio de muestreo, un aislado procedente de Zacatlán, Puebla denominado CZC y el aislado de los Reyes, Michoacán se nombró como CV2. Los aislados puros se preservaron en medio papa-dextrosa (PD) y glicerol al 10% (Crous et al., 2019).

La tasa de crecimiento se realizó a partir de aislados puros, los cuales se transfirieron por triplicado a PDA sintético y se incubaron a 25°C, y se midió el crecimiento diario hasta que el hongo llenó de caja Petri, con los datos obtenidos se calculó la tasa de crecimiento micelial (TCM) de cada aislado (Zervakis et al., 2001). Las estructuras reproductivas se analizaron, siguiendo la metodología de Weir et al., (2012). Además, la formación de apresorios se indujo mediante el montaje de cámaras húmedas con 48 h de incubación (Weir et al., 2012). La toma de fotografías y mediciones de estructuras se realizó con un microscopio compuesto Axio Imager A2 microscope (Zeiss®, Alemania) con cámara (AxioCam ICc5, Zeiss®, Alemania) y el programa ZEN (Zeiss®, Alemania). Las estructuras reproductivas fueron descritas de acuerdo con el sistema Saccardo (Crous et al., 2019).

La patogenicidad de los aislados se determinó en plantas sanas de zarzamora var. Tupy de 60 días de edad. Las plantas se trasplantaron a vasos de poliestireno expandido (unicel) de 500 mL llenos con una mezcla de peatmos más agrolita de 3:1 (V/V) y una vez por semana se fertilizaron con una solución de Raizal (5g L<sup>-1</sup>). El inoculo se incrementó en medio de cultivo PDA natural y sintético, las cajas se incubaron en oscuridad a 25°C por 12 días. La inoculación se realizó a una concentración de 1x10<sup>8</sup> conidios mL<sup>-1</sup> en las hojas de cinco plantas, por método de aspersión para el aislado CZC y por método de goteo para el aislado CV2. Cada tratamiento tuvo cuatro plantas testigo que se trataron con el método de

inoculación similar utilizando agua destilada estéril. Todas las plantas se regaron a capacidad de campo y se cubrieron con bolsas de plástico para generar una cámara húmeda. Las plantas inoculadas se mantuvieron a 25°C con un fotoperiodo de luz/oscuridad de 16:8h hasta la aparición de los síntomas de la enfermedad (Agris, 2005).

### RESULTADOS Y DISCUSION

En la caracterización morfológica y cultural el aislado CZC presentó crecimiento regular con bordes enteros en medio PDA, micelio convexo y coloración blanquecina, la tasa de crecimiento fue de 5.4 mm día<sup>-1</sup>. Los conidios fueron amerosporos, hialinos, cilíndricos a fusiformes, con extremos agudos, el rango de tamaño de 13—19×3.3—6.7 μm, apresorios ovoides de coloración marrón-café, paredes lisas, con borde enteros y ondulados, con medidas de 11.5—14.2×5.5—6.6 μm. Los conidióforos se formaron directamente sobre las hifas, fueron hialinos, de paredes lisas, septados y ramificados (Fig. 1).

Basado en estas características y las referencias en la literatura podemos ubicar a este aislado en el complejo *Colletotrichum acutatum* (Damm et al., 2012a).

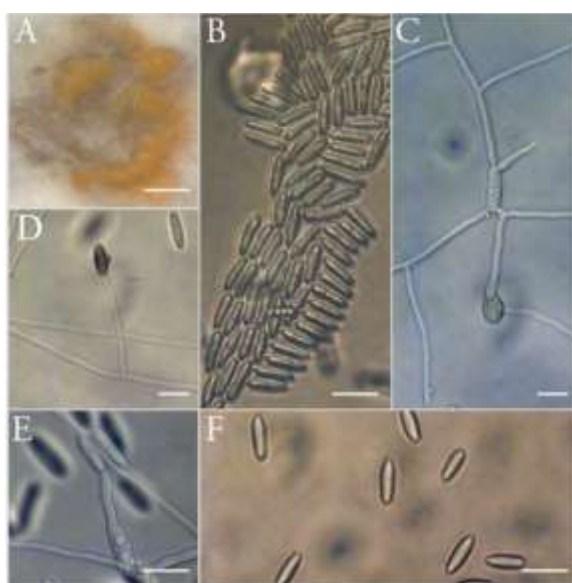


Figura 1. Estructuras reproductivas aislado CZC. A. Masa conidial. B y F. Conidios. C-D. Apresorios. E. Conidióforo. Barras de escala: A=200 μm; B, E, F, =20μm; C y D=12μm.



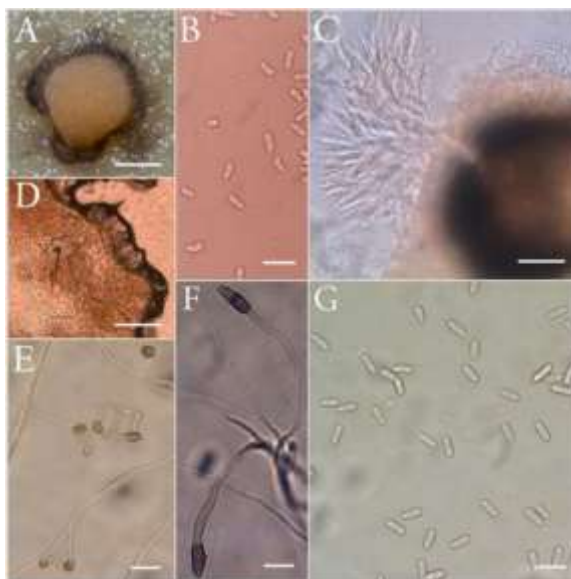


Figura 2. Estructuras reproductivas aislado CV2. A. Masa conidial. B. Ascosporas. C. Peritecio con ascas y ascosporas. D. Espinas. E-F. Apresorios. G. Conidios. Barras de escala: A=200 µm; B, E, G=20µm; F=10µm; C=10µm; D=300 µm.

El aislado CV2 presentó crecimiento regular con bordes enteros, coloración blanquecina y tonalidades café en el centro, la tasa de crecimiento fue de  $6.9 \text{ mm día}^{-1}$ . Las estructuras asexuales; conidio amerosporo, hialinos, de oblongo a cilíndrico y redondeado en ambos extremos, midiendo  $11.4\text{—}16 \times 4.6\text{—}7.3 \text{ µm}$ . Los apresorios, de aspecto ovoides a piriformes con tonalidades de café oscuro a negro, medidas de  $8.5\text{—}12.9 \times 5.4\text{—}8 \text{ µm}$ .

En colonias de 25 días, se observó la aparición de estructuras reproductivas sexuales, ascas con 8 esporas de  $42\text{—}69.3 \times 7.6\text{—}13 \text{ µm}$ , ascosporas unicelulares, hialinas, dispuestas biseriadamente de  $9.5\text{—}17 \times 4.3\text{—}6 \text{ µm}$ , generalmente rectas a ligeramente curvas (Fig. 2). De acuerdo con la información podemos inferir que este aislado pertenece al complejo *Colletotrichum boninense* (Damm, et al., 2012b).

Como resultado de las pruebas de patogenicidad, las plantas inoculadas con el aislado CZC presentaron síntomas a los 7 días después de la inoculación (ddi), mientras que el aislado CV2 presentaron los síntomas de la enfermedad a los 5 ddi, presentando los síntomas más severos a los 19 y 10 ddi respectivamente (Fig. 3).

Los síntomas se caracterizan por ser manchas foliares redondas e irregulares que algunas veces llegan a extenderse hasta llegar a formar tizones, estas esta delimitadas por un margen en ocasiones de color púrpura. La diferencia entre los síntomas inducidos por ambos aislados es que el aislado CV2 genera un tizón descendente en las ramas que sostienen las hojas enfermas.

Durante los días posteriores a la inoculación las plantas utilizadas como testigos de los tratamientos permanecieron sanas sin síntomas de mancha foliar. La severidad de CZC fue menor que el aislado CV2.

Especies de *Colletotrichum acutatum* han sido reportadas como el agente causal de mancha foliar en *Rubus brasiliensis* en Brasil, en este caso, el cultivo presentaba manchas oscuras en las hojas jóvenes que avanzaban hasta convertirse en manchas necróticas con muerte regresiva ocasional de las ramitas (Lopes et al., 2010).



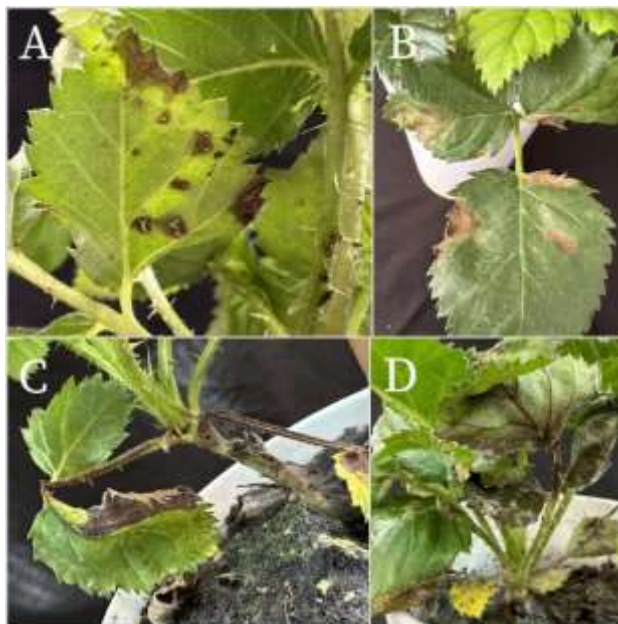


Figura 3. Síntomas resultados de las pruebas de patogenicidad. A. 7ddi aislado CZC. B. 19 ddi aislado CZC. C. 5ddi aislado CV2. D. 10 ddi aislado CV2.

Mientras que especies del complejo *Colletotrichum boninense* se han asociado en China y Brasil como causante de antracnosis en hojas de arándano presentando manchas irregulares y necrosis en las ramas, sus reportes coinciden con lo presentado en esta investigación ya que los primeros síntomas se observaron a los 5 días posteriores a la inoculación (Liu et al., 2020; Ríos et al., 2015).

### CONCLUSIONES

Los agentes causales de la mancha foliar en Puebla pertenecen al complejo *C. acutatum* y en Michoacan al complejo *C. boninense*.

A partir de los daños observado en campo y la información generada en la presente investigación, se recomienda continuar la investigación orientada específicamente a la diversidad intraespecífica de los patógenos reportados en este trabajo, con la amplificación de secuencias parciales que permitan realizar un análisis multigénico. Así como a la exploración de más sitios de colecta que permitan determinar si existen otros patógenos involucrados en la enfermedad, pero sobre todo se sugiere realizar investigación orientada al desarrollo de estrategias de manejo integral de la enfermedad.

### REFERENCIAS

- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology*. <http://sciencedirect.bibliotecabuap.elogim.com:5070/book/9780120445653/plant-pathology>.
- CABI. (2019). *Rubus fruticosus* (blackberry). *CABI Compendium*, 47995. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.47995>.
- Crous, P. W., Verkley, G. J. M., Groenewald, E., & Houbraken, J. (2019). *Fungal Biodiversity*. Westerdijk Fungal Biodiversity Institute.
- Damm, U., Cannon, P. F., Woudenberg, J. H. C., & Crous, P. W. (2012). The *Colletotrichum acutatum* species complex. *Studies in Mycology*, 73, 37-113. <https://doi.org/10.3114/sim0010>.
- Damm, U., Cannon, P. F., Woudenberg, J. H. C., Johnston, P. R., Weir, B. S., Tan, Y. P., Shivas, R. G., & Crous, P. W. (2012). The *Colletotrichum boninense* species complex. *Studies in Mycology*, 73(1), 1-36. <https://doi.org/10.3114/sim0002>.

- Liu, X., Zheng, X., Khaskheli, M. I., Sun, X., Chang, X., & Gong, G. (2020). Identification of *Colletotrichum* Species Associated with Blueberry Anthracnose in Sichuan, China. *Pathogens*, 9(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/pathogens9090718>.
- Lopes, U., Zambolim, L., Duarte, H., Cabral, P., Pereira, O., Lopes, U., & Zambolim, E. (2010). First Report of Leaf Blight on *Rubus brasiliensis* Caused by *Colletotrichum acutatum* in Brazil. *Plant Disease*, 94, 1378-1378. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-10-0441>.
- Mir, S. G. L., Herrera, A. S., Rangel, E. E., Mir, H. E. V., Iñiguez, R. M. G., & Espino, J. H. (2004). Etiología e Incidencia de la Antracnosis [*Colletotrichum graminicola* (Ces.) G.W. Wils.] de la Avena (*Avena sativa* L.) en Michoacán, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 22(3), 351-355.
- Razo, G., de Jesús, F., Rebollar, R., Martínez, H., Luis, J., & Abarca, R. (2019). *Current situation and perspectives of the production of berries in Mexico*. 44.
- Rios, J. A., Pinho, D. B., Moreira, W. R., Pereira, O. L., & Rodrigues, F. A. (2015). First Report of *Colletotrichum karstii* Causing Anthracnose on Blueberry Leaves in Brazil. *Plant Disease*, 99(1), 157-157. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-14-0717-PDN>.
- Sarmiento-Chacón, M., Hernández-García, V., Rodríguez-Larramendi, L. A., Salas-Marina, M. Á., & Ríos-Velasco, C. (2023). *Neopestalotiopsis* sp. And *Colletotrichum karstii*, causal agents of leaf spots on camedor palm (*Chamaedorea quezalteca*) in Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 41(2), 165-181. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2302-7>.
- SIAP. (2023). *Panorama Agroalimentario 2023*. <http://www.gob.mx/siap/articulos/panorama-agroalimentario-2023-la-edicion-estadistica-mas-importante-del-sector-agroalimentario>.
- Talhinhas, P., & Baroncelli, R. (2021). *Colletotrichum* species and complexes: Geographic distribution, host range and conservation status. *Fungal Diversity*, 110(1), 109-198. <https://doi.org/10.1007/s13225-021-00491-9>.
- Weir, B. S., Jhonston, P. R., & Damm, U. (2012). The *Colletotrichum gloeosporioides* species complex. En *Colletotrichum: Complex species or species complexes?* (Vol. 73, pp. 115-180).
- Zervakis, G., Philippoussis, A., Ioannidou, S., & Diamantopoulou, P. (2001). Mycelium growth kinetics and optimal temperature conditions for the cultivation of edible mushroom species on lignocellulosic substrates. *Folia Microbiologica*, 46(3), 231-234. <https://doi.org/10.1007/BF02818539>.

## EVALUACIÓN DE *Agave durangensis* FERTILIZADO CON TRATAMIENTOS QUÍMICOS Y ORGÁNICOS

Ortiz-Sanchez Ixchel Abby<sup>1</sup>, Valdez-Ortega Sonia<sup>1\*</sup>, Nava-Berumen Cynthia Adriana<sup>2</sup>, Chávez-Simental Jorge Armando<sup>3</sup>, Díaz-Oliveros Joaquín Israel<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México campus Valle del Guadiana, Carretera Durango–México Km 22.5. Villa Montemorelos, Dgo., México. C. P. 34371.

<sup>2</sup>Posdoctorado Conahcyt, Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera-UJED, Blvd. Guadiana 501, Fracc. Ciudad Universitaria, Durango, Dgo., México. C. P. 34120.

<sup>3</sup>Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera-UJED, Blvd. Guadiana 501, Fracc. Ciudad Universitaria, Durango, Dgo., México. C. P. 34120.

<sup>4</sup>Estudiante del Tecnológico Nacional de México campus Valle del Guadiana, Carretera Durango–México Km 22.5. Villa Montemorelos, Dgo., México. C. P. 34371.

\*Autor de correspondencia: [sonia.vo@vguadiana.tecnm.mx](mailto:sonia.vo@vguadiana.tecnm.mx)

### RESUMEN

El *Agave durangensis* es una de las plantas con mayor explotación desde los tiempos de nuestros antepasados, el cual, hasta la fecha se utiliza principalmente para la elaboración de mezcal. La mala información y planeación de quienes explotan este recurso lo han llevado en los últimos años a un estado crítico de población silvestre en los ejidos ya que se ha cortado sin hacer replantaciones en los predios ni parcelas. Con el objetivo de determinar el tipo de fertilización óptima en el desarrollo de este cultivo y proponer una alternativa para obtener plantas de calidad y replantar, en este proyecto se evaluaron diferentes tratamientos de fertilización orgánica (T1: Nb Soil<sup>®</sup>, T2: Magro y T3: Té de estiércol) y química (T4: Bayfolan forte<sup>®</sup> y T6: Mono K<sup>®</sup>), así como un Testigo (T5: sin fertilización). El tratamiento a base del fertilizante orgánico Nb Soil<sup>®</sup> (T1), fue el que obtuvo mejores resultados en el largo y ancho de la hoja de *Agave durangensis*, mientras que el fertilizante químico Bayfolan forte<sup>®</sup> (T4) mostró un incremento significativo en el número de hojas en la planta. La aplicación de estos dos productos es de suma importancia para este cultivo, ya que el número de hojas y la calidad en vigor de las mismas generan un mejor transporte de agua, nutrientes y por consiguiente le da oportunidad de adaptarse y sobrevivir al momento de establecerse en campo.

**Palabras clave:** fertilización orgánica, producción, calidad

### ABSTRACT

The *Agave durangensis* is one of the plants with a great exploitation since the times of our ancestors to this time, it is mainly used for the production of mezcal. The poor information and planning of those who take advantage of this resource have led it to a critical state of population in recent years in the ejidos since it has been cut without replanting the crops. With the objective of determine the optimal fertilization in the development of this crop and proposing an alternative to obtain quality plants and replant, different organic fertilization treatments (T1:Nb Soil<sup>®</sup>, T2:Lean) and chemical (T3:Manure Tea, T4:Bayfolan Forte<sup>®</sup>), T5 Control (without fertilization) and T6: Mono K<sup>®</sup>) were evaluated. The treatment based on the organic fertilizer Nb Soil<sup>®</sup> obtained the best results in the length and width of the *Agave duranguensis* leaf, while the chemical fertilizer Bayfolan Forte<sup>®</sup> showed a significant increase in the number of leaves in the plant. The application of these two products is very important for this crop since the number of leaves and their quality gives the plant a better water and nutrients transport

and consequently gives it the opportunity to adapt and survive to the environment at the time of being taken to the field.

**Key words:** organic fertilization, production, quality.

## INTRODUCCION

El agave, durante varios siglos, ha tenido gran importancia cultural, social y económica en este país, ya que esta planta fue utilizada y aprovechada por los primeros habitantes de Mesoamérica de un modo tan completo como alimento, materia prima para construir viviendas y obtención de fibras (González et al., 2009). En el estado de Durango, del cultivo de *Agave durangensis* Gentry, se aprovecha principalmente la piña (cabeza) que es la materia principal para la destilación de la bebida alcohólica mezcal. Las actuales prácticas de aprovechamiento de esta especie en el estado y de acuerdo con los recolectores son las más adecuadas, como prueba de ello, es el aumento de producción de mezcal en la región en los últimos años, ocupando el tercer lugar, después de Oaxaca y Puebla (CRM, 2020).

La distribución geográfica de *Agave durangensis* se concentra en los municipios de Durango, Nombre de Dios, El Mezquital y Súchil y una sección muy restringida en el estado de Zacatecas, lo cual indica que es una especie endémica de México (Almaraz, 2011). Esta especie es de gran importancia económica y representa una forma de sustento para la industria regional productora de mezcal en estado de Durango. De su aprovechamiento en campo se obtiene la piña mediante el proceso de jimado como materia prima para la elaboración de mezcal y los residuos, como las hojas o pencas, en ocasiones son usadas en el proceso de elaboración artesanal del mezcal, éstas representan aproximadamente el 50% de la planta (López-Serrano et al., 2021).

La principal problemática que asecha a los agaves es el corte inmoderado por parte de los productores de mezcal, ya que casi todas las especies de agave tardan de 8 a 25 años para iniciar la floración. Asimismo, se calcula que el ciclo de vida del agave varía de acuerdo a las diferentes regiones donde se cultiva; al cortarse la piña ésta muere y los productores no vuelven a reforestar los predios o parcelas, llevando al agave a un punto crítico en la actualidad ya que queda pocos ejemplares para seguir explotándolo comercialmente. Una forma para mitigar esta situación es concientizar y asesorar a los campesinos y productores sobre la importancia de producir y aclimatar hijuelos a través de diferentes tipos de fertilización química y orgánica para así poder replantar los predios y seguir explotando este recurso natural sin llevarlo a su extinción. Por tal motivo el objetivo de este trabajo fue evaluar el desarrollo de *Agave durangensis* bajo la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos en Nombre de Dios, Dgo.

## MATERIALES Y METODOS

**Descripción del sitio experimental.** El experimento se realizó en la colonia San Francisco en Nombre de Dios, Durango, Dgo., el cual se encuentra ubicado en 23° 51' 12" N 104° 14' 44" O (Figura 1).



Figura 1. Ubicación del sitio experimental.

**Material biológico.** El material vegetal que se utilizó fue *Agave durangensis* con un total de 4,500 plantas.

**Preparación del suelo.** Haciendo uso de las tecnologías agrícolas, se trabajó el suelo con ayuda de un tractor y el subsuelo, esto para abrir la capa superficial del terreno ya que no había sido previamente labrado. Posteriormente se rastreó para eliminar terrones grandes y obtener un suelo más uniforme; para finalizar, se procedió a hacer las camas donde se trasplantó el agave (Figura 2).



Figura 2. Preparación del suelo en Nombre de Dios, Durango.

**Instalación del sistema de riego.** Para el sistema de riego se instaló un tinaco de 1100 L como reservorio de agua, una tubería principal de 1 1/2" con una llave de tuerca unión de 1 1/2" al inicio para controlar los riegos y un tapón de PVC de 1 1/2". Se realizó un orificio en la línea principal con un taladro y una broca para PVC de 16 mm para insertar 2 iniciales de 16 mm por cama y de ahí colocar manguera ciega de dicha medida con llaves manguera-cintilla de 16 mm, donde posteriormente se conectó la cintilla marca toro calibre 6000 quedando así 2 cintillas por cada cama y cubiertas con acolchado (Figura 3).





Figura 3. Instalación del sistema de riego.

**Trasplante de agave en campo.** Antes de realizar el trasplante de agave se realizó una evaluación del sistema de riego por goteo, con el objetivo de determinar la programación de tiempo y frecuencia de riego. El gasto total de riego en las seis camas fue de 794 L/h para lograr la saturación deseada se regó durante 48 horas, dando un total de 38.113 m<sup>3</sup> de agua. Para el trasplante, se realizó un orificio al acolchado donde después fue insertada la planta de agave enterrando la raíz para asegurar su adaptabilidad. Para finalizar, se dio un riego de 15 minutos como sellador, con un total de 198.6 L de agua para las seis camas (Figura 4).



Figura 4. Trasplante de agave en campo.

**Tratamientos y diseño experimental.** Los fertilizantes orgánicos Magro y Té de estiércol utilizados son producidos en el ITVG (Ortiz et al., 2023); los fertilizantes Nb Soil® y los químicos, son comerciales. En el Cuadro 1 se muestran los tratamientos de fertilización y las dosis que se aplicaron cada 21 días en cada tratamiento. Los riegos se aplicaron cada 15 días.

Cuadro 1. Tratamientos de Fertilización de *Agave durangensis*.

Tratamiento	Descripción	Dosis
T1	Nb Soil®	20 % (6 L en 24 L de agua)
T2	Fertilizante Magro (FM)	50 % (15 L en 15 L de agua)
T3	Té de estiércol	50 % (7.5 L en 7.5 L de agua)
T4	Bayfolan forte®	90 mL en 29 L de agua
T5	Testigo	Solo riego
T6	Mono K®	600 g en 30 L de agua

**Variabes evaluadas.** Las variables dependientes que se evaluaron fueron: largo de la hoja (tomando como referencia la más grande), el número de hojas (se basó en la cantidad de hojas que presentes en el agave) y el ancho de hoja se midió de un extremo al otro extremo de la hoja (Figura 5). Los datos se tomaron antes de cada aplicación de los tratamientos.



Figura 5. Variables evaluadas de cultivo.

**Análisis de datos.** Los datos obtenidos en las variables dependientes fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA,  $p \leq 0.05$ ) y la comparación de medias con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) en el paquete estadístico InfoStat®. El diseño estadístico utilizado fue bloques al azar con 5 repeticiones por tratamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El ANOVA mostró diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) entre tratamientos en las variables evaluadas. Al realizar la comparación de medias (Cuadro 2) para la variable largo de hoja el mejor tratamiento fue el T1 con 7.79 cm, mientras que el T6 con 6.05 cm fue el que tuvo las hojas de menor tamaño. La fertilización química se utiliza para aportar micro y macronutrientes a la planta; en un estudio realizado en frijol con fertilizantes orgánicos (Nb Soil®), fertilizantes químicos, lodos residuales y testigo, se obtuvo un efecto positivo de los fertilizantes orgánicos (Nb Soil®) con respecto al tratamiento químico y al testigo, aunque el mejor tratamiento fue el de lodos residuales superando con  $0.67 \text{ t ha}^{-1}$  a la fertilización química (Ortiz et al., 2023). En la variable ancho de la hoja el mejor fue el T1 (1.74 cm), mientras que el T6 fue el que presentó valores inferiores (1.26 cm), ya que el potasio está enfocado a dar crecimiento, calidad y llenado específicamente a los frutos, debido a su papel fundamental en la fotosíntesis y respiración de la planta (Intagri, 2017). En el número de hojas, el T4 presentó el mayor número de hojas por planta con 4.60 hojas, el cual coincide con un experimento realizado por González et al. (2000) en base a fertilización con Bayfolan forte® en lechuga a



una dosis de 0.2 L ha<sup>-1</sup> donde obtuvieron como resultado un incremento del 60% en el número de hojas, por lo que la aplicación de Bayfolan forte® nos ayuda a estimular una mayor cantidad de hojas en ciertos cultivos.

Cuadro 2. Comparación de medias de largo de hoja, ancho de hoja y número de hojas en *Agave durangensis*.

Tratamiento	Largo de hoja (cm)		Ancho de hoja (cm)		Número de hojas	
T1	7.79	A*	1.74	A	3.33	B
T2	7.53	A	1.67	AB	3.47	B
T3	7.27	AB	1.65	AB	3.67	B
T4	6.95	AB	1.64	AB	4.60	A
T5	6.84	AB	1.51	AB	3.20	B
T6	6.05	B	1.26	B	3.07	B

\*A-B literales diferentes en la misma columna expresan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ); 1 (Nb Soil®), 2 (Fertilizante Magro), 3 (Té de estiércol), 4 (Bayfolan forte®), 5 (testigo) y 6 (Mono K®).

### CONCLUSIONES

El tratamiento orgánico Nb Soil®, como fertilizante en el *Agave durangensis* es una alternativa altamente viable para el desarrollo de hojas fuertes y saludables, ya que les da mayor vigor y longitud, mientras que el tratamiento químico Bayfolan forte®, se enfoca principalmente en hacer mayor cantidad de hojas en la planta. La aplicación de estos dos productos es de suma importancia para este cultivo ya que el número de hojas y la calidad en vigor de las mismas le generan a la planta un mejor transporte de agua, nutrientes y por consiguiente le da oportunidad de adaptarse y sobrevivir al momento de ser llevada a campo o parcela.

### REFERENCIAS

- Almaraz, A. N. 2011. *Agave durangensis*. Dirección de Publicaciones. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. 234pp.
- CRM. 2020. Consejo Regulador del Mezcal. Jornada Nacional del Mezcal: Capacitación y análisis. 13-15 marzo 2020. Oaxaca, México. 32p.
- González, E. M., R. Galván V., I. L. López E., L. Reséndiz R. M. S. Galván E. 2009. Agaves, magueyes, lechuguillas y noas del estado de Durango y sus alrededores. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral regional-Unidad Durango (CIIDIR, Dgo). Instituto Politécnico Nacional. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Durango, Dgo. México. 163 pp.
- González A., María Inés, González U., Velasco H Roberto., Gonzales U., Jorge; Tay U., Juan. 2000. Hortalizas en VII y VIII Regiones / Estándares Técnicos Resultados económicos. Chilán, Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 17,70 P.
- Intagri. 2017. Las Funciones del Potasio en la Nutrición Vegetal. Serie Nutrición Vegetal Núm. 100. Artículos Técnicos de Intagri. México. 4p.
- López-Serrano, P.M., Hernández-Ramos, A., Méndez-González, J., Martínez-Salvador, M., Aguirre-Calderón, O., Vargas-Larreta, B., Corral-Rivas J.J. 2021. Mejores prácticas de manejo y ecuaciones alométricas de biomasa de *Agave durangensis* Gentry., en el estado de Durango. Proyecto: 2017-4-292674. CONAFOR-CONACYT. México.
- Ortiz-Sánchez, I. A., Gamero-Posada, E. C., Nava-Berumen, C. A., Valdez-Ortega, S., & Alaniz-Villanueva, O. G. (2023). Productivity and nutritional value of common beans with organic fertilization in Durango, Mexico. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 2023 40(2): 234014

## SISTEMA PARA DETECCIÓN DEL POSICIONAMIENTO DEL DIENTE DE AJO

Rojas C. S; Narváez M. P. M; Juárez S. A. T

*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Pabellón, Km 32.5 Carretera Panamericana Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. [rojas.carlos@inifap.gob.mx](mailto:rojas.carlos@inifap.gob.mx)*

### RESUMEN

En inifap-campo experimental pabellón, se trabaja en la actualización con redes neuronales convolucionales, lo que se traduce al uso de inteligencia artificial para este caso, usado para detectar el ajo y el posicionamiento del mismo, y así determinar los parámetros mínimos y máximos de como tomar la semilla. Para ello se escribió un código en lenguaje Python y usando la biblioteca de PyTorch para someterlo a entrenamiento. Finalmente, el sistema servirá para la creación de un prototipo mecánico-electrónico experimental para siembra de la semilla de ajo.

**Palabras clave.** (Redes neuronales, python, ajo)

### ABSTRACT

In the inifap experimental field pavilion, we are currently working with convolutional neural networks, which translates into the use of artificial intelligence for this case, used to detect the garlic and its positioning, and thus determine the minimum and maximum parameters of how to take the seed. For this purpose, a code was written in Python language and using the PyTorch library to submit it to training. Finally, the system will be used to create an experimental mechanical-electronic prototype of the garlic seed sowing.

**Key words.** (Neural networks, python, garlic)

### INTRODUCCIÓN

Las redes neuronales convolucionales son una técnica que utilizan los sistemas de inteligencia artificial, aplicados en diversas áreas de la ingeniería y de la vida cotidiana. Las redes neuronales convolucionales (CNNs, por sus siglas en inglés) han revolucionado el campo de la visión por computadora y el aprendizaje automático desde su reaparición en la década de 2010. Inspiradas en el sistema visual biológico, las CNNs están diseñadas para procesar datos en forma de múltiples dimensiones, lo que las hace particularmente eficaces para tareas de reconocimiento de patrones y análisis de imágenes (LeCun et al., 2015).

El auge de las CNNs se atribuye en gran parte a la capacidad de estas redes para aprender representaciones jerárquicas de datos. Este enfoque permite que las redes extraigan características de bajo nivel, como bordes y texturas, y las transformen en representaciones de alto nivel más complejas, facilitando así una interpretación más precisa de las imágenes (Krizhevsky et al., 2012). La innovación introducida por AlexNet, un modelo de CNN, durante la competencia ImageNet en 2012, marcó un hito al reducir significativamente la tasa de error en la clasificación de imágenes, destacando el potencial de estas arquitecturas (Krizhevsky et al., 2012).

Desde entonces, se han desarrollado y optimizado múltiples arquitecturas de CNN, como VGGNet (Simonyan & Zisserman, 2014) y ResNet (He et al., 2016), cada una aportando mejoras en la capacidad de modelado y la eficiencia computacional. Las CNNs no solo han logrado avances significativos en el campo de la visión por computadora, sino que también

han ampliado su aplicación a otros dominios, como el procesamiento del lenguaje natural y la biomedicina (Esteva et al., 2019).

El progreso continuo en la arquitectura y la aplicación de las CNNs ha sido respaldado por una combinación de innovaciones teóricas y mejoras tecnológicas, subrayando la importancia de estas redes en la evolución del aprendizaje automático y la inteligencia artificial. Es por ello, que este proyecto se enfoca en la detección del diente de ajo con un lenguaje de programación Python usando visión en tiempo real para detectar la posición y diferenciar el tallo de la raíz.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Para el uso de las redes neuronales convolucionales Se utilizó una Laptop Lenovo Thinkpad T460, con un Procesador i7 (6500u), RAM de 16GB y tarjeta gráfica Nvidia Gforce 940mx, se instaló Python en su versión 3.10, al mismo tiempo se utilizó el entorno virtual Anaconda donde se crearon los modelos de datos para el aprendizaje automático, además Spyder IDE donde se generaron los scripts de comandos que utiliza Python.

El modelo detectó el diente de ajo y la posición del mismo en el espacio, para ello se realizaron las siguientes etapas, la creación de un “dataset” donde se almacenaron un conjunto de imágenes de dientes de ajo la cual se encuentra distribuida de la siguiente manera: una carpeta que contiene todas las imágenes “originales”, otra que contiene las imágenes editadas, que se refiere a la edición de la imagen (recortando la semilla de ajo del fondo, Figura 1) y una carpeta que contiene imágenes de validación, esta contiene un porcentaje de imágenes “originales”.



Figura 1. Imagen “A” original e imagen “B” con edición de

Posteriormente, durante el proceso de entrenamiento con PyTorch para realizar el aprendizaje automático para detección de objetos. Es el algoritmo/estrategia detrás de cómo el código detectará objetos en la imagen. Se generaron imágenes sintéticas para aumentar el número de imágenes para el entrenamiento del modelo, se utilizó el formato “COCO” (formato que indica conjuntos de datos de detección, segmentación y sub-titulación de objetos a gran escala) para la detección de objetos mediante “keypoints” o puntos clave, en el caso del ajo (Figura 2).

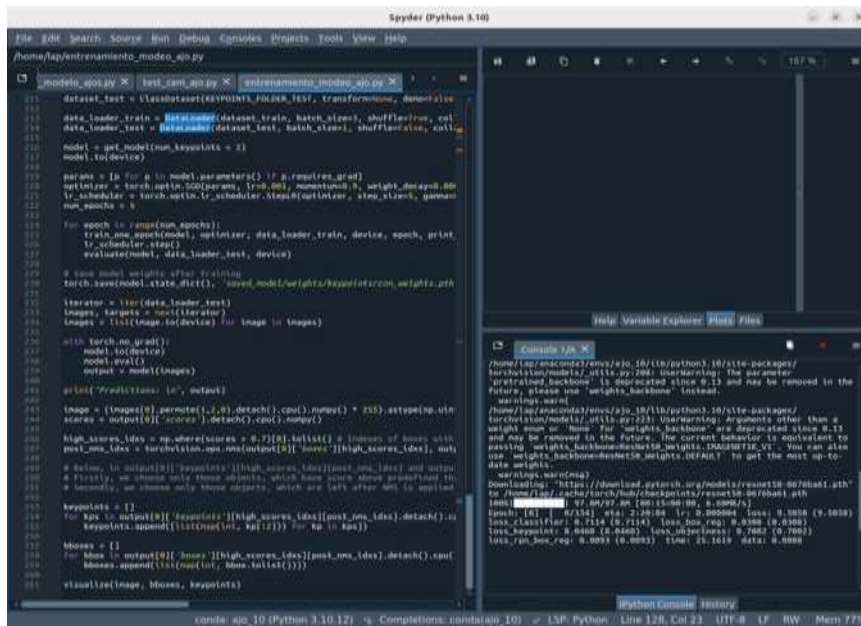


Figura 2. Entorno de entrenamiento con PyTorch y Formato.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del entrenamiento del modelo de ajo, para la posición del diente de ajo con PyTorch en una imagen de prueba, se muestra que el sistema alcanza a diferenciar entre en el tallo de la raíz (Figura 3) sin importar la posición que se encuentre el diente de ajo (vertical-horizontal) el sistema logró confirmar las partes con un punto rojo usado como referencia. Sin embargo, es necesario realizar con alternas variedades de ajo para que el sistema sea confiable con cualquier tipo de semilla de ajo.

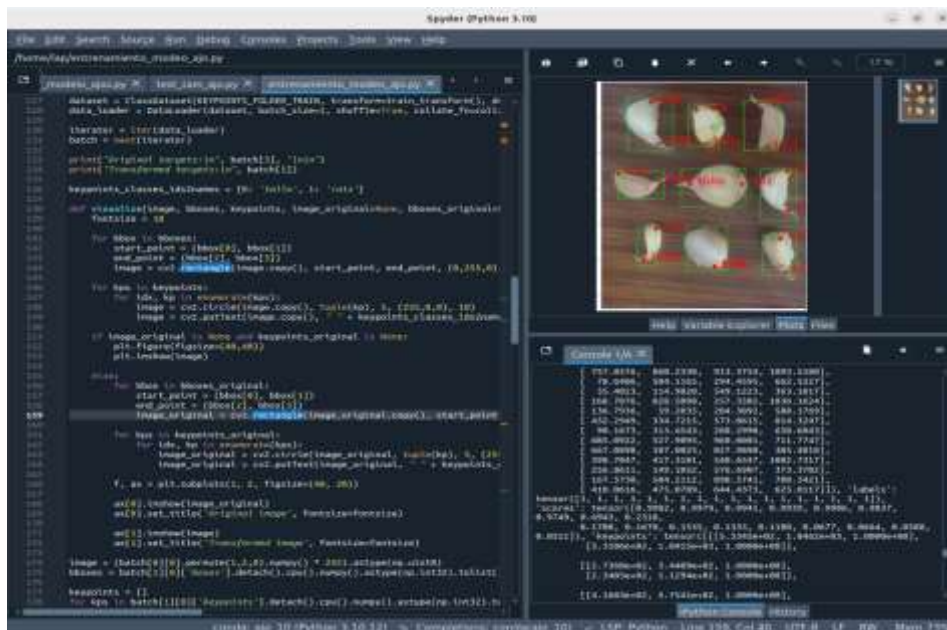


Figura 2. Entrenamiento de la detección del ajo en tiempo real.

### CONCLUSIONES

- Se puede inferir que el sistema es factible de utilizar como detector de ajo y de posicionamiento en tiempo real.
- Se observó que durante los enteramientos de ajo es necesario contar con un mayor de recurso de procesamiento en GPU, ya que estos entrenamientos pueden tardar más de tres días.
- En concluyente que como fase de prueba de una versión beta del sistema, con estos resultados, es factible crear una estructura en donde montarlo y crear todo un sistema completo de siembra. Y que este mismo, sea una tecnología de bajo costo.

### REFERENCIAS

- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in neural information processing systems*, 25.
- Simonyan, K., & Zisserman, A. (2014). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. *arXiv preprint arXiv:1409.1556*.
- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 770-778.
- Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., Ko, J., Swetter, S. M., Blau, H. M., & Thrun, S. (2019). Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*, 542(7639), 115-118.

## ESTIMACIÓN DE GRADOS DÍA DE DESARROLLO PARA DESCORTEZADOR *D. MEXICANUS* EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES

Corrales S. A.; González G. M. A.; Sánchez M. G.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).  
Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de  
Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20670. Correo-e: [corrales.arturo@inifap.gob.mx](mailto:corrales.arturo@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

En este trabajo se presenta una propuesta de pronóstico de los grados día de desarrollo para el *D. mexicanus* en la Sierra Fría de Aguascalientes. Para lo anterior, se utilizó una red neuronal (RN) artificial mediante un modelo secuencial que emplea capas densas. Los resultados sugieren, que el pronóstico basado en la RN reproduce de manera adecuada el promedio de GDD (~3684) de forma cercana al promedio de GDD (~3681) obtenido a partir del reanálisis ERA5 sobre un periodo de 5 años (60 meses). No obstante, la variabilidad es pobremente representada por la RN. Para periodos de 6 a 12 meses, la RN nos puede proporcionar un pronóstico certero de GDD. Como trabajo en curso, se siguen probando diferentes configuraciones y arquitecturas de la RN. Estos resultados son de importancia para estimar con anticipación el posible comportamiento del *D. mexicanus* en la Sierra Fría de Aguascalientes.

**Palabras clave.** Red neuronal, capas densas, Sierra Fría

### ABSTRACT

This paper presents a proposal for forecasting the growing degree days (GDD) for *Dendroctonus mexicanus* in the Sierra Fría of Aguascalientes. An artificial neural network (NN) with a sequential model utilizing dense layers was employed for this purpose. The results indicate that the NN-based forecast effectively reproduces the average GDD (~3684), closely aligning with the average GDD (~3681) derived from ERA5 reanalysis data over a 5-year period (60 months). However, the NN shows limitations in accurately representing variability. For forecasting periods ranging from 6 to 12 months, the NN can provide precise GDD predictions. Ongoing work involves testing various configurations and architectures of the NN to enhance its performance. These findings are crucial for estimating in advance the potential behavior of *D. mexicanus* in the Sierra Fría of Aguascalientes.

**Key words.** Neural network, dense layers, Sierra Fría

### INTRODUCCION

La Sierra Fría, ubicada en el estado de Aguascalientes, es una región de gran importancia ecológica debido a su biodiversidad y a la presencia de ecosistemas forestales que albergan una variedad de especies tanto de flora como de fauna. Uno de los insectos que ha llamado la atención en esta región es el descortezador mexicano *Dendroctonus mexicanus* (*D. mexicanus*).

El *D. mexicanus* es conocido por su capacidad para atacar árboles de pino, considerándose una de las principales plagas forestales en México. Este insecto perfora la corteza de los pinos para depositar sus huevos, y las larvas que emergen se alimentan del floema, interrumpiendo



el flujo de nutrientes y causando la muerte del árbol (Salinas-Moreno et al., 2010). Los brotes de *D. mexicanus* pueden tener consecuencias devastadoras para los ecosistemas forestales, afectando no solo la biodiversidad sino también los servicios ecosistémicos que estos bosques proporcionan, como la captura de carbono, la regulación del ciclo hidrológico y la conservación del suelo (Vega and Hofstetter, 2015).

En la Sierra Fría, la incidencia de *D. mexicanus* ha generado preocupación entre los investigadores y gestores forestales debido al impacto negativo sobre las poblaciones de pino. La combinación de factores climáticos, como el aumento de la temperatura y la disminución de las precipitaciones, junto con prácticas de manejo forestal inadecuadas, han contribuido a la proliferación de este descortezador (Bentz et al., 2010; Negrón and Fettig, 2014).

El pronóstico del desarrollo de *D. mexicanus* es importante para implementar estrategias de manejo y control efectivas. En este sentido, el objetivo de este trabajo es presentar una propuesta de pronóstico de los grados día de desarrollo para el *D. mexicanus* en la Sierra Fría de Aguascalientes, utilizando una red neuronal artificial mediante un modelo secuencial que emplea capas densas. Este enfoque permitirá modelar relaciones complejas entre variables climáticas y biológicas, proporcionando una herramienta robusta para estimar el comportamiento de este descortezador.

## MATERIALES Y METODOS

### Área de estudio

La Sierra Fría se sitúa en el municipio de San José de Gracia en el estado de Aguascalientes (Figura 1). La Sierra Fría es la zona más alta del estado, alcanzando altitudes cercanas a los 3,000 m.

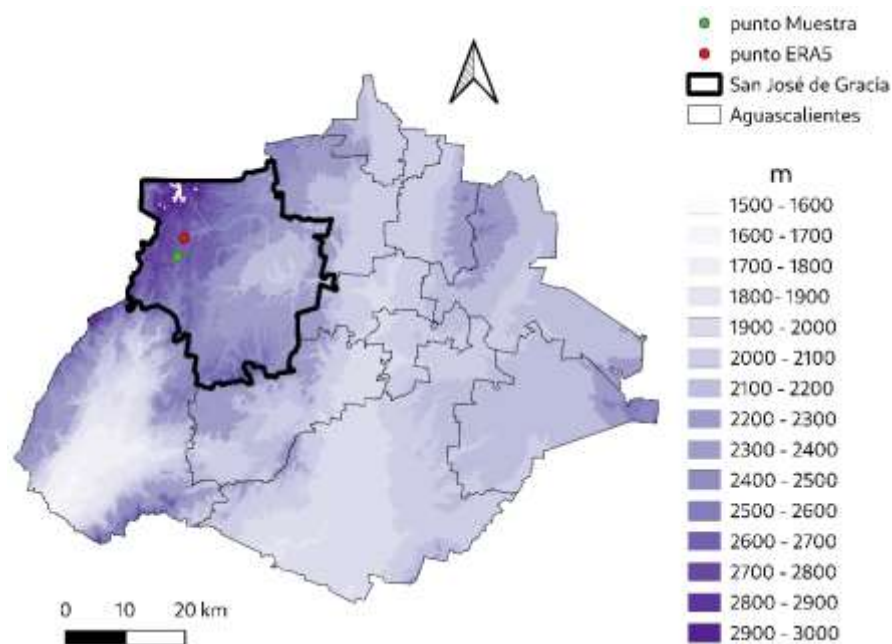


Figura 1. Estado de Aguascalientes, división municipal, municipio de San José de Gracia (encerrado en línea negra gruesa) y topografía (m).

El punto verde indica el sitio de muestreo, en la Sierra Fría, de temperatura para determinar los umbrales mínimo y máximo del *D. mexicanus*. Círculo rojo relleno indica el punto cercano



en ERA5 en donde se calcularon los GDD con base en los umbrales determinados a partir del sitio de muestreo. La flecha indica el norte.

#### Observaciones

Se utilizaron los registros de temperaturas horarias de agosto a noviembre de 2023 obtenidas mediante un data logger que se instaló en la Sierra Fría (Figura 1, punto verde). Este monitoreo duró aproximadamente 90 días, durante los cuales se completó un ciclo generacional del insecto. A partir de esta información, se determinaron las temperaturas umbrales para el *D. mexicanus*, las cuales resultaron en una máxima de 39 °C y una mínima de 5 °C. A partir de estos umbrales de temperatura se la calcularon los GDD para el descortezador, como se describe más adelante.

#### Reanálisis

Dado el difícil acceso y disponibilidad de datos diarios históricos de temperatura de estaciones meteorológicas en México, se utilizaron campos horarios de temperatura para calcular la máxima y mínima diaria a partir de ERA5 Land, el cual es un producto derivado del reanálisis ERA5 (disponible desde 1950 hasta la actualidad), del Centro Europeo de Pronóstico del Tiempo a Medio Plazo (ECMWF) con resolución horizontal de 31 km (Hersbach *et al.*, 2020; CopernicusClimateChangeService[C3S], 2017, <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home>), con mayor resolución espacial (~11 km). El ERA5 ha sido ampliamente utilizado en diversos trabajos de simulación (ej. Corrales-Suastegui *et al.*, 2021).

#### Grados día de desarrollo

Para calcular los grados día de desarrollo (GDD) se implementó el método del seno simple (Baskerville y Emin, 1969). Este método ajusta una curva seno a las temperaturas máximas y mínimas para un día. En el cálculo se utiliza un umbral inferior y otro superior de temperatura, en este caso 5 y 39 °C, respectivamente, para obtener el área bajo la curva. Este método considera seis casos diferentes para calcular los GDD de acuerdo con el comportamiento diario de las temperaturas. Para una descripción completa de este método consultar: [http://ipm.ucanr.edu/WEATHER/ddss\\_tbl.html](http://ipm.ucanr.edu/WEATHER/ddss_tbl.html). La base de datos histórica de los GDD para 70 años (1951-2020), se calculó a partir de los datos diarios de temperatura máxima y mínima de ERA5 en un punto cercano (Figura 1, punto rojo) al data logger.

#### Modelo

En este trabajo se utilizó un modelo secuencial basado en capas densas para simular los GDD para el *D. mexicanus* a partir del índice oceánico del Niño (ONI). Las capas densas, también conocidas como capas completamente conectadas, son un tipo de capa en las redes neuronales artificiales que emplean capas densamente conectadas (Goodfellow *et al.*, 2016). Estas capas están compuestas por neuronas que reciben entradas de todas las neuronas de la capa anterior y envían sus salidas a todas las neuronas de la capa siguiente (LeCun *et al.*, 2015). La conectividad completa entre las neuronas permite que la red aprenda patrones y relaciones no lineales en los datos (Hinton *et al.*, 2012). Además, las capas densas aprenden a representar la información de entrada de manera más abstracta y compleja a medida que se propaga a través de la red (Bengio *et al.*, 2013). Las capas densas son comúnmente utilizadas en tareas de regresión y modelado de patrones en datos (Krizhevsky *et al.*, 2012). Para el entrenamiento, validación y prueba de la RN, se utilizaron datos mensuales del ONI como entrada y como salida, datos de GDD calculados a partir de ERA5 para un periodo de 70 años (1951-2020). Se entrenó durante un periodo de 49 años (1951-1999), se validó con

16 años (2000-2015) y se probó para 5 años (2016-2020). En este trabajo se presenta la estadística para el periodo de prueba.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 2 se muestra la variabilidad interanual de los GDD a partir de ERA5 y simulados por la RN. Se observa que para los primeros tres años del periodo de prueba la RN sobrestima los datos en ~100 GDD, a partir del cuarto año de prueba subestima los GDD en ~150 GDD. El promedio sobre todo el periodo, así como la desviación estándar se muestran en la Tabla 1.

La Figura 3 muestra la variabilidad intraanual de los GDD calculados a partir de ERA5 y simulados por la RN para el periodo de prueba. Se encontró que durante los primeros 10 meses, los valores de GDD simulados por la RN son muy cercanos a los “observados”, no obstante, a partir de ahí, la amplitud en la variabilidad en los datos de RN empieza a disminuir, aun cuando sigue un patrón similar a ERA5, de lo cual se obtuvo una correlación estadísticamente significativa al 95% de 0.41, lo cual es una correlación positiva media. La desviación estándar a partir de las series de datos mensuales se presenta en la Tabla 1. Aun cuando el promedio sobre todo el periodo es cercano a ERA5, la variabilidad (desviación estándar) no es bien reproducida. La variabilidad es una de las medidas más complicadas de reproducir por un modelo.

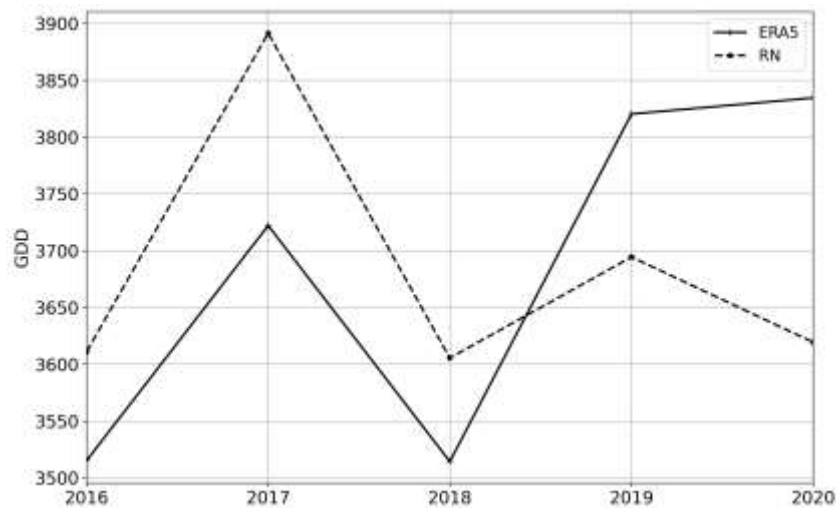


Figura 2. Variabilidad interanual de los GDD a partir de ERA5 (línea negra continua) y la RN (línea negra discontinua).

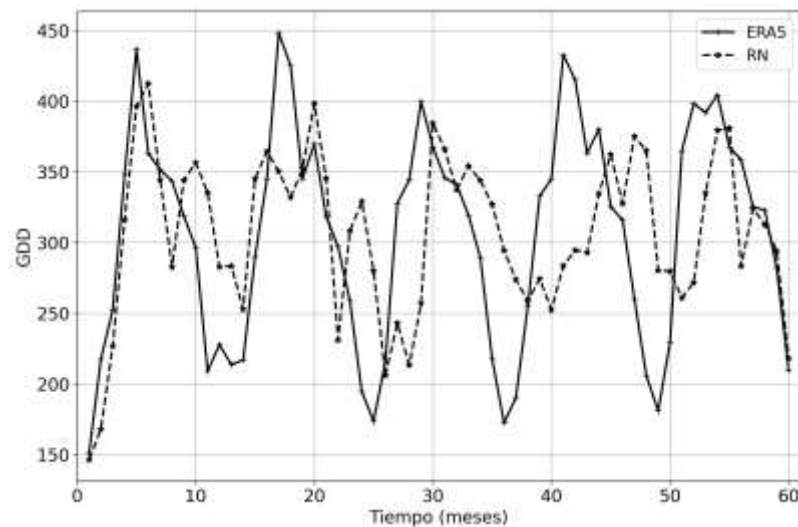


Figura 3. Variabilidad intraranual de los GDD a partir de ERA5 (línea negra continua) y la RN (línea negra discontinua).

Se realizó un ajuste lineal para las series de tiempo anuales y mensuales de ERA5 y la RN (Figura 4). En la Figura 4a se muestra la dispersión y ajuste lineal a partir de los datos anuales y para el cual se obtuvo un coeficiente de determinación  $R^2 = 0.44$ , lo cual es un valor bajo. Similarmente, en la Figura 4b, se presenta el ajuste lineal y la dispersión de los datos mensuales, para el cual el coeficiente de determinación es  $R^2 = 0.52$ , lo cual indica, que el modelo explica el 52% de la varianza en las “observaciones”. Un valor de  $R^2$  mayor o igual a 0.5 puede considerarse aceptable (Rodríguez and Benítez-Parejo, 2011; Nguyen *et al.*, 2022).

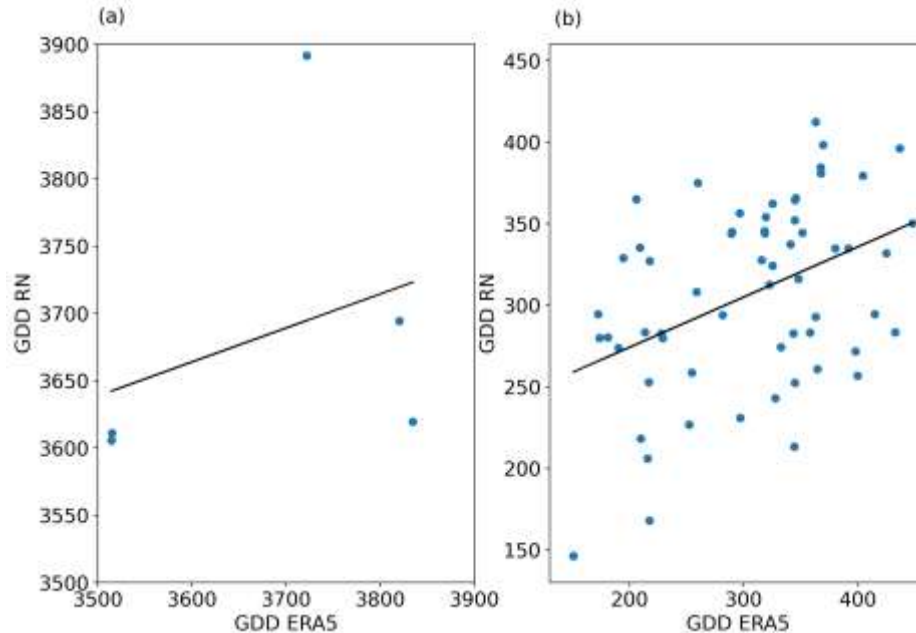


Figura 4. (a) Ajuste lineal para datos anuales de GDD a partir de ERA5 y la RN,  $R^2 = 0.44$ . (b) Ajuste lineal para datos mensuales de GDD a partir de ERA5 y la RN,  $R^2 = 0.52$ .

Tabla 1. Estadística de las series de tiempo anuales y mensuales de los GDD de acuerdo a ERA5 y la RN para el periodo de prueba de cinco años (60 meses). Los resultados están relacionados a las series de tiempo de las Figuras 2 y 3.

	media	desviación estándar anual	desviación estándar mensual
<b>ERA5</b>	3681.28	141.38	56.78
<b>RN</b>	3684.38	108.45	15.49

## CONCLUSIONES

A partir del análisis estadístico del modelo de pronóstico de GDD basado en una RN, se concluye que, para periodos de 6 a 12 meses el modelo nos puede proporcionar un pronóstico certero de GDD, como una primera aproximación. No obstante, se continúa trabajando con diferentes configuraciones y arquitecturas de la RN, con el propósito de reducir el error en el periodo de prueba. Estos resultados son de suma importancia para estimar con anticipación (6 a 12 meses) el posible comportamiento del *D. mexicanus* en la Sierra Fría de Aguascalientes.

## REFERENCIAS

- Bengio, Y., Courville, A., and Vincent, P. (2013). Representation learning: A review and new perspectives. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 35(8), 1798-1828.
- Bentz, B. J., Régnière, J., Fettig, C. J., Hansen, E. M., Hayes, J. L., Hicke, J. A., ... and Seybold, S. J. (2010). Climate change and bark beetles of the western United States and Canada: direct and indirect effects. *BioScience*, 60(8), 602-613.
- Corrales-Suastegui, A., Ruiz-Alvarez, O., Torres-Alavez, J.A., Pavia, E.G. (2021). Analysis of Cooling and Heating Degree Days over Mexico in Present and Future Climate. *Atmosphere*, 12, 1131. <https://doi.org/10.3390/atmos12091131>
- Goodfellow, I., Bengio, Y., and Courville, A. (2016). Deep learning. MIT Press. <http://www.deeplearningbook.org>
- Hersbach H, Bell B, Berrisford P, et al. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Q J R Meteorol Soc.* 146: 1999-2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
- Geoffrey E. Hinton, G. E., Srivastava, N., Krizhevsky, A., Sutskever, I., and Salakhutdinov, R. R. (2012). Improving neural networks by preventing co-adaptation of feature detectors. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1207.0580>
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., and Hinton, G. E. (2012). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 25, 1106-1114.
- LeCun, Y., Bengio, Y., and Hinton, G. E. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444.
- Negrón, J. F., and Fettig, C. J. (2014). Mountain pine beetle, a major disturbance agent in US western coniferous forests: a synthesis of the state of knowledge. *Forest Science*, 60(3), 409-413.
- Nguyen, T.Chi, Do, A.Ngoc, Pham, V.Van and Alexandr, G. (2022). Multiple linear regression analysis model and artificial neural network model to calculate and estimate the blast induced area of the tunnel face. A case study Deo Ca tunnel. *Journal of Mining and Earth Sciences*, 63(3), 43-52. [https://doi.org/10.46326/JMES.2022.63\(3\).06](https://doi.org/10.46326/JMES.2022.63(3).06).
- Rodríguez, dÁ.N.M., and Benítez-Parejo, N. (2011). Simple linear and multivariate regression models. *Allergologia et Immunopathologia*, 39(3), 159-173.
- Salinas-Moreno, Y., Mendoza, M. G., Barrios, M. A., Cisneros, R., & Macías-Sámano, J. (2010). Phenology of bark beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in the Sierra Madre Oriental, Nuevo León, Mexico. *Annals of the Entomological Society of America*, 103(5), 723-731.
- Schmidhuber, J. (2015). Deep learning in neural networks: An overview. *Neural Networks*, 61, 85-117.
- Vega, F. E., and Hofstetter, R. W. (Eds.). (2015). *Bark beetles: biology and ecology of native and invasive species*. Academic Press.

## **Agradecimientos**

Se agradece al INIFAP–Campo Experimental Pabellón por el financiamiento otorgado para realizar este trabajo a través del proyecto de investigación Núm. SIGI: 1281435966 “Determinación de temperaturas umbrales y grados día implicados en el desarrollo de *Dendroctonus adjunctus* y *Dendroctonus mexicanus*, y modelaje de los ciclos y límite de distribución de estas especies bajo tres escenarios climáticos”.

## ESTRATEGIAS DE CONTROL DE ARVENSES EN LIMÓN: EFECTO DE REDUCIR LA DOSIS DE HERBICIDAS AL 60 % CON POTENCIALIZADORES EN TLALCOZOTITLÁN, COPALILLO, GUERRERO

Arispe V. J. L.\*; Noriega C. D. H.; Toledo A. R.; Flores H. L. A

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Iguala  
[arispe.jose@inifap.gob.mx](mailto:arispe.jose@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

Las arvenses representan una amenaza significativa para los productores, causan pérdidas económicas y requieren aplicaciones repetidas de herbicidas, lo que a su vez provoca un daño en la flora, fauna, suelo y agua, e incluso generan resistencia de las arvenses a los herbicidas sintéticos. Para abordar estos problemas, se necesitan estrategias de control más sostenibles. Los potencializadores son compuestos añadidos a los herbicidas para mejorar su eficacia en el control de arvenses. En un estudio realizado en una parcela de limón mexicano en Tlalcozotitlán, Copalillo, Guerrero, se evaluaron arvenses de entre 10 y 25 cm de altura, principalmente *D. sanguinalis* y *C. esculentus*. Se implementaron 25 tratamientos, con dosis al 100 % y 60 %, cada uno replicado tres veces en parcelas de 2 m x 1 m. La evaluación se realizó semanalmente durante dos semanas, con el uso de una escala específica. EL diseño del experimento fue un diseño estadístico de bloques al azar, con un arreglo factorial con tres factores: A (productos) con 7 niveles, B (potencializadores) con 4 niveles y C (fechas) con 2 niveles, se obtuvieron datos en porcentajes. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) usando el software estadístico SAS versión 9.4. El potencializador Polidimetilsiloxano fue el más efectivo al mejorar la respuesta de BH2 al 60 %, superó ligeramente a los resultados obtenidos con la dosis completa al 100 %. Para el Glifosato, los potencializadores ASS y Polidimetilsiloxano demostraron eficiencias del 96 % y 83.83 %, respectivamente.

**Palabras clave:** Efecto de potencializadores, arvenses, bioherbicida.

### ABSTRACT

Weeds represent a significant threat to producers, causing economic losses and requiring repeated herbicide applications, which in turn causes damage to flora, fauna, soil and water, and even generates weed resistance to synthetic herbicides. To address these problems, more sustainable control strategies are needed. Potentiators are compounds added to herbicides to improve their effectiveness in weed control. In a study carried out in a Mexican lemon plot in Tlalcozotitlán, Copalillo, Guerrero, weeds between 10 and 25 cm in height were evaluated, mainly *D. sanguinalis* and *C. esculentus*. 25 treatments were implemented, with doses at 100% and 60%, each replicated three times in 2 m x 1 m plots. The evaluation was carried out weekly for two weeks, using a specific scale. The experimental design was a randomized block statistical design, with a factorial arrangement with three factors: A (products) with 7 levels, B (potentiators) with 4 levels and C (dates) with 2 levels, data are expressed in percentages. The comparison of means was performed with the Tukey test ( $\alpha \leq 0.05$ ) using the statistical software SAS version 9.4. The Polydimethylsiloxane potentiator was the most effective in improving the BH2 response at 60%, slightly exceeding the results obtained with the full dose at 100%. For Glyphosate, the ASS and Polydimethylsiloxane potentiators demonstrated efficiencies of 96% and 83.83%, respectively.

**Keywords:** Effect, Weeds, bioherbicide.



## INTRODUCCIÓN

En la batalla actual contra las arvenses, la aplicación efectiva de herbicidas resulta esencial para proteger los cultivos y maximizar los rendimientos agrícolas. No obstante, la eficacia de estos productos puede verse obstaculizada por varios factores, tales como resistencia de las plantas, rápida degradación del ingrediente activo e insuficiente penetración en los órganos vegetales. Para abordar estos desafíos, los potencializadores en herbicidas han surgido como una solución innovadora y eficaz, estos potencializadores son compuestos o mezclas añadidos a los herbicidas con el propósito de optimizar su efecto de control sobre las arvenses.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en una parcela de cultivo de limón mexicano ubicada en Tlalcozotitlán, Copalillo, Guerrero, con coordenadas geográficas de 17° 88' 83" N y 99° 15' 79" O (Figura 1). En este estudio, se analizó la presencia de arvenses que medían entre 10 y 25 cm de altura, destacando principalmente las especies de pata de gallo (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.) y coquillo (*Cyperus esculentus* L.). Para el manejo de estas arvenses se implementaron 25 tratamientos, con dosis al 100 % y al 60 % de cada herbicida, cada tratamiento fue replicado tres veces. Las unidades experimentales se definieron con un tamaño de 2 m de ancho por 1 m de largo. La evaluación de la eficacia de los tratamientos se efectuó de manera periódica, realizando observaciones semanales durante un período de dos semanas. EL diseño del experimento fue un diseño estadístico de bloques al azar, con un arreglo factorial con tres factores: A (productos) con 7 niveles, B (potencializadores) con 4 niveles y C (fechas) con 2 niveles, se obtuvieron datos en porcentajes. La evaluación se basó en una escala establecida por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza, que clasifica el control de malezas en niveles de efectividad. La escala utilizada fue la siguiente: 1= 99-100, muerte; 2= 96.5 - 99.0, muy buen control; 3= 93.0 – 96.5, buen control; 4= 87.5 – 93.0, control suficiente; 5= 80.0 – 87.5, control medio; 6=, 50 – 80 control regular; 7= 50.0 – 70.0, control pobre; 8=1.0 – 50.0, control muy pobre; 9= 0.0 – 1.0, sin efecto (Champion, 2000).





**Figura 1.** Parcela de limón en donde se estableció el experimento para el control de arvenses. Tlalcozotitlán, Copalillo, Guerrero.

**Cuadro 1.** Tratamientos empleados para el control de arvenses en el cultivo de limón

No	Tratamientos	mL·L <sup>-1</sup>	Dosis (%)	Potencializador
1	Extracto de naranja etanólico	30	100	Sin potencializador
2	Extracto de naranja etanólico	18	60	10 g de urea/ 1 L agua
3	Extracto de naranja etanólico	18	60	5 mL (ASS*) / 1 L agua
4	Extracto de naranja etanólico	18	60	2 mL (Polidimetilsiloxano*)/1 L agua
5	Extracto de limón etanólico	30	100	Sin potencializador
6	Extracto de limón etanólico	18	60	10 g de urea/ 1 L agua
7	Extracto de limón etanólico	18	60	5 mL (ASS) / 1 L agua
8	Extracto de limón etanólico	18	60	2 mL (Polidimetilsiloxano)/1 L agua
9	Extracto acuoso de naranja	30	100	Sin potencializador
10	Extracto acuoso de naranja	18	60	10 g de urea/ 1 L agua
11	Extracto acuoso de naranja	18	60	5 mL (ASS) / 1 L agua
12	Extracto acuoso de naranja	18	60	2 mL (Polidimetilsiloxano)/1 L agua
13	Extracto acuoso de limón	30	100	Sin potencializador
14	Extracto acuoso de limón	18	60	10 g de urea/ 1 L agua
15	Extracto acuoso de limón	18	60	5 mL (ASS) / 1 L agua
16	Extracto acuoso de limón	18	60	2 mL (Polidimetilsiloxano)/1 L agua
17		15	100	Sin potencializador
18	Bioherbicida a base de gordolobo, aceite de coco,	9	60	10 g de urea/ 1 L agua
19	resina de pino, hongo	9	60	5 mL (ASS) / 1 L agua
20	<i>Puccinia</i> y papaina (BH2)	9	60	2 mL (Polidimetilsiloxano)/1 L agua
21	Glifosato (Control químico)	15	100	Sin potencializador
22	Glifosato	9	60	10 g de urea/ 1 L agua
23	Glifosato	9	60	5 mL (ASS) / 1 L agua
24	Glifosato	9	60	2 mL (Polidimetilsiloxano)/1 L agua
25	Control (agua)	-----		-----

\*ASS= Ingrediente activo del primer potencializador (aceite de semilla de soya), \*\*= Ingrediente activo del segundo potencializador

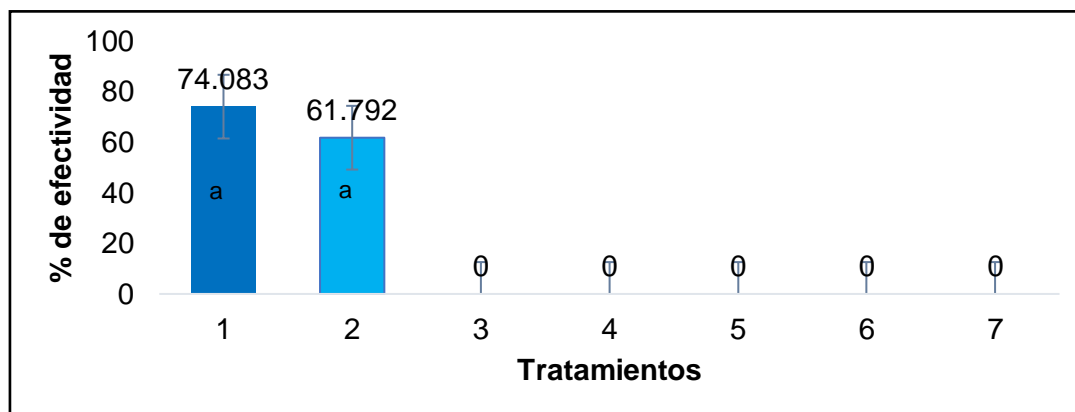
### Análisis de datos

Los resultados se manejaron en termino de porcentaje y se realizó un análisis factorial de 3 factores, donde A (productos)= seis niveles, B (potencializadores)= 4 niveles y C (fechas)= 2 niveles, más un testigo con la aplicación de agua. Se realizó prueba de comparación de medias con Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), usando el programa estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2012).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

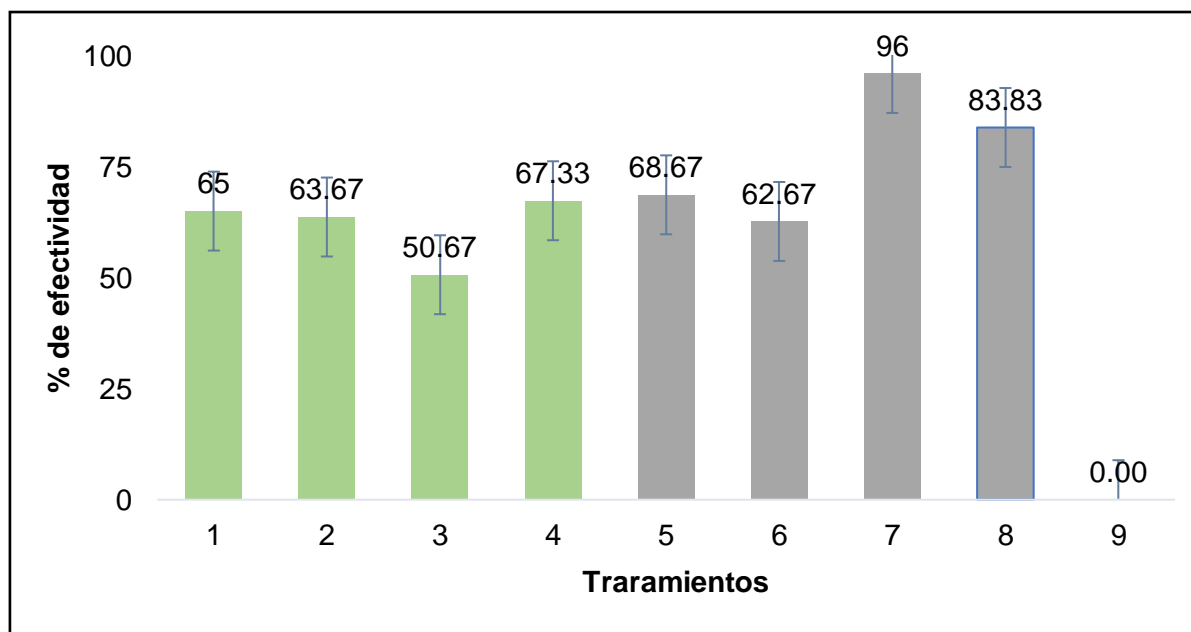
Según los resultados obtenidos, se encontró una diferencia significativa en el factor (herbicida), a los 14 días después de la aplicación, con un valor de  $P=0.0001$ . El coeficiente de variación registrado fue de 75.26. Los herbicidas que presentaron un efecto de control de arvenses fueron el glifosato y BH2 (Figura 2). El potenciador que mostró un efecto más cercano a la dosis recomendada (100 %) fue el Polidimetilsiloxano, con medias de 27.5873 y 24.4603, respectivamente. Es de destacar que se visualiza el efecto de otros herbicidas como alternativas al uso de glifosato. Los otros dos potencializadores que también fueron efectivos

fueron urea y ASS, con medias de 23.00 y 19.09. La mayor efectividad de los tratamientos se observó en la segunda evaluación (Factor C).

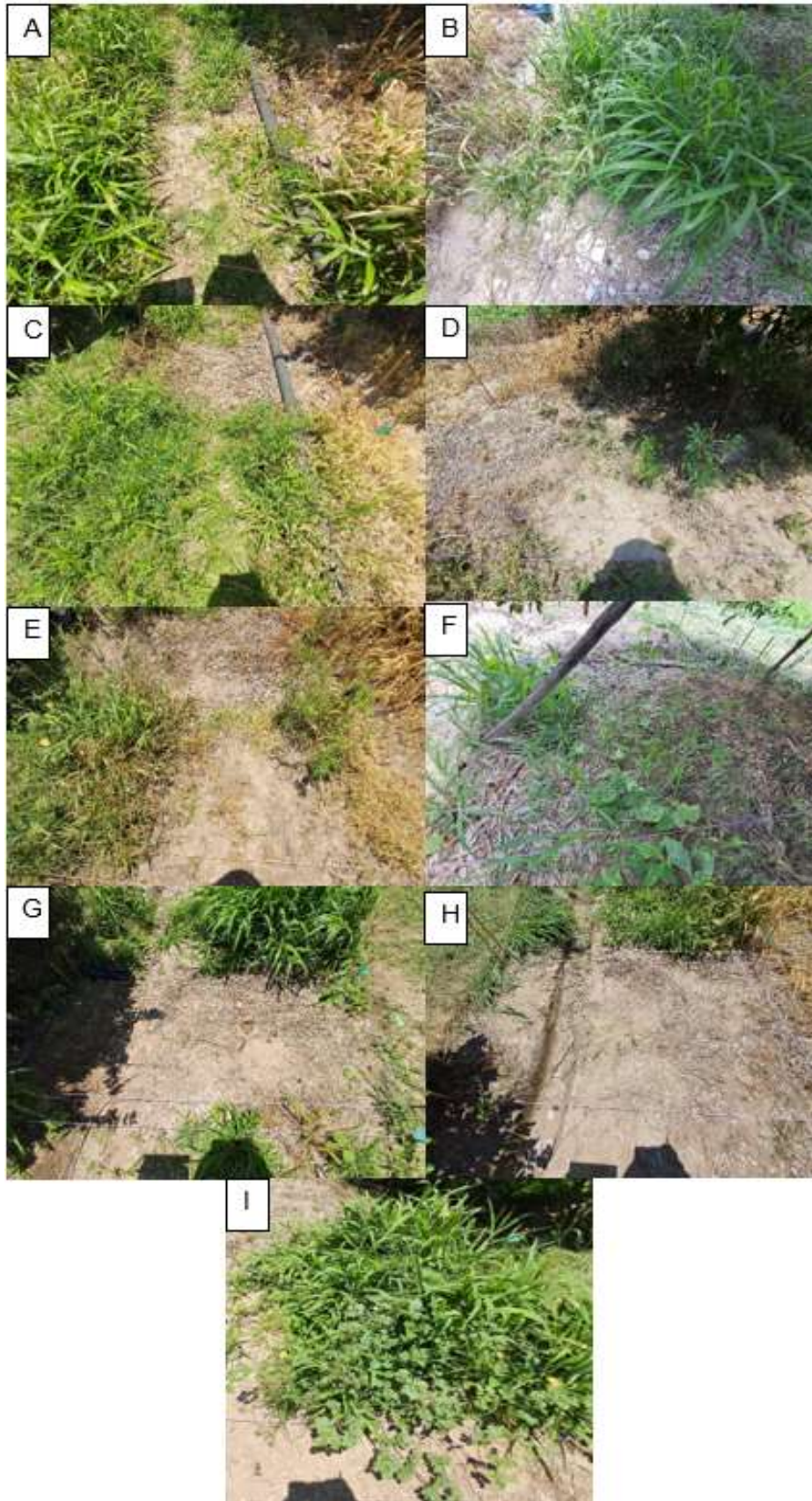


**Figura 2.** Factor A, efectos de los herbicidas en el control de arvenses en el cultivo de limón. 1= Glifosato, 2= BH2. Literales con la misma letra son estadísticamente iguales, de acuerdo a Tukey al 0.05.

Es importante destacar que el potencializador Polidimetilsiloxano demostró ser el más eficaz para potencializar el efecto de BH2 al 60 %, mostrando resultados ligeramente superiores a los obtenidos en comparación a la dosis del 100 %. Además, para el glifosato, fueron los potencializadores ASS y Polidimetilsiloxano con 96 y 83.83 %, superiores al tratamiento control (agua), con aproximadamente 28 y 15 % (Figura 3).



**Figura 3.** Factor B, efectividad de potencializadores en herbicidas sintéticos y orgánicos. 1= BH2 al 100 % (sin potencializador), 2= BH2 al 60 % + urea (10 g·L<sup>-1</sup> de agua), 3= BH2 al 60 % + ASS (5 mL·L<sup>-1</sup> de agua), 4= BH2 al 60 % + Polidimetilsiloxano (2 mL·L<sup>-1</sup> agua), 5= Glifosato al 100 % (sin potencializador), 6= Glifosato al 60 % + urea (10 g·L<sup>-1</sup> de agua), 7= Glifosato al 60 % + ASS (5 mL·L<sup>-1</sup> de agua), 8= Glifosato al 60 % + Polidimetilsiloxano (2 mL·L<sup>-1</sup> agua), 9= Control (agua).



**Figura 4.** Efectividad de potencializadores en herbicidas sintéticos y orgánicos, a los 15 días después de la aplicación. A= BH2 al 100 % (sin potencializador), B= BH2 al 60 % + urea (10 g·L<sup>-1</sup> de agua), C= BH2 al 60 % + ASS (5 mL·L<sup>-1</sup> de agua), D= BH2 al 60 % + Polidimetilsiloxano (2 mL·L<sup>-1</sup> agua), E= Glifosato al 100 % (sin potencializador), F= Glifosato al 60 % + urea (10 g·L<sup>-1</sup> de agua), G= Glifosato al 60 % + ASS (5 mL·L<sup>-1</sup> de agua, H= Glifosato al 60 % + Polidimetilsiloxano (2 mL·L<sup>-1</sup> agua), I= Control (agua).

### CONCLUSIONES

El potencializador Polidimetilsiloxano demostró ser el más eficaz al maximizar el efecto del herbicida BH2 cuando se aplicó a una dosis reducida del 60 %. Con Polidimetilsiloxano, el BH2 al 60 % superó ligeramente la eficacia obtenida con la dosis completa del 100 %, indicando que Polidimetilsiloxano puede mejorar significativamente el rendimiento del herbicida, incluso cuando se usa en menor cantidad. En el caso del glifosato, los potencializadores ASS y Polidimetilsiloxano también demostraron ser efectivos, con ASS, alcanzó una eficacia del 96 % y Polidimetilsiloxano logró un control del 83.83 %. Estos resultados subrayan el potencial de Polidimetilsiloxano para optimizar el uso de herbicidas, no solo en combinación con BH2, sino también en otros productos, ofreciendo una alternativa eficiente y económica para el manejo de arvenses. La eficacia de estos potencializadores permite a los agricultores reducir el uso de herbicidas, lo que puede resultar en beneficios económicos y ambientales significativos. Además, se proyectan herbicidas biológicos como alternativas al uso del glifosato.

### REFERENCIAS

- Champion, G. T. (2000). Bright and the field scale evaluations herbicides tolerant. G M Trials. AICC New slwttter, December 2000, 7.
- SAS Institute, (2012). SAS/STAT User's Guide: Software Version 9.4. Statistical Analysis System Institute. Cary, North Carolina, USA.

## INNOVACIÓN EN EL CONTROL DE ARVENSES: POTENCIALIZADORES Y HERBICIDAS AL 60% EN CULTIVOS DE LIMÓN EN IGUALA DE LA INDEPENDENCIA, GUERRERO

Arispe V. J. L.\*; Noriega C. D. H.; Toledo A. R.; Flores H. L. A.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Iguala  
[arispe.jose@inifap.gob.mx](mailto:arispe.jose@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

Las arvenses pueden causar pérdidas en los cultivos que varían desde mínimas hasta un 70 u 80%, e incluso pueden llegar a ser totales. La investigación se realizó en una parcela de limón mexicano, variedades Lise y Colimex, en el INIFAP-CEIGUA. Se evaluaron arvenses de 10 a 20 cm de altura con 25 tratamientos, se aplicaron dosis de herbicidas al 60 y 100%, cada tratamiento se replicó tres veces. Las unidades experimentales fueron de 4 m de ancho por 5 m de largo, y se utilizó agua con pH de 7.96 y CE de 0.62. EL diseño del experimento fue un diseño estadístico de bloques al azar, con un arreglo factorial con tres factores: A (productos) con 7 niveles, B (potencializadores) con 4 niveles y C (fechas) con 3 niveles, se obtuvieron datos en porcentajes. La evaluación se llevó a cabo semanalmente durante tres semanas, empleando una escala. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) usando el software estadístico SAS versión 9.4. Se determinó que la dosis mínima recomendada del BH2 con el potencializador Polidimetilsiloxano, a dosis de 2 mL · L<sup>-1</sup> es del 60% y así obtener de un control medio a control suficiente de acuerdo a EWRS.

**Palabras clave:** Arvenses, efectividad, potencializador, herbicida.

### ABSTRACT

Weeds can cause crop losses ranging from minimal to 70 or 80%, and can even be total. The research was conducted in a plot of Mexican lemon, Lise and Colimex varieties, at INIFAP-CEIGUA. Weeds of 10 to 20 cm in height were evaluated with 25 treatments, herbicide doses were applied at 60 and 100%, each treatment was replicated three times. The experimental units were 4 m wide by 5 m long, and water with a pH of 7.96 and EC of 0.62 was used. The design of the experiment was a randomized block statistical design, with a factorial arrangement with three factors: A (products) with 7 levels, B (potentiators) with 4 levels and C (dates) with 3 levels, data were obtained in percentages. The evaluation was carried out weekly for three weeks, using a scale. The comparison of means was performed with the Tukey test ( $\alpha \leq 0.05$ ) using the statistical software SAS version 9.4. It was determined that the minimum recommended dose of BH2 with the Polydimethylsiloxane potentiator, at a dose of 2 mL · L<sup>-1</sup> is 60% and thus obtain an average control to sufficient control according to EWRS.

**Keywords:** Weeds, effectiveness, potentiator, herbicide.

### INTRODUCCIÓN

El control de arvenses, también conocidas como malezas, hierbas no deseadas o malas hierbas, es fundamental, ya que causan pérdidas al productor que van desde pérdidas mínimas hasta el 70 u 80 %, e incluso pueden causar pérdidas totales, dependiendo de la especie e incidencia de las arvenses. Entre los métodos de control destacan el uso de herbicidas sintéticos (control químico) y bioherbicidas (control biológico). Uno de los desafíos que actualmente se tiene es la resistencia por parte de las arvenses al uso de herbicidas sintéticos; esto sucede al usar el mismo ingrediente activo recurrentemente, modo de acción, sitio de acción, dosis aplicada, entre otros; sin embargo, el control biológico de arvenses no



solo contribuye a la productividad agrícola y económica, sino que beneficia tanto a los agricultores como al ambiente, suelo y microorganismos, y promueve además sistemas alimentarios más saludables y resilientes frente a los desafíos futuros. No obstante, se necesitan alternativas que ayuden a los herbicidas a expresarse mejor al momento de ser aplicados sobre las arvenses.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en un campo de limón mexicano, con variedades Lise y Colimex, ubicado en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - Campo Experimental Iguala (INIFAP-CEIGUA), en Iguala de la Independencia, Guerrero. Esta parcela se encuentra en las coordenadas 17° 52' 54" de latitud y 98° 45' 25" de longitud, a una altitud de 750 msnm. El experimento abordó el manejo de arvenses de entre 10 y 20 cm de altura, principalmente de la familia Poaceae, incluyendo zacate Johnson y zacate estrella. Se emplearon 25 tratamientos, con dosis al 60 y 100%, cada uno replicado tres veces (Cuadro 1). El agua utilizada para los tratamientos tenía un pH de 7.96 y una conductividad eléctrica (CE) de 0.62. Cada parcela experimental se definió con unas dimensiones de 4 m de ancho por 5 m de largo (Figura 1). Antes de aplicar los tratamientos, se realizó un riego inicial y se llevó a cabo la calibración de las aspersoras manuales. EL diseño del experimento fue un diseño estadístico de bloques al azar, con un arreglo factorial con tres factores: A (productos) con 7 niveles, B (potencializadores) con 4 niveles y C (fechas) con 3 niveles. La evaluación de los tratamientos se efectuó de manera semanal durante tres semanas, es decir, a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación, siguiendo la escala de medición de la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) (Champion, 2000) (Cuadro 2).

**Cuadro 1.** Tratamientos empleados para el control de arvenses en limón, en Iguala de la Independencia, Guerrero.

No	Herbicidas	mL·L <sup>-1</sup>	Dosis (%)	Potencializador
1	Extracto de naranja etanólico	30	100	Sin potencializador
2	Extracto de naranja etanólico	18	60	10 g de urea/ 1 L agua
3	Extracto de naranja etanólico	18	60	5 mL (ASS*) / 1 L agua
4	Extracto de naranja etanólico	18	60	2 mL (Polidimetilsiloxano**)/1 L agua
5	Extracto de limón etanólico	30	100	Sin potencializador
6	Extracto de limón etanólico	18	60	10 g de urea/ 1 L agua
7	Extracto de limón etanólico	18	60	5 mL (ASS) / 1 L agua
8	Extracto de limón etanólico	18	60	2 mL (Polidimetilsiloxano)/1 L agua
9	Extracto acuoso de naranja	30	100	Sin potencializador
10	Extracto acuoso de naranja	18	60	10 g de urea/ 1 L agua
11	Extracto acuoso de naranja	18	60	5 mL (ASS) / 1 L agua
12	Extracto acuoso de naranja	18	60	2 mL (Polidimetilsiloxano)/1 L agua
13	Extracto acuoso de limón	30	100	Sin potencializador
14	Extracto acuoso de limón	18	60	10 g de urea/ 1 L agua
15	Extracto acuoso de limón	18	60	5 mL (ASS) / 1 L agua
16	Extracto acuoso de limón	18	60	2 mL (Polidimetilsiloxano)/1 L agua
17	Bioherbicida a base de	15	100	Sin potencializador
18	gordolobo, aceite de coco,	9	60	10 g de urea/ 1 L agua
19	resina de pino, hongo <i>Puccinia</i>	9	60	5 mL (ASS) / 1 L agua
20	y papaina (BH2)	9	60	2 mL (Polidimetilsiloxano)/1 L agua
21	Glifosato (Control químico)	15	100	Sin potencializador
22	Glifosato	9	60	10 g de urea/ 1 L agua
23	Glifosato	9	60	5 mL (ASS) / 1 L agua
24	Glifosato	9	60	2 mL (Polidimetilsiloxano)/1 L agua
25	Control (agua)	-----	-----	-----

\*ingrediente activo del primer potencializador usado (aceite de semilla de soya),\*\*= Ingrediente activo del segundo potencializador



**Figura 1.** Área de cada réplica por tratamiento en experimento de la parcela de limón en Iguala de la Independencia, Guerrero

**Cuadro 2.** Escala propuesta por la Sociedad Europea de investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de arvenses.

Valor	Control de arvenses (%)	Efecto sobre las arvenses
1	99.0 - 100.0	Muerte
2	96.5 - 99.0	Muy buen control
3	93.0 - 96.5	Buen control
4	87.5 - 93.0	Control suficiente
5	80.0 - 87.5	Control medio
6	70.0 - 80.0	Control regular
7	50.0 - 70.0	Control pobre
8	1.0 - 50.0	Control muy pobre
9	0.0 - 1.0	Sin efecto

### Análisis de datos

Los resultados se manejaron en termino de porcentaje y se realizó un análisis factorial de 3 factores, donde A (productos)= 7 niveles, B (potencializadores)= 4 niveles y C (fechas)= 3 niveles; también se obtuvo una prueba de comparación de medias con Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) usando el programa estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2012).

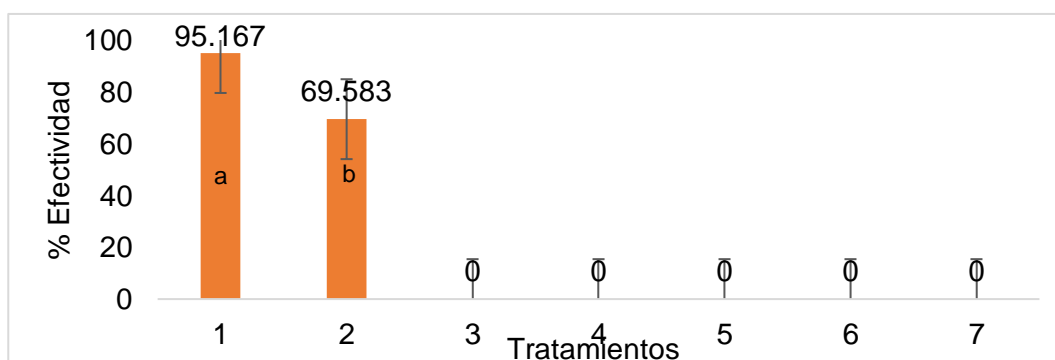
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A los 21 después de la aplicación de los tratamientos se observaron diferencias significativas en los factores A y B (herbicidas y potencializadores), con un valor de  $P=0.000$ , además, se obtuvo un coeficiente de variación de 20.71. Se obtuvieron los mejores resultados usando BH2 y el Glifosato (Figura 2), sin embargo, el glifosato está limitado su uso en México, pero se incluyó para valorar la efectividad de otros herbicidas en comparación con éste. El



potencializador que mejoró la efectividad de estos dos herbicidas, en parecido con la dosis de etiqueta, es decir al 100 %, fue el Polidimetilsiloxano, con una media de 27.58 y 24.46, respectivamente. Por otro lado, el uso de urea y ASS como potencializadores mostraron resultados inferiores, en comparación con el Polidimetilsiloxano, con medias de 23.00 y 19.09, respectivamente. Estos resultados sugieren que, aunque estos potencializadores también contribuyen a la efectividad de los herbicidas, sin embargo, el ASS solo potencializó el efecto del glifosato.

La segunda evaluación, a los 14 dds, reveló que los tratamientos alcanzaron su máxima efectividad durante este periodo (Factor C). Esto podría deberse a la acumulación de efectos a lo largo del tiempo y la interacción continua entre los productos y potenciadores. La información recopilada durante esta evaluación es crucial para ajustar las estrategias de manejo y optimizar la aplicación de los tratamientos en futuros ensayos.



**Figura 2.** Tratamiento por herbicida (Factor A) de manera general. 1= Glifosato, 2= BH2. Literales con la misma letra son estadísticamente iguales, de acuerdo a Tukey al 0.05.

Cabe resaltar que, el Polidimetilsiloxano fue el potencializador en donde el BH2 y el Glifosato al 60 % presentaron un efecto muy similar al usar una dosis al 100 % (de etiqueta) (Figura 3, Figura 4), además, en el BH2 (bioherbicida), la dosis mínima recomendada para usar el potencializador Polidimetilsiloxano es al 60 % y así obtener de un control medio a control suficiente de acuerdo a EWRS (80 al 93%) (CITA).

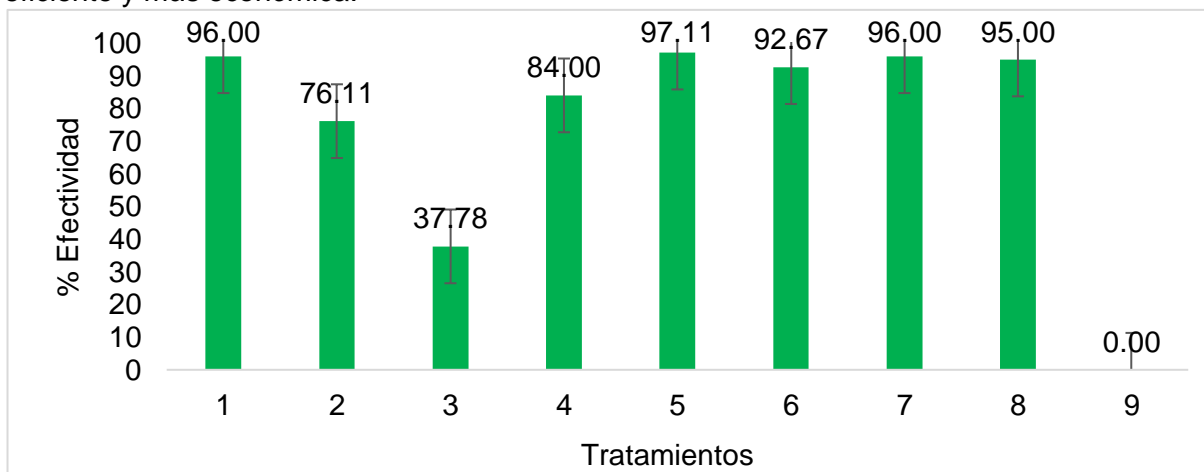
Es importante destacar que el Polidimetilsiloxano demostró ser el potencializador más efectivo en combinación con los herbicidas BH2 y Glifosato (Figura 4). Los resultados mostraron que, al utilizar BH2 al 60 % de su dosis recomendada, el efecto de control obtenido fue menor al de la dosis completa al 100 % (Figura 3). Este resultado resalta la capacidad del Polidimetilsiloxano para amplificar la eficacia de estos bioherbicidas, permitiendo un control muy similar al de las dosis estándar (de etiqueta), lo que se traduce en utilizar una menor cantidad de herbicida aplicado.

En particular, para el BH2, un bioherbicida, el uso del Polidimetilsiloxano, a dosis de 2 mL·L<sup>-1</sup> agua, se reveló como una estrategia óptima cuando se aplica con una dosis del 60 %, esta combinación de dosis y potencializador permite alcanzar un nivel de control de arvenses que varía entre medio y suficiente, según la escala de la EWRS. La EWRS clasifica el control efectivo de malezas en un rango del 80 % al 93 %, y el uso del Polidimetilsiloxano en este contexto asegura que se mantenga una eficacia adecuada dentro de este rango.

Este hallazgo tiene implicaciones significativas tanto para la eficiencia económica como para la sostenibilidad de las prácticas agrícolas. Al permitir el uso de dosis reducidas de herbicidas sin comprometer el nivel de control, el Polidimetilsiloxano contribuye a disminuir los costos de aplicación y minimiza el impacto ambiental asociado con el uso intensivo de productos químicos. Esto se alinea con las tendencias actuales hacia prácticas agrícolas más

responsables y sostenibles, donde se busca optimizar el uso de insumos y reducir la carga sobre el ambiente, suelo y agua.

La Figura 3 ilustra claramente cómo el Polidimetilsiloxano mejora la eficiencia de BH2 y Glifosato, ofreciendo una solución eficaz para el manejo de arvenses. La combinación de este potencializador con herbicidas en dosis menores permite a los productores lograr un control efectivo sin el gasto adicional de aplicar dosis más altas, optimizando así, tanto la eficiencia como la rentabilidad. En resumen, el Polidimetilsiloxano emerge como un componente clave en la formulación de estrategias de control de arvenses, proporcionando una alternativa eficiente y más económica.



**Figura 3.** Factor B, efectividad de potencializadores en herbicidas sintéticos y biológicos. 1= BH2 al 100 % (sin potencializador), 2= BH2 al 60 % + urea ( $10 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  de agua), 3= BH2 al 60 % + ASS ( $5 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$  de agua), 4= BH2 al 60 % + Polidimetilsiloxano ( $2 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$  agua), 5= Glifosato al 100 % (sin potencializador), 6= Glifosato al 60 % + urea ( $10 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  de agua), 7= Glifosato al 60 % + ASS ( $5 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$  de agua), 8= Glifosato al 60 % + Polidimetilsiloxano ( $2 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$  agua), 9= Control (agua).



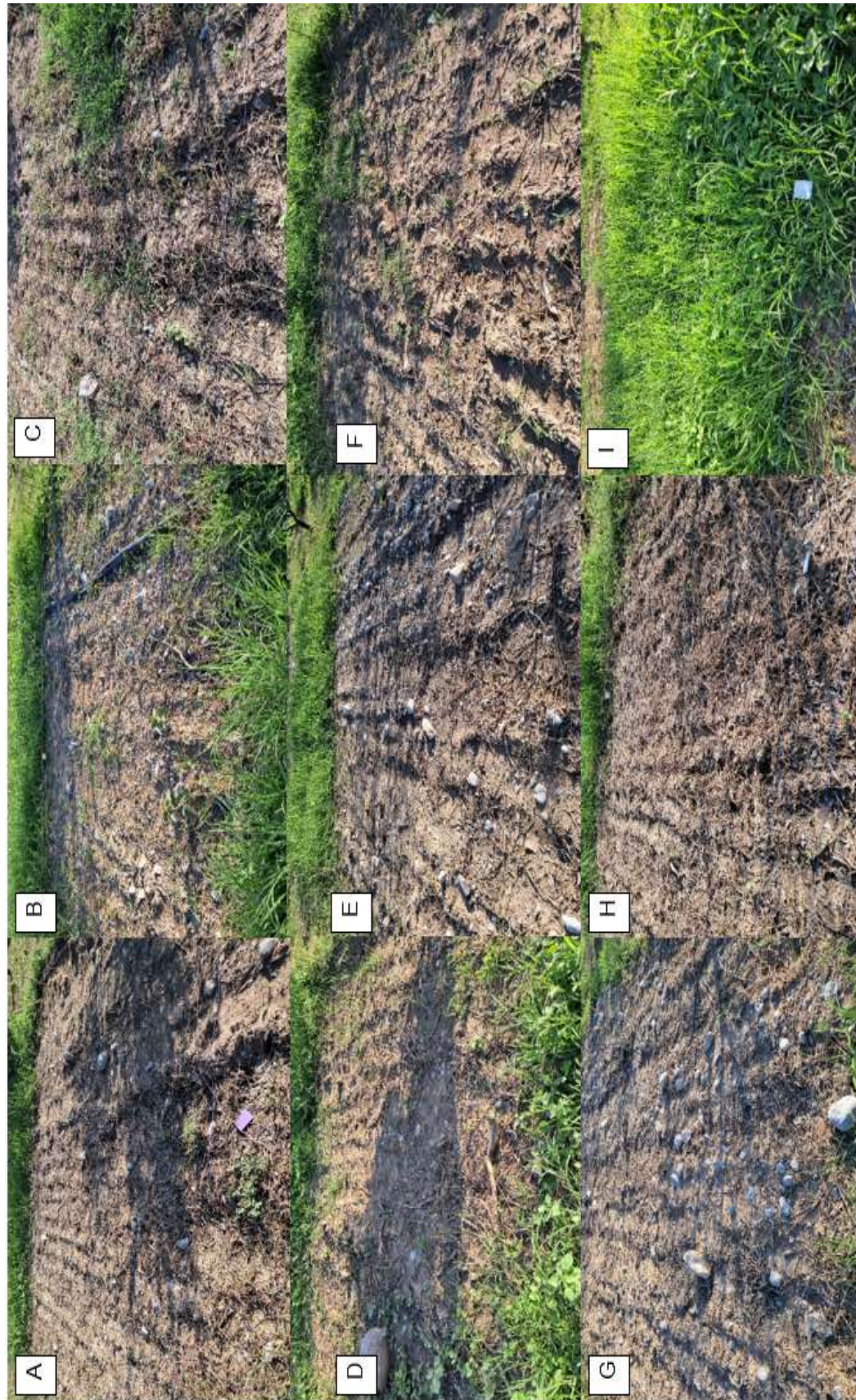


Figura 4. Control de arvenses en el cultivo de limón a los 21 días después de la aplicación de herbicidas y potencializadores, en Iguala, A= BH2 al 100% (sin potencializador), B= BH2 al 60 % + urea ( $10 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  de agua), C= BH2 al 60 % + ASS ( $5 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$  de agua), D= BH2 + Polidimetilsiloxano ( $2 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$  agua), E= Glifosato al 100 % (sin potencializador), F= Glifosato al 60 % + urea ( $10 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  de agua), G= G 60 % + ASS ( $5 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$  de agua), H= Glifosato al 60 % + Polidimetilsiloxano ( $2 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$  agua), I= Control (agua).

Los

coadyuvantes son formulaciones químicas frecuentemente combinadas con plaguicidas para potenciar sus efectos. Estos aditivos facilitan la aplicación del plaguicida al mejorar la



dispersión de las gotas, optimizan el mojado y prolongan la acción del ingrediente activo sobre las hojas de las plantas, resultando en aplicaciones más eficientes (INTAGRI, 2017). Hoy en día, hay productos comerciales diseñados para mejorar la eficacia de los herbicidas. Por ejemplo, algunos permiten usar solo 70 % de herbicida y 30 % de potenciador, lo que mantiene o incluso incrementa la efectividad del herbicida y se reduce el costo total (Imaas, 2022), por ejemplo: Arispe-Vazquez *et al.* (2024) mencionaron que la dosis ideal del BH2 es al 60 % + Polidimetilsiloxano como potencializador a 2 mL por 1 L, al igual que los resultados de esta investigación.

## CONCLUSIONES

Se determinó que la dosis mínima recomendada para el control de arvenses de poaceacea en el cultivo de limón fue BH2 con el potencializador Polidimetilsiloxano a dosis de 2 mL·L<sup>-1</sup> agua es del 60 %, y así obtener de un control medio a suficiente de acuerdo a EWRS.

## REFERENCIAS

- Arispe-Vazquez JL, Toledo-Aguilar R, Noriega-Cantú DH, Ramírez-Sánchez SE, Díaz-Nájera JF, Ayvar-Serna S. (2024). Uso de potencializadores en el manejo de arvenses en el cultivo de limón: resultados preliminares. Memoria del VI Congreso Internacional Abanico Veterinario, Agroforestal, Ambiental, Pesquero, Acuícola y del Mar, 2024.
- Champion, G. T. (2000). Bright and the field scale evaluations herbicides tolerant. G M Trials. AICC New slwtter, December 2000, 7.
- Imaas (2022). Potencializador de agroquímicos (IMAAS 333). <https://imaas.com/agroquimicos/>
- INTAGRI. (2017). Coadyuvantes para Potencializar el Rendimiento de Plaguicidas. Serie Fitosanidad Núm. 94. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 8 p.
- SAS Institute, (2012). SAS/STAT User's Guide: Software Version 9.4. Statistical Analysis System Institute. Cary, North Carolina, USA.

## MAXIMIZANDO EL CONTROL DE ARVENSES EN LIMÓN: IMPACTO DE POTENCIALIZADORES EN HERBICIDAS REDUCIDOS AL 50% EN IGUALA DE LA INDEPENDENCIA, GUERRERO

Arispe V. J. L.\*; Noriega C. D. H.; Toledo A. R.; Flores H. L. A.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Iguala  
[arispe.jose@inifap.gob.mx](mailto:arispe.jose@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

En la actualidad, estamos observando un incremento en el número de malezas que han adquirido resistencia a herbicidas sistémicos de amplio espectro, como el glifosato, como resultado de su uso persistente. La investigación se llevó a cabo en una parcela de limón mexicano variedades Lise y Colimex ya establecida en el INIFAP-CEIGUA. El experimento contempló arvenses de 10 hasta 20 cm de altura y un total de 25 tratamientos diferentes y cada tratamiento con tres réplicas, usando agua con un pH= 7.96 y CE de 0.62. Cada unidad experimental se delimitó en un área de 4 m de ancho por 5 m de largo, la mayoría de las arvenses correspondían al zacate Johnson y zacate estrella. EL diseño del experimento fue un diseño estadístico de bloques al azar, con un arreglo factorial con tres factores: A (productos) con 7 niveles, B (potencializadores) con 4 niveles y C (fechas) con 3 niveles, se obtuvieron datos en porcentajes. La evaluación se realizó periódicamente usando la escala propuesta por la EWRS. La de comparación de medias con Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) usando el programa estadístico SAS versión 9.4. El Polidimetilsiloxano fue el potencializador en donde el BH2 y el Glifosato al 50% presentaron un efecto similar al usar una dosis al 100% (de etiqueta) o ligeramente superior. Es posible reducir la dosis del glifosato al 50% + el Polidimetilsiloxano a 2 mL/L de agua y así obtener un buen control de arvenses de acuerdo a la EWRS (93.0 – 96.55%).

**Palabras clave:** Efectividad, arvenses, control, potencializador

### ABSTRACT

Currently, we are observing an increase in the number of weeds that have acquired resistance to broad-spectrum systemic herbicides, such as glyphosate, as a result of their persistent use. The research was carried out in a plot of Mexican lime varieties Lise and Colimex already established at INIFAP-CEIGUA. The experiment included weeds from 10 to 20 cm in height and a total of 25 different treatments, each treatment with three replicas, using water with a pH = 7.96 and EC of 0.62. Each experimental unit was delimited in an area of 4 m wide by 5 m long, most of the weeds corresponded to Johnson grass and star grass. The design of the experiment was a randomized block statistical design, with a factorial arrangement with three factors: A (products) with 7 levels, B (potentiators) with 4 levels and C (dates) with 3 levels, data were obtained in percentages. The evaluation was carried out periodically using the scale proposed by the EWRS. The comparison of means with Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) using the statistical program SAS version 9.4. Polydimethylsiloxane was the potentiator where BH2 and 50% Glyphosate presented a similar effect when using a dose of 100% (label) or slightly higher. It is possible to reduce the dose of glyphosate at 50% + Polydimethylsiloxane to 2 mL/L of water and thus obtain a good weed control according to the EWRS (93.0 – 96.55%).

**Key words:** Effectiveness, weeds, control, potentiator

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, estamos observando un incremento en el número de arvenses que han adquirido resistencia a herbicidas sistémicos de amplio espectro, como el glifosato, como resultado de su uso persistente. Las arvenses representan un problema para los agricultores, las cuales ocasionan pérdidas, que en algunas ocasiones llegan a ser totales. Por otro lado, se han reportado a nivel mundial 350 casos de resistencia de arvenses al glifosato; además, se ha registrado resistencia múltiple en 23 especies de arvenses en 17 países alrededor del mundo (Arispe-Vázquez *et al.*, 2023).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en una parcela destinada al cultivo de limón mexicano, específicamente de las variedades Lise y Colimex, que ya estaba establecida en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - Campo Experimental Iguala (INIFAP-CEIGUA), cuyas coordenadas geográficas de 17° 52' 54" de latitud norte y 98° 45' 25" de longitud oeste, a una altitud de 750 msnm (Figura 1).

El diseño del experimento incluyó la evaluación de arvenses que tenían una altura que variaba entre 10 y 20 cm. En total, se aplicaron 25 tratamientos distintos, y cada uno de estos tratamientos se replicó tres veces (Cuadro 1). El agua utilizada en el estudio tenía un pH de 7.96 y una conductividad eléctrica (CE) de 0.62. Cada unidad experimental se definió con dimensiones de 4 m de ancho por 5 m de largo. EL diseño del experimento fue un diseño estadístico de bloques al azar, con un arreglo factorial con tres factores: A (productos) con 7 niveles, B (potencializadores) con 4 niveles y C (fechas) con 3 niveles. En esta área, la mayoría de las arvenses presentes eran tipos de zacate, específicamente zacate Johnson y zacate estrella. Antes de iniciar la aplicación de los tratamientos, se realizó un riego inicial y se calibraron las aspersoras manuales para garantizar una distribución uniforme. La evaluación de los efectos de los tratamientos se llevó a cabo de manera periódica, con inspecciones semanales durante un período de tres semanas. Para medir la efectividad y el impacto de los tratamientos en las arvenses, se utilizó la escala establecida por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) (Champion, 2000) (Cuadro 2). Esta metodología permitió una evaluación detallada y sistemática de cada uno de los tratamientos aplicados.



**Figura 1.** Trazado del diseño del experimento para el control de arvenses

**Cuadro 1.** Tratamientos efectuados para el control de arvenses en Iguala de la Independencia, Guerrero.

No	Tratamientos	mL/ L	Dosis (%)	Potencializador
1	Extracto de naranja etanólico	30	100	Sin potencializador
2	Extracto de naranja etanólico	15	50	10 g de urea/ 1 L agua
3	Extracto de naranja etanólico	15	50	5 mL (ASS*) / 1 L agua
4	Extracto de naranja etanólico	15	50	2 mL (Polidimetilsiloxano**)/1 L agua
5	Extracto de limón etanólico	30	100	Sin potencializador
6	Extracto de limón etanólico	15	50	10 g de urea/ 1 L agua
7	Extracto de limón etanólico	15	50	5 mL (ASS) / 1 L agua
8	Extracto de limón etanólico	15	50	2 mL (Polidimetilsiloxano)/1 L agua
9	Extracto acuoso de naranja	30	100	Sin potencializador
10	Extracto acuoso de naranja	15	50	10 g de urea/ 1 L agua
11	Extracto acuoso de naranja	15	50	5 mL (ASS) / 1 L agua
12	Extracto acuoso de naranja	15	50	2 mL (Polidimetilsiloxano)/1 L agua
13	Extracto acuoso de limón	30	100	Sin potencializador
14	Extracto acuoso de limón	15	50	10 g de urea/ 1 L agua
15	Extracto acuoso de limón	15	50	5 mL (ASS) / 1 L agua
16	Extracto acuoso de limón	15	50	2 mL (Polidimetilsiloxano)/1 L agua
17	Bioherbicida a base de	15	100	Sin potencializador
18	gordolobo, aceite de coco,	7.5	50	10 g de urea/ 1 L agua
19	resina de pino, hongo <i>Puccinia</i>	7.5	50	5 mL (ASS) / 1 L agua
20	y papaina (BH2)	7.5	50	2 mL (Polidimetilsiloxano)/1 L agua
21	Glifosato (Control químico)	15	100	Sin potencializador
22	Glifosato	7.5	50	10 g de urea/ 1 L agua
23	Glifosato	7.5	50	5 mL (ASS) / 1 L agua
24	Glifosato	7.5	50	2 mL (Polidimetilsiloxano)/1 L agua
25	Control (agua)	-----	-----	-----

\*ingrediente activo del primer potencializador usado (aceite de semilla de soya),\*\*= Ingrediente activo del segundo potencializador

**Cuadro 2.** Escala propuesta por la Sociedad Europea de investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de maleza.

Valor	Control de Maleza (%)	Efecto sobre Maleza
1	99.0 - 100.0	Muerte
2	96.5 - 99.0	Muy buen control
3	93.0 - 96.5	Buen control
4	87.5 - 93.0	Control suficiente
5	80.0 - 87.5	Control medio
6	70.0 - 80.0	Control regular
7	50.0 - 70.0	Control pobre
8	1.0 - 50.0	Control muy pobre
9	0.0 - 1.0	Sin efecto

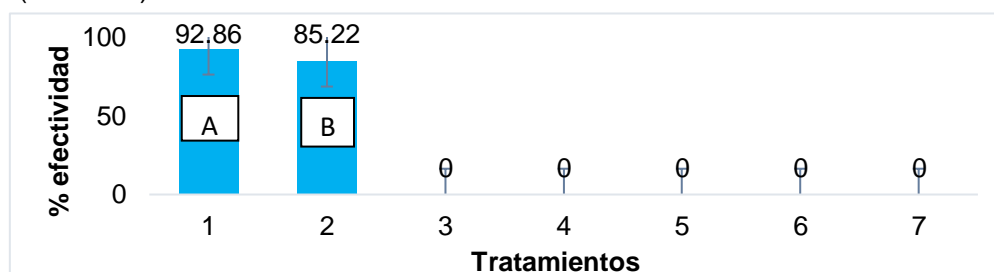
### Análisis de datos

Los resultados se manejaron en termino de porcentaje y se realizó un análisis factorial de 3 factores, donde A (productos)= 7 niveles, B (potencializadores)= 4 niveles y C (fechas)= 3 niveles y la de comparación de medias con Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) usando el programa estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2012).



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos, a los 21 días después de la aplicación (DDA) de los tratamientos se observó diferencia significativa en el factor A y B (productos y potencializadores) con un valor de  $P=0.0001$ , además, se obtuvo un coeficiente de variación de 14.50. Solo se obtuvieron resultados usando el BH2 y el Glifosato (Figura 2). La segunda evaluación fue donde los tratamientos presentaron su mayor efectividad en el control de arvenses (Factor C).

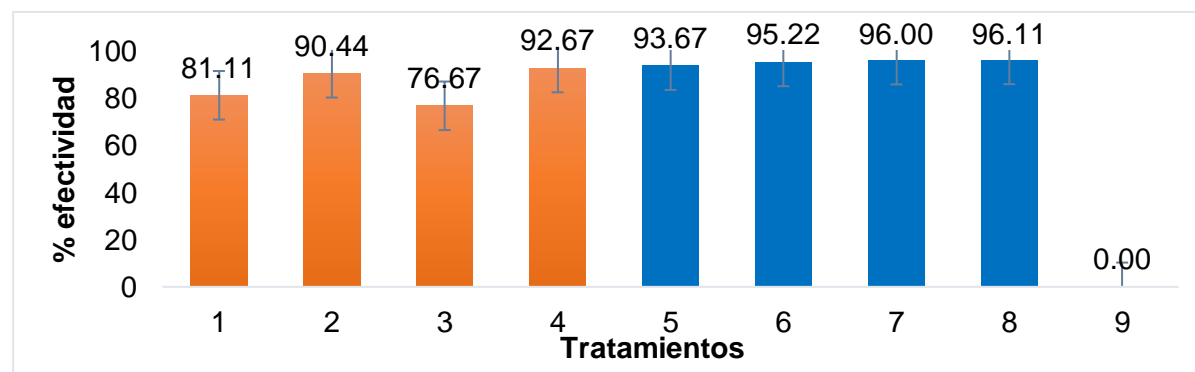


**Figura 2.** Factor A, efectos de los tratamientos de manera general (Factor A, Productos). 1= Glifosato, 2= BH2. Literales con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo a Tukey al 0.05.

Es fundamental resaltar que el potencializador Polidimetilsiloxano ha demostrado ser altamente efectivo con los herbicidas BH2 y Glifosato. Los tratamientos que emplearon BH2 y Glifosato al 50% lograron un control de arvenses comparable al obtenido con la aplicación de dosis completas (100%) de estos productos (Figura 3). En algunos casos, el efecto observado con las dosis reducidas incluso superó ligeramente el impacto de las dosis del 100%, esta observación es significativa porque sugiere que la reducción de la dosis de Glifosato al 50%, cuando se combina con Polidimetilsiloxano a una dosis de 2 mL/L de agua, puede proporcionar un control eficaz de las arvenses.

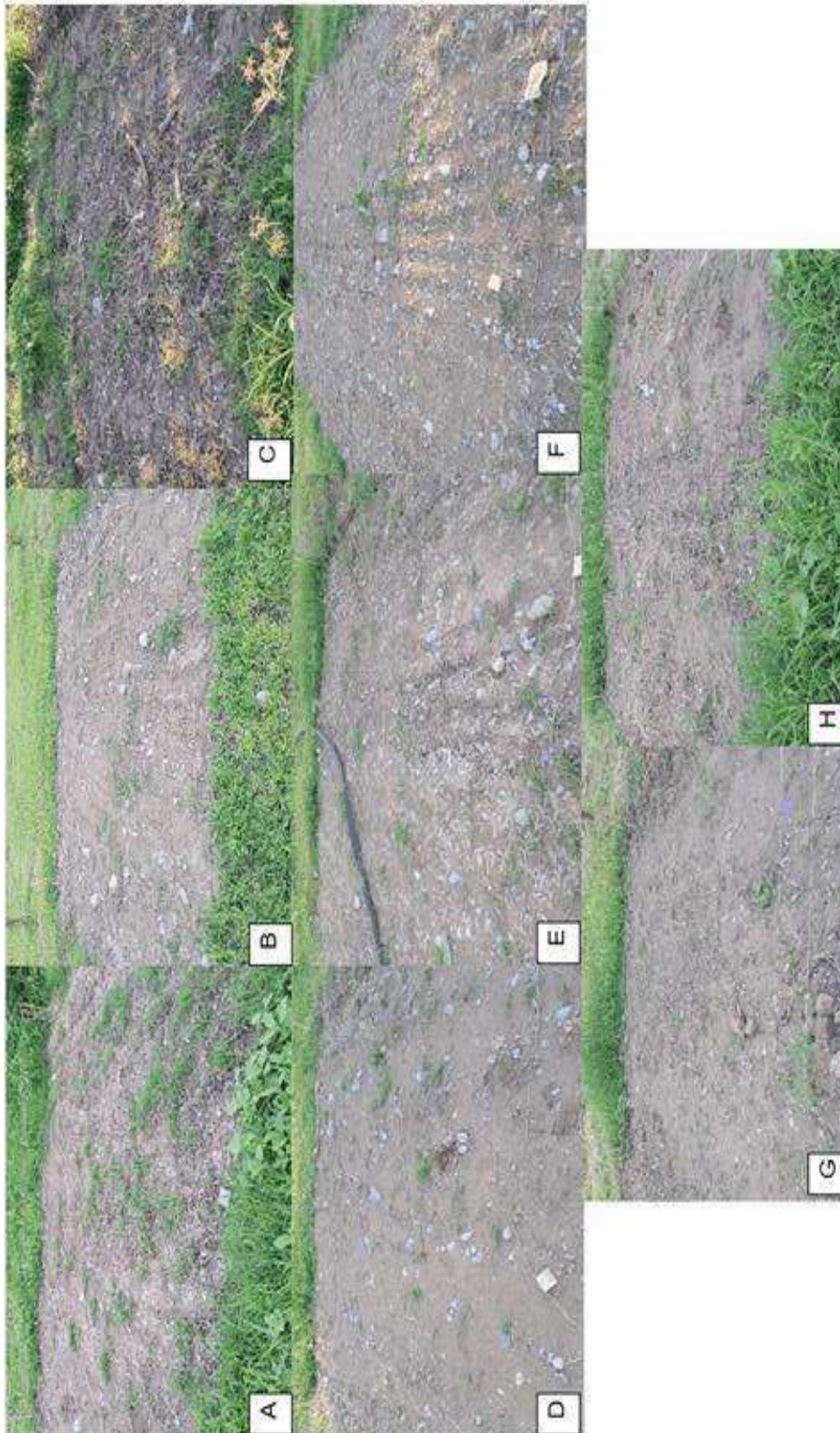
Los resultados indican que esta combinación puede alcanzar un buen control (entre 93.0% y 96.55%) de acuerdo con la escala de la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) (Figura 3 y 4). Este nivel de eficacia es notable, ya que se obtiene con una dosis reducida de Glifosato, lo cual puede tener implicaciones importantes para la reducción de costos y la minimización del uso de productos químicos en el manejo de arvenses.

En contraste, el tratamiento control (agua), mostró un problema significativo con el crecimiento desmedido de arvenses, a los 121 días después de la aplicación, las arvenses en el tratamiento control alcanzaron alturas superiores a los 140 cm y algunas estaban produciendo semillas (Figura 5 y 6), este crecimiento descontrolado resalta la efectividad de los tratamientos con Polidimetilsiloxano en comparación con la ausencia de este potencializador, evidenciando su importancia en el manejo efectivo de las arvenses. En resumen, la utilización de Polidimetilsiloxano como potencializador en combinación con dosis reducidas de Glifosato y BH2 ofrece una solución viable y eficiente para el control de arvenses, logrando altos niveles



de eficacia con una menor cantidad de producto químico, este enfoque no solo optimiza el control de arvenses, sino que también puede contribuir a prácticas más sostenibles y económicas.

**Figura 3.** Factor B, efectividad de potencializadores en los distintos herbicidas en estudio. 1= BH2 al 100% (sin potencializador), 2= BH2 al 50% + urea (10 g/ L de agua), 3= BH2 al 50% + ASS (5 mL/L de agua), 4= BH2 al 50% + Polidimetilsiloxano (2 mL/L agua), 5= Glifosato al 100% (sin potencializador), 6= Glifosato al 50% + urea (10 g/ L de agua), 7= Glifosato al 50% + ASS (5 mL/L de agua), 8= Glifosato al 50% + Polidimetilsiloxano (2 mL/L agua), 9= Control (agua).

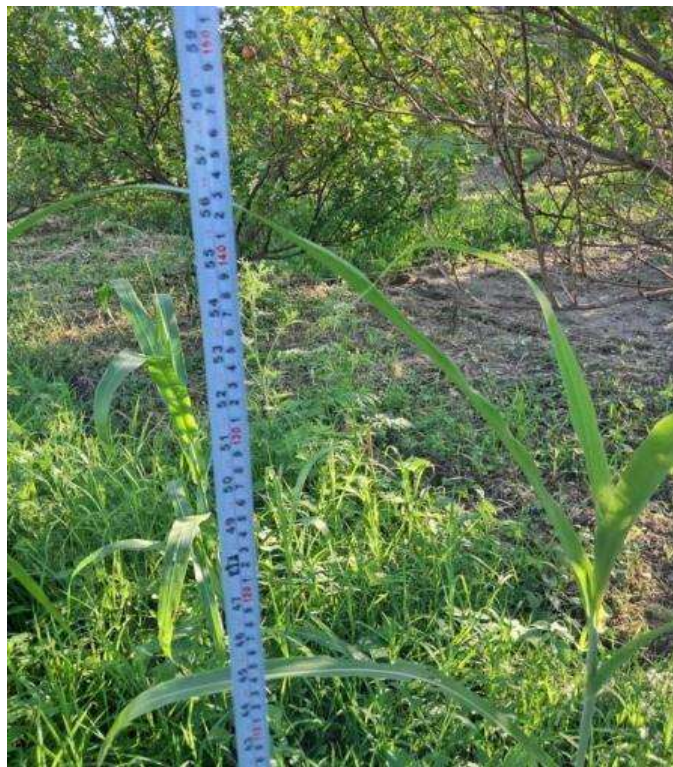


**Figura 4.** Resultados de los tratamientos en el control de arvenses en el cultivo de limón a los 21 días después de la aplicación en Iguala de la Independencia, Guerrero. A= BH2 al 100% (sin potencializador), B= BH2 al 50% + urea (10 g/ L de agua), C= BH2 al 50% + ASS (5 mL/L de agua), D= BH2 al 50%+ Polidimetilsiloxano (2 mL/L agua), E= Glifosato al 100% (sin potencializador), F= Glifosato al 50% + urea (10 g/ L de agua), G= Glifosato al 50% + ASS (5 mL/L de agua, H= Glifosato al 50% + Polidimetilsiloxano (2 mL/L agua).





**Figura 5.** Arvenses presentes en el control (agua) a los 21 DDA de los tratamientos



**Figura 6.** Altura de las arvenses a los 21 días DDA

## CONCLUSIONES

Es posible reducir la dosis del glifosato al 50% + el Polidimetilsiloxano a dosis 2 mL/L de agua y así obtener un buen control de arvenses de acuerdo a la EWRS (93.0 – 96.55%). Esta práctica de control de arvenses representa una estrategia innovadora y ambientalmente responsable para el control de arvenses. Los resultados indican que esta combinación permite lograr un buen control de arvenses, alcanzando niveles de eficacia que oscilan entre el 93.0% y el 96.55% según la escala de la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS).

Este enfoque no solo es relevante desde el punto de vista de la eficacia del control arvenses, sino que también ofrece importantes beneficios ambientales, al reducir la dosis de glifosato a la mitad, se disminuye significativamente la cantidad de herbicida químico que se introduce en el ecosistema y esto puede contribuir a minimizar los impactos negativos asociados con el uso intensivo de herbicidas, tales como la contaminación del suelo y el agua, así como la reducción de la biodiversidad.

El uso de Polidimetilsiloxano como potencializador en esta combinación también juega un papel crucial en la optimización de la eficacia del glifosato reducido, garantizando que se mantenga un alto nivel de control de arvenses sin la necesidad de aplicar dosis más altas. Esto no solo ayuda a preservar la calidad del medio ambiente, sino que también puede mejorar la sostenibilidad de las prácticas agrícolas al reducir la dependencia de productos químicos más concentrados.

Además, esta estrategia puede proporcionar una ventaja económica significativa para los agricultores, ya que permite utilizar menores cantidades de herbicidas sin comprometer la efectividad del control de malezas. La combinación de una reducción en el uso de químicos con una mejora en la eficiencia del control de arvenses contribuye a una gestión agrícola más sostenible y consciente del medio ambiente.

## REFERENCIAS

- Arispe-Vázquez, J.L., Cadena-Zamudio, D.A., Tamayo-Esquer, L.M., Noriega-Cantú, D.H., Toledo-Aguilar, R., Felipe-Victoriano, M., Barrón-Bravo, O.G., Reveles-Hernández, M., Ramírez-Sánchez, S.E., y Espinoza-Ahumada, C.A. (2023). A Review of the Current Panorama of Glyphosate Resistance among Weeds in Mexico and the Rest of the World. *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v16i7.261>
- Champion, G. T. (2000). Bright and the field scale evaluations herbicides tolerant. *G M Trials*. AICC New slwtter, December 2000, 7.
- SAS Institute, (2012). *SAS/STAT User's Guide: Software Version 9.4*. Statistical Analysis System Institute. Cary, North Carolina, USA.

## EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN EL DESARROLLO VEGETATIVO Y RADICULAR EN PLANTAS DE PEPINO (*Cucumis sativus*)

### EFFECT OF ORGANIC FERTILIZATION ON VEGETATIVE AND ROOT DEVELOPMENT IN CUCUMBER PLANTS (*Cucumis sativus*)

Cristina Y., García-Vargas<sup>1</sup>; Homero, Sánchez-Galván<sup>1</sup>; Lucila Armijo-Gómez<sup>1</sup>; Karlo J., Armendariz-Alanis<sup>1</sup> y Urbano, Nava-Camberos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango, Av. Universidad s/n Fracc. Filadelfia CP. 35010 Gómez Palacio, Durango. México, <sup>2</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango

#### RESUMEN

El pepino (*Cucumis sativus*) es un cultivo de gran importancia económica y nutricional, se caracteriza por su bajo contenido calórico y riqueza en vitaminas y fibra. Los fertilizantes orgánicos son capaces de cumplir con las necesidades nutricionales de las plantas, disminuyendo considerablemente la dependencia de los fertilizantes sintéticos y enriqueciendo la calidad de los vegetales que se ingieren. Además, estos abonos naturales contribuyen a la recuperación de suelos que han sido dañados por la aplicación exagerada de productos químicos agrícolas y su explotación intensiva. Este estudio evaluó el efecto de fertilizantes orgánicos en su crecimiento, utilizando lombricomposta (T1), lixiviado de lombricomposta (T2), estiércol compostado (T3), fertilización química (T4) y un testigo blanco (T5). Se realizaron mediciones de longitud, peso y número de hojas en dos fases: producción de plántula y trasplante hasta primera floración. Los resultados mostraron que en las dos fases la lombricomposta (T1), fue el tratamiento que presentó diferencia significativa en longitud del tallo ( $p=0.0137$ ) y ( $p=0.0012$ ), y peso de tallo ( $p=0.0159$ ), y ( $p=0.00035$ ). Mientras que en el peso húmedo de raíz y número de hojas verdaderas solo se vieron diferencias en la segunda fase. Los resultados sugieren que la lombricomposta puede ser una alternativa ecológica y sostenible para la producción de pepino.

**Palabras clave:** Biofertilizantes, lixiviado, estiércol compostado, lombricomposta.

#### ABSTRACT

Cucumber (*Cucumis sativus*) is a crop of great economic and nutritional importance. It is characterized by its low caloric content and richness in vitamins and fiber. Organic fertilizers are able to meet the nutritional needs of plants, considerably reducing the dependence on synthetic fertilizers and enriching the quality of the vegetables that are ingested. In addition, these natural fertilizers contribute to the recovery of soils that have been damaged by the exaggerated application of agricultural chemicals and their intensive exploitation. This study evaluated the effect of organic fertilizers on its growth, using vermicompost (T1), vermicompost leachate (T2), composted manure (T3), chemical fertilization (T4) and a blank control (T5). Measurements of length, weight and number of leaves were made in two phases: seedling production and transplantation until first flowering. The results showed that in both phases, vermicompost (T1) was the treatment that presented significant differences in stem length ( $p=0.0137$ ) and ( $p=0.0012$ ), and stem weight ( $p=0.0159$ ), and ( $p=0.00035$ ). While in the wet weight of the root and the number of true leaves differences were only seen in the second phase. The results suggest that vermicompost can be an ecological and sustainable alternative for cucumber production.

**Keywords:** Biofertilizer, leachate, composted manure, vermicompost.



## INTRODUCCIÓN

El cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) es considerado una planta de suma importancia económica por su elevado índice de consumo, al servir como alimento tanto fresco como industrializado. Es uno de los cultivos hortícolas de mayor consumo a nivel mundial por su valor nutrimental (Moreno *et al.*, 2013) de alto potencial económico. Esto, unido a la demanda elevada con un mayor rendimiento e ingresos en un periodo corto de tiempo, hace que se vuelva más atractivo el interés de los agricultores en cultivarlo (Margal *et al.*, 2018). Para varias regiones del mundo, es considerado una especie cuyo valor agronómico reside en su producción estacional, por lo que necesita desarrollarse principalmente como cultivo protegido (Rodríguez y Girón 2020). En el año 2023 en México se sembraron 17.460 hectáreas, las cuales produjeron poco más de 896 mil toneladas de pepino; en el caso de los estados de Durango y Coahuila, en conjunto sembraron 225.8 hectáreas que produjeron 22.307 toneladas, representando el 2.48% de la producción nacional en el 2023 (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2023).

La presencia de materia orgánica en el suelo es de vital importancia debido a que su descomposición da paso a los minerales utilizados por las plantas para un buen desarrollo (Román *et al.*, 2013). Los biofertilizantes son capaces de cumplir con esta necesidad de materia orgánica en el sustrato de una planta, adicionalmente es una manera de aprovechar y manejar los residuos orgánicos (Román *et al.*, 2013). Además, estos abonos naturales contribuyen a la recuperación de suelos que han sido dañados por la aplicación exagerada de productos químicos agrícolas y su explotación intensiva (Olivares-Campos *et al.*, 2012). La lombricomposta es un sustrato similar a la turba producido mediante un proceso no termofílico que implica interacciones entre lombrices de tierra y microorganismos presentes en el sustrato donde las lombrices sean colocadas (Edwards y Burrows 1988). De acuerdo a una revisión de literatura hecha por Zambrano-Gavilanes y Lima-Moncayo (2023), los principales fertilizantes orgánicos usados en la familia de cucurbitáceas son estiércol vacuno, bovino, lombricomposta, gallinaza, residuos vegetales, entre otros, poniendo en evidencia el extendido de biofertilizantes como una alternativa para mejorar la producción de estas plantas.

La constante búsqueda por encontrar una forma de obtener un mejor desarrollo y desempeño de las plantas para poder obtener las mejores plantas y frutos nos ha ido orillando al uso de herramientas como los fertilizantes de origen orgánico en la búsqueda de una mejor producción es por ello que se planteó como objetivo evaluar el efecto de fertilizantes orgánicos (lombricomposta, Lixiviado y estiércol compostado) en el desarrollo radicular y vegetativo en plantas de pepino.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la malla sombra de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango, ubicado en Gómez Palacio, Dgo. Se usó semilla de pepino *Cucumis sativus* L., var. Poinsett® para el desarrollo del experimento, la siembra se realizó utilizando sustrato peat moss KEKILLA®, y charolas germinadoras de unicel de 200 cavidades. La investigación se dividió en dos fases, germinación y desarrollo de plántula como primera fase y trasplante y desarrollo hasta primera floración como segunda fase. Se establecieron 5 tratamientos, con 3 repeticiones y 4 plantas por cada repetición dando un total de 60 plantas por cada fase experimental. Los tratamientos a evaluar fueron los siguientes: (T1) lombricomposta al 20% (LC), (T2) lixiviado de lombricomposta al 10% (LX), (T3) Estiércol compostado al 20% (EC), (T4) fertilización química (FQ) y (T5) un testigo blanco (T) como



referencia. Al final de cada fase, se midieron las siguientes variables: Longitud de tallo, longitud de raíz, peso húmedo de raíz, peso húmedo de tallo y número de hojas verdaderas.

Para el análisis estadístico se utilizó una prueba ANOVA junto con una prueba Post-Hoc de Tukey (0.05%) para determinar diferencias significativas entre tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la primera fase de producción de plántula (Fase 1), la prueba ANOVA mostró diferencias significativas en las siguientes variables: longitud y peso húmedo del tallo (Cuadro 1). Tras la prueba Post Hoc de Tukey (0.05), comparando los tratamientos con el testigo (T5), el T1 fue el que presentó mayor diferencia significativa en las variables mencionadas. En la longitud del tallo el T1 presentó mayor diferencia (0.0137), seguido del T4 (0.0404) (Figura 1); en el peso húmedo del tallo el único que presentó diferencias significativas fue el T1, con un valor de 0.0159 (Figura 2).

Cuadro 1. Resultados de los análisis estadísticas en la primera fase de experimentación. Se muestran solo las variables que presentaron diferencias significativas

Variables	Valor de Pr (ANOVA)	Valores de prueba de Tukey*				Promedio del tratamiento con mejor resultado
		T1(LC)	T2(LX)	T3(EC)	T4(FQ)	
Long. Tallo (cm)	0.00198	0.0137171 <sup>a</sup>	0.7857301 <sup>ab</sup>	0.8774132 <sup>b</sup>	0.0404288 <sup>a</sup>	T1(LC): 36.95
Peso húmedo tallo(g)	0.0124	0.0159772 <sup>a</sup>	0.6486105 <sup>ab</sup>	0.9874867 <sup>b</sup>	0.2706392 <sup>ab</sup>	T1(LC): 0.85

Valores con la misma letra no muestran diferencias significativas

\*Valor resultante de la comparación al T5 (Testigo)

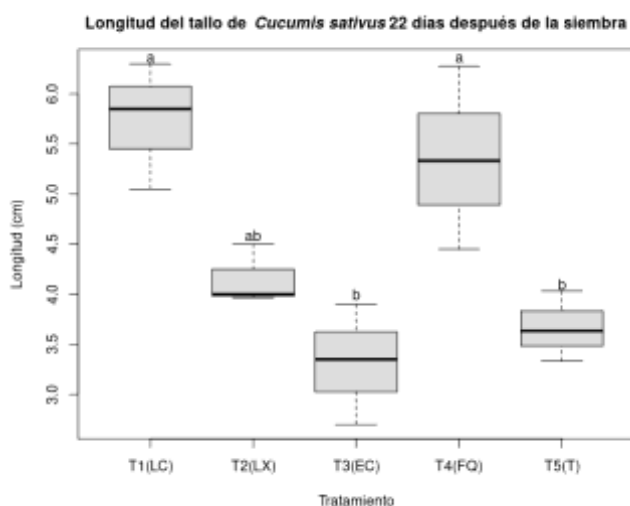


Figura 5. Longitud de tallo de las plantas de pepino en la fase de plántula

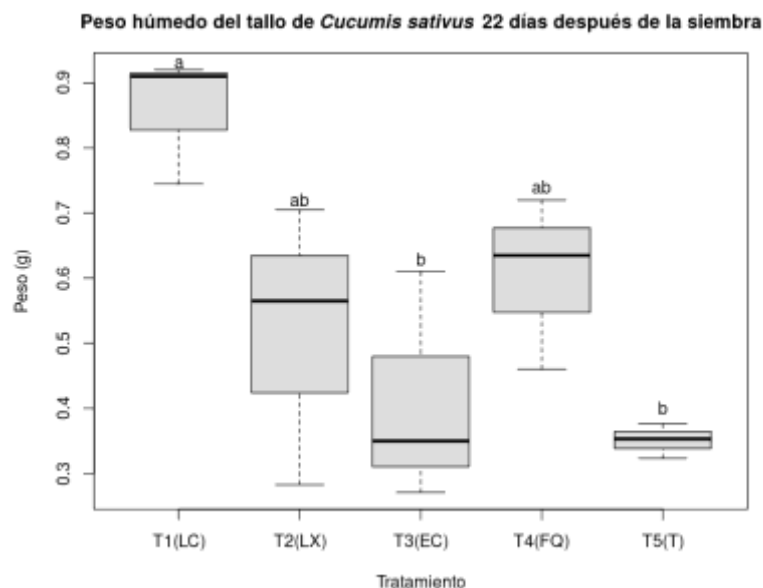


Figura 6. Peso húmedo del tallo de las plantas de pepino en la fase de plántula

En el caso de la segunda fase (primera floración), en las variables evaluadas se observaron diferencias significativas a excepción de la longitud de raíz. El T1 fue el que presentó mayores diferencias en comparación con el T5 (testigo) y los demás tratamientos (Cuadro 2), y a diferencia de la primera fase, entre los tratamientos de LX, EC, FQ y T no se encontraron diferencias significativas (Figs. 3-6).

Cuadro 2. Resultados de los análisis estadísticas en la segunda fase de experimentación. Se muestran solo las variables que presentaron diferencias significativas

Variables	Valor de Pr (ANOVA)	Valores de prueba de Tukey*				Promedio del tratamiento con mejor resultado
		T1(LC)	T2(LX)	T3(EC)	T4(FQ)	
Long. tallo (cm)	0.00128	0.0011936 <sup>a</sup>	0.6945280 <sup>b</sup>	0.9402556 <sup>b</sup>	0.7122442 <sup>b</sup>	T1(LC): 36.95
Peso húmedo tallo (g)	0.000352	0.0002356 <sup>a</sup>	0.3123793 <sup>b</sup>	0.4875125 <sup>b</sup>	0.4370985 <sup>b</sup>	T1(LC): 23.66
Peso húmedo raíz (g)	0.000966	0.0009986 <sup>a</sup>	0.8491613 <sup>b</sup>	0.7056856 <sup>b</sup>	0.9490612 <sup>b</sup>	T1(LC): 5.83
Número hojas verdaderas	0.00017	0.0002811 <sup>a</sup>	0.9996693 <sup>b</sup>	0.7800822 <sup>b</sup>	0.6412537 <sup>b</sup>	T1(LC): 11

Valores con la misma letra no muestran diferencias significativas

\*Valor resultante a la comparación del T5 (Testigo)

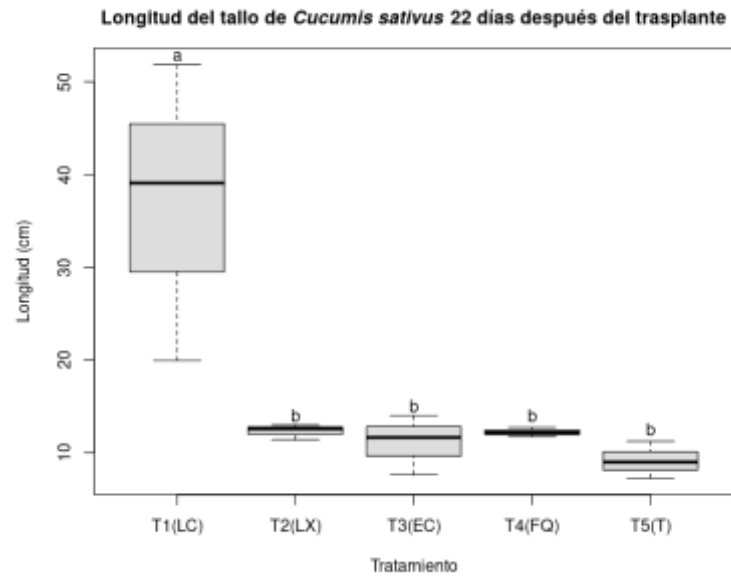


Figura 3. Longitud del tallo de las plantas de pepino en la fase de floración.

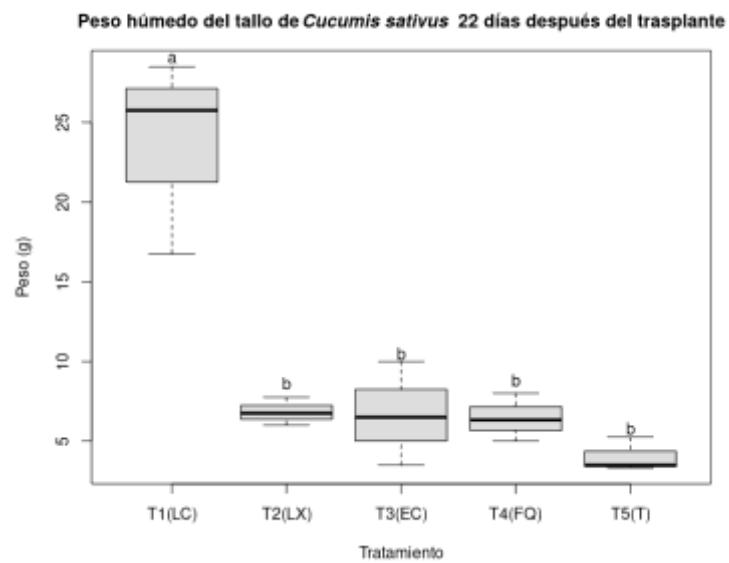


Figura 7. Peso húmedo del tallo de las plantas de pepino en la fase de floración.

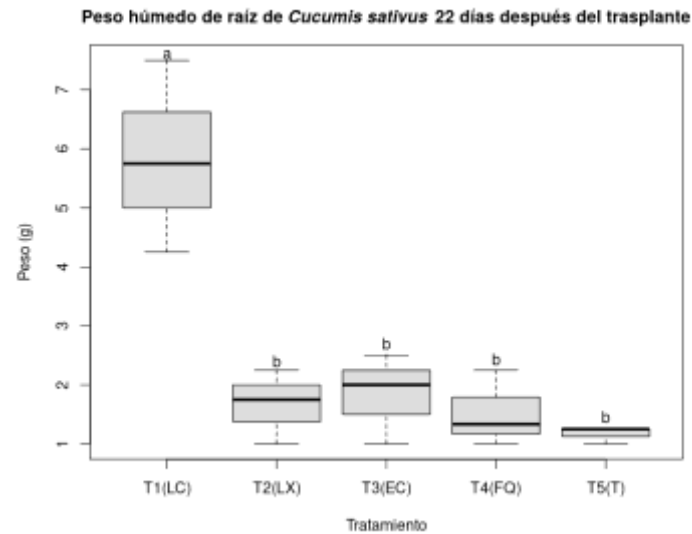


Figura 5. Peso húmedo de la raíz de las plantas de pepino en la fase de floración.

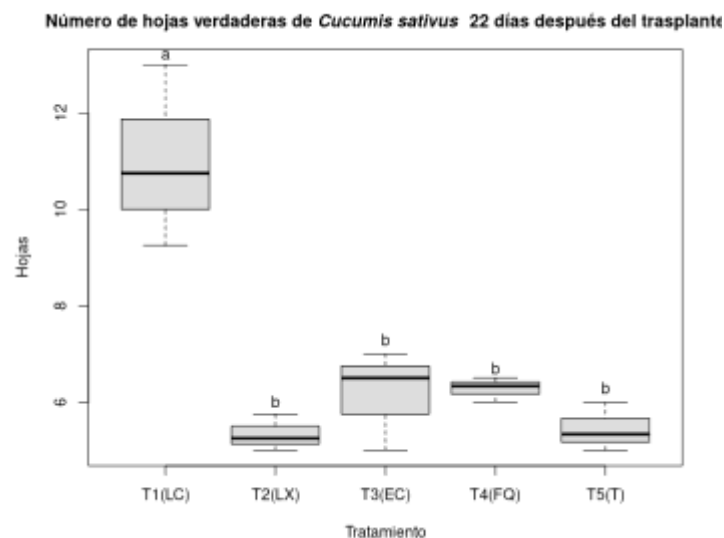


Figura 6. Número de hojas verdaderas en las plantas de pepino en la fase de floración.

De acuerdo con los datos obtenidos, la fertilización orgánica puede tener resultados estadísticamente equiparables a una fertilización convencional (química) como se puede ver en la primera fase de plántula; mientras que en la segunda fase el tratamiento con LC marca una clara diferencia con los demás tratamientos. Esto último difiere con los resultados obtenidos por Diédhlou et al. (2020), en donde evaluaron la respuesta agronómica del pepino con abonos orgánicos (lombricomposta, estiércol y la fertilización química) en distintos sistemas de producción. Sus resultados muestran que la fertilización orgánica tuvo mejores efectos en la variable altura de la planta, pero los tratamientos que marcaron la diferencia fueron los que usaron estiércol bovino y ovino respectivamente, seguido del tratamiento con lombricomposta, aunque no muestra diferencias significativas con la fertilización química.

Los datos obtenidos en el tratamiento de LC, fue el que observó mejor rendimiento en la variable altura de la planta, coincidiendo con lo reportado por Isidro-Jerónimo (2005), donde comparo la eficacia de fertilización orgánica en condiciones de invernadero. Entre sus tratamientos evaluados esta la lombricomposta de distintos orígenes y celulosa. En sus resultados, los tratamientos con lombricomposta tienen mejor resultado que la celulosa, mostrando diferencia significativa y superando al testigo en la altura de la planta, mientras que en la variable número de hojas verdaderas no se mostraron diferencias significativas. Coincidiendo también con lo reportado por Esmailpour et al (2020), quienes compararon los efectos de distintas concentraciones de lombricomposta en pepino, en sus resultados, encontraron que la concentración de 20% de LC tuvo mejores resultados en el área foliar, peso seco del tallo y peso seco de la raíz, sin embargo, no tuvo diferencias significativas con una concentración del 10%. Las variables de número de hojas y peso húmedo en el tratamiento de LC, coinciden con lo reportado por Shopova et al (2019), donde muestran que el uso de una mezcla de lombricomposta al 15% hecho con estiércol vacuno y de residuos vegetales tienen efecto positivo en las variables anteriormente mencionadas.

### CONCLUSIONES

El estudio demuestra la relevancia del pepino (*Cucumis sativus*) como cultivo de importancia económica y nutricional a nivel mundial. La investigación resalta la eficacia de los fertilizantes orgánicos, en particular la lombricomposta, ya que mejoran significativamente el crecimiento y desarrollo del pepino en comparación con los fertilizantes químicos y el control. Los resultados sugieren que la lombricomposta puede ser una alternativa sostenible y eficiente para la producción de pepino, lo que podría influir positivamente en la economía agrícola y la nutrición de cultivos. Este hallazgo es particularmente relevante para la agricultura protegida y podría contribuir a prácticas agrícolas más ecológicas y sustentables.

### REFERENCIAS

- Diédhiou, I., Mireles, J. L. L., & Velázquez, Á. N. R. (2020). Respuesta agronómica del pepino (*Cucumis sativus* L.) a la aplicación de abonos orgánicos en diferentes sistemas de producción Redel. *Revista Granmense de Desarrollo Local*, 4, 478-490.
- Edwards, C.A. and Burrows, I. (1988) The potential of earthworms composts as plant growth media. En: Edward, C.A. and Neuhauser, E.F. Eds., 'Earthworms in Waste and Environmental Management', SPB Academic Publishing, The Hague, 2132.
- Esmailpour, B , Einizadeh, S., & Pourrahimi, G. (2020). Effects of vermicompost produced from cow manure on the growth, yield and nutrition contents of cucumber (*Cucumis sativus*). *Journal of Central European Agriculture*, 21(1), 104-112.
- Isidro-Jerónimo, F. (2004). *Respuesta del cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) a cuatro sustratos orgánicos bajo invernadero* [Tesis para ingeniero agrícola y ambiental]. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO.
- Margal, S.Y., Singh, A.K., Behera, T.K., Munshi, A.D. & Sukanta, D. (2018). Effect of planting time and fertilizer dose on growth, yield and quality of parthenocarpic cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown under polyhouse and nethouse conditions. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 88(1), 63-69. <https://krishi.icar.gov.in/jspui/bitstream/123456789/5836/2/IJAS%2C2018.pdf>
- Moreno, D.C., García, W., Ibañez, E. & Barrios, A. (2013). Postharvest Physicochemical changes in three cucumber cultivars with and without plastic film. *Mexican Journal of Agricultural Sciences*, 4(6) 909-920. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342013000600007&script=sci\\_abstract&tlng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342013000600007&script=sci_abstract&tlng=en)

- Olivares-Campos, M., Hernández-Rodríguez, A., Vences-Contreras, C., Jáquez-Balderrama, J., & Ojeda-Barrios, D. (2012). LOMBRICOMPOSTA Y COMPOSTA DE ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO LECHERO COMO FERTILIZANTES Y MEJORADORES DE SUELO Worm compost and dairy cattle manure compost as fertilisers and in soil improvement. 28(1), 27–37. <https://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v28n1/v28n1a3.pdf>
- Rodríguez P., Girón J., (2020) Producción ecológica de pepino (*Cucumis sativus* L.) en las condiciones edafoclimáticas del III Frente. Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba. [https://www.redalyc.org/journal/1813/181369731006/html/#redalyc\\_181369731006\\_ref8](https://www.redalyc.org/journal/1813/181369731006/html/#redalyc_181369731006_ref8)
- Román, P., Martínez, M., & Pantoj, A. (2015). *Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina* (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) [FAO], Ed.). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <https://www.fao.org/4/i3388s/i3388s.pdf>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2023). Avance de siembras y cosechas. Nube de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Recuperado 30 de julio de 2024, de [https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/)
- Shopova N., Panayotov N., Kozarov H. 2019, The effect of vermicompost with different origins on the development of cucumber seedlings. *Scientific Papers. Series B, Horticulture*, Vol. LXIII, Issue 1, Print ISSN 2285-5653, 347-352.
- Zambrano-Gavilanes, F., & Lima-Moncayo, A. O. (2023). Uso de fertilizantes orgánicos en la producción de Cucurbitáceas: revisión de literatura. *Paideia XXI*, 13(1), 141-159.

## EFFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS EN EL DESARROLLO Y REPRODUCCIÓN DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida*)

Homero Sánchez-Galván<sup>1</sup>, Sebastián Candela-Hernández<sup>1</sup>, Urbano Nava-Camberos<sup>2</sup>, David Ovalle-Ríos<sup>2</sup> y Jorge Maltos-Buendía<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del estado de Durango, <sup>2</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, <sup>3</sup>Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias  
hosagafcb@gmail.com

### RESUMEN

La lombriz roja californiana *Eisenia foetida*, son animales que se agrupan en 13 familias, aunque se han descrito más de 5,000 especies, la *E. foetida*, es la más utilizada para el tratamiento de la lombricultura, pues es capaz de convertir el desecho orgánico en lombricomposta. Los registros de la biomasa (g), longitud (cm) y número de huevecillo se tomaron con una frecuencia de cada 12 días, durante, estableciéndose tres tratamientos de origen orgánico, T1 (Caballar), T2 (Vacuno) y T3 (Residuos vegetales). Se observó un mayor desarrollo en longitud en el T2, con un incremento del 38.2% (11.5 cm), con relación al T1 y T3 con un 28.5% (9.8 cm) y 27% (11.1 cm) de incremento en desarrollo respectivamente. Los tratamientos 1 y 2, fueron los que mostraron un mayor crecimiento en la biomasa, con un incremento de 4.0 g, y un incremento de 1.0 g para el T3. En cuanto a la capacidad de reproducción, el T2, fue el que mayor eclosión de juveniles tuvo con 284, seguido por el T3, con 78 juveniles y el T1, con 68 juveniles, durante un periodo de 70 días. En la oviposición, el T2 fue el que mostró una mayor capacidad de postura de huevos con 1,061 y 652, el T1 con 484 y 205 huevos y el T3 con 272 y 200 huevos a los 36 y 70 días respectivamente. Se encontraron diferencias significativas en la variable peso ( $p=0.0103$ ), con relación a T1 y T3, en cuanto al número de huevecillos ( $p=0.0663$ ) y en reproducción (juveniles) ( $p=0.6020$ ), no se observaron diferencias significativas. Estos resultados indican que el crecimiento y reproducción de la lombriz *E. foetida* están directamente relacionados con el tipo de sustrato en el cual vive y se desarrolla, este influye tanto en el peso como en su reproducción.

**Palabras claves.** Sustrato orgánico, longitud, peso, huevo.

### ABSTRACT

The Californian red worm, *Eisenia foetida*, are animals that are grouped into 13 families, although more than 5,000 species have been described, *E. foetida* is the most used for the treatment of vermiculture, as it is capable of converting organic waste into vermicompost. The records of biomass (g), length (cm) and egg number were taken with a frequency of every 12 days, during, establishing three treatments of organic origin, T1 (Horse), T2 (Bottle) and T3 (Plant residues). A greater development in length was observed in T2, with an increase of 38.2% (11.5 cm), in relation to T1 and T3 with a 28.5% (9.8 cm) and 27% (11.1 cm) increase in development respectively. Treatments 1 and 2 were those that showed the greatest growth in biomass, with an increase of 4.0 g, and an increase of 1.0 g for T3. Regarding reproduction capacity, T2 was the one with the largest hatching of juveniles with 284, followed by T3, with 78 juveniles and T1, with 68 juveniles, during a period of 70 days. In oviposition, T2 was the one that showed a greater egg-laying capacity with 1,061 and 652, T1 with 484 and 205 eggs and T3 with 272 and 200 eggs at 36 and 70 days respectively. Significant differences were found in the weight variable ( $p=0.0103$ ), in relation to T1 and T3, in terms of the number of eggs ( $p=0.0663$ ) and in reproduction (juveniles) ( $p=0.6020$ ), no significant differences were observed. These results indicate that the growth and reproduction of the earthworm *E. foetida* are directly related to the type of substrate in which it lives and develops, this influences both its weight and its reproduction.

**Keywords.** Organic substrate, length, weight, egg.



## INTRODUCCIÓN

La lombriz roja californiana *Eisenia foetida*, del orden haplotaxida, clase clitellata y familia lombrícidae, aporta al mejoramiento del suelo manteniendo la fertilidad debido a que incrementa la disponibilidad de nitrógeno fósforo y azufre e inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que pueden afectar al cultivo (Chicaiza, 2007). Son animales que se agrupan en 13 familias, aunque se han descrito más de 5,000 especies, la *E. foetida*, es la más utilizada para el tratamiento de la lombricultura, pues es capaz de convertir casi cualquier tipo de desecho orgánico en un producto final denominado lombricomposta (Canales Gutiérrez y Col., 2021; Duran, 2009; Morales Munguía y Col., 2009). La intensificación de la producción de la industria lechera aumenta la generación de estiércol, lo cual origina una gran cantidad de nutrientes desechados y concentrados en un área pequeña. Así como una serie de impactos al ambiente por el manejo inadecuado de este residuo (Pinos-Rodríguez et al., 2012). Otro impacto ambiental producido por el manejo inadecuado del estiércol, es la salinización del suelo por la aplicación desmedida y directa al mismo, si a esto le sumamos las escorrentías o lixiviaciones puede llegar a contaminar los mantos acuíferos (Galindo Pardo, 2014). Una de las opciones que existen para el tratamiento de este tipo de desechos es la lombricultura, esta técnica consiste en la elaboración de abono orgánico a través de la utilización de varias especies, de las cuales la más usada es *E. foetida* (Durán, 2009), ya que es capaz de convertir casi cualquier tipo de desecho orgánico en un producto final denominado lombricomposta, que consiste en un proceso de biooxidación, degradación y estabilización de la materia orgánica mediada por la acción combinada de lombrices y microorganismos, mediante el cual se obtiene un producto final estabilizado, homogéneo y de granulometría fina (González, 2007; Gutiérrez y Col., 2020, López Méndez y Col., 2013). Estos abonos orgánicos mejoran tanto las propiedades químicas del suelo, como las propiedades físicas y biológicas, ya que puede ser usado como sustituto de los fertilizantes químicos (Gutiérrez y Col., 2020; Shuldt et al., 2005); también contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), tiene alto contenido de ácidos húmicos, y aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad lo que facilita la aireación, drenaje y los medios de crecimiento (Galindo Pardo et al., 2014). Su respiración es cutánea, presenta una boca sin dientes ni mandíbulas succiona los alimentos para lograr su alimentación. Presenta un Clitellium con forma de anillo o de silla de montar de color blanco rosado (Somarriba y Guzmán, 2004); este aparece en su madures sexual y se desarrolla durante la época de reproducción. *E. foetida* es hermafrodita posee tanto ovarios, como testículos, es incapaz de autofecundarse por lo que necesita del acoplamiento de otro individuo, el apareamiento ocurre cada 7 días y tiene un tiempo de duración de 15 minutos, se produce al situarse en posición paralela en sentido inverso las dos lombrices de tal forma que se corresponda al aparato genital masculino con el femenino, al realizarse esto se produce un intercambio de espermatozoide quedando ambas lombrices fecundadas (Gonzales, 2007). Ponen huevecillos que tienen forma ovalada de 2 a 3 mm de diámetro de color amarillo verdoso hasta café oscuro que se abre de los 14 a los 21 días en condiciones favorables, humedad, temperatura etc. Dichas lombrices al salir miden 1mm aproximadamente (Somarriba y Guzmán, 2004), y pueden consumir entre 50% y 100% de su peso diario y duplicar su población en 90 días (Ruiz, 2011). Los objetivos del presente trabajo fueron el de evaluar la capacidad de reproducción y desarrollo de *E. foetida* en diferentes tipos de sustrato.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El estudio se realizó en el invernadero de la Facultad de Ciencias Biológicas UJED, ubicada en las coordenadas N 25°35'13.58196", W 103°30'6.78988", con un espacio para el experimento y toma de datos de 24m<sup>2</sup>.

**Frecuencia y horario de muestreo.** Los registros de la biomasa (gr), longitud (mm) y número de huevecillo se tomaron con una frecuencia de cada 12 días, durante, el periodo de estudio que fueron 70 días.

**Material biológico.** Se utilizaron 600 lombrices de la especie *Eisenia foetida*, colocando 50 lombrices en cada una de las repeticiones y un total de 200 lombrices por tratamiento. Se estandarizó el desarrollo de las lombrices (coloración, tamaño y peso) al inicio del experimento, verificando la madurez de los organismos con la formación del clitelio.

**Peso y reproducción de la lombriz.** Se realizaron cuatro conteos generales (número de lombrices, peso y número de huevecillos). El primer conteo se realizó el día del establecimiento del estudio (6/03/2023), el segundo a los 12 días después del primero y el tercero a los 12 días después del segundo y el cuarto 12 días después del tercero. Para contar el número de lombrices y de huevecillos se hizo mediante un conteo por observación; para el cálculo del peso (g) se obtuvo usando una báscula digital de precisión, 50g x 0.001g marca MAGEEK®. Se establecieron tres tratamientos, y cuatro repeticiones por tratamiento, con diferente tipo de sustrato de origen orgánico (Caballar, Vacuno y Residuos vegetales) (Cuadro 1). Los sustratos fueron colocados en cajas de plástico transparente, con dimensiones de 0.20 m de ancho, 0.32 largo y 0.12 m de altura, en los cuales se colocaron 3.0 kg de cada sustrato por repetición y 12 kg de sustrato para cada uno de los tratamientos. A los sustratos se les realizó un proceso de semicompostaje por 14 días, excepto el sustrato de residuos vegetales. Antes de colocar las lombrices en cada uno de los tratamientos, se realizaron pruebas de adaptabilidad de *E. foetida* a cada uno de los sustratos, una vez aceptado el sustrato, este fue cribado para hacerlo más digerible a las lombrices.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados, sustratos utilizados, número de lombrices y cantidad de sustrato por tratamiento.

Tratamiento	Sustrato	Sustrato (Kg)	% Sustrato	No. Lombrices
1	Caballar	12.0	100	200
2	Vacuno	12.0	100	200
3	Res. Vegetal	12.0	40/60 <sup>a</sup>	200

<sup>a</sup> En el caso del sustrato de residuos vegetales, se mezcló con un 60 % de arena

Una vez colocadas los tratamientos y sus repeticiones el sustrato fue mantenido en condiciones húmedas durante el desarrollo del experimento, realizando riegos cada tercer día agregándole 500 ml de agua a cada contenedor (repetición).

Se realizaron conteos y mediciones con una frecuencia semanal, para ello, el sustrato de cada tratamiento se colocó sobre una mesa y se mezcló en forma homogénea, tomando para los datos de biomasa (g) y longitud (Cm), 10 lombrices de cada tratamiento de manera aleatoria, y para el dato de huevecillos se realizó en forma manual revisando minuciosamente el sustrato correspondiente. La biomasa se obtuvo utilizando una báscula digital de precisión, 50g x 0.001g marca MAGEEK® y la longitud se obtuvo utilizando una regla de 30 cm, se tomó una por una y se extendió sobre la regla (Canales Gutiérrez y Col., 2020; Chicaiza, 2007). El conteo de huevecillos se realizó mediante un conteo de observación directa, revisando la totalidad del sustrato por repetición y por tratamiento.

**Análisis estadístico.** Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS V 9.0 (2002), con un análisis de varianza (ANDEVA) y una comparación de medias con la prueba de rangos múltiples de Tukey a un nivel de significancia de 0.05 (López Méndez y Col., 2013)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Efecto del tipo de sustrato en el desarrollo (longitud en cm) en *E. foetida*.** Con base en los resultados obtenidos se observó un mayor desarrollo en longitud en el tratamiento 2 (vacuno), con un incremento del 38.2% (11.5 cm), con relación al tratamiento 1 y 3 con un 28.5 (9.8 cm) y 27% (11.1 cm) de incremento en desarrollo, (caballar y residuos vegetales) respectivamente (Cuadro 2), resultados que no coinciden con los encontrados por Canales Gutiérrez y Col. (2020), quienes determinaron una longitud promedio de 7.45 cm, encontrados en sustratos de

vaca, oveja y caballo, así como por Canales (2007), quien encontró valores más bajos en el desarrollo con 5.36 y 6.71, en sustratos de Caballo y vaca respectivamente. Se puede mencionar que el tipo de sustrato influye directamente en el desarrollo y los sustratos tendrán un efecto diferente en el desarrollo y reproducción de las lombrices (Canales-Gutiérrez et al., 2020; Haynehband et al., 2017).

Cuadro 2. Efecto de tres sustratos en el desarrollo (longitud) de la lombriz roja californiana, *Eisenia foetida* a los 36 días.

Tratamiento	Sustrato	Cantidad (Kg)	No. de lombrices	Longitud inicial (cm)	Longitud final (cm)	Incremento (%)
1	Caballar	12.0	40	7	9.8	28.5
2	Vacuno	12.0	40	7.1	11.5	38.2
3	Res. Veg.	12.0	40	8.1	11.1	27.0

**Efecto del tipo de sustrato en la biomasa de *E. foetida*.** Los tratamientos 1 y 2 (caballar y vacuno), respectivamente, fueron los que mostraron un mayor crecimiento en la biomasa, alcanzando un incremento de 4.0 g, y un incremento de 1.0 g para el tratamiento 3 (residuo vegetal) (Cuadro 3, Figura 1), coincidiendo con los resultados obtenidos por Canales Gutiérrez y Col. (2020), quienes determinaron que las lombrices desarrolladas en sustrato con estiércol presentan una mayor biomasa, 0.63 g, comparado con nuestros resultados que fueron de 0.6, 0.7, y 0.9, para residuos vegetal, caballar y vacuno, respectivamente, y más altos que los valores encontrados por Duran (2009), de 0.37, 0.44 y 0.35 g en sustrato estiércol, banano y ornamental, respectivamente. Según Martínez (1996) y Tineo (1994), en materiales muy maduros con pocos nutrimentos, la lombriz tiende a disminuir primero su reproducción y luego su peso.

Cuadro 3. Efecto de tres sustratos en la biomasa (g) de la lombriz roja californiana, *Eisenia foetida* a los 36 días.

Tratamiento	Sustrato	Cantidad (Kg)	No. Lombrices	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Incremento (g)
1	Caballar	12.0	40	0.3	0.7 <sup>b</sup>	0.4
2	Vacuno	12.0	40	0.5	0.9 <sup>a</sup>	0.4
3	Res. Veg.	12.0	40	0.5	0.6 <sup>b</sup>	0.1

Resultados con la misma letra no tienen diferencias significativas

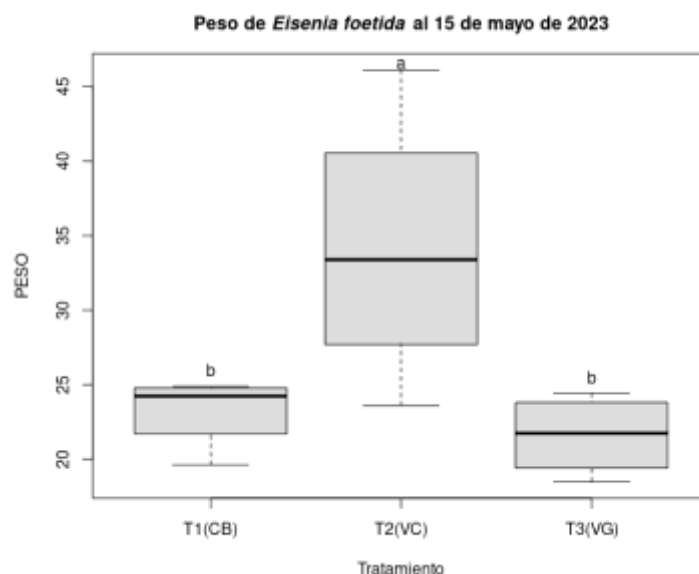


Figura 1. Efecto de tres sustratos en la biomasa (g) de la lombriz roja californiana, *Eisenia foetida*.

**Efecto del tipo de sustrato en la capacidad de oviposición de E. fétida.** El tratamiento 2 (vacuno) fue el que mostró una mayor capacidad de postura de huevos con 1,061 y 652 a los 36 y 70 días respectivamente, y el tratamiento 3 (residuo vegetal), fue el que mostro menor capacidad de oviposición, con 272 y 200 huevos a los 36 y 70 días respectivamente (Cuadro 4, Figura 2), resultados contrarios a los de Duran, 2009, que encontró una mayor producción de huevos en los tratamientos con menor peso de los organismos, entre ellos el sustrato de estiércol, con un promedio de 88 huevos en 45 días. Canales Gutiérrez (2020), encontraron una mayor producción de huevos en sustrato a base de estiércol (vaca, Oveja, caballo) y residuos vegetales, con 154.8 huevos en 36 días (4.3 Huevos por día).

Cuadro 4. Efecto de tres diferentes sustratos en la producción de huevecillos de la lombriz roja californiana, *Eisenia foetida* a los 36 y 70 días.

Tratamiento	Sustrato	Cantidad (Kg)	No. Adulto	Huevos 36 d	Huevos 70 d	Total huevos
1	Caballar	12.0	200	484	205	689 <sup>b</sup>
2	Vacuno	12.0	200	1061	652	1713 <sup>a</sup>
3	Res. Veg.	12.0	200	271	200	471 <sup>b</sup>

Resultados con la misma letra no tienen diferencia significativa

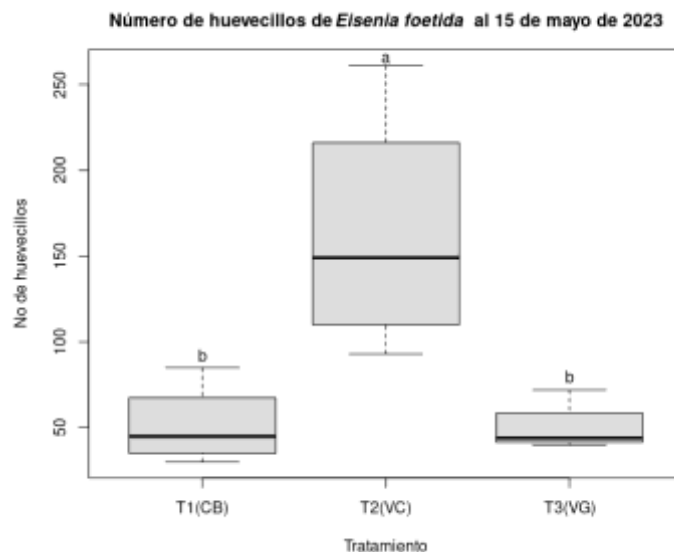


Figura 2. Efecto de tres diferentes sustratos en la producción de huevecillos de la lombriz roja californiana, *Eisenia foetida*.

**Efecto del tipo de sustrato en la capacidad de reproducción de *E. foetida*.** Se realizaron dos muestreos para observar la capacidad de reproducción, la primera fue a los 36 días y la segunda a los 70 días. El tratamiento 2 (vacuno), fue el que mayor eclosión de juveniles tuvo con 284, seguido por el tratamiento 3 (residuo vegetal), con 78 juveniles y el de menor capacidad de reproducción fue el tratamiento 1 (caballar), con 68 juveniles, durante un periodo de 70 días (Cuadro 5, Figura 3), reproducción menor a la obtenida por Chicaiza (2007), quien observó incrementos en la población de 163.3 en el sustrato de caballo y 223.3 en sustrato de vaca, durante un periodo de 50 días. La separación de organismos se realizó diferenciando a los que tenían clitelio (adultos) y a los que no tenían clitelio (juveniles), (Duran, 2009; Shuldt et al., 2005).

Cuadro 5. Efecto de tres sustratos en la reproducción y eclosión de juveniles de la lombriz roja californiana, *Eisenia foetida* a los 36 y 70 días.

Tratamiento	Sustrato	Cantidad (Kg)	No. Adultos	Juveniles 36 d	Juveniles 70 d	Total juveniles
1	Caballar	12.0	200	20	48	68 <sup>b</sup>
2	Vacuno	12.0	200	29	255	284 <sup>a</sup>
3	Res. Veg.	12.0	200	3	75	78 <sup>b</sup>

Resultados con la misma letra no tienen diferencia significativa

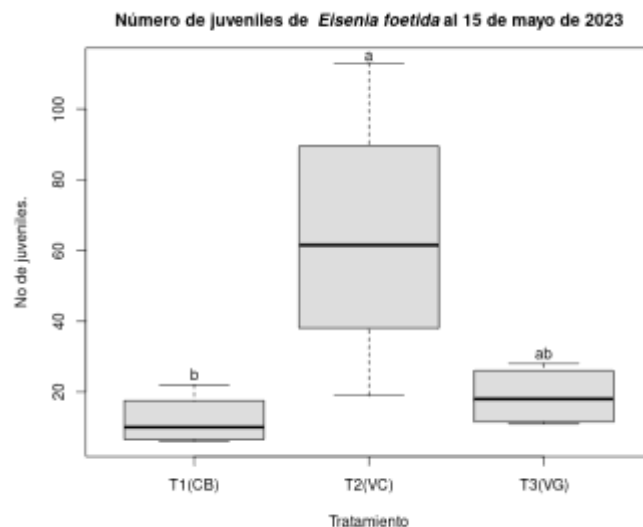


Figura 3. Efecto de tres sustratos en la reproducción y eclosión de juveniles de la lombriz roja californiana, *Eisenia foetida*.

### CONCLUSIONES

En general se encontraron diferencias en las variables medidas, desarrollo (cm), Peso (gr), reproducción (juveniles) y número de huevecillos en cada tratamiento. Se observó que el T2 (estiércol vacuno) mostro un mejor efecto en el desarrollo, peso, reproducción y número de huevecillos, que los tratamientos 1 (caballar) y 3 (residuo vegetal), solamente en el caso de juveniles el T-3 (residuos vegetales) fue mayor que el T2 (caballar). El crecimiento y reproducción de la lombriz *E. foetida* están directamente relacionados con el tipo de sustrato en el cual vive y se desarrolla, este influye tanto en el peso como en su reproducción. El tratamiento con estiércol caballar presento más huevecillos que el residuo orgánico, pero obtuvo un menor peso. La relación inversa entre peso y reproducción, concuerda con lo descrito por Romero y Cerrato (2002), quienes encontraron que una mayor tasa de reproducción correspondió a un menor peso por individuo al final del ensayo.

### REFERENCIAS

- Aynehband, A., Gorooei, A., & Moezzi, A. A. (2017). Vermicompost: An eco-friendly technology for crop residue management in organic agriculture. *Energy Procedia*, 141, 667-671.
- Canales Gutiérrez, A., Solís Ramos, B. J., Panca Castañeda, R. J., & Quispe Cáceres, B. L. (2020). Crianza de *Eisenia foetida* (lombriz roja) en diferentes sustratos de desarrollo biológico. *Ecología Aplicada*, 19(2), 87-92.
- Chicaiza, J. P. (2007). *Producción de lombriz roja californiana (Eisenia foetida) y lombrihumus con estiércol de vaca, cabra, cerdo y caballo* (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2012).
- Durán, L., & Henríquez, C. (2009). Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, 33(2), 275-281.
- Galindo Pardo, F. V., Fortis Hernández, M., Preciado Rangel, P., Trejo Valencia, R., Segura Castruita, M. Á., & Orozco Vidal, J. A. (2014). Caracterización físico-química de sustratos orgánicos para producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo sistema protegido. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(7), 1219-1232.
- Gonzalez, M. A. S. (2007). *Biodegradación de Alperujo utilizando hongos del género Pleurotus y anélidos de la especie Eisenia foetida* (Doctoral dissertation, Universidad de Granada).
- Huerta Fernández, P., Loli Figueroa, O., Alegre Orihuela, J., García Pérez, A., Mendoza, A., Huerta Fernández, A., ... & Vásquez Arce, V. (2021). Influencia de vermicompost en el rendimiento de *Vitis vinifera* L. cv. Malbec en Ica, Perú. *Idesia (Arica)*, 39(4), 121-128.

- López, C., Ruelas-Ayala, R. D., Sañudo-Torres, R. R., Armenta-López, C., & Félix-Herrán, J. A. (2013). Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). *Tecnociencia Chihuahua*, 7(2), 81-87.
- Martínez, C. (1996). Potencial de la lombricultura. *Elementos básicos para su desarrollo*. Eds. A. Carballo y S. Bravo, Texcoco, México.
- Morales-Munguía, J. C., Fernández-Ramírez, M. V., Montiel-Cota, A., & Peralta-Beltrán, B. C. (2009). Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*Eisenia foetida*). *Biotecnia*, 11(1), 19-26.
- Peralta-Veran, L., Juscamaita-Morales, J., & Meza-Contreras, V. (2016). Obtención y caracterización de abono orgánico líquido a través del tratamiento de excretas del ganado vacuno de un establo lechero usando un consorcio microbiano ácido láctico. *Ecología aplicada*, 15(1), 1-10.
- Pinos-Rodríguez, J. M., García-López, J. C., Peña-Avelino, L. Y., Rendón-Huerta, J. A., González-González, C., & Tristán-Patiño, F. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia*, 46(4), 359-370.
- Romero, S. S., & Cerrato, R. F. (2002). Dinámica poblacional de *Eisenia andrei* (Bouché 1972) en diferentes residuos orgánicos. *Terra Latinoamericana*, 20(3), 303-310.
- Schuldt, M., Rumi Macchi Zubiaurre, A., & Gutiérrez Gregoric, D. E. (2005). Estimación de la capacidad de porte en lombricultivos de *Eisenia fetida* (Oligochaeta, Lumbricidae) con distintas materias orgánicas. *Revista Argentina de Producción Animal*, 25.
- Somarriba, R., & Guzmán, F. (2004). Guía de lombricultura. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.
- Tineo Bermúdez, A. L. (1994). Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícolas.



## EFFECTO DE LOS ABONOS ORGÁNICOS EN LA PRODUCCIÓN DE AJO (*ALLIUM SATIVUM*) Y EN LA CALIDAD DEL SUELO BAJO RIEGO POR GOTEO EN LA COMARCA LAGUNERA

Lucio M. A. O.<sup>1</sup>; Vázquez V. C.<sup>1</sup>; Orona C. I.<sup>1</sup>; Gallegos R. M. Á.<sup>1</sup>; Cervantes, V. T. J. Á.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km. 32, ejido Venecia. C.P. 34371. Gómez Palacio, Durango, México.

\*Autor de correspondencia (adrianlucio331@gmail.com.)

### RESUMEN

El ajo es un cultivo económicamente importante en el mundo y en México. El rendimiento del ajo es afectado por la posición y orientación del diente al momento de plantación aun cuando se utilice la plantación mecanizada, consecuentemente. Aunado a esto los efectos en el suelo y en diferentes cultivos ha sido estudiado en la Comarca Lagunera con el uso de estiércol bovino solarizado, se requiere investigar los efectos en el cultivo de ajo. El presente trabajo evaluó tres diferentes dosis de estiércol bovino (40,60 y 80 t ha<sup>-1</sup>) como fuente nutrimental orgánica al ser comparada con la fertilización convencional (100-265-00) con tres repeticiones sobre el efecto en el rendimiento y el número de dientes de ajo. No existió diferencia significativa entre los tratamientos aplicados sobre el rendimiento y el número de dientes de ajo lo cual implica que la fertilización orgánica en las dosis de 40,60 y 80 t ha<sup>-1</sup> suple las necesidades nutrimentales del ajo.

**Palabras clave:** estiércol bovino, número de dientes, rendimiento.

### ABSTRACT

Garlic is an economically important crop in the world and in Mexico. The yield of garlic is affected by the position and orientation of the clove at the time of planting even when mechanized planting is used, consequently. In addition to this, the effects on the soil and on different crops have been studied in the Comarca Lagunera with the use of solarized bovine manure, the effects on garlic cultivation are required to be investigated. The present work evaluated three different doses of bovine manure (40,60 and 80 t ha<sup>-1</sup>) as an organic nutritional source when compared with conventional fertilization (100-265-00) with three repetitions on the effect on yield and number of garlic cloves. There was no significant difference between the treatments applied on the yield and number of garlic cloves, which implies that organic fertilization at doses of 40,60 and 80 t ha<sup>-1</sup> meets the nutritional needs of garlic.

**Key words:** bovine manure, number of teeth, yield.

## INTRODUCCIÓN

La especie *Allium sativum* comúnmente conocida como “ajo” es originario de Asia central y se ha ido domesticando alrededor del mundo por sus propiedades culinarias y farmacológicas. Otros efectos beneficiosos del consumo de ajo incluyen la reducción de la presión arterial, el colesterol en sangre, el azúcar y los lípidos. Ante la aparición de la COVID-19 y la demanda de alimentos que ayuden a fortalecer el sistema inmunológico, se ha evidenciado el aumento de interés en el consumo de este bulbo (FAO, 2020). El ajo es uno de los antibióticos naturales más eficaces contra el amplio espectro de virus y bacterias. En el 2022 China fue el principal país productor a nivel mundial con 42, 729, 137 toneladas y México ocupó el lugar 13 con 89487 t (FAOSTAT, 2024). En el 2022, Zacatecas fue el estado más productivo con 853,490 toneladas (SIAP, 2024). La aplicación de estiércol bovino en la Comarca Lagunera ya ha sido estudiada; por ejemplo, en maíz los mejores resultados fueron obtenidos aplicando 120 t ha<sup>-1</sup> de estiércol incrementando la fertilidad natural de los suelos en los que se aplicó y obteniendo resultados similares al químico convencional (Salazar-Sosa et al., 2009). Sin embargo, este cultivo de interés no ha sido estudiado a fondo en la Comarca Lagunera, por tal motivo el objetivo y encontrar la dosis de estiércol con mayor rentabilidad del cultivo de ajo y que mejore las características físico-químicas del suelo al ser comparado con una fertilización convencional.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características del sitio experimental

La precipitación pluvial es de 252 mm y la temperatura media anual es de 22.5 °C. Los suelos típicos de la región presentan pH alcalinos y ricos en carbonatos (Flores-Sánchez et al., 2015), con contenidos pobres de materia orgánica, clasificados como suelos de aluvión, tipo Aridisol.

### Manejo del cultivo

La variedad usada para este experimento fue la Calerense variedad generada en Zacatecas la cual es una variedad de ajo jaspeado cuyas principales características distintivas son: crecimiento y maduración de plantas homogéneo, dientes con distribución más compacta y homogénea que otras variedades, lo que hace que los bulbos tengan un peso específico más alto, así como rendimiento superior a otras variedades establecidas en el estado de Zacatecas.

La siembra se realizó el día 12 de octubre de 2022, establecidas en camas de siembra de 0.85 m de ancho y 5 m de Largo con una separación entre camas de 1 m, con seis hileras de plantas por cama y regadas con tres cintillas de riego por goteo, colocando una cintilla para cada dos hileras de plantas.

Se utilizó un sistema de riego por goteo, con el cual se realizan los riegos cada tercer día. La fertilización se realizó cuando se estableció el experimento usándose una dosis química (100-265-00).

El estiércol bovino se aplicó 30 días antes de la siembra correspondientes a las dosificaciones de 40, 60 y 80 t ha<sup>-1</sup>. Se le aplicó un herbicida cuando se estableció el cultivo y después del primer riego. El diseño utilizado fue bloques al azar con tres repeticiones. Teniendo un total de 4 tratamientos (40, 60, 80 t ha<sup>-1</sup> de estiércol bovino y Fertilización química) con tres repeticiones.

Las variables evaluadas al finalizar el experimento fueron rendimiento y número de dientes como parte de las variables biofísicas evaluadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el rendimiento, no mostro diferencia significativa entre los tratamientos, tan solo la diferencia entre el tratamiento químico y el tratamiento con 80 t ha<sup>-1</sup> es de 0.1 t ha<sup>-1</sup>. Estos resultados, evidencian que la fertilización con estiércol bovino con la dosis de 80 t ha<sup>-1</sup> favorece el desarrollo del bulbo de ajo variedad Calerense y puede suplir a la fertilización química. Diferentes investigadores no encontraron diferencias significativas para el rendimiento con la dosis de 80 t ha<sup>-1</sup> y compararlo con la FQ (Trejo-Escareño et al., 2013 y Rodríguez-Dimas et al., 2009) en diferentes cultivos.

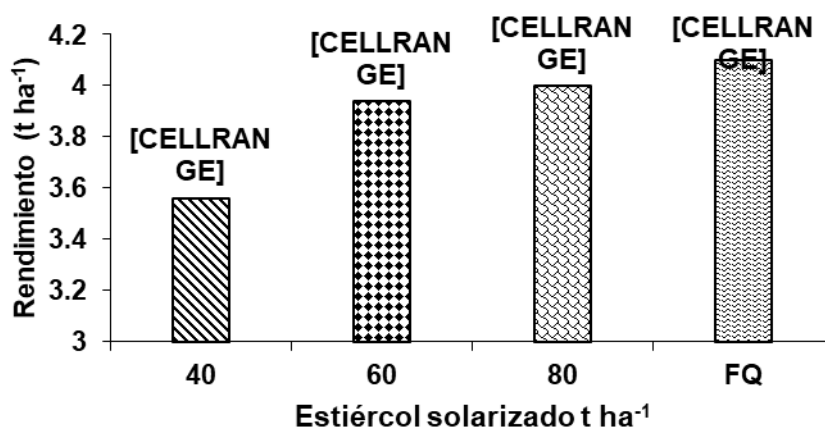


Ilustración 1 Figura 1. Rendimiento de ajo (t ha<sup>-1</sup>) en los tratamientos de estiércol solarizado y fertilización química FAZ, UJED, 2022. FQ= Fertilización química. Letras diferentes en las barras indican diferencia significativa con  $P \leq 0.05$ .

### Numero de dientes

El número de dientes no se ve influenciado por las dosis de estiércol aplicadas ni por la fertilización química (Figura 2), esto se puede atribuir a las características genéticas de la variedad y no se ven influenciados el numero de dientes en los tratamientos.

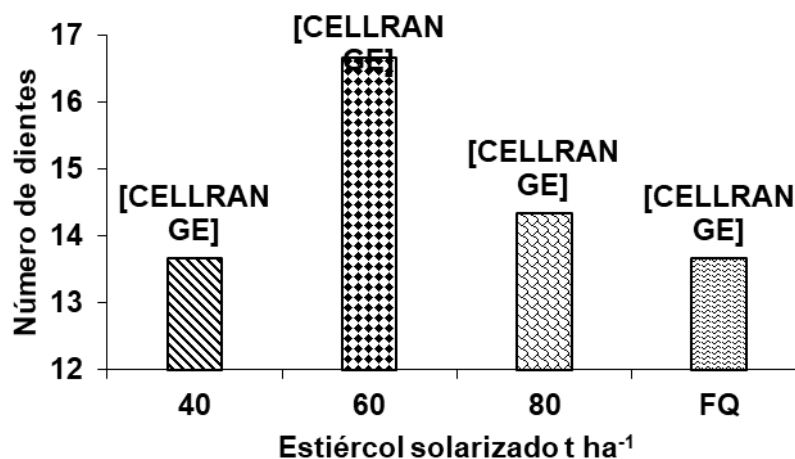


Ilustración 2Figura 2. Número de dientes en los tratamientos de estiércol solarizado y fertilización química FAZ, UJED, 2022. FQ= Fertilización química. Letras diferentes en las barras indican diferencia significativa con  $P \leq 0.05$ .

### CONCLUSIONES

No existió diferencia estadística significativa en el rendimiento y número de dientes de ajo entre los tratamientos con estiércol bovino (40, 60 y 80 t ha<sup>-1</sup>) y la fertilización química, lo que indica que para el cultivo de ajo la dosis de ajo puede suplir las necesidades nutrimentales, hasta con 40 t ha<sup>-1</sup> de estiércol bovino, sin embargo falta evaluar los efectos residuales en el suelo por efecto de la aplicación del estiércol bovino, también es necesario seguir aplicando continuamente las dosis de 40, 60 y 80 t ha<sup>-1</sup> para evaluar los efectos de este abono en el cultivo de ajo

---

**REFERENCIAS**

- FAO. 2020. El ajo en el mercado mundial. Perú. Rueda-A.-L. 2022. Evaluación de productividad del ajo (*Allium sativum* L.), con la aplicación de tres fertilizantes orgánicos en el cantón San Pedro de Huaca, Ecuador. Tesis, facultad de industrias agropecuarias y ciencias ambientales, universidad politécnica estatal del carchi, Tulcán, Ecuador. 47p.
- Faostat, disponible en : <https://www.fao.org/faostat/es/#data> (consultada 10 de agosto 2024)
- Flores-Sánchez, B.; M. Á. Segura-Castruita, M. Fortis-Hernández, L. Martínez-Corral, R. A. Aldaco-Nuncio y J. A. Orozco-Vidal. 2015. Enmiendas de estiércol solarizado en la estabilidad de agregados de un Aridisol cultivado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6: 1543-1555.
- Rodríguez, D. N.; Cano, R. P.; Figueroa, V. U.; Favela, C. E.; Moreno, R. A.; Márquez, H. C.; Ochoa, M. E. y Preciado, R. P. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *Terra Latinoam.* 27(4):319-327.
- Salazar, S. E.; Trejo, E. H. I.; Vázquez, V. C.; López, M. J. D.; Fortis, H. M.; Zuñiga, T. R. y Amado, Á. J. P. 2009. Distribución de nitrógeno disponible en suelo abonado con estiércol bovino en maíz forrajero. *Terra Latinoam.* 27(4):373-382
- Salazar, S. E.; Trejo, E. H. I.; Vázquez, V. C.; López, M. J. D.; Fortis, H. M.; Zuñiga, T. R. y Amado, Á. J. P. 2009. Distribución de nitrógeno disponible en suelo abonado con estiércol bovino en maíz forrajero. *Terra Latinoam.* 27(4):373-382.
- SIAP, sistema de información agropecuaria disponible en <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (consultada 10 de agosto 2024)
- Trejo, E. H. I.; Salazar, S. E.; López, M. J. D. y Vázquez, V. C. 2013. Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 4(5):727-738.

## ADAPTACIÓN DE TRES ESPECIES DE MAGUEY EN PLANTACIONES COMERCIALES ESTABLECIDAS EN DURANGO MÉXICO

Julio César Ríos Saucedo<sup>1\*</sup>, Rigoberto Rosales-Serna<sup>1</sup>, Donaji Sierra Zurita<sup>1</sup> y Saúl Santana-Espinoza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INIFAP – Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango – El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. <sup>2</sup>INIFAP – Campo Experimental La Laguna. Boulevard José Santos Valdéz 1200 Pte. Matamoros, Coah., México. C. P. 27440. \*e-mail: jriossaucedo@hotmail.com

### RESUMEN

El maguey (*Agave* spp.) tiene especies endémicas de importancia industrial y económica en Durango. El objetivo fue evaluar la adaptación de tres especies de maguey en plantaciones comerciales establecidas en Durango, México. El 15 de julio de 2023, se estableció una plantación comercial en INIFAP-Durango, México. Las especies utilizadas fueron: *Agave durangensis* (Cenizo), *A. angustifolia* planta producida por semilla e hijuelos (Tepemete) y *A. americana* (Ígok), con una densidad de 667 plantas/ha. El 19 de marzo de 2024, se aplicaron dos tratamientos de fertilización: sin fertilización (testigo) y aplicación 10 t/ha de estiércol bovino en pélets. El suelo del sitio es franco (arcilloso y arenoso), con pH de 8.1 y valores moderadamente bajos de materia orgánica (1.5%), fósforo (16.7 mg/kg) y nitrógeno (5.5 mg/kg). El clima es templado semiárido, lluvias en verano y temperatura media anual de 17.4 °C. Las plantas de maguey cenizo y maguey tepemete se produjeron en vivero y las de maguey Ígok se adquirieron comercialmente. La parcela experimental fue una hilera de 20 a 65 m, con parcela útil de cinco plantas del centro de cada hilera y diez repeticiones por tratamiento de fertilidad. Se aplicó riego por goteo y el control de la maleza se efectuó con dos deshierbes con azadón y aplicación de herbicida (bromacil + diurón). Se evaluó altura de planta (AP) y diámetro de roseta (DR). El análisis de varianza para cada muestreo se realizó en un diseño completamente aleatorio, con arreglo factorial y diez repeticiones por tratamiento y la comparación de medias con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), en ambos casos con el programa SAS® ver. 9.4. Se observaron diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) entre especies (E) para AP y DR; mientras que, para los tratamientos de fertilización (T) se apreciaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ;  $p \leq 0.01$ ). En algunos muestreos se apreció significancia para la interacción (E x T), debido a la modificación de la respuesta de cada especie de maguey a la aplicación de abono orgánico. El maguey tepemete presentó niveles mayores para la AP desde, derivado de sus características morfológicas y edad. El maguey Ígok proveniente de semilla, superó en altura a las plantas provenientes de hijuelos, lo cuales resultaron afectados por su dependencia nutrimental de la planta madre. La densificación de la biomasa favoreció su manejo, almacenamiento y facilitó la aplicación en campo. El maguey cenizo y tepemete presentaron valores altos para DR, en comparación con el maguey Ígok (semilla e hijuelos). Lo anterior, fue más notorio en el tratamiento con fertilización orgánica y se relacionó con las características morfológicas y edad similar de dichas especies. Se observó respuesta positiva del maguey tepemete y maguey cenizo a la aplicación de abono orgánico. En el caso de maguey Ígok, la respuesta fue menor, debido a la edad inferior de la planta y su capacidad baja para responder. La incorporación de materia orgánica mejoró el crecimiento de las plantas de maguey, debido a que favoreció la disponibilidad de nutrientes, infiltración y retención de agua. Se observó influencia de la morfología y edad sobre la respuesta del crecimiento entre especies de maguey cenizo, tepemete e Ígok a la

incorporación de abono orgánico, la cual es una práctica agronómica apropiada para reducir el periodo entre la plantación y jima.

**Palabras clave.** Adaptabilidad, variedades, diversidad genética.

### ABSTRACT

The maguey (*Agave spp.*) has endemic species of industrial and economic importance in Durango. The objective was to evaluate the adaptation of three maguey species in commercial plantations established in Durango, Mexico. On July 15, 2023, a commercial plantation was established in INIFAP-Durango, Mexico. The species used were: *Agave durangensis* (Cenizo), *A. angustifolia* plant produced by seed and hijuelos (Tepemete) and *A. americana* (I gok), with a density of 667 plants/ha. On 19 March 2024, two fertilization treatments were applied: without fertilization (control) and application of 10 t/ha of bovine manure in pellets. The site soil is free (clayey and sandy), with a pH of 8.1 and moderately low values for organic matter (1.5%), phosphorus (16.7 mg/kg) and nitrogen (5.5 mg/kg). The climate is temperate semi-arid, with summer rainfall and an average annual temperature of 17.4°C. Maguey cenizo and maguey tepemete plants were grown in nurseries and maguey i gok plants were purchased commercially. The experimental plot was a row of 20 to 65 m, with a useful plot of five plants in the center of each row and ten repetitions per fertility treatment. Drip irrigation was applied and weed control was carried out with two scrubbing with hoe and application of herbicide (bromacil + diuron). Plant height (AP) and rosette diameter (DR) were evaluated. The analysis of variance for each sample was performed in a completely random design, with factorial arrangement and ten repetitions per treatment and comparison of means with the Tukey test ( $p < 0.05$ ), in both cases with the SAS® program. 9.4. Highly significant differences ( $p < 0.01$ ) were observed between species (E) for AP and DR; while, for fertilization treatments (T) significant differences were observed ( $p < 0.05$ ;  $p < 0.01$ ). In some samples, significant interaction (E x T) was observed due to the modification of the response of each maguey species to the application of organic fertilizer. The maguey tepemete presented higher levels for PA since, due to its morphological characteristics and age. The maguey I gok from seed outgrew the plants from the hives, which were affected by their nutrient dependence on the mother plant. Biomass densification favoured its management, storage and facilitated field application. The maguey cenizo and tepemete showed high values for DR, compared to the maguey I gok (seed and shoots). The above was more prominent in the treatment with organic fertilization and related to the morphological characteristics and similar age of these species. Positive response of maguey tepemete and maguey cenizo to organic manure application. In the case of maguey I gok, the response was lower due to the lower age of the plant and its low ability to respond. The incorporation of organic matter improved maguey plant growth, because it favored nutrient availability, infiltration and water retention. Morphology and age were observed to influence the growth response among maguey cenizo, tepemete and I gok species to organic manure incorporation, which is an appropriate agronomic practice to reduce the period between planting and harvest.

**Key words.** Adaptability, varieties, genetic diversity.



## INTRODUCCIÓN

El maguey es un género vegetal que incluye varias especies endémicas en Durango, las cuales cumplen una importante función ecológica, social y económica. Varias especies de maguey se han tornado de importancia industrial alta, debido al incremento en la demanda de bebidas destiladas y la aceptación que tiene el mezcal de Durango tanto en el mercado nacional, como de exportación. Las especies que adquirieron relevancia en los últimos años, son el maguey cenizo (*A. durangensis*), maguey tepemete, espadín y bacanora (*A. angustifolia*), maguey i'gok (*A. americana*) y maguey masparillo (*A. maximiliana*). Se han detectado algunas denominaciones confusas de las especies de maguey, debido a la diversidad alta y a la variación en el nombre asignado localmente. La preferencia por estas especies radica en la abundancia de inventarios naturales en Durango (*A. durangensis*), mejoramiento de las propiedades organolépticas de los destilados (*A. angustifolia*) y rendimiento de jugo después de la cocción. La mayor parte de la materia prima, representada por los tallos, conocidos también como piñas, se obtiene de poblaciones naturales de maguey sujeta a variaciones ambientales constantes. Cada lote de producción de mezcal es único, debido a que el corte (jima) se realiza con proporciones variables para diferentes especies de maguey que muestran la madurez aceptable y esto se combina con las variaciones estacionales en la composición de las plantas.

En la actualidad se ha incrementado la dificultad para la obtención de piñas maduras, con tamaño aceptable, según criterio de los jimadores, en áreas cercanas a las plantas de procesamiento artesanales (vinatas) e industriales (fábricas de mezcal). Lo anterior, ha creado dos problemas principales que son: el incremento de los costos de transporte y mano de obra; así como la sobre-explotación de las poblaciones más cercanas a las áreas de procesamiento. Con base en lo anterior, algunas empresas iniciaron desde hace varios años el establecimiento de plantaciones comerciales de maguey, principalmente cenizo y tepemete, en algunas áreas agrícolas de acceso fácil desde los puntos de procesamiento. Los terrenos utilizados se encuentran generalmente en abandono, son marginales y están cercanos a la zona de presencia natural de cada especie. Lo anterior, fomentó la producción de plántulas de maguey provenientes de semilla colectada en diferentes áreas de Durango, e incluso de otras entidades de México. Se ha establecido la necesidad de uso del germoplasma local de maguey para el establecimiento de plantaciones comerciales, con la finalidad de reducir riesgos de infestación de patógenos e insectos plaga, provenientes de varias áreas productoras de maguey en México. Otras opciones son la extracción de hijuelos, que son parte de la reproducción vegetativa del maguey y el cultivo de tejidos, para la multiplicación de plantas madre sobresalientes por su adaptación y tasas de crecimiento en las condiciones de cultivo utilizadas en Durango. El objetivo fue evaluar la adaptación de tres especies de maguey en plantaciones comerciales establecidas en Durango, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El 15 de julio de 2023, se estableció una plantación comercial de maguey en los terrenos del Campo Experimental Valle del Guadiana, que es la sede del INIFAP en Durango. Las especies de maguey utilizadas fueron: *Agave durangensis*, *A. angustifolia* (semilla e hijuelos) y *A. americana*. Además, el 19 de marzo de 2024, se aplicaron dos tratamientos de fertilización: sin fertilización (testigo) y aplicación de 1000 g (6 t/ha) de abono orgánico (*Pennisetum* sp.) densificado en pélets. El sistema de plantación fue en tresbolillo, con 5 m entre hileras y 3 m entre plantas (667 plantas/ha). El sitio experimental se ubicó en las coordenadas latitud N 23° 59' 27", longitud O 104° 37' 30" y una altitud de 1,881 m. El suelo predominante del sitio es del tipo franco (arcilloso y arenoso), el cual tiene capacidad intermedia para la retención de

humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 4 %, pH de 8.1 y presentó valores moderadamente bajos para contenido de materia orgánica (1.5%), fósforo (16.7 mg/kg) y nitrógeno (5.5 mg/kg). El clima predominante es templado semiárido [BS<sub>1</sub> kw (w) (e)], con régimen de lluvias en verano, variación fuerte de temperatura y la media anual para esta variable es de 17.4 °C (García, 1987). La lluvia acumulada durante el año alcanza un promedio de 476 mm, con valores altos entre junio y septiembre (Medina *et al.*, 2005).

Las plantas de maguey cenizo y maguey tepemete se produjeron en charolas de poliestireno expandido, en los invernaderos del Campo Experimental Valle del Guadiana. Las plántulas de maguey l'gok provenientes de semilla se adquirieron en un vivero local y los hijuelos fueron colectados cerca de Estación Canoas, Municipio del Mezquital, Dgo. La parcela experimental consistió en una hilera de longitud variable de 65 y 20 m, esto por la irregularidad del terreno; mientras que, la parcela útil fueron cinco plantas, con competencia completa, de la parte central de cada hilera. Se utilizaron palas poceras y se trasplantaron especímenes con raíz desnuda en el caso de maguey cenizo y maguey tepemete, en el caso de maguey l'gok, provenientes de semilla e hijuelo, se utilizaron plantas a raíz desnuda. Después del trasplante y cuando las condiciones lo requirieron, se aplicó riego de auxilio mediante la instalación de sistema presurizado, por goteo, con cintilla de polietileno de 16 mm y goteros situados en cada planta (2 m), los cuales suministraron 650 mL/h. Los riegos de auxilio se aplicaron con una duración de 2 h, para proporcionar 1,300 mL de agua a cada una de las plantas de maguey.

El control de la maleza se efectuó mediante dos deshierbes con azadón, complementado con aplicaciones de la mezcla comercial herbicida que incluye bromacil + diurón. En cinco plantas de la parte central de cada hilera se evaluó altura de planta y diámetro de la roseta. Se realizaron seis mediciones mensuales (M1...M6), La altura de la planta se midió con una regla métrica, precisión de 0.5 cm, desde la superficie del suelo y hasta la parte más alta del dosel. El diámetro de roseta se determinó con una regla métrica colocada en dos direcciones, en forma paralela y perpendicular a la línea de plantación. El análisis de varianza de los datos obtenidos para cada muestreo se realizó en un diseño completamente aleatorio, con arreglo factorial (especie y tratamiento de fertilización) y diez repeticiones por tratamiento. Cuando se registraron diferencias significativas se realizó la comparación de medias con base en la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). El análisis de varianza y la prueba de medias se efectuaron con el programa computacional SAS® ver. 9.4.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) entre especies (E) para altura de planta y diámetro de roseta (Cuadros 2 y 3); mientras que, para el caso de los tratamientos de fertilización (T) se apreciaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ;  $p \leq 0.01$ ), altas y estables, desde segundo muestreo. En algunos muestreos se apreció significancia para la interacción (E x T), debido a la modificación de la respuesta de las especies de maguey por efecto de la aplicación de abono orgánico densificado. El maguey tepemete presentó niveles mayores para la altura de planta desde el inicio de la evaluación, derivado de sus características morfológicas y edad más avanzada, con respecto a las demás especies, especialmente maguey cenizo, para el cual se utilizaron plantas con la misma edad (Figura 1). El maguey l'gok proveniente de semilla, superó en altura a las plantas provenientes de hijuelos, lo cuales resultaron afectados inicialmente, debido a su dependencia nutrimental previa de la planta madre, de donde fueron cortados. Los resultados concuerdan con los obtenidos previamente en Durango, en los que el maguey mostró respuesta favorable para el diámetro del tallo a la aplicación de abono orgánico (Rosales *et al.*, 2020).

Se observó que la densificación de la biomasa favorece su manejo, almacenamiento y facilitó la aplicación en campo. Se ha considerado que la incorporación de materia orgánica mejora las propiedades físico-químicas del suelo y favorece la extracción de nutrientes (Reyes *et al.*, 2019), lo cual puede incrementar el crecimiento y desarrollo de las plantas de diferentes especies de maguey.

**Cuadro 1.** Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable altura de planta evaluada en especies de maguey. 2024.

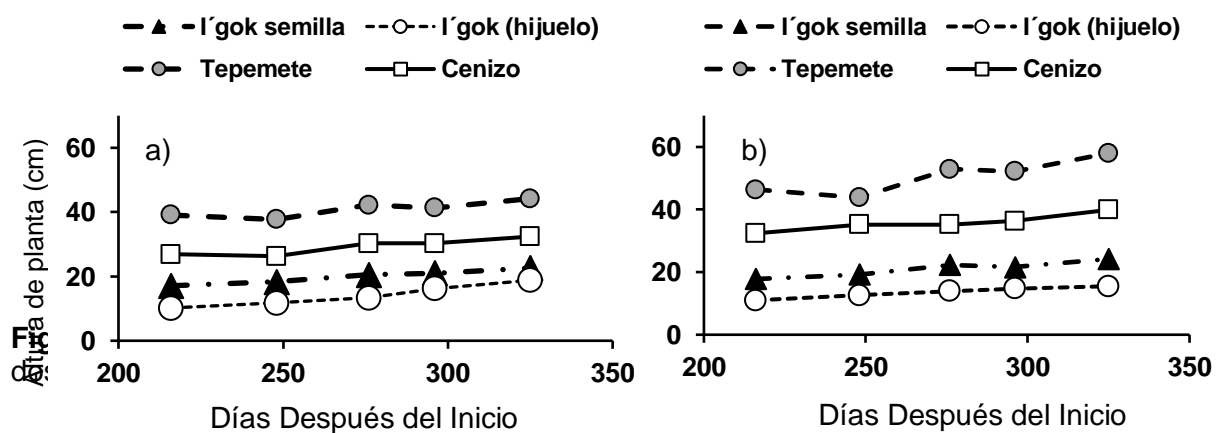
Fuentes de Variación	Grados de libertad	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Especie (E)	3	4014**	3226**	4355**	3842**	4510**	4219**
Tratamiento (T)	1	256 <sup>N.S.</sup>	359*	406**	320*	480**	987**
E * T	3	56 <sup>N.S.</sup>	1 <sup>N.S.</sup>	102 <sup>N.S.</sup>	156 <sup>N.S.</sup>	274**	319**
Error	72	65	97	52	60	65	57
Promedio		25	26	29	29	32	32
Coefficiente de Variación (%)		32	39	25	27	25	24

\*\*Altamente significativo ( $p \leq 0.01$ ), N.S. No significativo

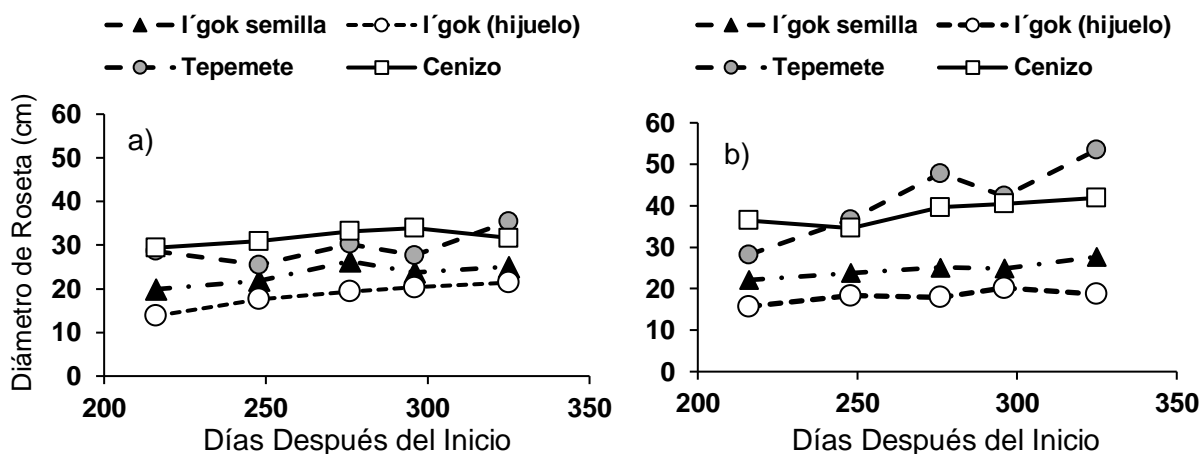
**Cuadro 2.** Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable diámetro de roseta evaluada en especies de maguey. 2024.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Especie (E)	3	1292**	3226**	1788**	1343**	2337**	2266**
Tratamiento (T)	1	146 <sup>N.S.</sup>	359*	572**	619**	1005**	972*
E * T	3	49 <sup>N.S.</sup>	1 <sup>N.S.</sup>	401**	226*	411**	857**
Error	72	55	97	76	62	92	169
Promedio		24	26	30	29	32	34
Coefficiente de Variación (%)		31	39	29	27	30	38

\*\*Altamente significativo ( $p \leq 0.01$ ), N.S. No significativo



El maguey cenizo y tepemete presentaron valores altos para el diámetro de roseta, en comparación con el maguey l'gok (semilla e hijuelos) (Figura 2). Lo anterior, fue más notorio en el tratamiento con fertilización orgánica y fue derivado de las características morfológicas y edad similar entre dichas especies, con respecto al maguey l'gok. Se observó respuesta positiva del maguey tepemete y maguey cenizo a la aplicación de abono orgánico. En el caso de maguey l'gok, la respuesta fue menor, debido a la edad inferior de la planta y su capacidad para responder al tratamiento de fertilización aplicado. Los resultados mostraron la importancia que tiene la aplicación de biomasa para favorecer el crecimiento vegetativo de las plantas de diferentes especies de maguey en Durango.



**Figura 2.** Respuesta en diámetro de roseta evaluada en diferentes especies de maguey con dos tratamientos de fertilización: a) sin aplicación y b) abono orgánico.

La respuesta observada en maguey se debió a la capacidad de la biomasa incorporada al suelo para favorecer la disponibilidad de nutrientes; así como, la infiltración y retención de agua, la cual es utilizada paulatinamente por la planta. Se registró influencia de la morfología y edad de la planta de cada especie sobre la respuesta en la altura y diámetro de roseta, por lo que es recomendable realizar evaluaciones por separado y para cualquiera de los tratamientos evaluados.

## CONCLUSIONES

Se observaron diferencias en la adaptación y crecimiento inicial entre las especies de maguey cenizo, tepemete e l'gok. Lo anterior, se derivó de la respuesta al manejo agronómico implementado en condiciones de cultivo, debido al estado silvestre de dichas especies. Además, se registró influencia de la edad de la planta y la morfología de cada una de las especies de maguey incluidas en el estudio. La aplicación de abono orgánico favoreció el crecimiento de todas las especies de maguey incluidas en el estudio, por lo que se consideró una práctica agronómica apropiada para reducir el periodo entre la plantación y jima de estas especie de importancia industrial y económica en Durango.

---

**REFERENCIAS**

- García M. E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4a. ed. Enriqueta García de Miranda. México, D. F. 217 p.
- Medina G. G., G. Díaz P., J. López H., J. A. Ruiz C., M. Marín S. 2005. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Durango (Periodo 1961- III Congreso Nacional COMEII 2017, Puebla, Pue., del 28 al 30 de noviembre 2003). Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, México. 224 p
- Reyes R., C. M., R. Rosales S., S. B. Rosales A., J. C. Ríos S., I. A. Ortiz S., S. Santana E., y P. A. Domínguez M. 2019. Niveles observados para la degradación de las propiedades químicas en suelos usados para la producción agrícola. *Agrofaz-Journal of Environmental and Agroecological Sciences* 1(1): 21-31.
- Rosales S., R., J. C. Ríos S., S. Rosales M., S. Santana E., y P. A. Domínguez M. 2020. Fertilización química y crecimiento de maguey cenizo y sotol en plantaciones comerciales establecidas en Durango. *Ciencia e Innovación* 3(1): 43-52. ISSN-2594-150X

A close-up photograph of a corn plant. The central focus is a green ear of corn still attached to the stalk, partially covered by its husk. The surrounding leaves are vibrant green and show some signs of wear, such as small brown spots. The background is a dense field of similar corn plants, creating a sense of a healthy crop.

# Producción Agrícola



## EFFECTIVIDAD DE INSECTICIDAS CONVENCIONALES EN EL CONTROL DE ADULTOS DE *Aedes aegypti* (L.) (DIPTERA: CULICIDAE) EN TRES LOCALIDADES DEL ESTADO DE DURANGO

Carla Briseida González-García<sup>1</sup>, Verónica Ávila-Rodríguez<sup>1</sup>, Urbano Nava-Camberos<sup>2</sup>, Homero Sánchez-Galván<sup>1</sup>, Alexander M. Czaja

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. <sup>2</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango.

e-mail: [vavilar@gmail.com](mailto:vavilar@gmail.com)

### RESUMEN

Se ha reconocido a *Aedes aegypti* como el vector más importante en la transmisión de enfermedades humanas, como Fiebre amarilla, Zika, Chikungunya y especialmente Dengue. Estas enfermedades virales representan un gran problema de salud pública, la cual nuevamente se ha incorporado a la agenda de prioridades de atención, debido a que la incidencia y el impacto sobre la morbilidad y mortalidad de la población han aumentado significativamente. El control y la prevención del dengue depende en gran medida de la aplicación de insecticidas y esta medida continúa siendo una de las estrategias importantes en el control del vector *Ae. aegypti*. La utilización racional de los insecticidas contra los mosquitos vectores de enfermedades requiere de la evaluación previa de la efectividad de los insecticidas, puesto que el uso intensivo y extensivo provoca resistencia en los vectores. En la presente investigación se analizaron cuatro insecticidas con la finalidad de evaluar la efectividad (residualidad y susceptibilidad) en adultos de *Aedes aegypti*. Los insecticidas evaluados fueron ficam, propoxur, pirimifos-metil y k-othrine, en el contexto de los municipios de Gómez Palacio, Lerdo y Durango (capital), México. El insecticida bendiocarb mostró adecuada efectividad y residualidad después de cuatro meses de aplicación en el control de *Ae. aegypti* para la localidad de Gómez Palacio. En las localidades de Durango y Lerdo su efecto residual se mantuvo hasta los 90 días después de su aplicación. El insecticida propoxur mostró adecuada efectividad y residualidad en el control de *Ae. aegypti* para las localidades de Durango y Gómez Palacio. En la localidad de Lerdo su efecto residual se mantuvo hasta los 90 días después de la aplicación. El insecticida deltametrina no mostró de manera consistente buena efectividad y residualidad en el control de *Ae. aegypti* en las localidades de estudio, por lo que no se recomienda su uso en el programa del control de vectores en el estado de Durango. El insecticida pirimifós-metil mostró la



menor efectividad y residualidad en el control de *Ae. aegypti* en las diferentes localidades bajo estudio.

**Palabras clave:** *Aedes aegypti*, insecticidas, vectores, efectividad, residual.

### ABSTRACT

*Aedes aegypti* has been recognized as the most important vector in the transmission of human diseases, such as yellow fever, zika, chikungunya and, mainly, dengue. These viral diseases represent a meaningful public health problem, which has been incorporated once again to the agenda of priorities of attention, due to the fact that the impingement and impact on the morbidity and mortality of the population has increased significantly. The control and prevention of dengue depends to a large extent on the application of insecticides; this measure continues to be one of the important strategies in the control of the *Ae. aegypti* vector. Nonetheless, the rational use of insecticides against mosquito vectors of diseases requires prior evaluation of the effectiveness of insecticides, as long as its intensive and extensive use causes resistance in vectors. In the present investigation four insecticides were analyzed in order to evaluate the effectiveness, in terms of residuality and susceptibility, of the *Ae. aegypti*. The insecticides evaluated were ficam, propoxur, pirimiphos-methyl and k-othrine, in the context of the municipalities of Gomez Palacio, Lerdo and Durango City, Mexico. Although the insecticide bendiocarb showed adequate effectiveness and residuality rates after four months of application in the control of *Ae. aegypti* its residual effects remained until 90 days after its application in Gomez Palacio, Durango and Lerdo. The insecticide propoxur, for its part, showed adequate effectiveness and residuality in the control of *Ae. aegypti* in Durango and Gomez Palacio. In Lerdo, however its residuality effect was kept until 90 days after its application. The insecticide deltamethrin did not show consistently good effectiveness and residuality rates in the control of *Ae. aegypti* in the studied locations, that's why its usage is not recommended for the Program of Vector Control in the State of Durango. The insecticide pirimiphos-methyl showed less effectiveness as much as residuality in the control of *Ae. aegypti* in the localities under study.

**Key words:** *Aedes aegypti*, insecticide, vectors, effectiveness, residuality.

## INTRODUCCIÓN

Los mosquitos (Diptera: Culicidae) son de los vectores más importantes de enfermedades humanas. Especialmente, se ha reconocido la importancia del mosquito *Aedes aegypti* (L.) en el ciclo de transmisión de varias enfermedades, principalmente dengue. La cual nuevamente se ha incorporado a la agenda de prioridades de atención, debido a que la incidencia y el impacto sobre la morbilidad y mortalidad de la población han aumentado significativamente (Secretaría de Salud, 2016). Por sus hábitos se le considera doméstico ya que está estrechamente relacionado con el humano, se encuentra en aéreas urbanas, suburbanas, y ha colonizado sustancialmente el medio rural (Thirion, 2002). El dengue es una de las enfermedades más importantes transmitidas por vectores en todo el mundo y representa un problema de salud pública en México. En México, 60% del territorio nacional tiene las condiciones ambientales ideales para el desarrollo del mosquito vector, por lo que hay áreas en las que se reportan casos de dengue, zika y chikungunya (Pando *et al.*, 2020). El control y la prevención del dengue depende en gran medida de la aplicación de insecticidas y esta medida continúa siendo una de las estrategias importantes en el control del vector *Ae. aegypti*. La utilización racional de los insecticidas contra los mosquitos vectores de enfermedades requiere de la evaluación previa de la efectividad de los insecticidas, puesto que el uso intensivo y extensivo provoca resistencia en los vectores.

El conocimiento de la dinámica de la población de *Ae. aegypti* podría contribuir al diseño de estrategias más efectivas de control vectorial y ayudaría a comprender, además, la historia evolutiva de las poblaciones del mosquito, su adaptación ambiental, la propagación de cepas resistentes a los insecticidas, sus nuevos comportamientos ecológicos y la epidemiología de la enfermedad (Caldera, 2013). La resistencia se ha desarrollado en cada uno de los grupos de insecticidas, existen numerosos reportes sobre la resistencia en *Ae. aegypti*. El hecho de que algunos de los insecticidas generalmente confieren resistencia cruzada, se convierte en el problema técnico más importante que enfrentan los programas de control de vectores (Secretaría de Salud, 2020; Tejeda 2018). El control químico, a través de insecticidas, ha sido una estrategia común para la reducción de la densidad poblacional en la fase adulta del mosquito. En algunas ocasiones el uso constante de insecticidas, la deficiente aplicación o dosis usada (sobredosificación o subdosificación), han hecho que los insectos estén expuestos a una intensa presión selectiva. Debido a que las poblaciones de mosquitos son dinámicas con ciclos de vida muy cortos, y como resultado de esta continua presión selectiva, se ha dado como resultado la resistencia a insecticidas (Secretaría de Salud, 2016). En México se utilizan diferentes insecticidas para el control de *A. aegypti*, en la actualidad se aplican adulticidas residuales principalmente el bendiocarb, ficam y deltametrina en la Secretaría de Salud.

Es por ello que se llevó a cabo la presente investigación con el objetivo de determinar la efectividad biológica de insecticidas convencionales en el control de poblaciones de *Ae. aegypti* de tres localidades del estado de Durango.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Material biológico.** El material biológico para los bioensayos de eficacia biológica fueron mosquitos hembra *Ae. aegypti* de 3-5 días de post-emergencia, sin alimentación sanguínea, generación F1 de cepas parentales establecidas a partir de huevos recolectados con ovitrampas (dispositivos hechos de un bote de plástico color negro, con capacidad de un litro, el cual es llenado y cubierto de agua con papeletas de pellón) en las localidades de Durango, Lerdo y Gómez Palacio, Durango y criadas en condiciones de insectario (temperatura constante de  $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , una humedad relativa de  $70 \pm 10\%$ ) (CENAPRECE, 2020).

**Insecticidas evaluados.** Los productos evaluados fueron bendiocarb, propoxur, pirimifos-metil y deltametrina, cuyos formulados pueden o no contener sinergistas y/o coadyuvantes. El formulado evaluado, se aplicó siguiendo la dilución y tamaño de gota que vienen en las instrucciones otorgadas por el fabricante.

**Metodología para la prueba de efectividad y residualidad en conos de la OMS.** El procedimiento de bioensayo fue el siguiente: 1) se impregnaron los bloques de sustrato a evaluar con el insecticida a través del equipo de aspersion, se utilizaron cuatro bloques de cada sustrato a evaluar, tres se impregnaron con el formulado y el cuarto fue el bloque control el cual no se impregnó con el formulado; 2) se colocaron y fijaron los conos de acetato en los sustratos a evaluar; 3) con el aspirador manual, se introdujeron dentro de cada cono 15 mosquitos hembra, se recomienda que el tubo sea curvo para facilitar la introducción y extracción de los mosquitos; 4) el tiempo de exposición fue de una hora, una vez transcurrido este tiempo se extrajeron los mosquitos; 5) se hizo una primera lectura del número de especímenes caídos; 6) se tomaron las lecturas de derribo siguientes a las 24 horas para determinar la mortalidad aguda del formulado; 7) usando el mismo bloque sustrato repetir el procedimiento desde el inciso 4 al día 7, 15, 30, 60 y 120. La lectura de derribo solo se realizó una hora después de la exposición al formulado.

**Criterios de evaluación del efecto.** Los resultados de mosquitos caídos/muertos observados posteriormente a la exposición a los sustratos impregnados nos permite determinar la eficacia y residualidad de los formulados probados. Se considerará el criterio establecido en la NOM-032-SSA2-2014 para la vigilancia epidemiológica, promoción, prevención y control de las enfermedades transmitidas por vectores, en su numeral 6.10.4. "Para adulticidas en rociado residual: mortalidad aguda  $>98\%$  y efecto residual  $>75\%$  durante 4 meses como mínimo, en sustratos como madera, adobe, concreto, azulejo, tabique, entre otros usados de manera regional", será considerado como un formulado insecticida con eficacia y permitido para su uso en el combate de insectos vector. Para el procesamiento de los datos, se compilaron en un documento de Excel para después ser tratados en el programa estadístico SAS, es decir, que los datos fueron procesados para mostrar estadísticamente los porcentajes de mortalidad y residualidad respectivamente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Efectividad y residualidad del insecticida bendiocarb (FICAM).** Los porcentajes de mortalidad de *Ae. aegypti* mostrados para las localidades de Durango y Lerdo fueron del 100% hasta los 90 días después del tratamiento; mientras que para la localidad de Gómez Palacio fueron del 100% hasta los 120 días después del tratamiento. Se observaron porcentajes de mortalidad significativamente más bajos para Durango (11.1%) y Lerdo

(42.2%) que Gómez Palacio (100%) a los 120 días después del tratamiento (Figura 1). Lo que indica que el insecticida bendiocarb presenta alta eficacia y residualidad para permitir su uso en el combate de insectos vectores en la localidad de Gómez Palacio. Al respecto, la NOM-032-SSA2-2014 para la vigilancia epidemiológica, promoción, prevención y control de las enfermedades transmitidas por vectores, establece como criterio para el uso de un plaguicida en el programa de control de vectores que demuestre una mortalidad aguda >98% y efecto residual >75% durante 4 meses (120 días) como mínimo.

Correa–Morales et al. (2019) realizaron un estudio para evaluar la eficacia residual del insecticida bendiocarb, utilizando una dosis de 0,407 AI/ m<sup>2</sup>. Donde obtuvieron una eficacia residual óptima del 80% para el insecticida bendiocarb, la cual fue de 3 meses en cemento y 2 meses para madera y textiles. Por su parte el CENAPRECE (2020) reportó que el bendiocarb cumple con el criterio de 98% de mortalidad aguda para *Ae. aegypti* en el estado de Durango, pero no cumple con el criterio de efecto residual (>75% durante 4 meses), ya que se obtuvo al rededor del 73% a los 120 días. Estos resultados son similares a los del presente estudio. Con respecto a estudios de resistencia de *Ae. aegypti* al insecticida bendiocarb Cáceres et al. (2013) obtuvieron que ocho cepas de *Ae. aegypti* de Panamá resultaron sensibles ya que el porcentaje de mortalidad osciló entre 99.4 % y 100 % a las 24 horas después de su exposición. Así mismo López-Solís et al. (2020) reportaron que dos cepas de *Ae. aegypti* de Chiapas resultaron altamente sensibles a este insecticida con una mortalidad del 80% y 100% en las dos localidades evaluadas.

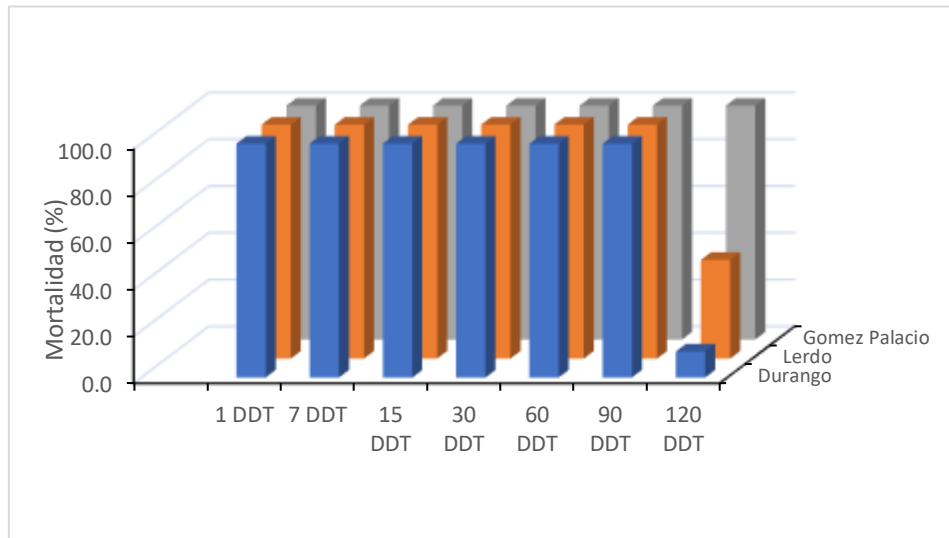


Figura 1. Porcentajes de mortalidad de *Ae. aegypti* al insecticida bendiocarb (FICAM) en diferentes periodos de exposición.

**Efectividad y residualidad al insecticida propoxur (Propoxur).** Para los porcentajes de mortalidad de *Ae. aegypti*, las tres localidades evaluadas se mostró un resultado positivo en cada una de ellas, obteniendo un 100% de mortalidad hasta los 15 días después de la exposición, las localidades mostraron una ligera variación en cuanto a la supervivencia de los mosquitos a los 30 días, en donde Durango obtuvo un 89.9% de mortalidad, Lerdo un

87.1% y Gómez Palacio con un 85.7% de mortalidad respectivamente. Posterior a los 30 días se comprobó una residualidad del 100% en cada uno de ellos, sino hasta los 90 días fue cuando nuevamente volvió a bajar levemente la mortalidad hasta un 88.9% en Lerdo, un 82.2% en Gómez Palacio y un 100% en Durango. A los 120 días se obtuvo nuevamente una mortalidad del 100% para Durango y Gómez Palacio, del 42.2% en Lerdo, demostrando que la residualidad del producto es positiva para las localidades de Durango y Gómez Palacio, por lo tanto, tendría un buen impacto para el programa de vectores (Figura 2). Se observó un porcentaje menor de mortalidad para la comunidad de Lerdo (42.2%) que en Durango y Gómez Palacio con 100% respectivamente lo cual indica que hay una diferencia significativa a través de los días de exposición de los mosquitos (Figura 2). Según los resultados obtenidos el insecticida propoxur se considera como una excelente herramienta que se puede utilizar para el combate de *Ae. aegypti* transmisor del dengue y otras enfermedades. CENAPRECE (2020) reportó que el propoxur cumple con el criterio de mortalidad de 98% de mortalidad aguda para *Ae. aegypti* en el estado de Durango, de igual manera cumple con el criterio de efecto residual >75% durante 4 meses; lo cual es similar a los resultados del presente estudio. Con respecto a estudios de susceptibilidad de *Ae. aegypti* a insecticidas Cáceres et al. (2013); López- Solís et al. (2020) reportaron una mortalidad de 99% y 100% respectivamente, a las 24 horas después de su exposición.

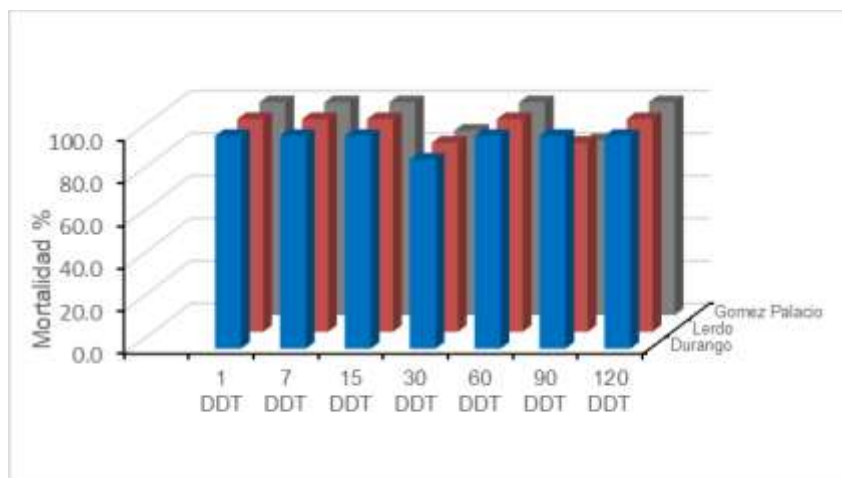


Figura 2. Porcentajes de mortalidad de *Ae. aegypti* al insecticida propoxur (Propoxur) en diferentes periodos de exposición.

**Efectividad y residualidad al insecticida deltametrina (K-othrine).** El porcentaje de mortalidad mostrado para la localidad de Durango, es del 100% hasta los 15 días después de su impregnación no obstante se observa una letalidad del 89.9% a los 30 días y un 71.1% a los 60 días respectivamente, nuevamente para el día 90 hubo una mayor mortalidad del 100% y para el día 120 esta baja a 57.8% (Figura 3) siendo esta la localidad

que tuvo mayor susceptibilidad a dicho químico, sin embargo, este comportamiento no se observa de la misma manera en las localidades de Lerdo y Gómez Palacio donde hay fluctuaciones en la mortalidad a través del tiempo desde el día 1 hasta los 120 días (Figura 3), pero si puede observarse un decremento en la mortalidad a partir de los 30 días después de su tratamiento.

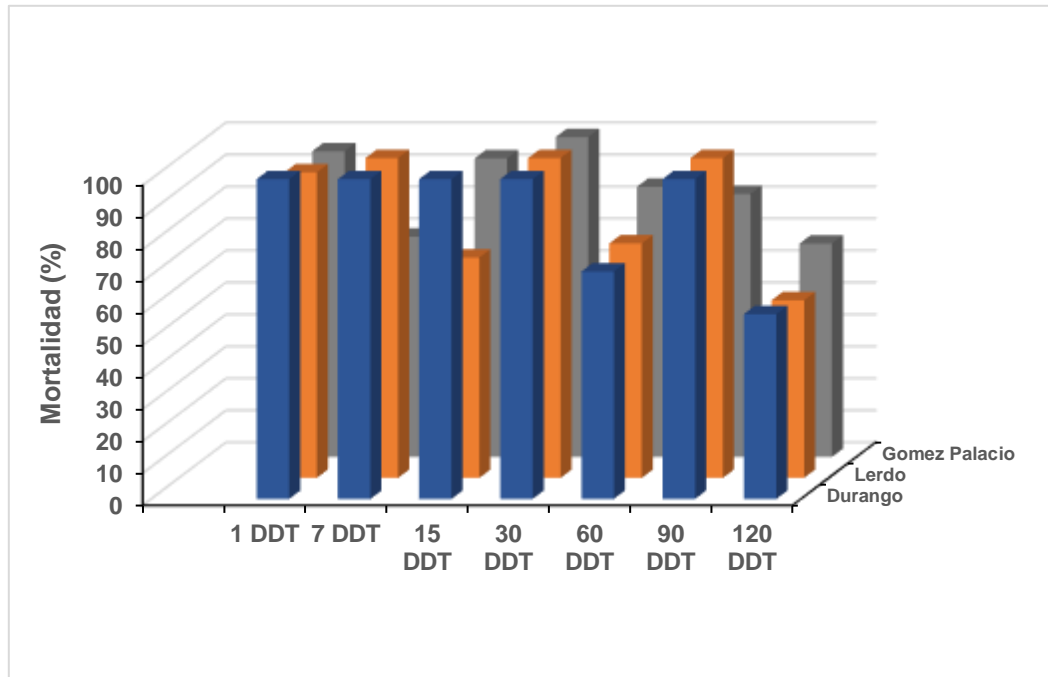


Figura 3. Porcentaje de mortalidad en mosquitos de *Aedes aegypti* al insecticida deltametrina.

Efectividad y residualidad de deltametrina (K-othrine). CENAPRECE (2020) reportó que la deltametrina cumple con el criterio de 98% de mortalidad aguda para *Ae. aegypti* en el estado de Durango, pero no cumple con el criterio de efecto residual (>75% durante 4 meses), ya que se obtuvo al rededor del 70% del día 15 hasta los 120 días. Los resultados obtenidos del presente estudio muestran un comportamiento similar de la deltametrina para las tres localidades evaluadas. Montada et al. (2012) realizaron estudios con dicho insecticida para evaluar la aplicación residual contra *Ae. aegypti* de Camagüey, Cuba, obteniendo una alta efectividad durante tres meses después de la exposición utilizando la dosis de 25 mg ia/m<sup>2</sup>. Cáceres et al. (2012) en su estudio reportaron que las cepas de Panamá utilizadas fueron susceptibles a dicho químico, ya que hubo una mortalidad del 99% bajo las dosis diagnosticas recomendadas por la OMS.

**Efectividad y residualidad al insecticida pirimifos-metil (Pirimifos-metil).** Los porcentajes observados de mortalidad para el insecticida pirimifos-metil fueron un poco desfasados, ya que el día uno de exposición para Durango fue de 80%, Lerdo 95.5% y

Gómez Palacio. Para el día siete se observó un decremento de mortalidad para las tres localidades, en el día 15 Durango y Gómez Palacio obtuvieron un 6.6 %. este comportamiento se observa de la misma manera en los siguientes días donde hay fluctuaciones en la mortalidad a través del tiempo. Finalmente, a los 120 días después del tratamiento hubo un decremento parcial de la residualidad y mortalidad del insecticida del 0% para las tres localidades evaluadas (Figura 4). Los porcentajes y eficacia del insecticida evaluado muestra diferencias significativas entre localidades (Figura 4). Es importante mencionar que este producto no cumple con los criterios establecidos por la NOM-032-SSA2-2014 para la vigilancia epidemiológica, promoción, prevención y control de las enfermedades transmitidas por vectores, ya que su efecto residual es deficiente.

Correa-Morales et al. (2019) evaluaron la residualidad del insecticida pirimifós-metilo contra *Ae. aegypti* de Mérida, Yucatán, donde demostraron que tiene un efecto residual de cinco meses después del tratamiento, sin embargo, estos resultados difieren de los obtenidos en el presente estudio, ya que nuestros resultados muestran que después del primer día de aplicación del tratamiento la mortalidad fue descendiendo significativamente.

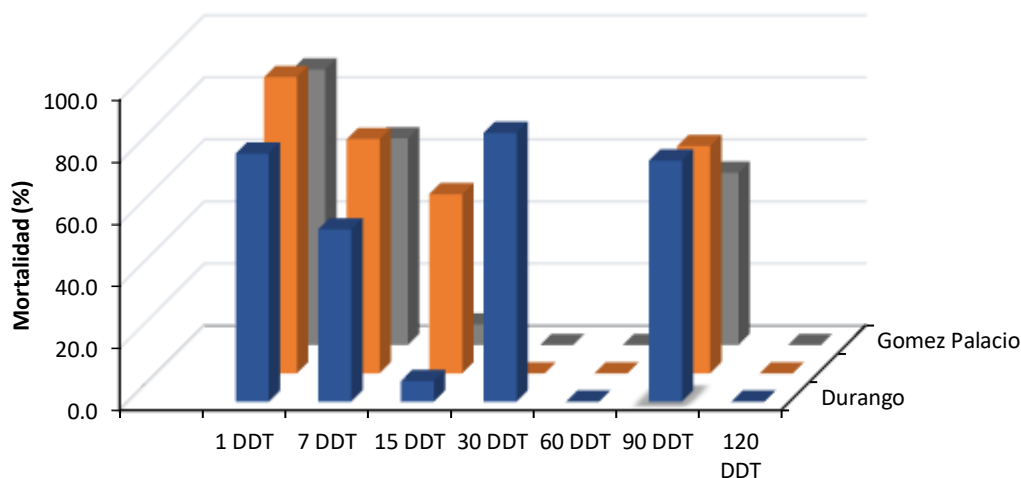


Figura 4. Porcentaje de mortalidad en mosquitos de *Aedes aegypti* al insecticida pirimifos-metil a diferentes periodos de exposición.

## CONCLUSIONES

El insecticida propoxur mostró adecuada efectividad y residualidad en el control de *Ae. aegypti* para las localidades de Durango y Gómez Palacio, por lo que estos insecticidas son recomendados para su uso en el programa de control de vectores en el estado en las localidades indicadas. En la localidad de Lerdo su efecto residual se mantuvo hasta los 90 días después de la aplicación. El insecticida bendiocarb mostró adecuada efectividad y residualidad en el control de *Ae. aegypti* para la localidad de Gómez Palacio, por lo que este insecticida se recomienda para su uso en el



programa de control de vectores en el municipio indicado. En las localidades de Durango y Lerdo su efecto residual se mantuvo hasta los 90 días después de su aplicación. El insecticida deltametrina no mostró de manera consistente buena efectividad y residualidad en el control de *Ae. aegypti* en las localidades de estudio, por lo que no se recomienda su uso en el programa del control de vectores en el estado de Durango. El insecticida pirimifós-metil mostró la menor efectividad y residualidad en el control de *Ae. aegypti* en las diferentes localidades bajo estudio por lo que no se recomienda su uso en el programa del control de vectores en el estado de Durango.

## REFERENCIAS

- Caldera, S M., Jaramillo, M C., Cochero, S., Pérez-Doria, A., & Bejarano, E. (2013). Diferencias genéticas entre poblaciones de *Aedes aegypti* de municipios del norte de Colombia, con baja y alta incidencia de dengue. *Biomédica*, 33(Suppl. 1), 89-98. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v33i0.1573>
- Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades. (2012). Enfermedades transmitidas por vectores. En línea: <http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/vectores/dengue/vector.htm>
- Pando, R. V., Ortega, M. AI., & Huerta, H. (2020). Mosquitos vectores de arbovirus. *Ciencia*, (71)1, 24-33. Recuperado de: <https://www.amc.edu.mx/>
- Secretaria de Salud, Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades. (2020). Guía para la Determinación de la Susceptibilidad/Resistencia y Eficacia Biológica a Insecticidas.
- Secretaria de Salud. Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (2016). Monitoreo de resistencia a insecticidas (adulticidas) utilizados en el programa nacional del control de vectores en México.
- Tejeda Reyes, MA. (2018). Estimación de dosis diagnóstico para el manejo de la resistencia en *Aedes aegypti* y alternativas para su manejo. (Tesis de doctorado inédita). Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas, Montecillo, Texcoco, Edo. DE México.

## EFFECTIVIDAD DE INSECTICIDAS MICROBIALES Y REGULADORES DEL CRECIMIENTO EN EL CONTROL DE LARVAS DE *Aedes aegypti* (L.) (DIPTERA: CULICIDAE) EN TRES LOCALIDADES DEL ESTADO DE DURANGO

Jacqueline Rodríguez-Zúñiga<sup>1</sup>, Verónica Ávila-Rodríguez<sup>1</sup>, Urbano Nava-Camberos<sup>2</sup>, Rafael Pérez-Muñoz<sup>1</sup>, Alexander M. Czaja<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. <sup>2</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango.  
e-mail: vavilar@gmail.com

### RESUMEN

El mosquito *Aedes aegypti* transmite las enfermedades zika, chikungunya y fiebre amarilla o dengue, y representa un gran problema de salud a nivel mundial ya que es cosmopolita, lo cual causa que gran parte de la población humana esté expuesta a estas enfermedades. Para evitar la diseminación de las enfermedades mencionadas y del mosquito se han realizado programas a nivel mundial para el control de este vector. En México los programas para el control de este vector se basan principalmente en la aplicación de insecticidas. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la efectividad biológica y residualidad de dos insecticidas microbiales y tres reguladores del crecimiento en larvas de *Ae. aegypti* de tres localidades de Durango. Se realizaron bioensayos con los insecticidas microbiales Bti y Spinosad y reguladores del crecimiento Bti + metopreno, piriproxifen, metopreno y novaluron (líquido y granulado), utilizando 150 larvas de segundo y tercer instar para cada insecticida y 50 larvas para el control (sin insecticida), para lo cual se colocaron las larvas en recipientes de un litro con agua tratada con cada insecticida. En el caso de los insecticidas microbiales se evaluó la mortalidad de larvas a las 24 hrs, 48 hrs, 7, 15, 30 y 60 días de exposición; mientras que en los reguladores de crecimiento se evaluó la mortalidad e inhibición de la emergencia a los 20, 40 y 60 días de exposición. Los insecticidas microbiales Bti y Spinosad ejercieron una mortalidad aguda del 100% hasta los dos y siete días después del tratamiento, respectivamente, pero su residualidad fue corta, variable e inconsistente, por lo que no cumplieron con los criterios establecidos para su uso. Los insecticidas reguladores del crecimiento Bti + Metopreno, Piriproxifen, Metopreno, Novaluron líquido y Novaluron granulado ejercieron una mortalidad aguda del 100% y residualidad hasta los 60 días con 88 a 100% de mortalidad, por lo que cumplen satisfactoriamente con los criterios establecidos para su uso en el programa de control de vectores en las tres localidades de Durango.

**Palabras clave:** *Aedes aegypti*, vector, efectividad biológica, insecticidas, larvicidas, inhibidores del crecimiento, bioensayos.

### ABSTRACT

The *Aedes aegypti* mosquito transmits the diseases Zika, chikungunya and yellow fever or dengue, and represents a major health problem worldwide since it is cosmopolitan, which causes a large part of the human population to be exposed to these diseases. To prevent the spread of the aforementioned diseases and mosquitoes, programs have been carried out worldwide for the control of this vector. In

Mexico, programs for the control of this vector are mainly based on the application of insecticides. The present work aimed to evaluate the biological effectiveness and residuality of two microbial insecticides and three growth regulators in *Ae. aegypti* larvae from three localities in Durango. Bioassays were carried out with the microbial insecticides Bti and Spinosad and growth regulators Bti + methoprene, pyriproxyfen, methoprene and novaluron (liquid and granulate), using 150 second and third instar larvae for each insecticide and 50 larvae for the control (without insecticide), for which the larvae were placed in one-liter containers with water treated with each insecticide. In the case of microbial insecticides, larval mortality was evaluated at 24 hrs, 48 hrs, 7, 15, 30 and 60 days of exposure; while in growth regulators, mortality and inhibition of emergence were evaluated at 20, 40 and 60 days of exposure. The microbial insecticides Bti and Spinosad exerted an acute mortality of 100% up to two and seven days after treatment, respectively, but their residuality was short, variable and inconsistent, so they did not meet the criteria established for their use. The growth inhibitors insecticides Bti + Methoprene, Pyriproxyfen, Methoprene, Novaluron liquid and Novaluron granulated exerted an acute mortality of 100% and residuality up to 60 days with 88 to 100% mortality, so they satisfactorily meet the criteria established for their use in the vector control program in the three localities of Durango.

**Keywords:** *Aedes aegypti*, vector, biological effectiveness, insecticides, larvicides, growth inhibitors, bioassays.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las enfermedades transmitidas por vectores, constituyen uno de los principales problemas de salud pública en territorio nacional, ya que sus características geográficas y climáticas, así como sus condiciones demográficas y socioeconómicas, favorecen el riesgo de transmisión de una o más de esas enfermedades en cada entidad federativa. Las enfermedades transmitidas por vectores son causadas por parásitos, virus y bacterias, los cuales son transmitidos por mosquitos, flebótomos, chinches triatominos, simúlidos, garrapatas, moscas tsetsé, ácaros, caracoles y piojos (NOM-032-SSA2-2014, 2015).

De todas las especies de mosquitos conocidos con importancia en salud pública, *Aedes aegypti* (L.) es considerado el vector de mayor importancia médica debido a que es el mayor transmisor de arbovirosis. Se cree que este mosquito se introdujo al continente americano desde que se dieron las primeras incursiones colonizadoras, llegando a establecerse principalmente en los trópicos y subtropicos, su distribución se limitaba a las latitudes 35° N y 35° S, se le ha encontrado en sitios más altos y fríos de los inicialmente reconocidos llegando hasta los 1800 metros sobre el nivel del mar (Nelson, 1986). Por sus hábitos se le considera una especie antropofílica, ya que está estrechamente relacionado con el humano, se encuentra en áreas urbanas, suburbanas y ha colonizado sustancialmente el medio rural (Thirion, 2002).

El mosquito *Ae. aegypti* es el principal transmisor del virus del dengue, zika y chikungunya, este vector se ha convertido en un problema de salud pública importante que requiere

atención inmediata; algunos países de América han incorporado dentro de sus agendas como una prioridad dentro de los sistemas de salud. La selección de problemas prioritarios de salud pública gira en torno sobre la morbilidad y la mortalidad general o específica, con la discapacidad individual que producen, la carga social que generan y la disponibilidad de intervenciones efectivas y de bajo costo que se apliquen a la población (Robles, 1995).

Se estima que más de 2.5 billones de personas viven en regiones con prevalencia de fiebre por dengue hemorrágico. El dengue es la segunda enfermedad tropical más importante, aproximadamente ocurren entre 50 a 100 millones de casos anuales de fiebre por dengue y 500,000 casos anuales de fiebre por dengue hemorrágico (Roldan *et al.*, 2013). En México a partir de la presencia de casos de dengue hemorrágico, esta enfermedad surge como una amenaza para la salud pública, a partir de ello emerge la formulación de estrategias intensivas de vigilancia y control del mosquito a mediados de los años 80's, debido a que en otros países como Tailandia en 1980 y Cuba en 1981 las epidemias de dengue generaron costos de atención por aproximadamente 6.8 millones de dólares y 103 millones dólares, respectivamente (Robles, 1995).

Debido a lo anterior se considera importante el control del vector, para esto se desarrollaron diversas estrategias con el fin de atacar la fase larvaria o adulta del vector. Las estrategias enfocadas al control larvario tienen como principal objetivo interrumpir el ciclo biológico del mosquito mediante el control químico a partir del uso de larvicidas puesto que se considera el más importante, aunque también existe el control físico y estrategias sociales de promoción a la salud. Se considera larvicida a cualquier plaguicida de origen químico, bioquímico, microbiano y botánico con efectividad contra larvas de insectos (Robles, 1995). Los insecticidas juegan un papel determinante en el manejo del control larvario de *Ae. aegypti* que produce la enfermedad del dengue (WHO, 2011). El control de poblaciones de *Ae. aegypti*, principal vector del dengue en México, depende primordialmente del uso de insecticidas químicos; aunque esto puede provocar la aparición de resistencia en los mosquitos y un impacto negativo en especies no blanco (Sánchez, 2012).

Por lo anterior, se llevó a cabo la presente investigación con el objetivo de determinar la efectividad biológica de insecticidas larvicidas microbiales y reguladores del crecimiento en el control de poblaciones de *Ae. aegypti* de tres localidades del estado de Durango.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Material biológico.** El material biológico para los bioensayos de eficacia biológica de insecticidas fueron larvas de segundo y tercer instar de *Ae. aegypti*, generación F1 de cepas parentales establecidas a partir de huevos recolectados con ovitrampas (dispositivos hechos de un bote de plástico color negro, con capacidad de un litro, el cual es llenado y cubierto de agua con papeletas de pellón) en las localidades de Durango, Lerdo y Gómez

Palacio, Durango y criadas en condiciones de insectario (temperatura constante de 25° C ± 2 °C, una humedad relativa de 70±10%) (CENAPRECE, 2020).

**Insecticidas evaluados.** Se evaluaron los siguientes insecticidas: dos larvicidas Bti (*Bacillus thuringiensis israelensis*) 1 g/200 L y spinosad (*Saccharopolyspora spinosa*) 1 tableta/200 L, y cinco reguladores del crecimiento Bti + metopreno 3 g/200 L, piriproxifen 0.4 g/200 L, metopreno 3 g/200 L, novaluron líquido 1 mL/200 L y novaluron granulado 25 g/200 L.

**Metodología para la evaluación de los insecticidas.** Para evaluar la eficacia biológica (mortalidad de las larvas a las 24 hrs después de la exposición) de los larvicidas (Bti y Spinosad), 25 larvas de segundo y tercer instar fueron colocadas en recipientes (botes) con capacidad de un litro de agua donde se les aplicaba cada uno de los larvicidas por separado. Se manejaron dos condiciones: sin recambio de agua (SR) y con recambio de agua al 50% (CR). Esto para simular el recambio de agua que pueden sufrir los contenedores en las casas de los moradores. Se usaron larvas de cada localidad con tres repeticiones (botes) cada una. A los botes control (sin insecticida) solo se les agregó agua. Para evaluar el efecto residual, en los mismos recipientes donde se aplicaron los larvicidas, un nuevo lote de larvas fue colocado al día 7, 15, 30 y 60. El mismo procedimiento fue realizado para los botes control. Se utilizaron ocho botes en total por cada localidad (seis con insecticida y dos sin insecticida). Se utilizaron 200 larvas por localidad (150 larvas expuestas al insecticida más 50 larvas del control) (CENAPRECE 2021).

Para el caso de los reguladores de crecimiento (Bti + metopreno, piriproxifen, metopreno, novaluron líquido y novaluron granulado) también se usaron recipientes de 1 litro y 25 larvas por recipiente. Cada 2 días se contabilizó el número de larvas, pupas y adultos emergidos. La lectura de la inhibición de la emergencia fue hasta 20 días post exposición. Posteriormente se exponía un segundo y tercer grupo de 25 larvas en los recipientes con el insecticida y se seguía el procedimiento antes descrito durante otros 20 días, esto para evaluar la residualidad del producto hasta los 40 y 60 días. En estos ensayos también se manejaron dos condiciones: sin recambio de agua (SR) y con recambio de agua al 50% (CR). El mismo procedimiento fue realizado para el control (recipientes sin insecticida) (CENAPRECE 2021).

**Criterios de evaluación del efecto.** Los resultados de las larvas muertas observadas 24 hrs posteriormente a la exposición de los larvicidas (7, 15, 30 y 60 días) y reguladores del crecimiento (20, 40 y 60 días) nos permite determinar su eficacia y residualidad. Se consideró como aceptable a un larvicida si este indujo una mortalidad aguda (24 hrs) mayor o igual a 98% con efecto residual mayor a 30 días y presentando una mortalidad mínima del 80%. Para reguladores de crecimiento se consideró aceptable una inhibición de la emergencia mayor o igual 90% en la primera exposición (20 días) y debió inducir efecto residual mayor a 3 semanas con valores de inhibición igual o mayor al 80%, de acuerdo con lo establecido en la NOM032-SSA2-2014 (CENAPRECE 2021).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Efectividad y residualidad de los larvicidas microbiales Bti y Spinosad.** Los porcentajes de mortalidad de larvas *Ae. aegypti* ejercidos por el insecticida microbio Bti para las tres localidades fueron del 100% hasta los dos días después del tratamiento, por lo que su mortalidad aguda es aceptable, pero su residualidad fue de solo 15 días con 97 a 100% de mortalidad en Lerdo; de 30 días con 83% de mortalidad con recambio de agua y de 60 días con 84% de mortalidad sin recambio de agua en Gómez Palacio; de 15 días con 95% de mortalidad con recambio de agua y de 60 días con 80% de mortalidad sin recambio de agua (Figura 1). Por lo anterior, el insecticida Bti no cumple con los criterios establecidos para su uso en el control de mosquitos en Lerdo. En el caso de Gómez Palacio y Durango su residualidad es variable e inconsistente, por lo que no es aceptable su uso. Al respecto, la NOM-032-SSA2-2014 para la vigilancia epidemiológica, promoción, prevención y control de las enfermedades transmitidas por vectores, establece como criterio para el uso de un larvicida en el programa de control de vectores que demuestre una mortalidad aguda >98% (a las 24 horas) y efecto residual mayor de tres semanas con una mortalidad mínima del 80% (CENAPRECE 2021).

Los porcentajes de mortalidad de larvas *Ae. aegypti* expuestas al insecticida microbio Spinosad (formulación en tabletas) para las tres localidades fueron del 100% hasta los siete días después del tratamiento y del 96 al 100% a los 15 días, por lo que su mortalidad aguda es aceptable. Su residualidad fue de 30 días con 93 a 97% de mortalidad sin recambio de agua y del 87% de mortalidad con recambio de agua en las tres localidades (Figura 2). Por lo anterior, el insecticida Spinosad no cumple con los criterios establecidos para su uso en el control de mosquitos en ninguna de las localidades estudiadas.

CENAPRECE (2021) reportó con base en los resultados de bioensayos realizados durante el 2021 que los insecticidas Bti, Spinosad (2.5%, 20.6% y 7.48%), Temefós (1%AN, 1% Qui, 500 Luc y 500 Qui), indujeron una mortalidad aguda del 100% en las localidades de Durango, Gómez Palacio y Lerdo. Temefos 1% Luc no ejerció una mortalidad aguda aceptable y presentó un efecto residual no mayor a 15 días. El efecto residual al día 60 fue variable siendo Spinosad 7.48% el que en las tres localidades no tuvo efecto residual (CENAPRECE 2021).

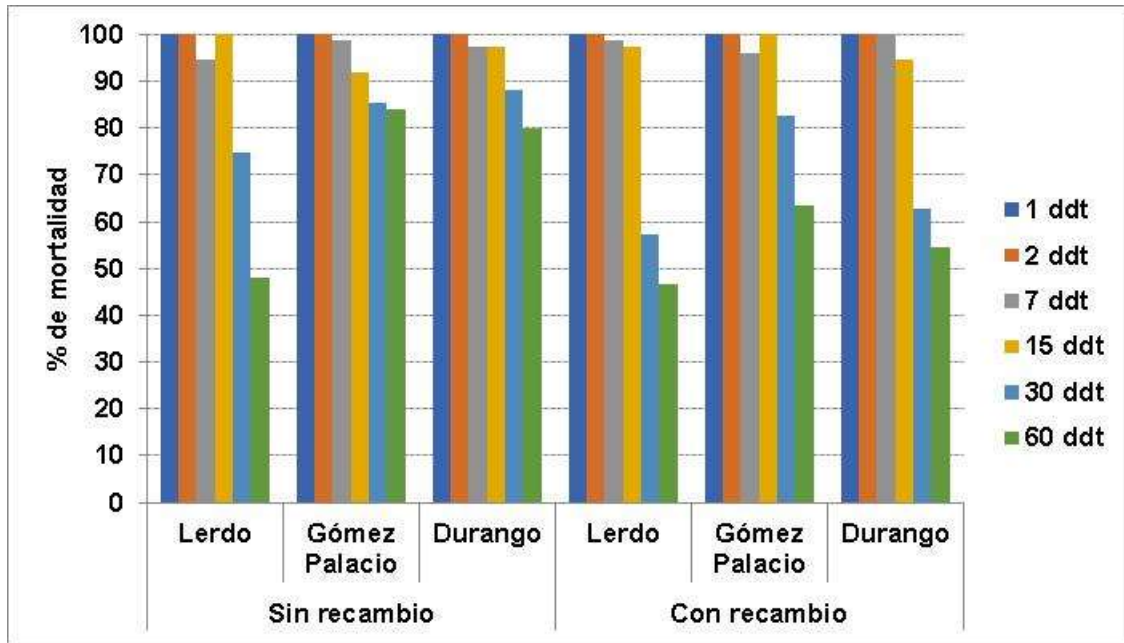


Figura 1. Porcentajes de mortalidad de larvas de *Ae. aegypti* al insecticida Bti en diferentes periodos de exposición en tres localidades de Durango.

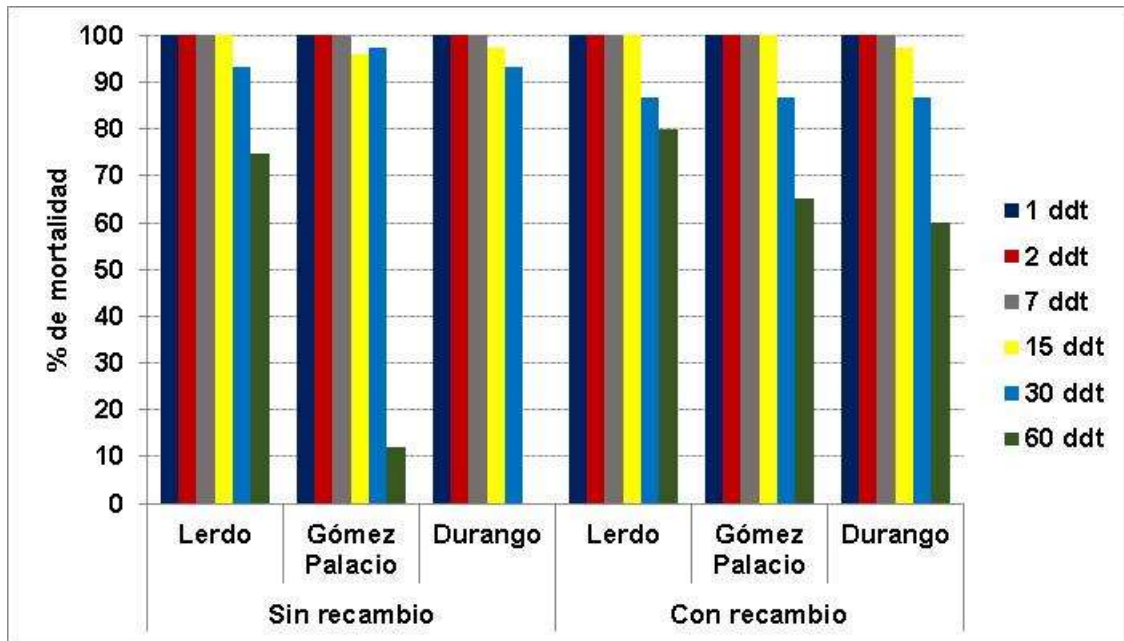


Figura 2. Porcentajes de mortalidad de larvas de *Ae. aegypti* al insecticida Spinosad en diferentes periodos de exposición en tres localidades de Durango.



**Efectividad y residualidad de los insecticidas reguladores del crecimiento.** En las tres localidades evaluadas todos los insecticidas reguladores del crecimiento ejercieron una inhibición de la emergencia y mortalidad del 100% a los 20 días en las condiciones sin recambio y con recambio de agua. La inhibición de la emergencia y mortalidad a los 40 y 60 días fue del 84 al 100% en ambas condiciones (Cuadros 1 y 2). Por lo anterior, todos los insecticidas reguladores del crecimiento cumplen satisfactoriamente con los criterios establecidos para su uso en el control de mosquitos en las tres localidades. Al respecto, la NOM-032-SSA2-2014 para la vigilancia epidemiológica, promoción, prevención y control de las enfermedades transmitidas por vectores, establece como criterio para el uso de un insecticida regulador del crecimiento en el programa de control de vectores que demuestre una inhibición de la emergencia y mortalidad aguda  $\geq 90\%$  (a los 20 días) y efecto residual mayor de tres semanas con una inhibición de la emergencia y mortalidad mínima del 80% (CENAPRECE 2021).

CENAPRECE (2021) reportó con base en los resultados de bioensayos realizados durante el 2021 que en las localidades de Durango, Gómez Palacio y Lerdo los insecticidas reguladores del crecimiento Metopreno 1.3%, Metopreno 1.6% + Bti 5.35%, Novaluron 0.2%, Novaluron 9.3% y Piriproxifen 0.5%, con excepción de Metopreno 1.3% con recambio de agua de la localidad de Lerdo, indujeron una inhibición de la emergencia cercana al 100% sin recambio y con recambio de agua. La inhibición de la emergencia a los 40 y 60 días fue mayor al 80% en ambas condiciones.

Cuadro 1. Porcentajes de mortalidad de larvas de *Ae. aegypti* a los insecticidas reguladores del crecimiento en diferentes periodos de exposición en tres localidades de Durango, sin recambio de agua.

Localidad	Insecticida	Día 20	Día 40	Día 60
Lerdo	Bti + Metopreno	100	100	100
	Piriproxifen	100	100	100
	Metopreno	100	93	100
	Novaluron L	100	100	100
	Novaluron G	100	100	100
Gómez Palacio	Bti + Metopreno	100	100	100
	Piriproxifen	100	100	100
	Metopreno	100	97	100
	Novaluron L	100	100	100
	Novaluron G	100	100	100
Durango	Bti + Metopreno	100	100	100
	Piriproxifen	100	100	100
	Metopreno	100	84	100
	Novaluron L	100	100	100
	Novaluron G	100	100	100

Cuadro 2. Porcentajes de mortalidad de larvas de *Ae. aegypti* a los insecticidas reguladores del crecimiento en diferentes períodos de exposición en tres localidades de Durango, con recambio de agua.

Localidad	Insecticida	Día 20	Día 40	Día 60
Lerdo	Bti + Metopreno	100	100	100
	Piriproxifen	100	100	100
	Metopreno	100	89	88
	Novaluron L	100	100	100
	Novaluron G	100	100	100
Gómez Palacio	Bti + Metopreno	100	100	100
	Piriproxifen	100	100	100
	Metopreno	100	95	97
	Novaluron L	100	100	100
	Novaluron G	100	100	100
Durango	Bti + Metopreno	100	100	100
	Piriproxifen	100	100	100
	Metopreno	100	84	100
	Novaluron L	100	100	100
	Novaluron G	100	100	100

## CONCLUSIONES

Los insecticidas microbiales Bti y Spinosad (formulación en tabletas) ejercieron una mortalidad aguda del 100% hasta los dos y siete días después del tratamiento, respectivamente, pero su residualidad fue corta, variable e inconsistente, por lo que no cumplieron con los criterios establecidos para su uso en el control de mosquitos en las tres localidades evaluadas de Durango.

Los insecticidas reguladores del crecimiento Bti + Metopreno, Piriproxifen, Metopreno, Novaluron líquido y Novaluron granulado ejercieron una mortalidad aguda del 100% y residualidad hasta los 60 días con 88 a 100% de mortalidad, por lo que cumplen satisfactoriamente con los criterios establecidos para su uso en el programa de control de vectores en las tres localidades de Durango.

## REFERENCIAS

CENAPRECE, Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades. 2020. Guía para la Determinación de la Susceptibilidad/Resistencia y Eficacia Biológica a Insecticidas. Secretaría de Salud. México.

CENAPRECE, Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades. 2021. Evaluación de la eficacia biológica de larvicidas y reguladores de crecimiento utilizados en el programa de enfermedades transmitidas por vectores 2021. Secretaría de Salud. México.

Nelson, M.J. 1986. *Aedes aegypti*: Biología y Ecología. Organización Panamericana de la Salud. REF: PNSP/86-93. Washington, D.C: 50.

Norma Oficial Mexicana, NOM-032-SSA2-2014. 2015. Para la vigilancia epidemiológica, promoción, prevención y control de las enfermedades transmitidas por vectores. DOF: 16/04/2015.

Robles, J. N. 1995. El dengue en México: un problema prioritario de salud pública. Salud Pública de México, 13.

Sánchez, G. E. 2012. Efectividad residual de temefos en una ciudad del sureste mexicano prevalente al dengue. *ScieELO*, 11.

Thirion, I. J. 2003. El mosquito *Aedes aegypti* y el dengue en México. Bayer Environmental Science. 152 p.

WHO, World Health Organization. 2011. Global Insecticide Use for Vector-Borne Disease Control. A 10-years Assessment (2000-2009). Fifth Edition.

## POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE GRANO EN LINEAS S<sub>1</sub> DE MAIZ

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna.  
Periférico "Raúl López Sánchez" km 2. Torreón, Coahuila, México. CP. 27054. <sup>2</sup>Instituto  
Tecnológico Superior de la Cuenca del Papaloapan, Av. Tecnológico no. 21,  
San Bartolo Tuxtepec, Oaxaca, México. C.P. 68446  
\*Autor para correspondencia: e-mail: [oantuna\\_77@hotmail.com](mailto:oantuna_77@hotmail.com)

### RESUMEN

La evaluación de 77 líneas S<sub>1</sub> formadas a partir de la población 60 y cuatro testigos, se llevó a cabo con el objetivo de seleccionar las más prometedoras, para integrarlas como posibles progenitores en la formación de híbridos, para la producción de maíz en la Comarca Lagunera. El experimento se llevó a cabo bajo un diseño látice simple 9x9 con dos repeticiones. Todos los genotipos fueron estadísticamente diferentes en las variables evaluadas, a excepción de diámetro de mazorca. El testigo 4 fue superior al resto de los genotipos con 11,389 kg ha<sup>-1</sup> en la variable de rendimiento de grano, seguido de la línea 13 con un peso de 10,278 kg ha<sup>-1</sup>. Se detectó un grupo de 15 líneas con caracteres de rendimiento sobresalientes.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., líneas S<sub>1</sub>, selección, rendimiento de grano

### ABSTRACT

The evaluation of 77 S<sub>1</sub> lines formed from population 60 and four controls, was carried out with the aim of selecting the most promising ones to integrate them as possible progenitors in the formation of hybrids, for the production of corn in the Comarca Lagunera. The experiment was carried out under a simple 9x9 lattice design with two replications. All genotypes were statistically different in the variables evaluated, with the exception of ear diameter. Control 4 was superior to the rest of the genotypes with 11,389 kg ha<sup>-1</sup> in the grain yield variable, followed by line 13 with a weight of 10,278 kg ha<sup>-1</sup>. A group of 15 lines with outstanding agronomic traits and yield was detected.

**Key words:** *Zea mays* L., lines S<sub>1</sub>, selection, grain yield

### INTRODUCCION

El mejoramiento genético de maíz se base en dos sistemas básicos: la selección y la hibridación (Reynoso, 2019), países como Estados Unidos de Norteamérica se hace uso de híbridos de cruce simples, para lo cual se han formado líneas autofecundadas con alto rendimiento *per se* (Hallauer *et al.*, 1988), para reproducir híbridos con materiales consanguíneos se necesita de una combinación de características y ambientes (Reynoso, 2019), aunque los métodos básicos de mejoramiento para el desarrollo de líneas endogámicas de más híbrido se describieron desde 1910 (Hallauer *et al.*, 2010), se han realizado contribuciones significativas para modernizar los métodos básicos de mejoramiento (Reynoso, 2019).

## MATERIALES Y METODOS

Fueron evaluadas 77 líneas S<sub>1</sub> formadas a partir de la población 60 y cuatro testigos: tres híbridos de origen comercial y una línea endocriada, perteneciente al programa de mejoramiento genético del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. El experimento se estableció en el ciclo primavera-verano 2023, en el campo experimental de la UAAANUL. El diseño experimental utilizado fue látice simple 9x9 con dos repeticiones. La parcela experimental fue conformada de un surco de 3 m de largo con una distancia entre planta y planta de 0.20 m y 0.75 m entre surcos. Se midieron las variables de longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM), rendimiento de mazorca (RM) y rendimiento de grano (RG). Se realizó un análisis estadístico en cada grupo de líneas con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS, 1999).

## RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianza presento diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ,  $P \leq 0.05$ ) para los tratamientos en las variables de LM, RM y RG (Cuadro 1). El coeficiente de variación presentó valores desde 7.11 hasta 20.83 %, siendo el rendimiento de grano con mayor porcentaje de coeficiente de variación, los valores reflejados coinciden con los rangos de normalidad reportados por Falconer (1996).

**Cuadro 1. Análisis de varianza de componentes de rendimiento de grano de 77 líneas de maíz y cuatro testigos.**

FV	Rep	Bloque(Rep)	Trat	Error	CV(%)	$\bar{X}$
gl	1	8	72	72		
LM	23.13**	1.48	5.55**	1.5	7.11	17.23
DM	5.36**	1.00	0.65	0.55	16.71	4.44
RM	228.20**	19.8*	11.4*	3.6	20.79	9111.30
RG	219.50**	13.7**	7.7**	2.4	20.83	7453.40

Rep=repeticiones, Trat=tratamiento, LM: longitud de mazorca, DM: diámetro de mazorca, RM: rendimiento de mazorca y RG: rendimiento de grano, \*, \*\* significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

En el Cuadro 2 se puede observar que las 20 líneas seleccionadas, tuvieron una longitud de mazorca (LM) desde 17 cm a 20 cm, siendo estadísticamente iguales de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de prueba de medias realizado (DMS).

En diámetro de mazorca (DM) un grupo de 15 líneas se ubicaron con el mayor diámetro con un valor de 5 cm, el testigo 4 y el resto de las líneas se ubicó como las de menor valor con 4 cm. El promedio general de los tratamientos fue de 4.4 cm.

Se observa que los resultados obtenidos fueron similares a los reportados por Vergara *et al.* (1998) quienes señalan que líneas de maíz con longitud de mazorca grande presentan intervalos de diámetro de mazorca de 3.2 a 4.1

En rendimiento de mazorca (RM) los tratamientos fueron estadísticamente diferentes a la media general. El testigo supero a todas las líneas con un valor de 12,889 kg ha<sup>-1</sup>, la línea 28 supero al resto de las líneas con un rendimiento de mazorca de 12,667 kg ha<sup>-1</sup>. La línea 81 fue la de menor rendimiento con 10,944 kg ha<sup>-1</sup>.

En lo que respecta al rendimiento de grano el testigo 4, la línea 13 y 5 fueron las más sobresalientes con 11,389, 10278 y 10,222 kg ha<sup>-1</sup>. Las líneas de menor rendimiento fueron la 50 y 68 con un peso de 9000 kg ha<sup>-1</sup>.

En el grupo de las 20 líneas de mayor expresión, el rendimiento de grano oscilo de 9,000 a 11,389 kg ha<sup>-1</sup> donde el testigo supero a las líneas, sin embargo las líneas pueden ser consideradas como materiales con buen potencial de acuerdo con Buenrostro *et al.* (2017) quienes sugieren que el rendimiento mínimo de una buena línea progenitora es de 3.0 t ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 2. Comportamiento promedio de 20 líneas ordenadas en función de la mayor expresión de rendimiento de grano.**

Tratamiento	LM (cm)	DM (cm)	RM (kg ha <sup>-1</sup> )	RG (kg ha <sup>-1</sup> )
Testigo 4	20	4	12889	11389
13	20	5	12555	10278
5	18	4	12444	10222
14	17	5	11944	10111
28	19	5	12667	10055
29	17	5	12167	10000
35	17	5	11833	9889
10	17	5	12055	9833
22	17	4	11667	9833
80	18	4	11889	9833
9	16	5	11778	9778
59	20	5	12500	9788
15	18	5	11944	9722
66	18	5	11944	9722
32	19	5	11778	9667
71	19	5	11722	9611
81	18	5	10944	9222
34	20	4	11111	9111
50	18	4	11055	9000
68	18	5	11111	9000
<b>Media</b>	17.2	4.4	9177	7453
<b>DMS</b>	5.4	3.2	843	686

DMS: diferencia mínima significativa, LM: longitud de mazorca, DM: diámetro de mazorca, RM: rendimiento de mazorca y RG: rendimiento de grano

## CONCLUSIONES

- La evaluación del rendimiento de grano y demás componentes permitió seleccionar las mejores líneas.
- Se detectó que las líneas pueden ser consideradas como materiales con buen potencial.
- El testigo 4 fue superior al resto de los genotipos con 11,389 kg ha<sup>-1</sup>.
- La línea 13 fue la de mayor rendimiento de grano con un valor de 10,278 kg ha<sup>-1</sup>.

---

**REFERENCIAS**

- Buenrostro-Robles, M., Lobato-Ortiz, R., García-Zavala, J. J., & Sánchez-Abarca, C. (2017). Rendimiento de líneas de maíz exótico irradiado con rayos gamma y de híbridos de cruce simple. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40(3), 351-358.
- Falconer, D. S. and Mackay, T. F. C. 1996. *Introduction to quantitative genetics*. 4th Ed. Longman Group Ltd, London, England. 312-321 pp
- Hallauer, A. R., Carena, M. J., & Miranda Filho, J. D. (2010). *Quantitative genetics in maize breeding* (Vol. 6). Springer Science & Business Media.
- Hallauer, A. R., Russell, W. A., & Lamkey, K. R. (1988). Corn breeding. *Corn and corn improvement*, 18, 463-564.
- Reynoso García, E. (2019). Comportamiento *per se* en líneas S<sub>2</sub> de maíz (*Zea mays L.*) de alto rendimiento (Master's thesis).
- Statistical Analysis System Institute (SAS). 1999. *SAS User's Guide. Statistics. Versión 8.2*. SAS Inst. Cary, N. C. 102 p.
- Vergara, N., Pandey, S., Kumar, S., McLean, S. D., & Rodríguez, S. (1998). Comportamiento de híbridos de maíz y aptitud combinatoria de líneas con caracteres contrastantes. *Agronomía Mesoamericana*, 97-104.



## RESPUESTA DE GENOTIPOS DE CHILE JALAPEÑO PARA LA PLANICIE HUASTECA, CICLO O-I 2023-2024

Méndez-Aguilar Reinaldo<sup>1\*</sup>, Ramírez-Meraz Moisés<sup>1</sup>, Bautista-Pérez Cristobal Ervi<sup>1</sup>,  
Salas-Gómez Alma Leticia<sup>1</sup>, Julian-Santiago German<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Las Huastecas-INIFAP, Carretera Tampico-Mante Kilómetro 55, C.P. 89610, Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tam.; <sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Altamira, Carretera Tampico-Mante, Km 24.5, C.P. 89600, Altamira, Tam.

\* Autor de correspondencia: [mendez.reinaldo@inifap.gob.mx](mailto:mendez.reinaldo@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

En México, dentro de la gran variedad de hortalizas, el chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) adquiere notable interés a nivel socioeconómico por su alta demanda de mano de obra (genera empleos) su amplio consumo a nivel mundial y buena rentabilidad. El objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento y calidad de fruto de genotipos de chile jalapeño para la Planicie Huasteca. Fueron evaluados ocho materiales de chile jalapeño bajo condiciones de cielo abierto, se utilizó como testigo regional el genotipo Orizaba. El híbrido Mixteco tuvo el mayor rendimiento y buenas características de fruto; por ello, es opción para la Planicie Huasteca. Aunque en esta evaluación, el testigo regional Orizaba tuvo un rendimiento bajo (49.49 t ha<sup>-1</sup>) presenta buenas características de fruto, y por ello los productores de la región lo siguen estableciendo en cada ciclo del cultivo. La información obtenida en la presente investigación es útil para los productores en el proceso de selección de híbridos que se utilizarán en su sistema productivo, según el nicho de interés.

**Palabras claves:** híbrido, *Capsicum annuum* L., calidad de fruto.

### ABSTRACT

In Mexico, among the great variety of vegetables, the jalapeño pepper (*Capsicum annuum* L.) acquires notable interest at the socioeconomic level due to its high demand for labor (it generates jobs), its wide consumption worldwide and good profitability. The objective of this study was to evaluate the yield and fruit quality of jalapeño pepper genotypes for the Huasteca Plain. Eight jalapeño pepper materials were evaluated under open sky conditions, the Orizaba genotype was used as a regional control. The Mixteco hybrid had the highest yield and good fruit characteristics; therefore, it is an option for the Huasteca Plain. Although in this evaluation, the Orizaba regional control had a low yield (49.49 t ha<sup>-1</sup>), it has good fruit characteristics, and therefore the producers of the region continue to establish it in each crop cycle. The information obtained in this research is useful for producers in the process of selecting hybrids that will be used in their production system, according to the niche of interest.

**Key words:** Hybrid, *Capsicum annuum* L., fruit quality.

## INTRODUCCIÓN

En México, dentro de la gran variedad de hortalizas, el chile jalapeño adquiere notable interés a nivel socioeconómico por su alta demanda de mano de obra (genera empleos) su amplio consumo a nivel mundial y buena rentabilidad (Palomar, 2022). Nuestro país es el segundo productor de chile del mundo con una superficie de 143,465 ha, produciendo 2.73 millones de toneladas (Báez-Iracheta y Orozco-Hernández, 2015).

Las pruebas o estudios de validación de variedades son evaluaciones *in situ* que constituyen una herramienta útil y sencilla, para reducir el riesgo de producir con cultivares que presenten problemas de adaptación y por consiguiente baja productividad, calidad y/o problema a los productores. Esto permite introducir un cultivo o variedad a un lugar o región nueva para el cultivo, o bien hacer cambio de variedades (García, 2011). Por lo antes mencionado, el objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento y calidad de fruto de genotipos de chile jalapeño para la Planicie Huasteca.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el Ciclo O-I 2023-2024, se estableció un ensayo de rendimiento en las instalaciones del Campo Experimental Las Huastecas (CEHUAS) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el Km. 55 de la Carretera Tampico-Mante en Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tamaulipas. 22° 33' 59" y 98° 09' 49" en el oriente de la República Mexicana, con altitud de 11 msnm (Ramírez *et al.*, 2015), se evaluaron ocho materiales de chile jalapeño bajo condiciones de cielo abierto, se utilizó como testigo regional el genotipo Orizaba. El manejo agronómico del cultivo se hizo siguiendo las indicaciones del Paquete Tecnológico de Chiles Generado por el INIFAP (Ramírez *et al.*, 2015). El trasplante se realizó en camas de 1.84 m de ancho con doble hilera, con una separación entre hileras de 40 cm y de 30 cm entre plantas. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones; la parcela experimental la formó una cama de 1.84 m de ancho y 4.0 m de longitud y se cosecharon los 3.0 m del centro para una parcela útil de 5.52 m<sup>2</sup>. Se registraron las características de rendimiento total (t ha<sup>-1</sup>), así como las características del fruto: Longitud de fruto (cm), Diámetro de fruto (cm), Peso de fruto (g), Número de lóculos y Grosor de pericarpio (mm). Las variables se analizaron bajo un diseño de bloques completos al azar, y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) (SAS, 2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) para las variables evaluadas (Cuadro 1). Al analizar el rendimiento de fruto total, el material genético que presentó la mayor producción fue Mixteco y el de menor rendimiento fue Catarino con 70.02 y 35.90 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Los híbridos Buelna y Catarino presentaron la mayor longitud de fruto 11.44 y 11.27 cm, para la variable diámetro de fruto Buelna fue el que tuvo el mejor resultado con 3.94 cm. Jerarca y EXP-3482 alcanzaron el mayor peso de fruto con 27.99 y 25.99 g, respectivamente; el menor fue Kronos (15.35 g). un carácter de alto valor y que está altamente correlacionado con el rendimiento es el peso promedio de fruto (Ramírez y Méndez, 2019). Kronos también presentó el menor número de lóculos (2) y grosor de pericarpio (2.22 mm). En esta última variable el híbrido EXP-3482 alcanzó el mayor valor con 6.67 mm. Las diferencias que presentaron estos híbridos pudieron deberse a que

proviene de diferente germoplasma y diferente adaptación climática (Guerrero-Guerrero *et al.*, 2011). El híbrido Mixteco tuvo el mayor rendimiento y buenas características de fruto, es buena opción para la Planicie Huasteca. Aunque en esta evaluación el testigo regional Orizaba tuvo un rendimiento bajo (49.49 t ha<sup>-1</sup>) presenta buenas características de fruto, y por ello los productores de la región lo siguen estableciendo en cada ciclo del cultivo. La información obtenida en la presente investigación es útil para los productores en el proceso de selección de híbridos que se utilizarán en su sistema productivo, según el nicho de interés (Elizondo-Cabalceta y Monge-Pérez, 2016).

**Cuadro 1.** Evaluación de rendimiento y calidad de fruto en ocho genotipos de chile jalapeño, evaluados durante el ciclo O-I 2023-2024.

Genotipo	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Longitud de fruto (cm)	Diámetro de fruto (cm)	Peso de fruto (g)	N. Lóculos	G. pericarpio
Mixteco	70.02 A*	10.63 AB	3.78 ABC	18.10 BC	3 AB	0.54467 AB
Kronos	63.38 B	9.59 B	1.90 D	15.35 C	2 B	0.22233 C
EXP-3482	55.80 C	10.73 AB	3.57 ABC	25.99 A	3 AB	0.66667 A
Orizaba (T)	49.49 D	9.62 B	3.90 AB	24.54 AB	3 AB	0.51100 AB
Jerarca	44.26 E	10.68 AB	3.46 BC	27.99 A	3 AB	0.51100 AB
Gabino	41.52 F	9.64 B	3.33 C	20.74 ABC	3 AB	0.44467 B
Buelna	40.19 G	11.44 A	3.94 A	18.33 BC	3 AB	0.56267 BA
Catarino	35.90 H	11.27 A	3.89 AB	21.67 ABC	4 A	0.54433 AB

T = Testigo regional. \* = Promedios con letras iguales en la misma columna, son estadísticamente iguales, Prueba de Tukey (P ≤ 0.05).

## CONCLUSIONES

El híbrido jalapeño Mixteco fue el que tuvo el rendimiento más alto y debido a las características de calidad de fruto que presenta es buena alternativa para los productores de la Planicie Huasteca.

## REFERENCIAS

- Báez-Iracheta, F y Orozco-Hernández, G. 2015. Paquete Tecnológico para Chile Jalapeño. <https://www.producechihuahua.org/paqs/PT-0003Chile1.pdf>.
- Elizondo-Cabalceta, E; Monge-Pérez, J. 2016. Caracterización morfológica de 12 genotipos de chile dulce (*Capsicum annum* L.) cultivados en invernadero en Costa Rica. Tecnología en Marcha. Vol. 29, No 3. Pág. 60-72. DOI: <http://dx.doi.org/tm.v29i3.2888>
- García, J.I.J. 2011. Evaluación de treinta y siete genotipos de chile en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Tesis de Licenciatura en Horticultura. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 26 pp.
- Guerrero-Guerrero, Espinoza-Banda, A., Palomo-Gil, A., Gutiérrez-del Río, E., Zermeño-González, H., González-Castillo, M.P. 2011. Aptitud combinatoria del rendimiento y sus componentes en dos grupos de líneas de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 22(2): 257-267.
- Palomar, De S.A. 2022. Evaluación del cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) utilizando dos sistemas de producción bajo invernadero. Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 55 p.
- Ramírez, M.M., Arcos, CG., Mata, V.H., Vázquez, G.E., Méndez, A.R. 2015. Variedades e híbridos de chile y su manejo para el sur de Tamaulipas. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Las Huastecas. Folleto Técnico. No. MX-0-310701-11-03-14-09-40. México. 47 p

- Ramírez M.M. y Méndez, A.R. 2019. Evaluación de Genotipos de Chile Serrano para Rendimiento y Calidad de Fruto en el Sur de Tamaulipas, México. 31 Encuentro Nacional de Investigación Científica y Tecnológica del Golfo de México. Pp. 85. Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tamaulipas.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT ® 9.1 User's Guide; SAS Institute Inc.: Cary, North Carolina, USA.

## SALINIDAD, DRENAJE Y ADAPTACIÓN AL CALENTAMIENTO GLOBAL EN DISTRITOS DE RIEGO

Leonardo Pulido Madrigal

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua  
Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos 62550  
[ingpumamx@gmail.com](mailto:ingpumamx@gmail.com)

### RESUMEN

Se estudió el impacto de variables agronómicas y climáticas en el incremento de salinidad del suelo en el Distrito de Riego 038 río Mayo, Sonora, y se analizó la aplicación de estrategias para disminuir el incremento de superficies ensalitradas. En tal sentido, se estudió a través de un análisis de varianza que las superficies ensalitradas y con niveles freáticos correlacionan con aplicaciones de volúmenes de riego, ya que en el DR 038 existe un límite para drenar el exceso de riego y la percolación profunda; de igual modo, debido a la escasez de agua de riego propiciada por sequías, se originan superficies ensalitradas que a su vez se crean por insuficiencia en la lixiviación de sales. Ante este panorama se analizaron como estrategias para descender las afectaciones por salinidad, la reducción de superficie de siembra, la disminución de volúmenes de riego y el incremento en el uso eficiente del agua de riego, mediante una mejoría tanto en las eficiencias de aplicación como en conducción del agua en canales. Al respecto, se analizó que una superficie de siembra menor que 84,000 ha y un volumen de riego de 800 hm<sup>3</sup> permitirían menores afectaciones por drenaje y salinidad. Además, se analizó que con eficiencias de aplicación de un 72% se tendría un descenso del 16 % en superficie con mal drenaje y una reducción del 25 % de afectaciones de salinidad.

**Palabras clave:** superficie de siembra, nivel freático, ensalitramiento, volumen de riego, temperatura, evapotranspiración, eficiencia de riego, análisis estadístico

### ABSTRACT

The impact of agronomic and climatic variables on the increase in soil salinity in the Irrigation District 038 río Mayo, Sonora, was studied, and the application of strategies to reduce the increase in salt affected areas was analyzed. In this sense, it was studied through a variance analysis that the salt affected soils along with poorly drainage areas correlate with applications of irrigation volumes, since in DR 038 there is a limit to drain excess irrigation and deep percolation; likewise, due to the scarcity of irrigation water caused by droughts, salty surfaces are created, which in turn are created due to insufficient salt leaching. Given this panorama, the reduction of planting area, the reduction of irrigation volumes and the increase in the efficient use of irrigation water, through an improvement in application and conduction efficiencies, were analyzed as strategies to reduce the effects of soil salinity. In this regard, it was analyzed that a planting area of less than 84,000 ha and an irrigation volume of 800 hm<sup>3</sup> would allow for fewer effects due to drainage and salinity. In addition, it was analyzed that with application efficiencies of 72% there would be a 16% decrease in poorly drained surfaces and a 25% reduction in salt affected soils.

**Keywords:** planting surface, water table, salination, irrigation volume, temperature, evapotranspiration, irrigation efficiency, statistical analysis.

## INTRODUCCION

En México, los mayores problemas de salinidad (CE) se presentan en las zonas áridas y semiáridas de la región noroeste (De la Peña, 2001), donde la precipitación pluvial (PP) es menor que la evaporación y las sales se pueden acumular sobre la superficie del suelo. Sin embargo, la causa más común de la acumulación de sales es la evapotranspiración (ET), que aumenta la concentración de sales a medida que profundiza la zona radical (De la Peña, 1979; Corwin *et al.*, 2012; Ayars, *et al.*, 2012). Al respecto, en el Distrito de Riego 038 río Mayo (DR038) las áreas con problemas de CE y niveles freáticos superficiales (MF) comprenden el 32% de su superficie, y en orden de importancia las causas que dan origen al problema de CE y de MF son: los métodos de riego ineficientes, el mantenimiento deficiente de la red de drenaje, las pérdidas de agua por conducción, la falta de capacitación de usuarios, las condiciones de topografía, la ubicación y condiciones de descarga de la red de drenaje, la calidad del agua de riego y la intemperización química de los materiales terrestres (De la Peña, 2001, Pulido *et al.*, 2009; Tanji and Wallender, 2012). Por otro lado, por efecto del calentamiento global (CC), se prevé que en el DR 038 los problemas de CE se agraven (Pulido, 2018); al respecto, El PICC (2022) señala que los estudios experimentales sugieren un aumento de la salinidad del suelo. Del mismo modo, Pulido y González (2017) mencionan que para enfrentar los problemas derivados del CC es recomendable aplicar estrategias y programas para rehabilitar suelos ensalitrados, mediante un aumento de eficiencias de riego parcelarias, así como el revestimiento de canales para disminuir pérdidas por filtración; también que es necesario mejorar el mantenimiento y conservación de la red de drenaje. Es así que en el presente trabajo se trazó el objetivo de analizar el impacto de algunas estrategias de adaptación al calentamiento global para reducir los problemas de salinidad, que se están aplicando en el Distrito de Riego 038 río Mayo, Sonora, a saber: reducción de superficie de siembra, disminución de volúmenes de riego y aumento en eficiencia de riego.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron estudios realizados en el DR 038 de CE del suelo y MF, así como datos de T, evapotranspiración de referencia y PP ([www.agroson.org.mx](http://www.agroson.org.mx); [www.siafeson.com/remas](http://www.siafeson.com/remas)) generados entre 1965-2022. De igual modo, se consultaron datos de volúmenes de riego (VOL), láminas de riego, eficiencias de riego, cultivos y superficie anual cosechada y rendimiento agrícola; los datos se adquirieron del Distrito de Riego 038 río Mayo y de la Sociedad de Responsabilidad Limitada del Distrito de Riego del río Mayo. Igualmente, se consultaron las estadísticas agrícolas de los distritos de riego de los años agrícolas 1997-2022 (Conagua, 2022). También, en los módulos de riego 05 y 06 durante el intervalo 2012-2017 se obtuvieron *in-situ* datos mensuales de CE y de MF a partir de redes de monitorización creadas ex profeso. Para preparar la presente publicación se consideró la experiencia desarrollada en el campo de salinidad, drenaje y riego en proyectos llevados a cabo en distritos de riego del noroeste de México. El DR 038 se localiza en el sur del estado de Sonora; comprende una superficie de 114,000 ha, de las cuales están empadronadas 97,891 ha ([www.drrmayo.mx](http://www.drrmayo.mx)), que son regadas por gravedad con agua de la presa de almacenamiento Adolfo Ruiz Cortines, y de bombeo del acuífero Valle del Mayo 2642. Su clima es estepario semiárido; con precipitación media anual de 324 mm del periodo 1984-2020, T media anual de 22.4 °C del periodo 1992-2020, y ET anual acumulada de 1,778

milímetros en el intervalo 2006-2020 (Pulido y Pulido, 2022). Los datos e información recopilados se sistematizaron y así, por medio análisis de varianza (ANOVA) de regresión lineal simple (RLS) y análisis gráfico con el programa Excel 2016, se evaluó el impacto de algunas estrategias de adaptación al calentamiento global que se proponen para reducir las afectaciones por salinidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Reducción de superficie de siembra y de volúmenes de riego y su impacto en la salinidad del suelo.** Entre 1984-2022 la superficie cosechada (SC) describe una tendencia descendente (Figura 1 a) con un promedio de 91,679 ha, donde las menores extensiones corresponden con los años de sequía (Figura 1 a y b), y entre 1997-2022 el promedio fue inferior en un 9 % con respecto a 1984-2022. Igualmente, en el intervalo 1970-2020 el promedio de PP fue de 343 mm anuales con tendencia descendente (Figura 1b), mientras en el lapso con más bajos volúmenes de almacenamiento, de 1988-2020 el promedio fue de 222 mm anuales que equivalen al 65 % del promedio 1970-2020, por lo que el déficit es del 35 %; esas bajas PP se reflejaron en menores volúmenes para riego (Figura 1 a).

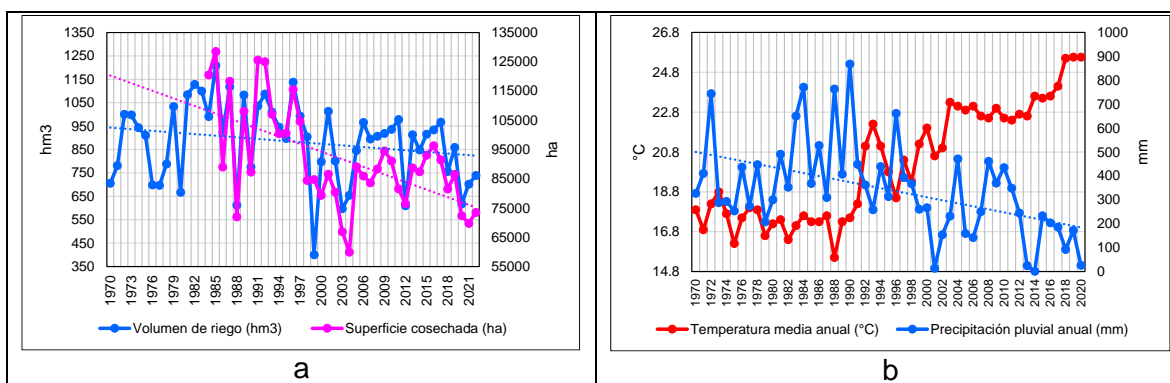


Figura 1. Distribución de superficie cosechada, volumen de riego, temperatura y precipitación pluvial en el Distrito de Riego 038 río Mayo. Fuente: elaboración propia.

La reducción de SC correlaciona con un decrecimiento en disponibilidad de VOL ( $R^2= 0.63$ , modelo 1, Cuadro 1), cuyo promedio entre 1970-2022 fue de 883 hm<sup>3</sup>, y según el ANOVA las menores superficies correspondieron con menores VOL, entre 1998-2022, que corresponde con el intervalo de sequías; y en este sentido el VOL resultó de 819 hm<sup>3</sup>, inferior en un 7 % al de 1970-2022. Adicionalmente, durante 1985-2020 se analizó que la reducción de SC correlaciona con el comportamiento de T ambiente promedio anual, la cual exhibe una tendencia creciente con un promedio de 20.2 °C (Figura 1 b,  $R^2= 0.37$ , modelo 2, Cuadro 1). Es así que en los años de mayores SC y de mayores VOL observados en el intervalo 1984-1997, la T media anual fue de 18.7 °C y en los años de sequía de 2002-2022 la T media resultó de 23.3 °C. Dicho de otro modo, las sequías, que repercutieron en una reducción de SC también influyeron en menores problemas de MF, como lo señala Pulido (2018). En consecuencia, en el intervalo 1980-2000 se analizó que los daños por MF tuvieron por origen los VOL (Figura 2 a,  $R^2= 0.76$ , modelo 3, Cuadro 1), por cuanto con mayores VOL en promedio de 943 hm<sup>3</sup> de 1980-2000 se originaron mayores daños por MF, como en 1985 con 41,431 ha. De esta forma, en el periodo 1980-2000 los menores problemas de MF, también referidos como drenaje, se identificaron cuando se sirvieron VOL



inferiores a 900 hm<sup>3</sup>, coincidiendo con los años de sequía. Con base en el modelo 3, con un VOL de 800 hm<sup>3</sup> que es inferior en un 15 % con respecto a 1980-2000, se obtendría una superficie con MF de 17,435 ha, que es menor en un 27 % al promedio de ese intervalo.

En el DR 038 hay un límite de SC y VOL que originen menores daños por MF y por CE, que se relaciona entre otras causas, con la insuficiente capacidad de la red de drenaje (Pulido *et al.*, 2009), para desaguar el agua por percolación y los coleos de riego; así como para desecar la humedad que naturalmente produce el riego por gravedad, que cubre más del 85% de la superficie de riego cuya eficiencia de aplicación parcelaria no va más allá del 63% (Pulido *et al.*, 2009). La SC promedio entre 1985 y 1997-2000 de 96,315 decreció a una media de 91,679 ha en el intervalo 1998-2000 cuando hubo menores daños por MF; y en este caso bajó de 23,520 ha entre 1985-2000 hasta 15,737 durante 1998-2000 (Figura 2 a, modelo 3). Según el ANOVA, se estimó que para desarrollar una superficie promedio de MF de 16,300 ha, debería de sembrarse anualmente alrededor de 84,000 ha (Figura 2 ab, R<sup>2</sup>= 0.89, modelo 4, Cuadro 1); dicha SC sería inferior en un 8 % al promedio de 1984-2022. Es decir, en el DR 038 para tener una superficie anual mínima posible afectada por MF, tendría que servirse un VOL anual de alrededor de 800 hm<sup>3</sup>; estas cantidades podrían considerarse como de equilibrio para generar menores afectaciones por drenaje y salinidad.

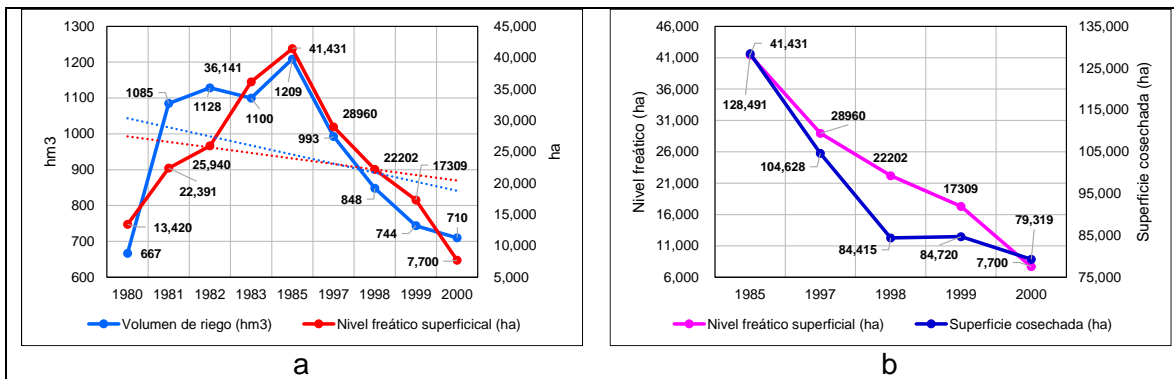


Figura 2. Variación de volumen de riego y de nivel freático superficial. Fuente: elaboración propia.

Cuadro 1. Modelos de regresión lineal simple que correlacionan la salinidad del suelo, niveles freáticos superficiales, riego y superficie cosechada, con variables climáticas y agronómicas.

Modelo	Estrato (cm)	Periodo	Modelo de regresión <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>	n	Fc	Ft
1		1984-2022	SC= 78.797(VOL)+22413	0.63	39	65.01*	4.1
2		1985-2020	SC= -3781.1(T)+173175	0.37	34	19.37*	4.14
3		1980-2000	MF= 45.66(VOL)-19100	0.76	9	22.35*	5.59
4		1985-2000	MF= 0.585(SC)-32914	0.89	5	25.32*	10.12
5	30-60	1973-1985	SS= -18.478(VOL)+34795	0.78	7	18.43*	6.6
6	0-30	1972-1980	SS= 1.465(MF)- 2890.6	0.72	6	10.78*	7.7
7	30-60	1991-2000	SE= 50.706(VOL)-18466	0.83	3	5.24	161.44
8		1991-2000	SC= 136.7(VOL)-18014	0.99	3	681.52*	161.44
9		2001-2022	R= 5.852(VOL)+5202.9	0.75	22	60.13*	4.35
10		2007-2016	R= -0.0188(ET)+68.34(ET)-5131	0.77	10	7.27*	5.31
11		1997-2000	MF= 15.985 (R)-125486	0.77	4	6.96	18.51
12	30-60	2012-2014	SS= 0.678 (R)+2699.6	0.99	3	188.94*	161.44
13		1982-2000	MF= -1046(EA)+96802	0.83	7	25.09*	6.6
14	0-120	1981-2000	EA= -752.16(SE)+77823	0.87	3	7.2	161.44

<sup>1</sup>SC= superficie cosechada (ha); VOL= volumen de riego (hm<sup>3</sup>); T= temperatura ambiente (°C); MF= nivel freático superficial (ha); SS= suelo salino (ha); SE= suelo ensalitrado (ha); R= productividad del riego (m<sup>3</sup>/ha); ET= evapotranspiración de referencia (mm); EA= eficiencia de aplicación (%); Fc= F calculada con 95% de confianza; n= número de observaciones; Ft= valor crítico de F,  $\alpha$ = 0.05 de significancia; \*= estadísticamente significativo.

Al respecto, en el periodo 1973-1985 los VOL tuvieron valores extremos en 1980 de 667 hm<sup>3</sup> y en 1985 de 1,209 hm<sup>3</sup>, y se investigó su correlación con la CE de tal forma que con los menores VOL de 1975-1980 aumentó la superficie con suelo salino (SS) en un 44 %, de 16,016 ha en 1974 hasta 23,107 ha en 1977, por insuficiente lixiviación de sales (Figura 3a, R<sup>2</sup>= 0.78 modelo 5, Cuadro 1); y según esta figura las mayores superficies salinas se observaron coincidentemente entre 1975-1980; mientras que en 1985 cuando se aplicó un VOL anual de 1,209 hm<sup>3</sup> que es el mayor utilizado entre 1970-2022, el nivel de CE fue el menor del intervalo 1973-1985, de lo cual se infiere que sí hubo lavado de sales. De la misma manera, se examinó que entre 1972-1980 las mayores superficies con MF correlacionaron con las más altas superficies con SS del estrato de 0-30 cm (Figura 3b, R<sup>2</sup>= 0.72 modelo 6, Cuadro 1), de lo que se concluye que con sequías que se están incrementando con el calentamiento global, las afectaciones por CE se acentuarán y es por ello que es muy importante el manejo eficiente de volúmenes de riego.

Además, en 1991 cuando se sirvieron 775 hm<sup>3</sup> también se cartografiaron 29,729 ha de suelo ensalitrado y se cosecharon 87,269 ha; entretanto, en 1996 en que se sirvieron 1,138 hm<sup>3</sup> igualmente se cartografiaron 42,272 ha y se cosecharon 115,453 ha, mientras que en 2000 cuando se sirvió un VOL más bajo de 710 hm<sup>3</sup>, se cartografiaron 23,305 ha y se cosecharon 79,319 ha (modelos 7 y 8, cuadro 1). En el caso expuesto, se determinó que las mayores superficies ensalitradas se obtuvieron tanto con VOL superiores al VOL de equilibrio de 800 hm<sup>3</sup> como con SC superiores a las 84,000 ha, estimadas como superficie de equilibrio. Esto quiere decir que con el CC que produce aumentos de T, de ET así como de sequías en la cuenca del río Mayo, las afectaciones por CE aumentan; sin embargo, hay

una disminución de CE siempre y cuando los VOL estén por debajo del umbral estimado de  $800 \text{ hm}^3$  anuales y la SC se aproxime a  $84,000 \text{ ha}$ , por lo que se podrían considerar tanto la reducción de SC como la disminución de VOL, como estrategias de adaptación a los efectos del calentamiento global.

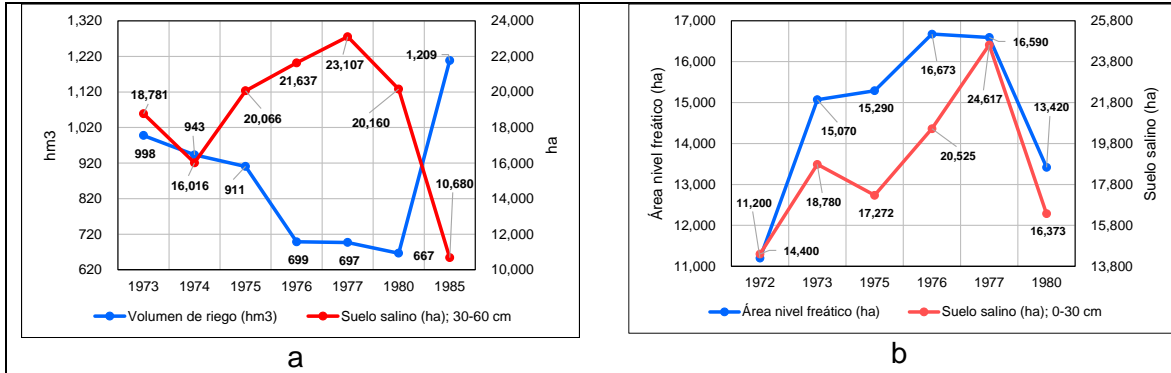


Figura 3. Correlación de volumen de riego con salinidad y de niveles freáticos superficiales con salinidad. Fuente: elaboración propia.

**Productividad del riego y su impacto en el ensaltramiento.** La demanda de agua de riego ( $R$ ) expresada en  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , se analizó entre 1984-2022 con un promedio de  $9,693 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , y la cual tendencia es positiva contraria a la de VOL (Figura 4 a); esto significa que en este lapso hay un crecimiento en la  $R$  derivado de las condiciones de sequía y altas  $T$  y  $ET$ ; dicho crecimiento se interpreta como una disminución en la productividad del riego. Sin embargo, se examinó que en el intervalo 2001-2022 la  $R$  media fue de  $10,088 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ( $R^2=0.75$ , modelo 9, cuadro 1); esto es, entre 2001-2022 la  $R$  muestra una mejor productividad del agua propiciada por su escasez ya que en 2006 la  $R=11,844 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  entretanto que en 2020 ésta resultó de  $8,535 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . También, se analizó que en el intervalo 2007-2016 cuando la  $ET$  anual acumulada con tendencia ascendente incrementó de  $1,455 \text{ mm}$  por la sequía de 2011-2012 hasta  $1,952 \text{ mm}$  en 2016, correlacionó con la  $R$  (Figura 4b,  $R^2=0.77$ , modelo 10, cuadro 1), por cuanto un aumento de la  $ET$  impulsó un incremento en la demanda del riego; sin embargo, a pesar del aumento en la  $ET$ , la  $R$  fue a la baja lo que exhibe una mayor productividad del riego.

Por otra parte, se analizó la correlación entre la  $R$  y los problemas de MF y CE utilizando datos del periodo 1997-2000, de lo que resultó que, cuando se aplica un menor volumen por hectárea, esto es, una alta productividad del riego como en 1999 con  $8,779 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  y 2000  $8,949 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , la superficie con MF es inferior que la reportada en 1997-1998 de  $9,489$  y  $9,441 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , respectivamente ( $R^2=0.77$ , modelo 11, cuadro 1). Del mismo modo, cuando se es más eficiente en el riego como ocurrió durante la sequía de 2011-2012, las afectaciones por SS fueron menores ( $R^2=0.99$ , modelo 12, cuadro 1). Por lo tanto, con el CC que genera sequías los usuarios de riego utilizan el agua más racionalmente y ello se manifiesta en menores afectaciones de salinidad y drenaje, por lo que también al uso eficiente del agua de riego se le puede considerar como una medida de adaptación al calentamiento global.

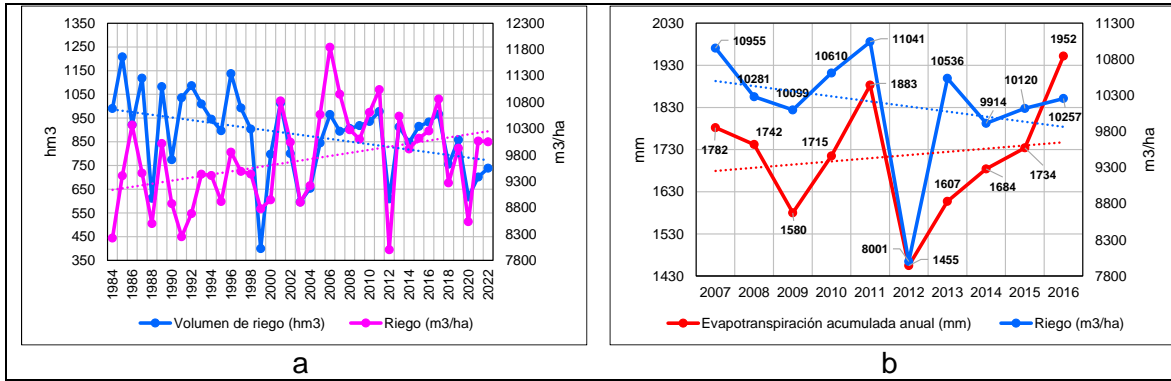


Figura 4. Variación de productividad del agua de riego y correlación entre evapotranspiración y productividad del agua de riego.

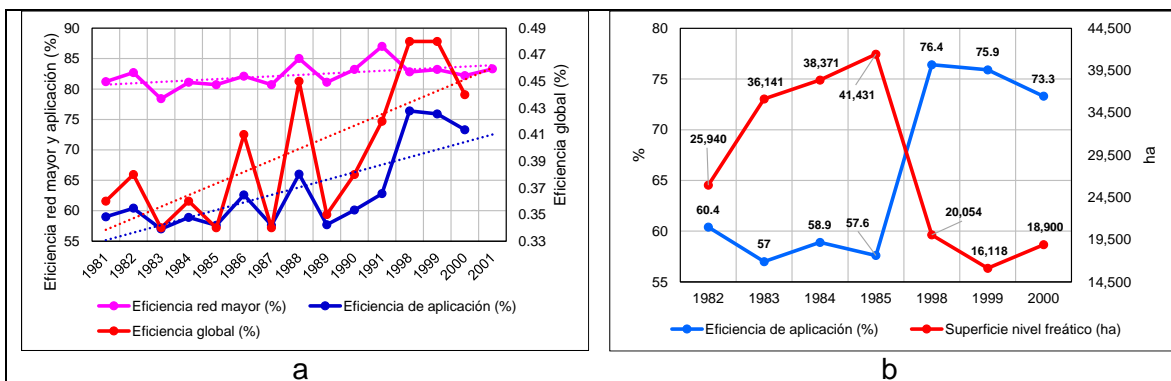


Figura 5. Variación de eficiencias de aplicación, conducción y globales y correlación entre eficiencia de aplicación y afectaciones por niveles freáticos superficiales.

Asimismo, se estudiaron las eficiencias de conducción en la red mayor, de aplicación parcelaria y las eficiencias globales en el periodo de 1981-2001 (Figura 5 a), de lo cual se calculó que la eficiencia global promedio de 40 % aumentó a un 46 % en el periodo 1991-2000 cosa que se relaciona con años de escasez de agua por sequía, específicamente en 1988, 1990 y 1999-2000. De igual manera, la eficiencia de aplicación (EA) promedio fue de 63%, donde las más altas del 72 % observadas entre 1991-2000 también correspondieron con años de sequía. De este modo, el incremento del 63-72 % en EA se plasma en menores superficies de MF entre 1998-2000 con 16,118-20,054 ha y donde se utilizaron entre 710-848 hm<sup>3</sup>, a diferencia de 1982-1985 cuando se sirvieron 991-1,209 hm<sup>3</sup> y se reportaron entre 25,940-41,431 ha con MF. En el ANOVA se examinó que al aumentar las eficiencias disminuyen las superficies con mal drenaje (Figura 5 b, R<sup>2</sup>= 0.83 modelo 13, Cuadro 1). Con base en este modelo se calculó que con una EA del 72 % se desarrollarían superficies de MF de 21,500 ha, que son inferiores en un 16 % al promedio de 1982-2000 de 25,669 ha. De igual manera, se calculó que con una EA del 72 % la superficie ensalitrada sería de alrededor de 23,700 ha (modelo 14, R<sup>2</sup>= 0.87, cuadro 1), inferior en un 25 % con respecto al promedio de 1972-2000. Es decir, que el uso eficiente del agua de riego es una estrategia de adaptación al CC que influiría en menores superficies con salinidad y drenaje.

## CONCLUSIONES

En el Distrito de Riego 038 río Mayo el incremento de temperatura y de evapotranspiración así como el descenso de volúmenes de riego, impactaron en un aumento de la salinidad del suelo. Es por esto que con la reducción de superficie de siembra y cosecha y con la disminución de volúmenes de riego como estrategias de adaptación al calentamiento global es factible aminorar la superficie ensalitrada.

Además, se analizó que con el aumento de la productividad del riego como estrategia para decrecer el incremento de superficie ensalitrada propiciado por el calentamiento global, es viable decrecer la superficie afectada por salinidad y drenaje.

## REFERENCIAS

- Ayars, J. E.; G. J. Hoffman and D. L. Corwin. 2012. Leaching and rootzone salinity control. pp 371-403. In W.W. Wallender and K.K. Tanji (eds.). ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71. Agricultural Salinity Assessment and Management (2nd Edition). ASCE, Reston, VA.
- Corwin, D. L.; S. M. Lesch, and D. B. Lobell. 2012. Laboratory and field measurements. pp 295-341. In W.W. Wallender and K.K. Tanji (eds.). ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71. Agricultural Salinity Assessment and Management (2nd Edition). ASCE, Reston, VA.
- De la Peña, I. 1979. Principios y solución de drenaje parcelario, Boletín Técnico No. 9, SARH, Ciudad Obregón, Sonora, México.
- De la Peña, I. 2001. Problemática de la salinidad y el drenaje y su control en los distritos de riego de la región noroeste. Comisión Nacional del Agua, Gerencia Regional en el Noroeste, Subgerencia de Riego y Drenaje, Cd. Obregón, Sonora.
- IPCC. 2022: Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–33, doi:10.1017/9781009325844.001.
- Pulido, M. L.; J. G. Meraz y M. V. Pulido. 2009. Metodología para el diagnóstico, manejo y control de la salinidad, aplicada en el Distrito de Riego 038 Río Mayo, Sonora, México. Ingeniería Hidráulica en México, Vol. XXIV, núm. 1, pp 55-72.
- Pulido, M. L. y A. J. González Real. 2017. Calentamiento global, salinidad, drenaje y producción agrícola en distritos de riego. III Congreso Nacional de Riego y Drenaje COMEII 2017, Puebla, Pue., 28-30 de noviembre de 2017.
- Pulido, M. L. 2018. Ensalitramiento de suelos, producción agrícola y calentamiento global. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Mor., 200 p.
- Pulido, M. L. y J. Pulido Real. 2022. Producción agrícola con riego en condiciones de calentamiento global. Memoria ISSN:2594-1437, XXXIV Semana Internacional de Agronomía, 07-09 de septiembre 2022, Universidad Juárez de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Durango, México.
- Tanji, K.K. and W. W. Wallender. 2012. Nature and Extent of Agricultural Salinity and Sodicity. pp 1-25. In W.W. Wallender and K.K. Tanji (eds.). ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71. Agricultural Salinity Assessment and Management (2nd Edition). ASCE, Reston, VA.

## AGUA SUBTERRÁNEA PARA RIEGO, SALINIDAD, DRENAJE Y CALENTAMIENTO GLOBAL

Pulido, M. L.<sup>1\*</sup>; Pulido, R. J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos 62550.* <sup>2</sup>*Especialista en salud y medio ambiente. Consultor independiente. Cuernavaca, Morelos*

\*Correo electrónico: [ingpumamx@gmail.com](mailto:ingpumamx@gmail.com)

### RESUMEN

El distrito de riego 038 río Mayo, Sonora es uno de los que muestran mayores problemas de salinidad y drenaje a nivel nacional, que se relacionan con sequías asociadas con el calentamiento global. Es así que para cumplir con la demanda anual de agua de riego se bombea agua subterránea en cada ciclo agrícola del acuífero Valle del Mayo, de tal manera que la extracción ha ido en aumento y se ha agudizado en los últimos 25 años. A este respecto, en el presente trabajo se plantearon los objetivos de estudiar la variabilidad en el volumen de bombeo de agua subterránea para riego agrícola y de analizar el efecto del bombeo de agua subterránea en superficies con niveles freáticos someros y en la salinidad del suelo, en el Distrito de Riego 038 río Mayo, Sonora, y considerando al calentamiento global. Para dar respuesta a estos objetivos, se realizaron análisis de varianza de regresión lineal simple y análisis gráfico por medio del programa Excel 2016, y así determinar la relación entre la temperatura ambiente y la evapotranspiración de referencia con el volumen de bombeo; asimismo se analizó la relación entre el volumen de bombeo con la salinidad y el drenaje. Las conclusiones son: que el incremento de temperatura y de evapotranspiración y la disminución de precipitaciones pluviales observados entre 1970-2022, se están manifestando en un descenso en volúmenes de captación para riego, por lo cual se está intensificando el bombeo de agua subterránea con repercusiones en descensos en la superficie anual sembrada. Igualmente, se determinó que el bombeo de agua subterránea influye tanto en reducción de superficies con niveles freáticos someros como de salinidad del suelo, por lo que se le puede considerar como una estrategia de adaptación al calentamiento global.

**Palabras clave:** bombeo, acuífero, temperatura, evapotranspiración, distrito de riego, volumen de riego, superficie de siembra, análisis de varianza.

### ABSTRACT

Irrigation district 038 Río Mayo, Sonora is one of the districts with the greatest salinity and drainage problems at the national level, which are related to droughts associated with global warming. Thus, in order to meet the annual demand for irrigation water, groundwater is pumped in each agricultural cycle from the Valle del Mayo aquifer, in such a way that extraction has been increasing and has worsened in the last 25 years. In this regard, in this work the objectives were raised to study the variability in the volume of groundwater pumping for agricultural irrigation and to analyze the effect of groundwater pumping on surfaces with shallow water tables and on soil salinity, in Irrigation District 038 Río Mayo, Sonora, and considering global warming. To respond to these objectives, simple linear regression variance analysis and graphical analysis were performed using the Excel 2016 program,

and thus determine the relationship between ambient temperature and reference evapotranspiration with the pumping volume; The relationship between pumping volume and salinity and drainage was also analyzed. The conclusions reached are that the increase in temperature and evapotranspiration and the decrease in rainfall observed between 1970-2022 are manifesting in a decrease in irrigation catchment volumes, which is why groundwater pumping is being intensified with repercussions on decreases in the annual planted area. Likewise, it was discovered that groundwater pumping influences both the reduction of surfaces with shallow water tables and soil salinity, so it can be considered as a strategy for adaptation to global warming.

**Keywords:** pumping, aquifer, temperature, evapotranspiration, irrigation district, irrigation volume, sowing area, analysis of variance.

## INTRODUCCION

En México, a escala nacional en la región noroeste en la cual se localiza la mayoría de superficie irrigada del país donde existen 15 distritos de riego, se encuentran los mayores problemas de salinidad y drenaje, que comprenden el 61.2 % de superficie ensalitrada y el 15 % de superficie con niveles freáticos superficiales del país; y en el distrito de riego (DR038) Mayo, Sonora las áreas con problemas de salinidad (CE) y de niveles freáticos superficiales (MF) cubren el 32% de su superficie (De la Peña, 2001; Pulido, 2016 y 2018). Entre las causas que originan estos problemas está su ubicación geográfica en la que prevalecen condiciones de aridez y semiaridez, donde la precipitación pluvial (PP) es inferior a la evaporación y las sales se acumulan sobre la superficie del suelo impulsadas por la evapotranspiración (ET), que es la causa más común de acumulación de sales (De la Peña, 1993; 2001; Corwin *et al.*, 2012; Ayars, *et al.*, 2012). Igualmente, Pulido (2016) concluye que en el DR 038 debido al calentamiento global antrópico (CC) (PICC, 2021) los problemas de CE del suelo se incrementaron un 24.1% y los de MF también un 21.9%. Sobre el particular, Pulido (2023) explica que en el DR038 los volúmenes de riego (VOL) tuvieron tendencia descendente desde 1970 hasta 2020, mismos que están ligados a sequías relacionadas con el CC (CC).

Pulido (2018) revela que en la sequía de 1997-2000 se utilizaron volúmenes crecientes de bombeo de agua subterránea, debido a la escasez de agua de gravedad; esto es, en 1996 en el que llovieron 661 mm se derivaron para riego del ciclo agrícola 1996-1997 937 hm<sup>3</sup>, de los cuales el agua de la presa Adolfo Ruiz Cortines proveyó el 85.2% y el bombeo de pozos profundos el 14.8% restante; mientras, en un año seco como fue 1999 en el cual llovieron 261 mm, el VOL fue de 744 hm<sup>3</sup> de los cuales el 74.1% correspondió a extracciones de la presa y 25.9 % al bombeo, es por ello que en el DR038 sin el bombeo del acuífero que se realiza anualmente sería imposible regar la totalidad de su superficie. Al respecto, como una estrategia para disminuir las afectaciones por MF De la Peña (1979) y Luthin (1978, citado por Ayars, 2012), refieren que el bombeo puede usarse como drenaje de alivio para reducir los MF, si las condiciones geológicas del subsuelo son adecuadas. A este respecto, en el presente trabajo se plantearon los objetivos de estudiar la variabilidad en el volumen de bombeo de agua subterránea para riego agrícola y de analizar el efecto del bombeo de agua subterránea en superficies con niveles freáticos someros y en la salinidad del suelo, dentro del periodo 1970-2022 en el Distrito de Riego 038 río Mayo, Sonora, a la luz del calentamiento global.



## MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron informes realizados en el DR 038 de CE del suelo y MF, así como datos de T, evapotranspiración de referencia y PP ([www.agroson.org.mx](http://www.agroson.org.mx); [www.siafeson.com/remas](http://www.siafeson.com/remas)) generados entre 1965-2022. De la misma forma, se consultaron datos de VOL de gravedad y del B; láminas de riego, eficiencias de riego, cultivos, y superficie anual cosechada y rendimiento agrícola. Los datos se consiguieron tanto del DR038 como de la Sociedad de Responsabilidad Limitada del Distrito de Riego del río Mayo. Igualmente, se consultaron las estadísticas agrícolas de los distritos de riego de los años agrícolas 1997-2022 (Conagua, 2022). También, en los módulos de riego 05 y 06 durante el intervalo 2012-2017 se obtuvieron *in-situ* datos mensuales de CE y de MF. También, para preparar la presente publicación se consideró la experiencia desarrollada en el campo de salinidad, drenaje y riego en proyectos llevados a cabo en distritos de riego del noroeste de México. El DR038 se localiza en el sur del estado de Sonora; comprende una superficie de 114,000 ha, de las cuales están empadronadas 97,891 ha ([www.drrmayo.mx](http://www.drrmayo.mx)), que son regadas por gravedad con agua de la presa de almacenamiento Adolfo Ruiz Cortines que tiene una capacidad máxima de almacenamiento de 1,385 hm<sup>3</sup>, y agua del bombeo de 434 pozos profundos de los que se extraen cada año 184.9 hm<sup>3</sup> del acuífero Valle del Mayo 2642 (Conagua, 2024). Su clima es estepario semiárido; con PP media anual de 324 mm del periodo 1984-2020, T media anual de 22.4 °C del periodo 1992-2020, y ET anual acumulada de 1,778 milímetros del intervalo 2006-2020 (Pulido y Pulido, 2022). Los datos e información recopilados se sistematizaron y así, por medio análisis de varianza (ANOVA) de regresión lineal simple (RLS) y análisis gráfico efectuados con el programa Excel 2016, se evaluó el efecto de B, en superficies con CE y niveles freáticos superficiales.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Variabilidad del volumen de bombeo de agua subterránea.

Entre 1970-2022 el volumen de riego anual utilizado en el DR038 es de 885 hm<sup>3</sup> de los cuales el 86 % provino de gravedad del almacenamiento de la presa Adolfo Ruiz Cortines y el 14 % de bombeo del acuífero, y en semejante periodo el agua de gravedad exhibió tendencia negativa mientras que el volumen de bombeo de agua subterránea (B) tuvo un comportamiento ascendente. Es decir, entre estas variables se determinó una correlación negativa puesto que al disminuir el volumen por gravedad se extrajeron mayores volúmenes del acuífero, los cuales tuvieron mayor cuantía en los años de sequía de 1976-1978, 1987-1988, 1997-2005, 2011-2012 y 2018-2022 (Figura 1 a, b, modelo 1, R<sup>2</sup>= 0.50, cuadro 1). Es así que en el lapso 1997-2005 se sirvieron en total 775 hm<sup>3</sup> que significan 12 % del promedio 1970-2022, de los cuales por gravedad se utilizaron 622 hm<sup>3</sup>, 18 % menos que el volumen de 1970-2022 y se extrajeron por bombeo 154 hm<sup>3</sup> que significan un 21 % más que el promedio 1970-2022.

De igual manera, se encontró durante 1997-2022 un decremento del 7 % en VOL del cual un 10 % corresponde a reducción de volumen por gravedad y se registró un aumento del 13 % en bombeo respecto a 1970-2022; y en este lapso se analizó que, con el aumento de temperatura (T) cuyo promedio de 1970-2020 es de 20.2 °C y de 1997-2020 de 22.9 °C, con un aumento del 13 %, hubo un aumento del bombeo de un 14 %. En particular, entre 2015-2020 se examinó una estrecha correlación con pendiente positiva entre T y B, lo cual explica que con el CC está aumentando la demanda de agua para riego por lo cual la presión sobre el acuífero está creciendo (Figura 2 a, b, modelo 2, R<sup>2</sup>= 0.93,

cuadro 1). En este aspecto, en 2014 se menciona que los caudales en los pozos de bombeo se están reduciendo producto de la sobreexplotación del acuífero (Pulido, 2018). En tal sentido, el año 2000 se bombearon  $216 \text{ hm}^3$  que representan el 76 % del volumen de recarga de  $367.3 \text{ hm}^3$  anuales que según la Conagua (2024) se estima en el acuífero Valle del Mayo; y en este acuífero anualmente se extraen en promedio  $281.94 \text{ hm}^3$  para diferentes usos; la misma fuente cita que la disponibilidad de agua subterránea media anual es de  $22.15 \text{ hm}^3$  (Conagua, 2024).

Con el CC la ET exhibió una dirección ascendente en consonancia con el B, donde el promedio de enero-julio de 2012-2020 es de  $1,117 \text{ mm}$  mientras que el de B es de  $149 \text{ hm}^3$ , y conforme al ANOVA al aumentar la ET también incrementó el B debido a un mayor requerimiento hídrico de los cultivos. A este respecto, en 2015 se tuvo una baja ET y un bajo B, cuando la superficie cosechada es de  $93,070 \text{ ha}$ , a diferencia de 2019 con altos ET y B, y con una superficie cosechada de  $86,475 \text{ ha}$  (Figura 3 a, b, modelo 3,  $R^2 = 0.89$ , cuadro 1); esto es, por la sequía en 2019 solo se dispuso de un volumen de gravedad de  $675 \text{ hm}^3$ , a diferencia de los  $800 \text{ hm}^3$  que se aplicaron en 2015; de esta manera, en 2019 se extrajeron un mayor B que en 2015, pero no se alcanzó a sembrar la superficie media de  $91,679 \text{ ha}$  que en promedio se registró entre 1984-2022. Según esto, con el CC la tendencia es bombear mayores volúmenes y sembrar menores superficies. En el lapso 1984-2022 se analizó un B medio de  $129 \text{ hm}^3$  con tendencia creciente y una superficie cosechada media de  $91,976 \text{ ha}$ , con tendencia decreciente; es decir, que aproximadamente desde 1996 se empezó a observar un rápido incremento en B y un marcado decremento en superficie cosechada, por lo cual con el aumento del bombeo casi al límite de la disponibilidad anual, se está tratando de mantener la superficie de siembra promedio histórica, aunque a partir de 2016 se presentó un largo periodo de sequías que está generando una alta presión en el acuífero, ya que se están extrayendo hasta  $183 \text{ hm}^3$  como en 2019.

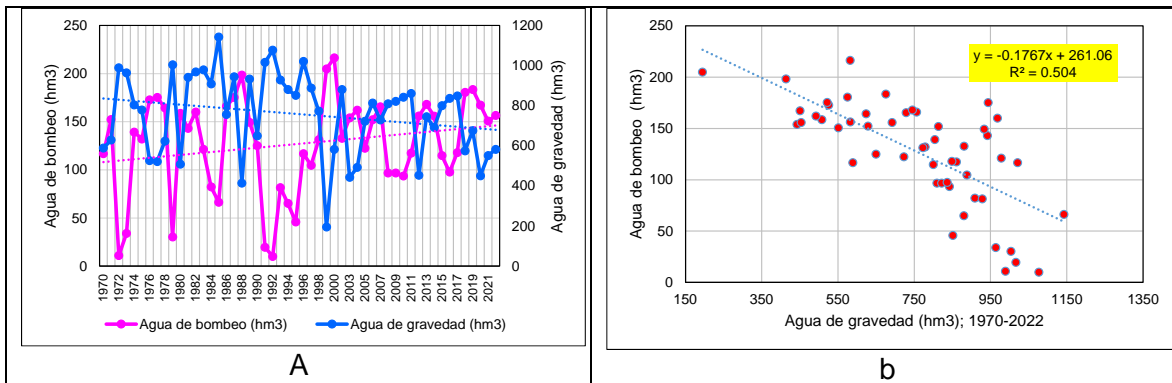


Figura 1. Variación de extracción para riego de agua de gravedad y de bombeo y correlación entre agua de riego por gravedad y agua de bombeo del acuífero. Fuente: elaboración propia.

Cuadro 1. Análisis de varianza de modelos de regresión lineal simple que correlacionan volúmenes de bombeo con temperatura ambiente, evapotranspiración de referencia, niveles freáticos superficiales y salinidad del suelo.

Modelo	Estrato (cm)	Periodo	Modelo de regresión <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>	n	Fc	Ft
1		1970-2020	B= -0.1767(G)+261.06	0.5	52	51.06*	4.03
2		2015-2020	B= 36.13(T)-746.74	0.93	6	62.23*	7.7
3		2012-2020	B= -0.0006(ET) <sup>2</sup> +1.458(ET)-656.99	0.89	7	19.24*	6.6
4		1980-2000	MF= -210.31(B)+55311	0.84	10	43.36*	5.31
5	0-30	1972-1985	SSO= -26.249(B)+11403	0.77	8	20.39*	5.98
6	0-60	2015-2017	CE= -0.0342(B)+50.93	0.93	3	13.68	161.44
7	30-60	2012-2014	SSO= -53.53(B)+9490.6	0.85	3	5.78	161.44

<sup>1</sup>B= volumen de bombeo de agua subterránea (hm<sup>3</sup>); G= volumen de agua de gravedad extraída de la presa Adolfo Ruiz Cortines (hm<sup>3</sup>); T= temperatura ambiente (°C); ET= evapotranspiración de referencia (mm); MF= nivel freático superficial (ha); SSO= suelo salino sódico (ha); CE= suelo ensalitrado (dS m<sup>-1</sup>); Fc= F calculada con 95% de confianza; n= número de observaciones; Ft= valor crítico de F, α= 0.05 de significancia; \*= estadísticamente significativo.

**Análisis del bombeo de agua subterránea en superficies con problemas de drenaje y salinidad**

La Conagua (2024) revela que en el acuífero 2642 Valle del Mayo la configuración de profundidad al nivel del agua subterránea en el año 2019 presentó valores que variaron de 3 a 50 m, de este modo los niveles estáticos más someros, menores de 8 m, se registran en la porción baja de la cuenca, en la zona ubicada entre Sepobampo, Hutabampo y Jambiolobampo, en la cual se observan los mayores problemas de MF hasta 3 m de profundidad, y de salinidad (Pulido, 2018). Asimismo, la mayor cantidad de pozos de bombeo se localizan en la zona sur del DR038 (Pulido *et al.*, 2009); por consiguiente, en el lapso 1980-2000 se calculó que en promedio se bombearon 139 hm<sup>3</sup> y se registraron 26,100 ha con MF; en ambos casos la tendencia de B fue creciente entretanto que en la superficie con MF la tendencia fue decreciente, por lo que se analizó una correlación con pendiente negativa, por cuanto con el incremento de B se inventariaron menores superficies de MF (Figura 4, modelo 4, R<sup>2</sup>= 0.84, cuadro 1).

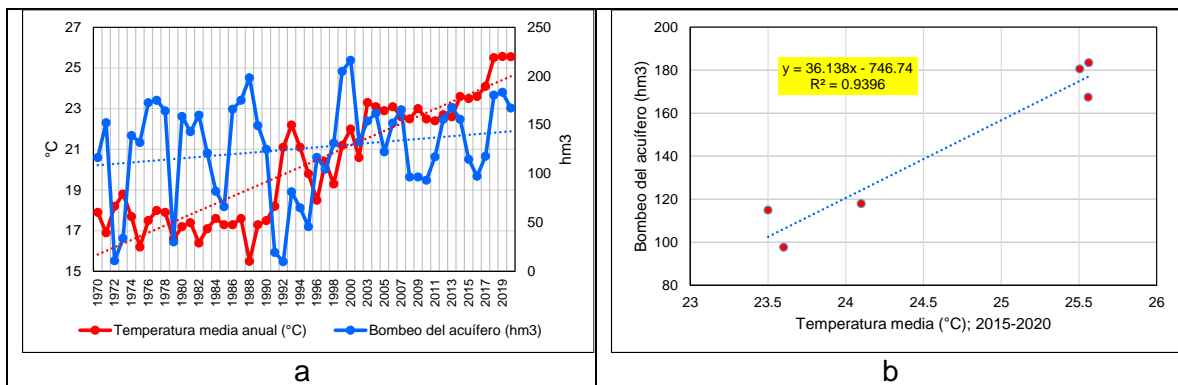


Figura 2. Correlación entre temperatura media anual y bombeo de agua subterránea para riego. Fuente: elaboración propia.

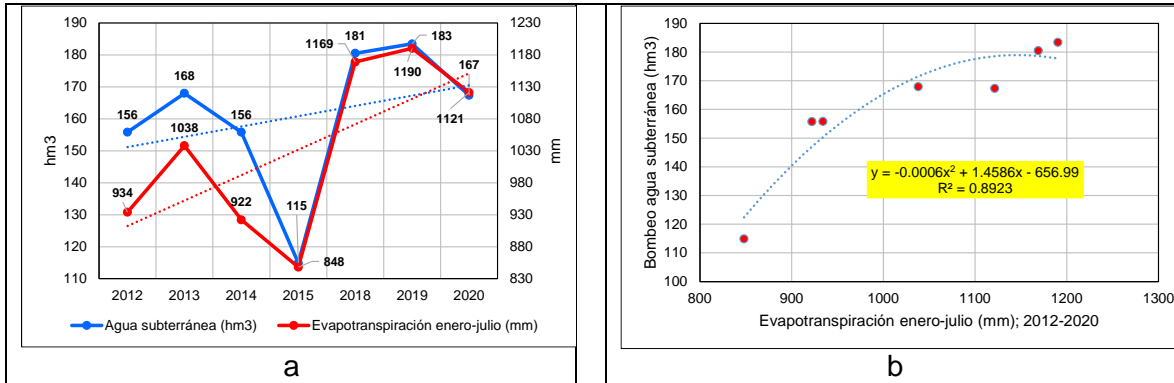


Figura 3. Correlación entre evapotranspiración de referencia con bombeo de agua subterránea. Fuente: elaboración propia.

Es decir, entre 1997-2000 cuando se extrajo por bombeo más agua, se cartografiaron menores superficies con MF; por lo contrario, durante 1983-1998 cuando se sacaron los más bajos B, es que se observaron los más altos problemas de drenaje, como en 1983-1985. En consecuencia, el bombeo de agua subterránea tiene un efecto positivo en la disminución de MF, en concordancia con De la Peña (1993) quien denomina al bombeo del agua subterránea, específicamente en los distritos de riego 041 río Yaqui y 038 río Mayo, Sonora, como drenaje vertical, y también según Ayars (2012). En el DR038 el B es eficaz derivado de la poca profundidad a la que se encuentran los niveles estáticos, que en ciertos casos probablemente entran en contacto con los niveles freáticos superficiales, por lo que éstos profundizan con el bombeo.

El efecto del bombeo también se manifiesta en la reducción de CE por causa de la estrecha correlación entre un MF y un problema de CE (Pulido, 2018; 2023); y para este caso, en el intervalo 1972-1985 se identificó una tendencia descendente de suelo salino sódico cuando se extrajeron mayores volúmenes de B, y por esta razón se encontró en el análisis gráfico, que en la cima observada de B entre 1976-1980 los suelos salino sódicos tuvieron las afectaciones más bajas, en el lapso 1975-1977. También, el bombeo de MF por medio de energía eólica que se desarrolló entre 2015-2017 en una parcela experimental en el DR038 (Pulido y Pulido, 2022), redujo las concentraciones de sales, es así que durante los periodos 1972-1985 y 2015-2017 se elaboraron modelos de RLS con pendiente negativa, que explican que los incrementos en B redujeron la CE (Figura 5 a, modelo 5,  $R^2 = 0.77$ , cuadro 1 y Figura 5 b, modelo 6,  $R^2 = 0.93$ , cuadro 1). De la misma manera, en 2013 se bombearon 168  $\text{hm}^3$  y se cartografiaron suelos salino sódicos en el 8 % de la superficie examinada, mientras que en 2012 cuando se extrajeron 156  $\text{hm}^3$  de B la superficie con suelos salino sódicos resultó del 21 % del área total mapeada (modelo 7,  $R^2 = 0.85$ ).

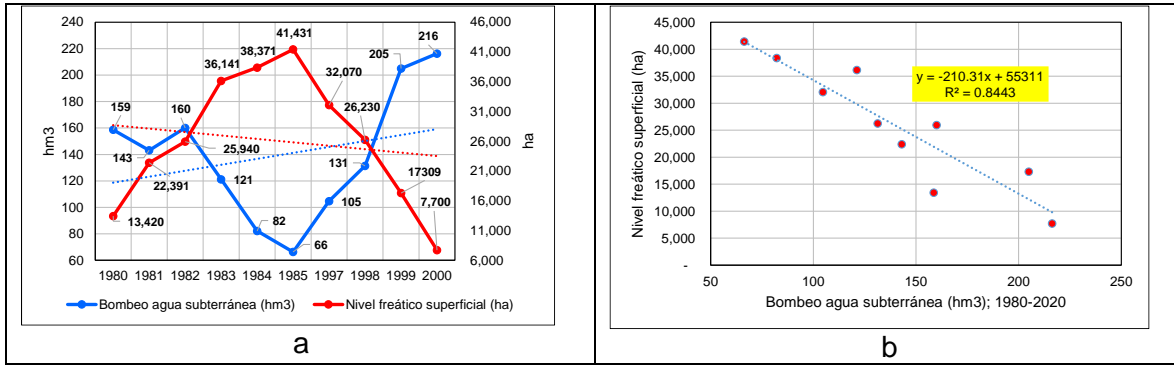


Figura 4. Correlación entre bombeo de agua subterránea y niveles freáticos superficiales. Fuente: elaboración propia.

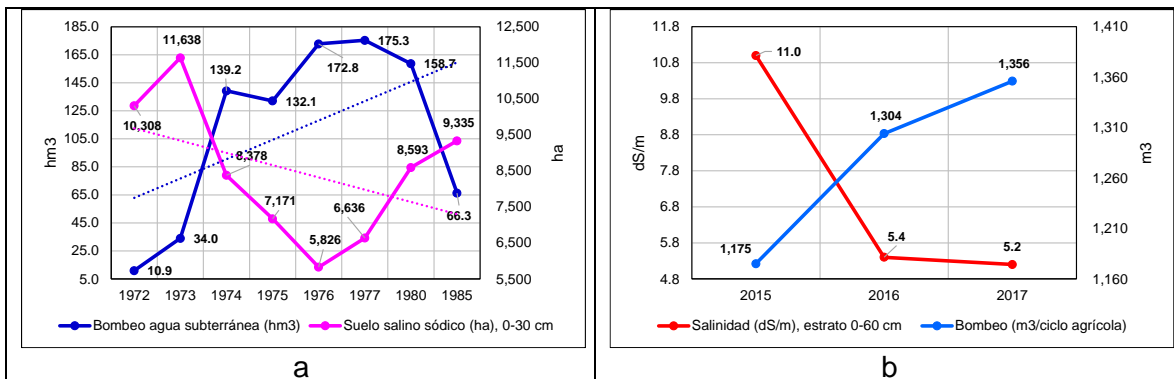


Figura 5. Correlación entre bombeo de agua subterránea con suelo salino sódico y bombeo de agua freática con suelo ensalitrado.

### CONCLUSIONES

En el Distrito de Riego 038 río Mayo el incremento de temperatura y de evapotranspiración entre 1970-2022 causados por el calentamiento global, se están manifestando en un descenso en volúmenes de captación en la presa de almacenamiento Adolfo Ruiz Cortines, por lo cual se está intensificando el bombeo de agua subterránea en niveles próximos a la recarga anual de agua del acuífero, con repercusiones en descensos en la superficie anual sembrada.

El bombeo de agua subterránea influye en el descenso de niveles freáticos superficiales y de salinidad del suelo, por lo que se le puede considerar como una estrategia de adaptación al calentamiento global, siempre y cuando los volúmenes extraídos se ajusten a la disponibilidad de agua subterránea anual que establece la Comisión Nacional del Agua.

### REFERENCIAS

Ayars, J. E.; G. J. Hoffman and D. L. Corwin. 2012. Leaching and rootzone salinity control. pp 371-403. In W.W. Wallender and K.K. Tanji (eds.). ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71. Agricultural Salinity Assessment and Management (2nd Edition). ASCE, Reston, VA.

Conagua (Comisión Nacional del Agua). 2022. Estadísticas agrícolas de los distritos de riego, años agrícolas 1997-2022. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. Recuperado de [www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx).

- Conagua (Comisión Nacional del Agua). 2024. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Valle del Mayo (2642), estado de Sonora, Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Subterráneas.
- Corwin, D. L.; S. M. Lesch, and D. B. Lobell. 2012. Laboratory and field measurements. pp 295-341. In W.W. Wallender and K.K. Tanji (eds.). ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71. Agricultural Salinity Assessment and Management (2nd Edition). ASCE, Reston, VA.
- De la Peña, I. 1979. Principios y solución de drenaje parcelario, Boletín Técnico No. 9, SARH, Ciudad Obregón, Sonora, México.
- De la Peña, I. 2001. Problemática de la salinidad y el drenaje y su control en los distritos de riego de la región noroeste. Comisión Nacional del Agua, Gerencia Regional en el Noroeste, Subgerencia de Riego y Drenaje, Cd. Obregón, Sonora.
- IPCC. 2022: Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–33, doi:10.1017/9781009325844.001.
- Pulido, M. L.; J. G. Meraz y M. V. Pulido. 2009. Metodología para el diagnóstico, manejo y control de la salinidad, aplicada en el Distrito de Riego 038 Río Mayo, Sonora, México. Ingeniería Hidráulica en México, Vol. XXIV, núm. 1, pp 55-72.
- Pulido, M. L. 2018. Ensalitramiento de suelos, producción agrícola y calentamiento global. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Mor., 200 p.
- Pulido, M. L. y J. Pulido Real. 2022 a. Producción agrícola con riego en condiciones de calentamiento global. Memoria ISSN:2594-1437, XXXIV Semana Internacional de Agronomía, 07-09 de septiembre 2022, Universidad Juárez de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Durango, México.
- Pulido, M. L. y J. Pulido Real. 2022 b. Drenaje y energía eólica para aumentar rendimiento en suelos agrícolas ensalitrados. Memoria ISSN:2594-1437, XXXIV Semana Internacional de Agronomía, 07-09 de septiembre 2022, Universidad Juárez de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Durango, México.
- Pulido, M. L. 2023. Drenaje y salinidad ante el calentamiento global. Memoria ISSN:2594-1437, XXXV Semana Internacional de Agronomía, 6-8 de septiembre 2023, Universidad Juárez de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Durango, México.

## ALGUNOS ASPECTOS DE LA COMERCIALIZACIÓN DEL MAÍZ BLANCO EN VILLA BENITO JUÁREZ, SALVADOR ALVARADO, SINALOA

Avendaño-López C. R.<sup>1</sup>, Espinoza-Arellano J. de J.<sup>2\*</sup>, Molina- Morejón, V. M.<sup>2</sup>, Guerrero-Ramos, L. A.<sup>2</sup>, y Díaz-Gurrola, E. R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doctorante, Programa en Administración y Alta Dirección, Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Coahuila, Unidad Torreón. Boulevard Revolución 153 Ote., C.P. 27,000, Torreón, Coah., México. Tel. (871) 712 8044. E-mail: caravenlo2012@gmail.com

<sup>2</sup> Catedrático Investigador de la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Coahuila, Unidad Torreón. Boulevard Revolución 153 Ote., C.P. 27,000, Torreón, Coah.

\*E-mail de correspondencia: jesusespinoza\_612@yahoo.com.mx

### RESUMEN

El municipio de Salvador Alvarado es uno de los 18 municipios en que se encuentra dividido el estado mexicano de Sinaloa, localizado en la zona centro-norte del estado. Su cabecera municipal es Guamúchil y es el 7.º municipio más poblado del estado. La investigación fue realizada en el ejido Villa Benito Juárez del municipio de Salvador Alvarado, Sinaloa, donde existen unos 300 productores agrícolas de riego; y de ese universo de productores solamente 70 se dedican exclusivamente a la siembra del maíz blanco. A la problemática técnica ligada a la producción de maíz, se suman los problemas de la comercialización del producto. El objetivo de este trabajo fue analizar algunos aspectos de la comercialización del maíz blanco, específicamente los temas de carta compromiso en la venta, opciones de compradores, transporte de la cosecha y valor agregado del producto. El instrumento utilizado fue un cuestionario con preguntas en escala de Likert con cinco categorías desde “totalmente en desacuerdo” hasta “totalmente de acuerdo” el cual se aplicó a 70 productores. Se encontró que la mayoría de los productores de maíz blanco producido en la comunidad venden bajo contrato, el 92.3 % de los productores no cuenta con transporte propio para mover la cosecha de maíz y la venta del maíz se realiza en grano sin procesamiento, es decir, sin valor agregado.

**Palabras clave:** Guamúchil, maíz blanco, venta bajo contrato, valor agregado.

### ABSTRACT

The municipality of Salvador Alvarado is one of the 18 municipalities into which the Mexican state of Sinaloa is divided, located in the north-central area of the state. Its municipal seat is Guamúchil and it is the 7th most populated municipality in the state. The research was carried out in the Villa Benito Juárez ejido in the municipality of Salvador Alvarado, Sinaloa, where there are about 300 irrigated agricultural producers; and of that universe of producers, only 70 are dedicated exclusively to planting white corn. Added to the technical problems linked to corn production are the problems of marketing the product. The objective of this



work was to analyze some aspects of the commercialization of white corn, specifically the issues of commitment letter in the sale, buyer options, transportation of the harvest and added value of the product. The instrument used was a questionnaire with questions on a Likert scale with five categories from “totally disagree” to “totally agree” which was applied to 70 producers. It was found that the majority of white corn producers produced in the community sell under contract, 92.3 % of the producers do not have their own transportation to move the corn harvest and the sale of corn is carried out in grain without processing, that is, no added value.

**Key words:** Guamuchil, white corn, sale under contract, added value.

## INTRODUCCIÓN

La producción mundial de maíz es de 1,186 millones de toneladas métricas. Los principales productores son Estados Unidos, China, Brasil, la Unión Europea y Argentina, que en conjunto cubren más de dos tercios de la producción mundial (FAOSTAT,2022). Los mayores exportadores de maíz en el mundo son Estados Unidos, Argentina, Ucrania y Brasil que en conjunto contribuyen con 2/3 del total mundial. Con respecto a las importaciones los primeros cinco países que más importan maíz en el mundo son China, **México**, Japón, Irán y Corea del Sur. Cabe señalar que los precios del maíz se cotizan en el mercado internacional en la Bolsa de Chicago (Chicago Board of Trade).

A nivel nacional las entidades federativas que lideran en producción en la República Mexicana son: Sinaloa, Jalisco, Michoacán, Estado de México, Guanajuato, Chihuahua, Guerrero, Chiapas y Puebla (SIAP, 2023). En la región del Valle del Évora la actividad de producción de maíz funciona bajo un modelo abierto y regido por las presiones del mercado internacional, colocando a los agro-empresarios de ciertas regiones del país, dentro de la élite maicera nacional. Esto sumado al retiro de apoyos estatales, colocan al sector campesino y ejidal, así como a los pequeños y medianos empresarios agrícolas en un proceso de empobrecimiento y excluidos del desarrollo rural del estado de Sinaloa.

México es el centro de origen del maíz a nivel mundial. No obstante, se ha quedado rezagado frente a otros países, lo cual podría afectar la seguridad alimentaria. México no es autosuficiente en la producción de maíz por lo que requiere importarlo (SIAP, 2023). El país consume maíz blanco, empleado para elaborar alimentos destinados al consumo humano, principalmente la tortilla. También consume maíz amarillo el cual se emplea para alimentar al ganado y las aves. La principal importación es del maíz amarillo, el cual proviene en un 98% de los Estados Unidos. Gran parte de esta situación, de la dependencia del exterior, se debe a que el Gobierno Federal ha eliminado apoyos a la comercialización, eliminó también el ingreso objetivo, las coberturas de precios, mientras que los productores nacionales compiten con los de otros países que sí reciben apoyos oficiales.

Lo anterior sumado al retiro de apoyos estatales, han colocado al sector campesino y ejidal, así como a los pequeños y medianos empresarios agrícolas en un proceso de empobrecimiento y exclusión del desarrollo rural del estado de Sinaloa.

A la problemática ligada a la producción de maíz como la disponibilidad de agua, carestía de insumos, plagas, enfermedades, etc. se suman los problemas de la comercialización del producto. El tema de la comercialización es muy amplio, como por ejemplo infraestructura para el acopio de las cosechas, los contratos de compra-venta, opciones de compradores

para la venta del grano, transporte de la cosechas, valor agregado del producto, etc. El objetivo de este trabajo fue analizar los temas de carta compromiso en la venta, opciones de compradores, transporte de la cosecha y valor agregado del maíz blanco en villa Benito Juárez, Salvador Alvarado, Sinaloa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue realizada en el ejido Villa Benito Juárez del municipio de Salvador Alvarado, Sinaloa, donde existen unos 300 productores agrícolas de riego y temporal que siembran una gran variedad de cultivos. De ese universo de productores solamente 70 se dedican exclusivamente a la siembra del maíz blanco. Los 70 productores son dueños de las tierras, pero solo 35 siembran la superficie y los restantes la rentan. El municipio de Salvador Alvarado es uno de los 18 municipios en que se encuentra dividido el estado mexicano de Sinaloa, localizado en la zona centro-norte del estado. Su cabecera municipal es Guamúchil y es el 7.º municipio más poblado del estado.

El caso de la localidad de Villa Benito Juárez en Salvador Alvarado, Sinaloa, es trascendente porque la propuesta sugerida puede incidir en otras localidades para generar condiciones propicias para el desarrollo económico sostenible en un contexto de competencia con otras regiones de México y el mundo. La información obtenida puede dar pauta para estudios más amplios sobre el tema y sirva a la vez de insumo para la discusión y el análisis de problemáticas similares.

El instrumento utilizado fue un cuestionario con preguntas en escala de Likert con cinco categorías desde “totalmente en desacuerdo” hasta “totalmente de acuerdo”. El cuestionario estuvo estructurado en seis bloques cada uno con seis a ocho ítems. Los bloques de preguntas fueron: logística, precio de venta, movilización del producto, productos y servicios recibidos, alianzas en compra-venta de maíz, beneficios de pertenecer a una organización y estrategia comercial. Para esta ponencia se seleccionaron cuatro ítems: carta compromiso en la venta, opciones de compradores, transporte de la cosecha y valor agregado del producto. Los cuestionarios se aplicaron en reuniones de productores de maíz blanco a manera de entrevista con fines de consulta sobre el tema central.

La fórmula para calcular el tamaño de la muestra cuando se conoce el tamaño de la población es la siguiente (Levin y Rubin, 2010):

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{(e^2 (N-1) + Z^2 \cdot p \cdot q)}$$

En dónde:

n = Tamaño de muestra buscado.

N = Tamaño de la población o universo.

Z = Nivel de confianza.

$p$  = Probabilidad de éxito, o proporción esperada; probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito).

$q$  = Probabilidad de fracaso; probabilidad de que no ocurra el evento estudiado.

$e$  = Precisión (Error máximo admisible en términos de proporción);

Por lo tanto, se tiene que;

$N$  = 70 total de trabajadores productores que siembran maíz blanco.

$Z$  = 95% = Lo que equivale a un coeficiente de 1.96

$p$  = Probabilidad de éxito, o proporción esperada = 0.95

$q$  = Probabilidad de fracaso = Seguridad = 0.05

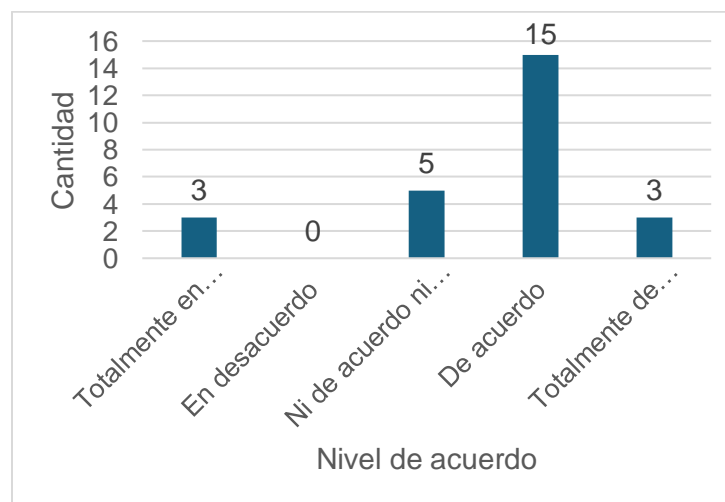
$e$  = Precisión = margen de error = 5% = 0.05

Del resultado se obtuvo una muestra de 35 productores para alcanzar un nivel de confianza del 95%; sin embargo, el equipo de trabajo aplicó 70 cuestionarios, es decir, cubrió toda la población de productores de maíz blanco del municipio mencionado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra que el 69.2 % de los productores de maíz blanco de Villa Benito Juárez cuenta con una carta compromiso de compra-venta del producto. Esto les asegura el mercado al momento de su cosecha. En esta situación, con la comercialización asegurada, los agricultores ya solamente se concentran en la producción para obtener los mejores rendimientos. El 11.5 % indicó no tener una carta para dicho fin.

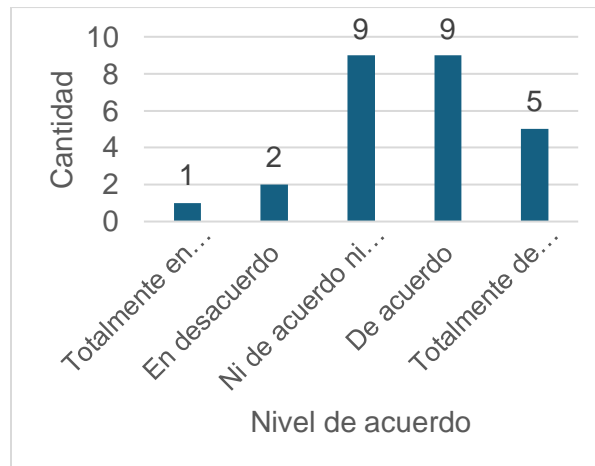
Figura 1. Carta compromiso de compra-venta del maíz blanco



Fuente: Elaboración propia con resultados de la encuesta.

Por otro lado, en la Figura 2 se muestra que la gran mayoría de los productores tiene una variedad de compradores; es decir, no dependen de un solo comprador, sino que tienen opciones para su venta. Sin embargo, hay que comentar que la fijación del precio local tiene como punto de referencia el precio internacional al ser un commodity.

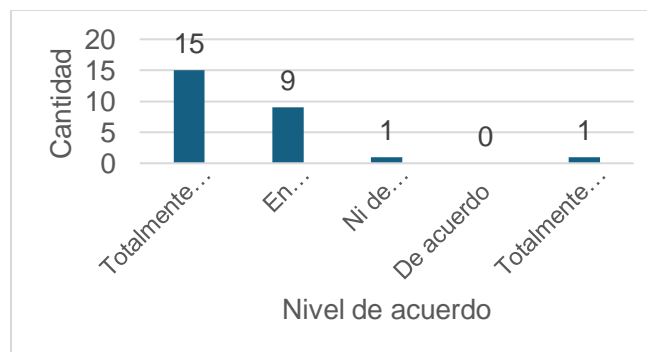
Figura 2. Variedad de compradores



Fuente: Elaboración propia con resultados de la encuesta.

La Figura 3 muestra que el 92.3 % de los productores no tienen transporte propio para mover la cosecha de maíz al Centro de Distribución (CEDIS) por lo cual pagan flete. Por el contrario, solo 2 encuestados afirman que tienen un transporte propio, es decir, el 7.6% del total de encuestados.

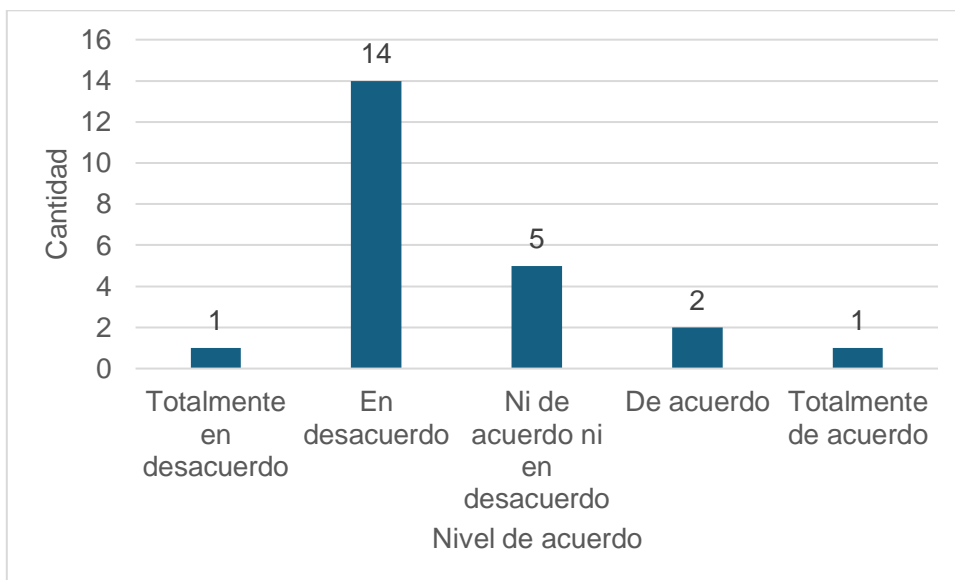
Figura 3. Productores con transporte propio



Fuente: Elaboración propia con resultados de la encuesta.

La Figura 4 muestra que el 69.2 % no da valor agregado al maíz blanco para mejorar su ingreso. Es decir, se vende en grano sin ningún procesamiento. Asimismo, un 19.2% emite una opinión neutral. Por el contrario, el 11.5 % opina que, si le da valor al producto, aunque no especifica cuál es ese valor adicional que le está dando.

Figura 4. Venta de maíz blanco con valor agregado



Fuente: Elaboración propia con resultados de la encuesta.

## CONCLUSIONES

La mayoría de los productores de maíz blanco producido en la comunidad de Villa Benito Juárez, municipio de Salvador Alvarado, Sinaloa se vende bajo contrato asegurando con ello la comercialización. De esta manera el agricultor solamente se preocupa por obtener buenas cosechas con la confianza de que ya tiene asegurada la venta. La mayoría de los productores tienen una variedad de compradores; es decir, no dependen de un solo comprador, sino que tienen opciones para su venta. Sin embargo, hay que comentar que la fijación del precio local tiene como punto de referencia el precio internacional al ser un commodity.

El 92.3 % de los productores no cuenta con transporte propio para mover la cosecha de maíz al Centro de Distribución (CEDIS) por lo cual pagan flete. Cabe mencionar que la venta del maíz se realiza en grano sin procesamiento, es decir, sin valor agregado. Y en algo que pudieran obtener algún ingreso extra como lo es la venta de hojas para tamal el 80 % no aprovecha ese subproducto.

## REFERENCIAS

- FAOSTAT. 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>.
- Levin, R. y Rubin, D. 2010. Estadística para Administración y Economía. Ed. Pearson. 7ª edición revisada. México, D.F. 799 p.
- SIAP, Sistema de Información Agroalimentaria y pesquera. 2023. Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/>. Fecha de consulta: 18 de abril de 2024.

## IMPACTO ECONÓMICO DE LA VARIEDAD DE TAMARINDO COLIMA 204 EN LOS INGRESOS DE LOS PRODUCTORES

Borja M. B.<sup>1</sup>; Arellano S. A.<sup>1</sup>; Orozco M. S.<sup>2</sup>; Vélez A. I.<sup>3</sup> y Almeraya S. X. Q.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Pabellón, CIRNOC-INIFAP. Km. 32.5 carr. Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20670.

<sup>2</sup>Campo Experimental Tecomán, CIRPAC- INIFAP. Km. 35 carretera Colima-Manzanillo, Tecomán, Colima, México. CP. 28100.

<sup>3</sup>Centro de Nacional de Investigación Disciplinaria Fisiología y Mejoramiento Animal- INIFAP. Km.1 carretera a Colón, Ajuchitlán, Colón, Qro. C. P. 76280.

<sup>4</sup>Posgrado en Socioeconomía, Estadística e Informática (PSEI)-Desarrollo Rural. Colegio de Posgraduados. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56264

### RESUMEN

La importancia del estado de Colima en la producción nacional de tamarindo justifica la búsqueda de alternativas productivas que mejoren el cultivo. En 2013, el INIFAP generó la variedad de tamarindo “Colima 204”, con la finalidad de proporcionar a los productores elementos para lograr una producción sustentable y económicamente rentable de este frutal. El objetivo de este trabajo fue realizar una evaluación para determinar la tasa de cambio en la productividad y la tasa de variación del ingreso neto de los productores que utilizan la variedad de tamarindo Colima 204 comparado con los que tienen plantaciones con árboles criollos. Se aplicó una encuesta estructurada a una muestra representativa de productores que utilizaban la variedad y a los que utilizaban arboles criollos. Para el análisis de la información se utilizó la metodología de la evaluación financiera, para un periodo de vida de 20 años y una tasa de actualización de 12%. Los resultados mostraron que el uso de Colima 204 y el manejo agronómico incrementan los costos de producción; sin embargo, el costo medio de producción de los productores con huertas de árboles criollos es 9.2% mayor. La tasa de variación del ingreso neto fue de 16 % y la de productividad de 21 %. Utilizar la variedad de tamarindo Colima 204, permite a los productores aumentar sus ingresos netos y la productividad del cultivo, por lo tanto, se recomienda promover su utilización entre los productores.

**Palabras clave:** *Tamarindus indica* L., Ingreso neto, costo de producción, tecnología.

### ABSTRACT

The importance of the state of Colima in the national production of tamarind justifies the search for productive alternatives that improve the crop. In 2013, INIFAP generated the tamarind variety “Colima 204”, with the purpose of providing producers with elements to achieve a sustainable and economically profitable production of this fruit. The objective of this work was to carry out an evaluation to determine the rate of change in productivity and the rate of variation in the net income of producers who use the Colima 204 tamarind variety



compared to those who have plantations with native trees. A structured survey was applied to a representative sample of producers who used the variety and those who used native trees. For the analysis of the information, the financial evaluation methodology was used, for a life period of 20 years and an update rate of 12%. The results showed that the use of Colima 204 and agronomic management increase production costs; However, the average cost of production for producers with native tree orchards is 9.2% higher. The net income variation rate was 16% and the productivity rate was 21%. Using the Colima 204 tamarind variety allows producers to increase their net income and crop productivity, therefore, it is recommended to promote its use among producers.

**Key words:** *Tamarindus indica* L., net income, production cost, technology.

## INTRODUCCIÓN

El tamarindo (*Tamarindus indica* L.) es un fruto originario de África tropical, en particular de Sudán, pertenece a la familia de las Fabaceas; puede encontrarse en forma silvestre y cultivado en todas las regiones de trópico seco, las cuales se identifican por tener estaciones secas de larga duración y épocas de lluvias corta (Morton, 1987; El-Siddig *et al.*, 2006). Este frutal es altamente rústico, ya que puede prosperar en suelos pobres o marginados con poco o nada de riego y con cuidados mínimos en relación a otros frutales tropicales (Orozco-Santos *et al.*, 2014).

Durante el 2023 en México existía una superficie plantada de tamarindo de 8,500 ha, una producción de 57,201 toneladas y un valor de la producción de \$499.5 millones. En México el tamarindo se produce en 12 entidades, pero las más importantes son Jalisco, Colima, Guerrero y Michoacán, que en conjunto contabilizan el 94.6 % de la superficie plantada y 96 % de la producción nacional. Las diferencias en rendimientos por estado están determinadas por los factores climáticos y biológicos, y son Colima y Jalisco, los estados en donde se obtiene un mejor rendimiento promedio (SIAP, 2023). Actualmente, el tamarindo es una alternativa económica para los productores del trópico seco, ya que en los últimos años ha mantenido su rentabilidad en niveles aceptables, lo cual genera una importante derrama económica en la región y es una fuente de empleos. La región tropical seca del Pacífico-Centro es la más tecnificada en el cultivo del tamarindo en el país y la mayoría de los huertos se manejan de manera intensiva mediante prácticas de riego, nutrición, poda y control de enfermedades, plagas y malezas, así como el uso de plantas injertadas.

En Colima se destina una superficie de 1,866 hectáreas para el cultivo de tamarindo, que producen 18,075 toneladas de fruta que representaron en 2022, el 31.6 % de la producción nacional. El valor comercial de la producción fue de 499.5 millones de pesos (SIAP, 2023). Entre los principales problemas que suele presentar el cultivo se encuentra la inestabilidad en el rendimiento y producción; así como la heterogeneidad en forma y tamaño de los frutos, debido a la existencia de huertas establecidas con plantas criollas y la falta de un manejo agronómico adecuado. Es así como surgió la importancia de crear una mayor homogeneidad en el fruto y la producción mediante el uso de variedades precoces, de

mayor rendimiento y en altas densidades, acompañada de prácticas como riego, fertilización, poda, pintado de troncos, control de enfermedades y malezas (Orozco-Santos *et al.*, 2014).

El Campo Experimental Tecomán (CETEC) ubicado en el estado de Colima y perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en el 2013 generó variedad de tamarindo para el trópico seco de México denominada “Colima 204”, en la cual se plantea el uso de una variedad que se caracteriza por su precocidad y productividad y se complementa con el establecimiento de altas densidades de este cultivo. La finalidad de generar una variedad de tamarindo fue proporcionar a los productores elementos para lograr una producción sustentable y económicamente rentable de este frutal.

Colima 204 se caracteriza por su precocidad y productividad en comparación con el tipo criollo (de semilla). Los árboles son vigorosos, de aspecto compacto, con ramas largas y flexibles. Los botones florales son de color rojo y en menor proporción rosa. Produce de 1 a 4 frutos por racimo, de tamaño grande, forma curvada y un peso promedio de 32 gramos, del cual el 50% corresponde a pulpa comestible. El fruto contiene en promedio 7.5 semillas. Este cultivar se recomienda establecerlo en altas densidades de plantación, de preferencia plantar a 9x6 o 9x7 m (185 y 158 árboles ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Al séptimo año, “Colima 204” tiene un potencial de rendimiento cercano a las 15 ton ha<sup>-1</sup> (SADER, 2018).

Hasta 2023, la variedad Colima 204 ha sido utilizada por 150 productores, en una superficie de 540 hectáreas en el estado de Colima, Jalisco y Michoacán. El objetivo de este trabajo fue realizar una evaluación para determinar la tasa de cambio en la productividad y la tasa de variación del ingreso neto de los productores que utilizan la variedad de tamarindo Colima 204 comparado con los que tienen plantaciones con árboles criollos.

## MATERIALES Y METODOS

### Área de estudio

La evaluación de la variedad Colima 204 se realizó con productores que tuvieran plantaciones de tamarindo con la variedad, estos se ubicaron en los municipios de Colima, Tecomán, Coquimatlan, Ixtlahuacan, Tepames, San Joaquín y Villa de Álvarez, en el estado de Colima; además de productores del municipio Casimiro Castillo en Jalisco y Coahuylana en Michoacán, México. Esta región se caracterizó por presentar latitudes en un rango de 0 a 1200 m sobre el nivel del mar (msnm); el clima es tropical con lluvias en verano y seco estepario, tiene una precipitación promedio anual de 924 mm y las temperaturas oscilan entre los 8 y 39.9°C durante el año (INEGI, 2017).

### Estimación del tamaño de muestra

Para realizar la evaluación se aplicó una encuesta estructurada dirigida a productores de tamarindo durante los meses de junio a agosto de 2023. Para determinar el tamaño de la

muestra se utilizó el diseño de Muestreo de Proporciones de Varianza Máxima (MPVM) (Infante y Zarate, 1990), la fórmula se expresa a continuación:

$$n = \frac{N p(1 - q)}{(N - 1) \left( \frac{b}{Z_{1-\alpha}} \right)^2 + p(1 - q)}$$

Donde  $n$  fue el tamaño de la muestra;  $N$  el tamaño de la población objetivo que fue de 150, según la información proporcionada por el Consejo Estatal de Productores de Tamarindo (COETAM);  $\beta$  se considera la precisión en porcentaje de 20%;  $Z_{1-\alpha}$  el valor de confiabilidad al 90% (1.64);  $p$  fue la proporción de individuos en la población que presenta el atributo,  $p=q=0.5$  que garantiza la varianza máxima, fue así como el tamaño de muestra  $n$  estimada fue de 15 encuestas. Se encuestaron a 15 productores que tuvieron plantaciones de tamarindo de la variedad Colima 204 y 15 que tuvieron plantaciones de tamarindo proveniente de semilla (criollo).

### Descripción del método y fórmulas para estimar los indicadores

Para estimar la tasa de variación en el ingreso neto de los productores se aplicó la metodología de evaluación de proyectos de tipo agrícola a largo plazo (Gittinger, 1982). En la evaluación financiera se estimó el Flujo de costos de producción (FC) y el Flujo de ingresos (FI); estos se calcularon a partir de los coeficientes técnicos por hectárea expresados por los productores de tamarindo tanto para la tecnología INIFAP como para la tecnología testigo. Se consideró un horizonte del cultivo de 20 años, ya que es el periodo en el que la plantación se estabiliza en producción y se utilizó una tasa de actualización de 12 %.

Para calcular los indicadores de la evaluación, primero se estimó el ingreso neto del productor  $r$ , considerado como la diferencia entre el ingreso total y el costo total de producción, mismo que fue obtenido para los productores que utilizan Colima 204 y árboles criollos. El ingreso neto se estimó utilizando la siguiente fórmula:

$$IN_r = [p_r \times y_r] - \sum_{i=1}^I [p_{ri} \times x_{ri}] = IT_r - CT_r$$

Posteriormente, la tasa de variación del ingreso neto de los productores (TVINP) se estimó de la siguiente manera:

$$TVINP = \left[ \frac{IN_{rti} - IN_{rtt}}{IN_{rtt}} \right] \times 100$$

Donde  $IN_{rti}$  es el ingreso neto del productor  $r$  al utilizar la variedad Colima 204 denominada tecnología INIFAP ( $ti$ );  $IN_{rtt}$  es el ingreso neto del productor  $r$  al utilizar la tecnología testigo, que fueron las plantaciones de tamarindo criollo ( $tt$ ).

Finalmente, se estimó la tasa de variación de la productividad y se utilizó el rendimiento obtenido con la tecnología INIFAP ( $y_{INIFAP}$ ) y el rendimiento de la tecnología testigo ( $y_{testigo}$ ). Este indicador se estimó con la siguiente fórmula:

$$Tasa\ de\ variación\ de\ la\ productividad = \left[ \frac{y_{INIFAP} - y_{testigo}}{y_{testigo}} \right] \times 100$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características socioeconómicas

El 93.3 % de los productores encuestados se ubicaron en el estado de Colima, el 6.6 % en el estado de Michoacán. La edad promedio de los encuestados fue de 53 años, el 6.6 % de ellos tiene estudios máximos de primaria, 26.7 % de secundaria, 13.3 % de preparatoria y el 46.7 % licenciatura. Los productores observaron tener una tradición productiva en cuanto al cultivo de tamarindo, ya que en promedio tuvieron 15 años de dedicarse a la producción de la fruta.

### Tamaño de las unidades de producción, producción y rendimiento.

Los productores de tamarindo en Colima poseen entre 1 y 15 ha de huerta, y en promedio tienen  $6.7 \pm 4.6$  ha, las edades de las plantaciones oscilan entre los 5 y 30 años. El rendimiento de las unidades de producción con la tecnología testigo fue en promedio de  $6.3 \pm 0.8$  t ha<sup>-1</sup>; mientras que el rendimiento de las huertas de Colima 204 fue de  $7.7 \pm 1.8$  t ha<sup>-1</sup>, que significó un incremento de 22.2% más de producción.

### Costos de producción del cultivo de tamarindo

En el Cuadro 1 se observan los costos derivados del establecimiento de una hectárea de tamarindo con plantas de semilla criolla (tecnología testigo) y con la variedad Colima 204 (tecnología INIFAP). Se observó que las plantaciones con Colima 204 tuvo una mayor inversión inicial porque implicó una mayor densidad de plantas. El costo del mantenimiento de la huerta se atribuyó al gasto que realizó el productor durante el 2022 en una huerta en producción, el cual también fue mayor en huertas establecidas con Colima 204.

Cuadro 1. Costos de producción de la tecnología testigo y tecnología INIFAP para el cultivo de tamarindo (a precios de 2022).

Concepto	Tecnología Testigo	Tecnología INIFAP
	\$ ha <sup>-1</sup>	
Establecimiento de la plantación	25,942	31,206
Mantenimiento de la huerta	56,674	78,762

Con la tecnología testigo el costo de producir una tonelada de tamarindo fue \$13,249 y con la tecnología INIFAP fue de \$12,036. El costo unitario es mayor con la tecnología tradicional

en 9.2 % (Cuadro 2). Lo anterior indica que aun cuando con Colima 204 los costos son mayores, el incremento en la producción permite cubrir los costos de producción.

Cuadro 1. Costo unitario e ingreso de la tecnología testigo y la de INIFAP.

Variable	Tecnología testigo	Tecnología INIFAP	Diferencia
Costo total de producción (\$ ha <sup>-1</sup> )	83,470	92,679	9,209
Costo unitario (\$ t <sup>-1</sup> )	13,249	12,036	-1,213
Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	6.3	7.7	1.4
Precio de venta (\$ t <sup>-1</sup> )	20,111	20,111	0
Ingreso Bruto (\$ ha <sup>-1</sup> )	127,370	154,185	26,815
Ingreso Neto (\$ ha <sup>-1</sup> )	43,900	61,506	17,606

Fuente: Elaborado con datos obtenidos en campo, 2023.

El precio de venta promedio fue de \$20,111, que fue 17.8% menor comparado con el de 2021. El precio en 2022 osciló entre \$18,000 y \$25,000 la tonelada. Considerando el rendimiento y el precio, se obtuvo como resultado que, con la tecnología testigo, los productores obtuvieron un ingreso bruto de 127,370 \$ ha<sup>-1</sup>; mientras que, con el uso de la variedad Colima 204, el ingreso por ha fue de 154,185 \$ ha<sup>-1</sup>; es decir, con el uso de la innovación tecnológica, los productores de tamarindo recibieron 21 % más de ingresos brutos (Cuadro 2).

### Tasa de variación del ingreso neto

La variedad Colima 204 más el manejo integrado del cultivo incrementó el ingreso neto en 16 %, que equivalió a \$17,606 ha. En la Figura 1 se observan las diferencias en costos de producción, ingresos brutos y netos de ambas tecnologías.

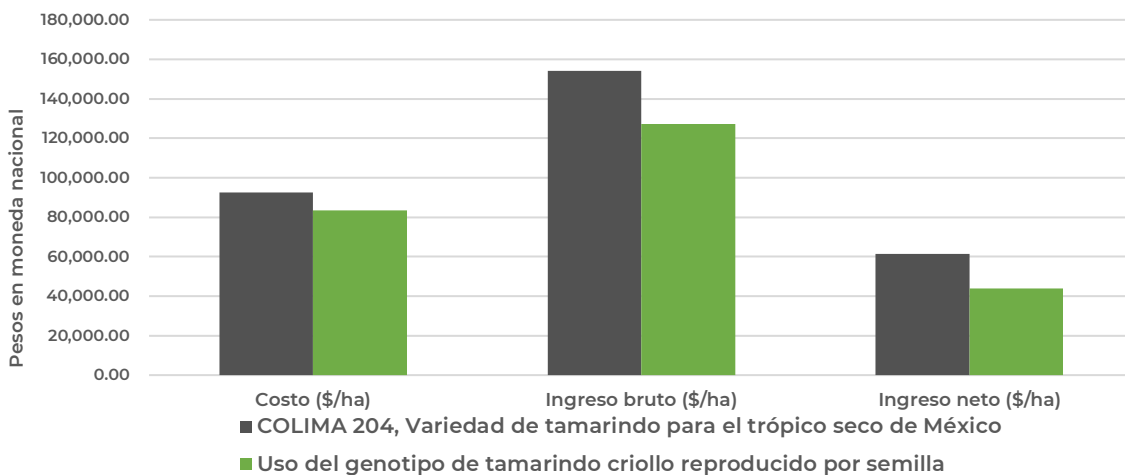


Figura 1. Comparativo entre la tecnología INIFAP y testigo para el cultivo de tamarindo

Fuente: Elaborado con datos obtenidos en campo, 2023.

Finalmente se estimó la variación en la productividad entre ambos sistemas de producción. La diferencia en el rendimiento de ambas tecnologías fue de 1.3 t ha<sup>-1</sup> y este valor representa mayor productividad en toneladas. En términos porcentuales, la variación de la productividad fue de 21 %, tal y como se observa en el Cuadro 3.

Cuadro 2. Tasa de variación de la productividad por uso de la tecnología INIFAP.

Variable /Indicador	Valor
Rendimiento tecnología testigo (t ha <sup>-1</sup> )	6.33
Rendimiento tecnología INIFAP (t ha <sup>-1</sup> )	7.66
Diferencia en la productividad (t ha <sup>-1</sup> )	1.33
Tasa de variación de la productividad (%)	21

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en la evaluación.

Durante el 2022, el COETAM contabilizó la existencia de 85,000 árboles de la variedad de tamarindo “Colima 204 en el estado de Colima, establecidos en una superficie de 540 hectáreas. La derrama económica por efecto del uso de la variedad fue de \$9,507,354 en el área de estudio.

## CONCLUSIONES

Los productores que utilizan Colima 204 obtienen un mayor ingreso neto en 16 %, esto derivado de un mayor rendimiento, que se traduce en una productividad mayor de 21 %, con respecto a la tecnología testigo. El establecimiento de huertas con la variedad de tamarindo Colima 204 para el trópico seco de México requiere de un manejo agronómico integrado, lo cual eleva los costos de producción. En consecuencia, los productores obtienen mayor rendimiento, disminuyen la alternancia en la producción y obtienen fruta de mejor tamaño y calidad, lo que implica ventajas para el productor.

Se recomienda promover entre los productores el uso de la variedad de tamarindo Colima 204, ya que tienen un impacto positivo en el incremento de los ingresos de los productores y la productividad del cultivo.

## REFERENCIAS

- El-Siddig, K., Gunasena, H.P.M., Prasad, B.A., Pushpakumara, D.K.N.G., Ramana, K.V.R., Vijayanand, P., and Williams, J.T. 2006. Tamarind, *Tamarindus indica* L. Southampton Centre for Underutilised Crops, Southampto, UK. 188 p.
- Gittinger, J. P. 1982. Análisis económico de proyectos agrícolas. Instituto de Desarrollo Económico (IDE). Banco Mundial. Tecnos, Madrid, España. 241 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2017. Mapa digital de México. Disponible en: <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjlxLjlxMDUyLGxvbjotMTAwLjMzMzI4LHo6NCxsOmMxMTFzZXJ2aWNpb3N8dGMxMTFzZXJ2aWNpb3M=>. Consultado en febrero de 2018.
- Infante G., S. y Zárate L., G. P. 1990. Métodos estadísticos: un enfoque multidisciplinario. Ed. Trillas. 2da. Edición. México. 643 p.

- Morton, J.F. 1987. Tamarind. p. 115-121. In: Fruits of warm climates. Julia F. Morton, Miami, FL, USA.
- Orozco-Santos, M., García-Mariscal K., Hernández-Fuentes L.M., Velázquez-Monreal J.J., Bermúdez-Guzmán M.J., Robles-González M.M., Manzanilla-Ramírez M.A., Manzo-Sánchez G., & Nieto-Ángel D. (2014). Biología y Manejo Integrado del Barrenador del Fruto (*Caryedon serratus* Oliver) en el Cultivo de Tamarindo, Folleto Técnico Número 1, Campo Experimental Tecomán, CIRPAC, INIFAP. Tecomán, Colima, México.36p
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2018. Desarrolla INIFAP variedad mejorada de tamarindo que duplica rendimientos. <https://www.gob.mx/agricultura%7Cchiapas/articulos/desarrolla-inifap-variedad-mejorada-de-tamarindo-que-duplica-rendimientos-159836>. Consultado el 22 de julio de 2024.
- SIAP (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Producción agrícola: Cierre de la producción agrícola. Disponible en: [http://nube.siap.gob.mx/cierre\\_agricola/](http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/). Consultado en diciembre de 2023.



## CARACTERÍSTICAS Y MOTIVACIONES DE LOS PRODUCTORES QUE ADOPTAN TECNOLOGÍA PARA EL CONTROL DE ANTRACNOSIS DE LIMÓN MEXICANO EN COLIMA, MÉXICO

**Borja M. B.<sup>1</sup>; Arellano S. A.<sup>1</sup>; Orozco M. S.<sup>2</sup>; Sánchez B. I. T. y Alcalá J. S. G. J. R.**

<sup>1</sup>Campo Experimental Pabellón, CIRNOC-INIFAP. Km. 32.5 carr. Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20670.

<sup>2</sup>Campo Experimental Tecomán, CIRPAC- INIFAP. Km. 35 carretera Colima-Manzanillo, Tecomán, Colima, México. CP. 28100.

<sup>2</sup>Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP. Km. 24.5 carr. Zacatecas-Fresnillo, Calera, Zacatecas, México. C.P. 98500.

<sup>3</sup>Campo Experimental Las Huastecas, CIRNE- INIFAP. Km. 55 carretera Tampico-Mante, Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas, México. CP. 89610.

### RESUMEN

El estado de Colima es uno de los principales productores de limón mexicano en el país. La producción de la fruta se ve constantemente afectada por la antracnosis que es una enfermedad que disminuye el rendimiento y rentabilidad del cultivo. El INIFAP desarrolló una serie de prácticas que permiten a los productores controlar la enfermedad. El objetivo fue determinar las características y motivaciones de los productores adoptantes de tecnología para el control de la antracnosis de limón mexicano, en el estado de Colima, México. Se aplicó una muestra representativa a los productores de limón adoptantes de la tecnología, la información obtenida fue analizada mediante estadística descriptiva. Los productores adoptantes mostraron una amplia experiencia en la producción, de edad madura y con baja escolaridad. En promedio los productores tienen 6.4 ha de limón y rendimientos de 12 a 20 t ha<sup>-1</sup>. Los motivos de adoptar la tecnología fueron que esta ofrece ventajas como: 1) obtener mayor producción al evitar daños en brotes y frutos; 2) cosechar fruta durante todo el año; y 3) obtienen rendimiento en época de invierno cuando la oferta es baja y el precio de limón es alto. Los motivos que complican la utilización de la tecnología fueron el desinterés de los productores, la falta de asistencia técnica y la falta de capacitación. Por lo que es recomendable motivar a los productores a usar la tecnología a través del conocimiento y la generación de competencias mediante esquemas de capacitación agrícola.

**Palabras clave:** *Citrus aurantifolia*, tecnología, adopción.

### ABSTRACT

The state of Colima is one of the main producers of Mexican lemon in the country. The production of the fruit is constantly affected by anthracnose, a disease that decreases the yield and profitability of the crop. INIFAP developed a series of practices that allow producers to control the disease. The objective was to determine the characteristics and motivations of producers who adopt technology for the control of anthracnose in Mexican lemon, in the state of Colima, Mexico. A representative sample was applied to lemon producers who adopted the technology, and the information obtained was analyzed using descriptive statistics. The adopting producers showed extensive experience in production, were mature

and had low education. On average, producers have 6.4 ha of lemon and yields of 12 to 20 t ha<sup>-1</sup>. The reasons for adopting the technology were that it offers advantages such as: 1) obtaining greater production by avoiding damage to shoots and fruit; 2) harvesting fruit throughout the year; and 3) obtaining yield in winter when supply is low and the price of lemon is high. The reasons that complicate the use of technology were the lack of interest of producers, the lack of technical assistance and the lack of training. Therefore, it is advisable to motivate producers to use technology through knowledge and the generation of skills through agricultural training schemes.

**Key words:** *Citrus aurantifolia*, technology, adoption.

## INTRODUCCIÓN

Durante 2023 se registraron 99.3 mil ha dedicadas al cultivo de limón mexicano (*Citrus aurantifolia*), distribuidas principalmente en los estados de Michoacán, Colima, Guerrero y Oaxaca. La producción anual de fruta fue de 1.43 millones de t, con un valor superior a los 17,029.75 millones de pesos (SIAP, 2024). Esta agroindustria genera una gran cantidad de empleos para jornaleros y profesionales en el campo, los empaques, la industria, el transporte y la comercialización. Además, existe un considerable número de viveros productores de plantas, así como de empresas proveedoras de insumos que se benefician con este cultivo (Robles *et al.*, 2014).

Una de las enfermedades que más afectan a las regiones productoras de limón mexicano es la antracnosis, esta enfermedad es causada por la raza KLA del hongo *Colletotrichum acutatum* y afecta las flores, brotes, y frutos de limón. En México, la enfermedad se presenta en los estados citrícolas de Colima, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, y Tamaulipas. Bajo condiciones de alta prevalencia de la enfermedad, el rendimiento de los árboles puede abatirse hasta en un 40% (Orozco-Santos *et al.*, 2004).

La afectación de la antracnosis se presenta en los meses de invierno, ocasionando daños en brotes, flores y frutos tiernos durante la época de lluvias (julio a octubre). A partir de lo anterior, el Campo Experimental Tecomán, del Instituto Nacional de Investigaciones forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) generó en 2008 la tecnología para el control de antracnosis en limón mexicano, como una alternativa para incrementar la producción de fruta en invierno. La finalidad de esta tecnología fue incrementar el rendimiento de la fruta en los meses de invierno, con lo cual el productor podría aumentar su rentabilidad al obtener fruta en los meses de más baja producción y con altos precios.

La tecnología para el control de la antracnosis consiste en implementar en huertos adultos de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle] prácticas de manejo agronómico (poda, fertilización y aplicación de fungicidas). Se inicia con una poda de sanidad y mantenimiento en los meses de mayo-junio. En el mes de junio, se realiza una fertilización a base de nitrógeno, fósforo y potasio de acuerdo a la edad de los árboles y basado en las recomendaciones del INIFAP. El control de antracnosis se realiza de julio a octubre con los siguientes productos: mancozeb (1.6 a 2.0 kg de i.a./ha) y trifloxistrobin (100 g de i.a./ha) (Orozco-Santos *et al.*, 2006).

Según datos proporcionados por el Consejo Estatal de Productores de Limón de Colima A. C. (Coeplim), en 2023, la tecnología de control de la antracnosis fue utilizada por 1,100 productores de limón, en una superficie de 11,000 ha en el estado de Colima. Sin embargo, aún existen productores que no adoptan las técnicas planteadas para el control de la enfermedad, por lo que es importante conocer que características y motivos propician su adopción para establecer acciones en la difusión de tecnología. El objetivo de la investigación fue determinar las características y motivaciones de los productores adoptantes de tecnología para el control de la antracnosis de limón mexicano, en el estado de Colima, México.

## MATERIALES Y METODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó en el estado de Colima, que se caracteriza por presentar latitudes en un rango de 0 a 1200 m sobre el nivel del mar (msnm); el clima es tropical con lluvias en verano y seco estepario, tiene una precipitación promedio anual de 924 mm y las temperaturas oscilan entre los 8 y 39.9°C durante el año (INEGI, 2017).

### Estimación del tamaño de muestra

Para lograr el objetivo se aplicó una encuesta estructurada a productores de limón que utilizaron la tecnología de control de antracnosis en 2023. Se determinó una muestra representativa utilizando en método de muestreo de poblaciones finitas, de acuerdo con la siguiente fórmula (Borja *et al.*, 2018; Téllez-Delgado *et al.*, 2012):

$$n = \frac{NZ^2pq}{e^2(N-1) + Z^2pq}$$

Donde  $n$  es el tamaño de muestra;  $N$  la población que corresponde al número de productores registrados por el Coeplim que utilizan la tecnología (1100);  $Z$  es el valor de la distribución normal estándar para un nivel de confianza del 95 % (1.95),  $p$  es el valor de la proporción a priori de varianza máxima de una variable de proporción (0.5); y  $e$  es el error máximo permisible de la estimación, en este caso 0.15 (15 %). El tamaño de muestra estimado fue de 41 productores.

### Estructura de la encuesta

El cuestionario incluyó preguntas cerradas y abiertas, y se validó previamente. Las preguntas se relacionaron con los siguientes temas: a) datos generales de los productores; b) datos productivos; y c) Proceso de adopción de la tecnología. Las encuestas fueron aplicadas en los meses de mayo y junio de 2024 y se preguntó sobre las prácticas agrícolas desarrolladas durante 2023. La selección de los productores encuestados se realizó a partir de su disposición y aceptación para contestar la encuesta.

## Análisis de la información

La información obtenida en campo fue registrada en hojas de cálculo en Excel 2016, posteriormente, los datos fueron analizados utilizando estadística descriptiva con el software SPSS 27.0 para Windows (IBM, 2022).

## RESULTADOS Y DISCUSION

El 83% de los productores encuestados fueron hombres y 17 %, con una edad promedio de 56 años, misma que osciló entre los 20 y 73 años. Mostraron ser productores con una amplia experiencia en la producción de limón, al tener más de 30 años dedicándose a esta actividad (Cuadro 1). La escolaridad de los productores encuestados fue baja, ya que la mayoría solo tuvo educación primaria, equivalentes a 6 años escolares, cuando el promedio estatal en 2020 fue de 10 años (INEGI, 2020).

Cuadro 1. Características sociodemográficas y productivas de los productores adoptantes de la tecnología de antracnosis.

Variables	Valor promedio
<b>Sociodemográficas</b>	
Edad del productor (años)	56±10
Años de producir limón	37 ±13
<b>Escolaridad (%)</b>	
Primaria	41.5
Secundaria	39.0
Preparatoria	9.8
Licenciatura	9.8
<b>Productivas</b>	
Edad de la huerta (años)	7.4 ±1.4
Superficie total sembrada con limón (ha)	6.4±3
Rendimiento en 2023 con control de antracnosis (t ha <sup>-1</sup> )	15.4±1.6
Rendimiento en invierno con control de antracnosis (t ha <sup>-1</sup> )	3.9±1.4
Número de ha en las que aplica el control de antracnosis (ha)	6.5±3

La importancia de analizar las variables sociodemográficas de los productores se relaciona con la introducción y uso de innovaciones tecnológicas en las unidades de producción (De Freitas y Pinheiro, 2013). Según Damián *et al.* (2007) la edad y el nivel académico de los productores son factores que influyen directamente sobre la forma de cultivar y la disponibilidad de adoptar nuevas tecnologías. Para el caso de los productores de limón de Colima, que mostraron tener edad madura y bajo nivel escolar, su amplia experiencia en la producción de limón los incentiva a buscar opciones tecnológicas que mejoren la rentabilidad de su cultivo.

En el Cuadro 1, también se muestran las variables productivas, en promedio los productores tienen una superficie de 6.4 ha, pero este valor oscila entre las 2 y 17 ha. Los productores que realizan el control de la antracnosis obtuvieron en 2023 un rendimiento de 12 a 20 t ha<sup>-1</sup>, específicamente en el invierno, la producción que obtuvieron fue de varía entre 3 a 9 t ha<sup>-1</sup>.

El 98% de los productores encuestados mencionó que llevan realizando el control de la antracnosis por más de 5 años, ya que el no hacerlo implica perdidas promedio de 43 % de sus ganancias. Los motivos por los cuales los productores realizan el control de la antracnosis a nivel productivo se pueden visualizar en la Figura 1.

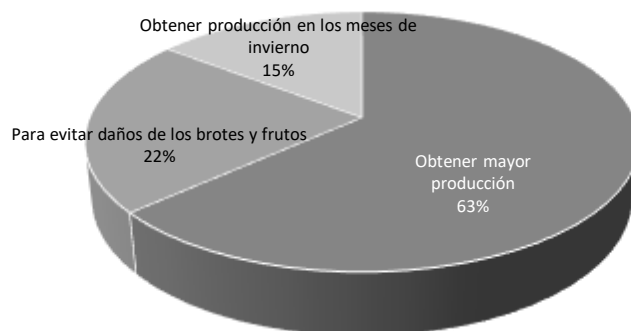


Figura 1. Motivos de los productores para realizar el control de la antracnosis en limón mexicano de Colima, México.

El 100 % de los productores adoptantes entrevistados señalaron que han mejorados sus ingresos económicos al aplicar la tecnología. Lo anterior es porque consideran que el realizar estas prácticas tienen ventajas. El 68 % mencionaron que pueden tener producción de limón en invierno, que es la temporada donde existe poca oferta de fruta y el precio es más alto; mientras que, para el 32% de los productores ven como una ventaja, el poder tener producción durante todo el año.

Los motivos que limitan a los productores a utilizar la tecnología, se visualizan en la Figura 2, donde sobresale la falta de interés, de aseria técnica y capacitación para realizar las practicas asociadas al control de la antracnosis. Estos motivos pueden ser combatidos a partir de generar programas de capacitación y seguimiento técnico, con ello se les transmitiría el conocimiento a los productores, provocando el interés por la adopción de nuevas prácticas. El aprender nuevos conocimientos a través de la capacitación agrícola, es necesario para obtener productos alimenticios que cumplan las expectativas alimentarias de la población, en el tiempo y cantidad requerido. Por lo tanto, como lo expresa Pérez *et al.* (2023), tanto los productores, trabajadores, jornaleros y todos aquellos que están implicados en los procesos productivos primarios (agrícolas y pecuarios) deben tener el conocimiento necesario para poder realizar actividades de manera adecuada, eficiente y eficazmente.

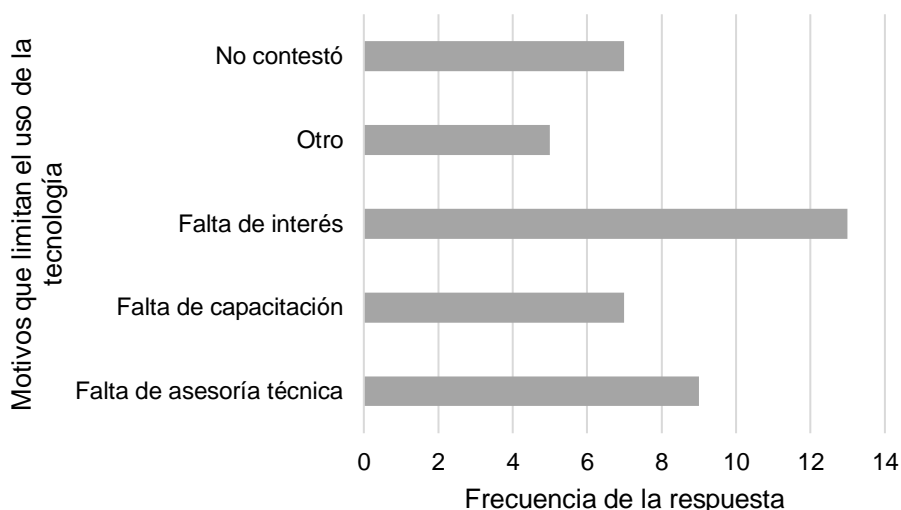


Figura 2. Motivos de los productores que limitan el uso de la tecnología.

El 100 % de los productores de limón mencionaron que seguirán utilizando la tecnología para el control de la antracnosis y que además la recomendarían a otros productores, ya que el 54 % mencionó que es recomendable y el 46 % muy recomendable.

## CONCLUSIONES

Los productores de limón mexicano de Colima que han adoptado la tecnología generada por INIFAP para el control de la antracnosis, se caracterizan por ser productores experimentados en el cultivo, de edad madura y baja escolaridad; sin embargo, son motivados a adoptar la tecnología porque obtienen ventajas comerciales como obtener mayor producción, pueden cosechar la fruta durante todo el año y en época de invierno obtienen rendimiento cuando la oferta es baja y el precio de limón es alto.

Se recomienda generar programas de capacitación para motivar a los productores, a través del conocimiento y la generación de competencias, a aplicar las innovaciones tecnológicas que les permitan tener fruta de calidad y con características deseables para el mercado.

## REFERENCIAS

- Borja, B.M., Vélez, I.A. y Ramos, G.J.L. 2018. Tipología y diferenciación de productores de guayaba (*Psidium guajava* L.) en Calvillo, Aguascalientes, México. *Región y sociedad*. 30(71). 1-22. DOI: <https://doi.org/10.22198/rys.2018.71.a402>
- Damián, H. M. Á., Ramírez, V. B., Parra, I. F., Paredes, S. J. A., Gil, M. A., Cruz, L. A. y López, O. J. F. 2007. Apropiación de tecnología por productores de maíz en el estado de Tlaxcala, México. *Agricultura técnica en México*. 33(2):163-173.
- De Freitas, B.W. y Pinheiro, DeS. E. 2013. Nivel tecnológico e seus determinantes na apicultura Cearense. *Rev Política Agr*. XXII (3):32-47.
- IBM Corporation. 2022. SPSS software. <https://www.ibm.com/mx-es/analytics/spss-statistics-software>

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2017. Mapa digital de México. <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjlxLjkxMDUyLGxvbjotMTAwLjMzMzI4LHo6NCxsOmMxMTFzZXJ2aWNpb3N8dGMxMTFzZXJ2aWNpb3M=>. Consultado el 17 de julio de 2024.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2020. Características educativas de la población. <https://www.inegi.org.mx/temas/educacion/#Tabulados>. Consultado el 18 de julio de 2024.
- Orozco-Santos, M., Manzo-Sanchez, G., Guzmán-González, S., Farías-Larios, J. y Timmer, L. W. 2004. Crecimiento y cambios morfológicos de *Colletotrichum acutatum* Simmonds, agente causal de la antracnosis de limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Christm. Swingle) incubado en diferentes medios de cultivo sólido y líquidos. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 22(3): 423-428.
- Orozco-Santos, M., Medina-Urrutia, V. M., Robles-González, M., Orozco-Romero, J., Pérez-Zamora, O., Velázquez-Monreal, J. J., Timmer, L. W., Guzmán-González, S. 2006. Biología y manejo integrado de antracnosis del limón mexicano en el trópico seco de México. Folleto Técnico No. 2. Centro de Investigación Regional Del Pacífico Centro, INIFAP. 80 p.
- Pérez, L. E., Maroto, P. Y., Muraira, S. M., Aguirre, A. R. O., Rodríguez, R. S. y Contreras, C. J. C. 2023. Impacto de la capacitación a los productores agropecuarios de la Cuenca del Papaloapan. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 7(6): 3194-3207. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i6.8912](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.8912)
- Robles, G. M. M.; Orozco, S. M.; Manzanilla, R. M. Á. y Velázquez, M. J. J. 2014. El Huanglongbing (HLB). *In: el limón mexicano (Citrus aurantifolia)*, Orozco-Santos, M.; Robles-González, M. M.; Velázquez-Monreal, J. J. y Manzanilla-Ramírez, M. Á. (Eds.). Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA, INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. 242-283 pp.
- SIAP (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Cierre de la producción agrícola (1980-2023). <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>. Consultado el 18 de julio de 2024.
- Téllez-Delgado, R, Mora-Flores, J. S., Martínez-Damián, M. A., García-Mata, R. y García-Salazar, J. A. Caracterización del consumidor de carne bovina en la zona metropolitana del Valle de México. *Agrociencia* 2012; 46(1): 75-86.



## REVISIÓN DE LAS PRINCIPALES BASES DE DATOS DE SUELOS EN MEXICO Y A NIVEL INTERNACIONAL

López H. N. A.<sup>1</sup>, Rodríguez M. V. M.<sup>2\*</sup>, Martínez, S. A. R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CENID RASPA INIFAP, <sup>2</sup>Campo Experimental Pabellón INIFAP

\*Autor para correspondencia: rodriguez.victor@inifap.gob.mx

### RESUMEN

Para una mejor gestión y acceso a los datos se vuelve indispensable el desarrollo e implementación de servicios web, que permitan compartir datos y nutrir la ciencia abierta. El objetivo de este trabajo de investigación fue revisar las principales bases de información que hay a nivel mundial y en México sobre las características y propiedades de los suelos, con la finalidad de analizar la disponibilidad o necesidad que existe del desarrollo de servicios web para la ciencia del suelo. La metodología se apegó a una investigación documental y los resultados muestran existen pocas bases de datos con información libre, de fácil acceso y comprensible. Se concluye que es relevante la creación de servicios web que permitan compartir datos de calidad entre investigadores, instituciones académicas, organismos del sector y usuarios en general.

**Palabras clave.** Servicios web, uso compartido de datos, propiedades del suelo, características del suelo.

### ABSTRACT

For a better management and access to data, the development and implementation of web services that allow sharing data and nurturing open science is essential. The objective of this research was to review the main information bases that exist worldwide and in Mexico on the characteristics and properties of soils, in order to analyze the availability or need for the development of web services for soil science. The methodology was based on documentary research and the results show that there are few databases with free, easily accessible and understandable information. It is concluded that the creation of web services that allow sharing quality data between researchers, academic institutions, sector organizations and users in general is relevant.

**Key words.** Web services, data sharing, soil properties, soil characteristics.

### INTRODUCCION

Gestionar los recursos naturales con criterios de sostenibilidad exige conocer su cantidad, disponibilidad y dinámica. En ese sentido, se vuelve indispensable el desarrollo e implementación de sistemas de software que permitan el intercambio de datos entre aplicaciones sobre una red, lo que se conoce como servicios web. Los servicios web permiten compartir datos, lo que beneficia y nutre a la ciencia abierta. La información puede ser almacenada de manera eficiente en bases de datos, comunicándose entre sí mediante lo servicios web (Paderni et al., 2014). La generación de bases de datos requiere de recopilación, tratamiento y carga de una gran cantidad de datos, encaminada a la disponibilidad de la información, la cual es de gran importancia para lograr avances significativos en los trabajos de investigación. El objetivo de este trabajo fue revisar la disponibilidad de información en bases de datos que contienen información sobre características y propiedades del suelo a nivel nacional y mundial.

## MATERIALES Y METODOS

Este trabajo de investigación documental se llevó a cabo como una revisión de literatura científica y bases de datos que recopilan información de suelos, tanto a nivel nacional (para México) como a nivel mundial, con la finalidad de conocer el panorama en relación a la disponibilidad de información con la que cuentan los investigadores en ciencias agrícolas, del suelo y en general de los recursos naturales.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Bases de datos nacionales

- Base de datos de perfiles de suelos en México

En México, se han realizado estimaciones de carbono orgánico del suelo (COS) a la profundidad de 30 cm, por recomendación del IPCC (2003 y 2006) para los inventarios nacionales de emisiones de gases efecto invernadero. Dentro de las bases de datos de este tipo se encuentran las del INEGI (Paz et al., 2016), las cuales se generaron en un acuerdo de colaboración entre el INEGI y el Programa Mexicano del Carbono (PMC), en conjunto con el Colegio de Postgraduados (COLPOS) y El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) en el año 2007 y subsiguientes. Posteriormente, en seguimiento a la política del Programa Mexicano del Carbono de libre acceso a las bases de datos asociadas al ciclo del carbono y sus interacciones, Paz-Pellat y Velázquez-Rodríguez (2018), documentan la base de datos con estimaciones de la densidad aparente y con datos de profundidad de suelos. La base de datos de este trabajo está disponible en [http://pmcarbono.org/pmc/bases\\_datos](http://pmcarbono.org/pmc/bases_datos)

- Portal de Geoinformación 2024 de la CONABIO

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), cuenta con un geoportal donde se puede consultar, visualizar y descargar información relacionada a edafología como: tipos de suelos, degradación de suelos, regímenes de humedad, niveles de susceptibilidad a la erosión de las áreas perturbadas, mapeo digital de suelos el cual incluye clima, terreno y propiedades del suelo. También se encuentra información de vegetación y uso de suelo. Para el desarrollo de este portal utilizaron software de código abierto (open source). Gran parte de su información proviene de fuentes como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y el Inventario Nacional Forestal (INF). La base de datos de CONABIO está disponible en <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

- Base de datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

El INEGI cuenta con información geoespacial que muestra la distribución de los principales tipos de suelo en el territorio nacional, así como los atributos físicos, químicos y limitantes físicas y químicas presentes, de acuerdo con la base referencial mundial del recurso suelo de la FAO. La escala de información es de 1:250 000 y de 1:1 000 000. También cuenta con información de uso de suelo y vegetación, y sobre el uso potencial de suelo. La información está disponible en <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/>

### Bases de datos mundiales

- Base de datos mundial armonizada sobre suelos (Harmonized World Soil Database, HWSD)

Están actualmente disponibles dos versiones: v1.2 y v2.0. La base de datos mundial armonizada de suelos versión 2.0 (HWSD v2.0) es desarrollada por la FAO y el IIASA y

está orientada especialmente para aplicaciones en modelos biofísicos y evaluaciones agroecológicas. HWSD v2.0 se basó en la versión anterior, pero con varias mejoras. Se utilizaron siete bases de datos fuente para compilar la versión 2.0 del HWSD: la base de datos europea de suelos (ESDB), el mapa de suelos 1:1 millón de China, varias bases de datos SOTER regionales y nacionales (base de datos SOTWIS), el mapa digital de suelos de la FAO/UNESCO del Mundo (FAO, 2003), el mapa nacional de suelos de Afganistán, el mapa nacional de suelos de Türkiye y el mapa nacional de suelos de Ghana.

La información que contiene esta categorizada en tres bloques:

1. Identificadores de unidades de mapeo de suelos: cobertura, unidad de mapeo de suelos, unidad de suelo dominante,
2. Información general de la unidad de suelo: secuencia en unidad de mapeo de suelos, compartir en unidad de mapeo de suelos, ID de base de datos, clasificación nacional de suelos, símbolo de unidad de suelo, nombre de la unidad de suelo, símbolo de unidad de suelo, nombre de la unidad de suelo, profundidad del suelo enraizable, clase de drenaje, etc.
3. Características físicas y químicas específicas de la unidad de suelo para cada una de las siete capas de profundidad: porcentaje de arena, limo y arcilla, densidad aparente, contenido de carbono orgánico, pH, conductividad eléctrica, contenido de nitrógeno total, porcentaje de saturación de aluminio, etc.

- Red Internacional de Humedad del Suelo (International Soil Moisture Network, ISMN)

En 2009, se inició la Red Internacional de Humedad del Suelo (ISMN) como un esfuerzo comunitario, financiado por la Agencia Espacial Europea, para servir como una instalación centralizada de alojamiento de datos para mediciones de humedad del suelo in situ disponibles a nivel mundial. El ISMN reúne mediciones in situ de la humedad del suelo recopiladas y compartidas libremente por diversas organizaciones, las armoniza en términos de unidades y tasas de muestreo, aplica un control de calidad avanzado y las almacena en una base de datos. El ISMN ha evolucionado hasta convertirse en la principal base de datos de referencia in situ de la humedad del suelo en todo el mundo, como lo demuestran más de 3.000 usuarios activos y más de 1.000 publicaciones científicas que hacen referencia a los conjuntos de datos proporcionados por la red (Doringo et al., 2021). Los usuarios pueden recuperar libremente los datos de esta base de datos a través de un portal web en línea <https://ismn.earth/en/>

- Servicio Mundial de Información del Suelo (World Soil Information Service, WoSIS)

Este proyecto colaborativo se basa en un complemento cada vez mayor de datos compartidos sobre perfiles de suelo. WoSIS tiene como objetivo proporcionar datos de suelo armonizados y consistentes. El flujo de trabajo general para adquirir, ingerir y procesar datos en WoSIS incluye: (a) almacenar conjuntos de datos enviados con sus metadatos (incluida la licencia que define los derechos de acceso) en el Repositorio de Datos ISRIC; (b) importar todos los conjuntos de datos a PostgreSQL; (c) incorporar los datos al modelo de datos WoSIS, incluida la evaluación y el control básicos de la calidad de los datos; (d) estandarizar las descripciones de los métodos analíticos del suelo y las unidades de medida; y (e) en última instancia, tras las comprobaciones finales de coherencia, distribuir los datos estandarizados y con evaluación de calidad a través de WFS (servicio de funciones web) y otros formatos (por ejemplo, TSV para instantáneas).

La base de datos contiene propiedades químicas del suelo (carbono orgánico, carbono total, equivalente de carbonato total, nitrógeno total, fósforo (P extraíble, P total y retención de P), pH del suelo, capacidad de intercambio catiónico y conductividad eléctrica) y propiedades físicas (textura del suelo (arena, limo y arcilla), densidad aparente, fragmentos gruesos y retención de agua), agrupadas según procedimientos analíticos (agregados) que sean operativamente comparables. Además, para cada perfil, proporciona la clasificación de suelo original (FAO, WRB, USDA y versión) y las designaciones de horizontes en la medida en que se hayan especificados en las bases de datos fuente. La información está disponible en <https://www.isric.org/explore/wosis>. En la Figura 1 de muestra el flujo de trabajo de WoSIS para ingerir, procesar y difundir datos.

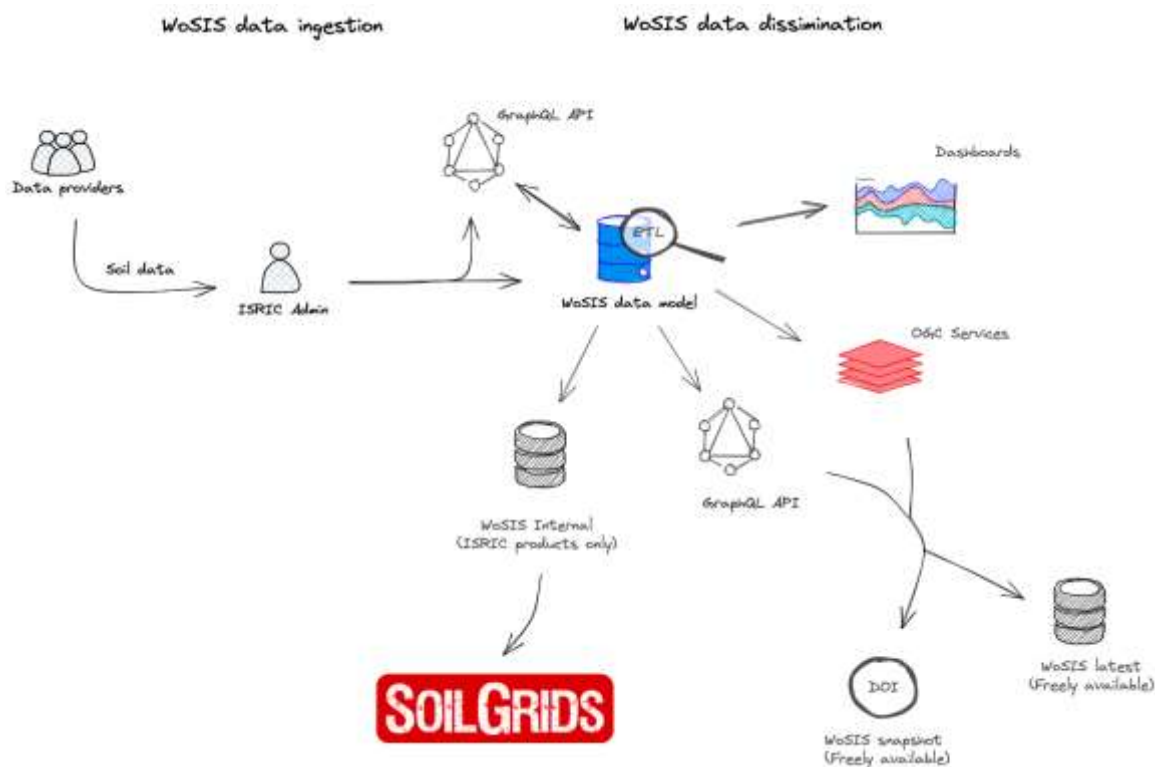


Figura 1. Flujo de trabajo de WoSIS para ingerir, procesar y difundir datos. Fuente: <https://www.isric.org/explore/wosis>

- ISRIC-World Soil Information

Es una fundación independiente con la misión de servir a la comunidad internacional como custodio de la información global sobre el suelo. Apoya el suministro de datos, información y conocimientos sobre el suelo a nivel global, nacional y subnacional para su aplicación en la gestión sostenible del suelo y la tierra. Cuenta con robustas bases de datos como: Mapas de salinidad del suelo a nivel mundial (global soil salinity map); mapas a 250 m sobre propiedades del suelo como capacidad de intercambio catiónico, densidad aparente, contenido de arena, limo y arcilla, carbono orgánico total, nitrógeno, entre otros; base de datos del WoSIS; base de datos armonizados (HWSD); base de datos de GeoPearl, etc. El usuario puede acceder a través de <https://data.isric.org/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/home>

- Portal de suelos de la FAO

En este portal se encuentra información acerca de las propiedades físicas y biológicas del suelo, clasificación de suelos, y mapas de suelos, tanto globales como nacionales. Dentro de los mapas y bases de datos se encuentran mapas de suelos afectados por la salinidad. La información está disponible en: <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/en/>

### CONCLUSIONES

Son pocas las bases de datos que brindan información accesible y comprensible, lo cual debe considerarse al momento de utilizarlas en el proceso de investigación. La poca disponibilidad de información obstaculiza el trabajo de investigación, por lo cual, es relevante la creación de servicios web que permitan compartir datos de calidad entre investigadores, instituciones académicas, organismos del sector y usuarios en general.

### REFERENCIAS

- Dorigo, W., Himmelbauer, I., Aberer, D., Schremmer, L., Petrakovic, I., Zappa, L., Preimesberger, W., Xaver, A., Annor, F., Ardö, J., Baldocchi, D., Bitelli, M., Blöschl, G., Bogena, H., Brocca, L., Calvet, J.-C., Camarero, J. J., Capello, G., Choi, M., Cosh, M. C., van de Giesen, N., Hajdu, I., Ikonen, J., Jensen, K. H., Kanniah, K. D., de Kat, I., Kirchengast, G., Kumar Rai, P., Kyrouac, J., Larson, K., Liu, S., Loew, A., Moghaddam, M., Martínez Fernández, J., Mattar Bader, C., Morbidelli, R., Musial, J. P., Osenga, E., Palecki, M. A., Pellarin, T., Petropoulos, G. P., Pfeil, I., Powers, J., Robock, A., Rüdiger, C., Rummel, U., Strobel, M., Su, Z., Sullivan, R., Tagesson, T., Varlagin, A., Vreugdenhil, M., Walker, J., Wen, J., Wenger, F., Wigneron, J. P., Woods, M., Yang, K., Zeng, Y., Zhang, X., Zreda, M., Dietrich, S., Gruber, A., van Oevelen, P., Wagner, W., Scipal, K., Drusch, M., and Sabia, R.: The International Soil Moisture Network: serving Earth system science for over a decade, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 25, 5749–5804, <https://doi.org/10.5194/hess-25-5749-2021>, 2021.
- FAO y IIASA. 2023. Harmonized World Soil Database version 2.0. Rome and Laxenburg. <https://doi.org/10.4060/cc3823en>
- IPCC. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J., M. Gytarsky, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe and F. Wagner (eds.). Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC
- IPCC. 2006. Agriculture, forestry and other land use IPCC Guide-lines for National Greenhouse Gas Inventories. Eggleston H. S., L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, and K. Tanabe (eds.). Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Institute for Global Environmental Strategies. Hayama, Japan.
- Paderni, L. M., Aguilar, L. I., Cabrera, H. M., Delgado, R. A. 2014. Bases de datos distribuidas para aplicaciones médicas en el Sistema Nacional de Salud. *Revista Cubana de Informática Médica*, 6(2), 227-235. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1684-18592014000200011&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18592014000200011&lng=es&tlng=es).
- Paz, F., Argumedo, J., Cruz, C. O., Etchevers, J. D., Jong, B. 2016. Distribución espacial y temporal del carbono orgánico del suelo en los ecosistemas terrestres de México. *Terra Latinoamericana* 34:289-310
- Paz-Pellat, F., Velázquez-Rodríguez, A.S. 2018. Base de datos de perfiles suelos en México. *Elementos para Políticas Públicas*, 2(3): 210-235.

## DOSIS ECONÓMICA DE FERTILIZACIÓN EN HIGUERILLA (*Ricinus communis* L.) MEDIANTE PRESUPUESTOS PARCIALES

Osias Ruiz Alvarez<sup>1\*</sup>, Eileen Salinas Cruz<sup>1</sup> y Jesús Martínez Sánchez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIFAP. Campo Experimental Centro de Chiapas

\*Autor para correspondencia: [ruiz.osias@inifap.gob.mx](mailto:ruiz.osias@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El deterioro de los recursos naturales que actualmente enfrenta la humanidad obliga a buscar nuevas opciones productivas para los agricultores. La higuera (*Ricinus communis* L.) emerge como una especie de gran importancia económica y ambiental, dado el amplio espectro de uso del aceite extraído de sus semillas y por ser una especie de gran adaptación que no requiere de la apertura de nuevas tierras para su cultivo. En la actualidad se cultiva higuera en distintas partes de México y el mundo y con distintos fines. En algunas regiones, el cultivo de esta especie se realiza como cultivo comercial por lo que se requiere de componentes tecnológicos para su producción. El objetivo de este trabajo fue identificar una dosis óptima económica de fertilización para el cultivo de higuera. Se establecieron nueve tratamientos combinatorios de fertilización a base de nitrógeno y fósforo y tres niveles (para nitrógeno 40, 60 y 80; y para el fósforo 20, 40 y 60). El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se realizó un análisis de los costos variables, beneficio económico y beneficio ajustado, análisis de dominancia y tasa de retorno. El tratamiento con mayores costos fue la dosis 80-40-00 (\$2065.60) y el 80-60-00 (\$3933.90), de estos tratamientos los beneficios económicos obtenidos fueron \$14235.80 y \$19693.80, con rendimientos de 1,5 y 2,1 toneladas por hectárea respectivamente. Según la metodología de presupuesto parcial, el tratamiento económico óptimo es el 80-60-00 ya que sus incrementos de costos son bajos y el beneficio neto es mayor que el del resto de dosis recomendadas.

**Palabras clave:** costos variables, beneficio neto, tasa de retorno.

### ABSTRACT

The natural resources depletion that humanity currently faces obligates to look for new productive options for farmers. Castor bean (*Ricinus communis* L.) emerges as a species of great economical and environmental importance given the wide range of use of the oil extracted from its seeds and for being an species of great adaptation that does not require to open new lands for its cropping. Currently, castor bean is cultivated in different regions of Mexico and world and with different objectives. In some regions, this species cropping is made as a commercial crop for which technological components are required for its production. The objective of this work was identify an economical and optime fertilization dose for this crop. Nine treatments of fertilization was established, the basis of these treatments was nitrogen and phosphorus, and three (nitrogen: 40, 60 and 80; phosphorus: 20, 40 y 60) levels were used. The experimental design was a complete random blocks with four repetitions. An analysis of variables costs, economic benefit and adjusted benefit, dominance analysis and return rate. Te treatment with the higuest costs were the doses 80-40-00 (\$2065.60) and 80-60-00 (\$3933.90). For these treatments the obtained economic benefits were \$14235.80 and \$19693.80 with yields of 1,5 and 2,1 ton per hectare, respectively. According to the partial budgets methodology, the economic and optimum

treatment was 80-60-00 since its costs increases are low and the net benefit is higer than te rest of recommended dosses.

**Key words:** variable costs, net benefit, return rate.

## INTRODUCCIÓN

La optimización de los recursos es clave para incrementar las ganancias netas dentro del proceso de producción agrícola. Dentro de este proceso productivo, los fertilizantes cubren entre el 20 y el 37% de los costos totales de producción; por ello, su correcto uso es fundamental para mantener un equilibrio en la relación beneficio-costos, además de contribuir a la reducción de la emisión de contaminantes al medio ambiente. Debido al aumento de la demanda de alimentos provocado por el crecimiento demográfico, muchos agricultores ejercen más presión sobre la tierra, sin preocuparse por un adecuado retorno de nutrientes; otros fertilizan en exceso y realizan un uso desmedido de los fertilizantes. A partir de la fertilización de campos agrícolas, algunos elementos fertilizantes tienen un impacto perjudicial sobre la química estratosférica, empeorando así el cambio climático regional y global. Por lo tanto, el desarrollo y la implementación de metodologías y técnicas para reducir las emisiones de las tierras agrícolas son una necesidad urgente.

En agricultura intensiva, aun cuando los volúmenes de fertilizantes utilizados se calculan a partir de un diagnóstico del suelo y una meta de rendimiento, se debe agregar un enfoque económico para saber con precisión cómo esa dosis de fertilizante maximiza la eficiencia de todos los recursos financieros. Así, una dosis económicamente óptima se define como la cantidad de fertilizante que maximiza la rentabilidad del cultivo (Nelson *et al.*, 1985; Pagani *et al.*, 2008). En este sentido, Salvagiotti *et al.* (2011) comentan que una forma de calcular la dosis económicamente óptima que maximiza los recursos es mediante el ajuste de las curvas de respuesta entre dosis de fertilizante y rendimiento. De esta forma, utiliza la primera derivada de la función para calcular la respuesta económica de cada nivel de fertilizante aplicado. Otros autores sugieren utilizar la técnica del presupuesto parcial. El presupuesto parcial es una herramienta utilizada para evaluar los costos y beneficios asociados con un cambio específico en una finca; es un marco de planificación y toma de decisiones utilizado para comparar los costos y beneficios de las alternativas que enfrenta una empresa agrícola (Soha, 2014).

La higuera es una especie de la familia Euphorbiaceae, clase Magnoliopsida y orden Malpighiales; incluye 218 géneros y 6745 especies distribuidas globalmente. Es una oleaginosa con alto valor comercial para la industria y producción de biocombustibles, lo cual se debe a las propiedades específicas de su aceite que son particularmente atractivas para estos usos; así, el potencial económico de este cultivo es inmenso (Lima *et al.*, 2013). La ventaja de su cultivo es que no requiere de propiedades específicas del suelo, así no se requiere de la apertura de nuevas tierras, prospera sobre tierras nutricionalmente pobres y suelos pobres en estructura.

El objetivo de esta investigación fue determinar una dosis de fertilización económicamente óptima para el cultivo de higuera mediante la técnica de presupuestos parciales.



## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento con higuierilla se estableció en Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México (16° 45" N y 93° 22" W, a 800 msnm). El suelo es de textura arenosa-arcillosa, de color marrón claro cuando está seco y con una pendiente del 5%. El clima es de tipo Aw, cálido húmedo con lluvias en verano y sujeto a efectos de sequía en verano.

Se estudiaron dos factores de producción: nitrógeno y fósforo. Se implementaron tres niveles para cada factor, para nitrógeno 40, 60 y 80; y para el fósforo 20, 40 y 60. Los tratamientos se establecieron en un arreglo combinatorio con nueve combinaciones en total (Cuadro 1). El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

Cuadro 1. Tratamientos de fertilización de nitrógeno (N) y fósforo (P) evaluados.

T	N (Kg ha <sup>-1</sup> )	P (Kg ha <sup>-1</sup> )
1	40	20
2	60	20
3	80	20
4	40	40
5	60	40
6	80	40
7	40	60
8	60	60
9	80	60

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Costos variables. El tratamiento 40-20-00 (N-P-K) generó los costos más bajos. En general, los costos variables oscilaron entre \$1451.50 y \$1648.40, con dos aplicaciones de urea y una de DAP. Los costos más altos se encontraron en los tratamientos 80-40-00 y 80-60-00 con aplicaciones de urea de 139 y 123 kg y DAP de 86 y 130 kg; por lo que se pagó un total de \$2065.20 y \$2266.30, respectivamente.

Beneficio económico y beneficio ajustado. El cálculo de los beneficios económicos se basó en el rendimiento obtenido por tratamiento para el precio de compra de la semilla de higuierilla, que fue de \$9.50 por kilogramo, vendido en el año del análisis; los rendimientos obtenidos se presentan en el Cuadro 2 para cada tratamiento según la dosis de fertilización aplicada.

Cuadro 2. Beneficio económico por tratamiento establecido.

Número	Descripción (Kg ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento (ton ha <sup>-1</sup> )	Beneficio económico (\$)
1	40-20-00	0.704	6602.10
2	60-20-00	0.904	8477.70
3	80-20-00	0.124	1162.80
4	40-40-00	0.841	7886.80
5	60-40-00	0.984	9227.90
6	80-40-00	1.518	14235.80
7	40-60-00	1.030	9659.30
8	60-60-00	1.200	11253.60
9	80-60-00	2.100	19693.80

Según los datos obtenidos, el tratamiento 9, con dosis de DAP y urea de 80 y 60 Kg ha<sup>-1</sup> respectivamente condujo a un rendimiento de 2,1 t ha<sup>-1</sup>, y al mayor beneficio económico, el cual fue de \$19693.80; aunque también fue el que generó mayores costos. El tratamiento 3, fue el de menor rendimiento, con 124 kg ha<sup>-1</sup>, fue el de menor beneficio económico neto obtenido con \$1162.80. Luego de calcular el beneficio neto y según el proceso, se hace un ajuste al beneficio neto, este puede variar del 10 al 25 % según el CIMMYT (1988). El ajuste realizado fue del 15%, el cual se calculó sobre la utilidad neta inicial y posteriormente se restó a estos ingresos, dando como resultado la utilidad neta ajustada.

Análisis de dominancia. Por definición, el primer tratamiento no es dominado (Reyes, 2001); posteriormente al pasar del tratamiento 1 al 4 se observa si hay un aumento de beneficios porque este tratamiento se consideró no dominado, del tratamiento 4 al tratamiento 7 hay un aumento por lo que se considera no dominado. Se encontró que del tratamiento 7 al tratamiento 2 el beneficio neto es menor y por lo tanto se considera dominado. Al tener un tratamiento dominado, se utilizó el tratamiento 7 como no dominado y se determinó que el tratamiento 5 es dominado, por lo tanto, el tratamiento 7 seguirá siendo la base para determinar los siguientes tratamientos. El tratamiento 8 no se domina, mientras que el tratamiento 3 sí se domina. Los tratamientos 6 y 9 no están dominados. La fertilización con la combinación 80-20-00 tuvo costos variables de \$1868.30 y un beneficio neto de \$1081.80, lo que representa un costo alto y un beneficio neto bajo, a diferencia de las otras diferentes dosis de fertilización.

Tasa de retorno. La tasa de retorno se establece a través de los incrementos en los costos y beneficios económicos netos, para su cálculo solo se consideran los tratamientos no dominados. Se pueden utilizar presupuestos parciales cuando hay un cambio mínimo en la actividad agrícola y generalmente estos cambios se realizan en el corto plazo, buscando evaluar el cambio tanto en los ingresos como en los gastos; tal es el caso del análisis que se realizó a los cambios de fertilización en ensayos de higuera para determinar cuál es la dosis óptima técnica y económicamente más viable para obtener el menor costo y el mayor beneficio. En este análisis se determinan los costos variables en función del uso de fertilizantes según la dosis o tratamiento, determinando sus costos de campo. Estos varían con la producción y pretenden ser menores que los beneficios económicos a obtener, ya que sólo podría ser económico continuar la producción en el corto plazo, siempre y cuando los ingresos sean mayores que los costos de producción variables (Extensión Cooperativa, 2021).

## CONCLUSIONES

El tratamiento con mayores costos fue la dosis 80-40-00 (\$2065.60) y el 80-60-00 (\$3933.90), de estos tratamientos los beneficios económicos obtenidos fueron \$14235.80 y \$19693.80, con rendimientos de 1,5 y 2,1 toneladas por hectárea respectivamente. Según el análisis de dominancia, los tratamientos 40-20-00, 40-40-00, 40-60-00, 80-40-00 y 80-60-00 no presentaron dominancia, por lo que podrían ser las dosis óptimas para la fertilización en la producción de higuera. En el análisis de tasa de retorno se determina que la dosis 80-60-00 es la óptima económica porque el incremento de costo fue de sólo \$200.80 equivalente a los tratamientos 40-40-00 y 40-60-00. El tratamiento con mayor variación de costos fue el 80-40-00 con un total de \$632.70. Mientras que el incremento de beneficios se presenta en el tratamiento 80-60-00 con \$4639.10. Según la metodología de presupuesto parcial, el tratamiento económico óptimo es el 80-60-00 ya que sus

incrementos de costos son bajos y el beneficio neto es mayor que el del resto de dosis recomendadas.

## REFERENCIAS

- Lima, J. R. d. S., Antonino, A. C. D., Souza, E. S. d., Lira, C. A. B. d. O., Silva, I. d. F. d. 2013.** Seasonal and interannual variations of evapotranspiration, energy exchange, yield and water use efficiency of castor grown under rainfed conditions in northeastern Brazil. *Industrial Crops and Products* 50: 203–211.
- Nelson L. A., Voss R. D., Pesek J. 1985.** Agronomic and statistical evaluation of fertilizer response. In: OP Engelstad (ed.) *Fertilizer technology and use*. Pp 53-90. ASA. Madison – Wisconsin – USA.
- Pagani A., Echeverria H. E., Sainz Rozas H. y PA Barbieri. 2008.** Dosis óptima económica de nitrógeno en maíz bajo siembra directa en el Sudeste bonaerense. *Ciencia del Suelo*. 26(2). 179-188.
- Reyes-Hernández. M. 2001.** Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: Reenseñando el uso de este enfoque. Centro de Información Agro socioeconómica. Boletín informativo 1-200, p-33.
- Salvagiotti F., Castellarin J. M., Ferrugati F. J., Pedro H. M. 2011.** Dosis optima económica de nitrógeno en maíz según potencial de producción y disponibilidad de nitrógeno en la región Pampeana norte. *Ciencia del suelo*. 29 (2).199-212.
- Soha M. E.-D. 2014.** The partial budget analysis for sorghum farm in Sinai Peninsula, Egypt. *Annals of Agricultural Sciences*. 59(1). 77-81. Doi:10.1016/j.aosas.2014.06.011

## EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE POLVO DE GUAYABA SECADO EN SECADORES RÚSTICOS MEDIANTE ENERGÍA SOLAR

Figueroa G. J. J.<sup>1\*</sup>; Ibarra O.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INIFAP- Campo Experimental Zacatecas, Carr. Zacatecas-Fresnillo km 24.5, Calera, Zac., México. C. P. 98500 \*figueroa.juan@inifap.gob.mx

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería campus Zacatecas (UPIIZ-IPN), Blvd. del Bote S/N Cerro del Gato Ejido La Escondida, Col. Ciudad Administrativa, C.P. 98160, Zacatecas, Zac, México.

### RESUMEN

La guayaba es un producto agrícola de alto valor comercial en zacatecas. El objetivo de este trabajo consistió en evaluar las propiedades fisicoquímicas del polvo de guayaba, obtenido mediante secado solar para alargar su vida de anaquel. La guayaba se cortó en rodajas y se sometió a un pretratamiento con y sin ácido cítrico (1%). La guayaba se secó en los deshidratadores solares rústicos por 24 h. Una vez deshidratada la fruta, esta se pulverizó y se tamizó. A las diferentes muestras de polvo de guayaba se les midió color ( $L^*$ ,  $a$  y  $b$ ) y se les determinó el índice de absorción de agua, índice de solubilidad y la capacidad de hinchamiento. Los valores del índice de absorción de agua (11.6 a 15.8 g H<sub>2</sub>O/g), índice de solubilidad (31.8 a 39.1 %) y capacidad de hinchamiento (6.4 a 8.3 g H<sub>2</sub>O/g) se vieron beneficiados con la presencia de ácido cítrico. El desarrollo de polvos deshidratados de guayaba es una alternativa para generar valor agregado tanto a la guayaba comercial como a la de baja calidad comercial.

**Palabras clave:** guayaba, polvos deshidratados, solubilidad

### ABSTRACT

Guava is an agricultural product of high commercial value in Zacatecas. The objective of this work was to evaluate the physicochemical properties of guava powder, obtained by solar drying to extend its shelf life. The guava was cut into slices and subjected to pretreatment with and without citric acid (1 %). The guava was dried in rustic solar dehydrators for 24 h. Once the fruit was dehydrated, it was pulverized and sifted. The color ( $L^*$ ,  $a$  and  $b$ ) of the different guava powder samples was measured and the water absorption index, solubility index and swelling capacity were determined. The values of the water absorption index (11.6 to 15.8 g H<sub>2</sub>O/g), solubility index (31.8 to 39.1 %) and swelling capacity (6.4 to 8.3 g H<sub>2</sub>O/g) were benefited by the presence of citric acid. Developing dehydrated guava powders is an alternative to generate added value to both commercial guava and low commercial-quality guava.

**Key words:** guava, dehydrated powders, solubility

## INTRODUCCION

La guayaba es un cultivo de importancia económica en varios países por su abundante producción de frutos durante todo el año, por la amplia variedad de productos elaborados con este fruto y su alto contenido de vitamina C. El género *Psidium* se compone de aproximadamente 150 especies de árboles perennes tropicales y subtropicales nativos del Caribe, América del norte, América central y del norte de Sudamérica (Padilla *et al.* 2014). A nivel nacional Michoacán es el principal productor de guayaba con 192, 024 t, seguido de Aguascalientes y Zacatecas con una producción total de 68, 325 y 3, 882 t, respectivamente (SIAP, 2023). El incremento en la demanda de la fruta, ha ocasionado que los productores busquen alternativas para incrementar la producción pero que sean ecológicas y sustentables ahora ante el auge de la demanda de productos orgánicos y ante el deterioro ambiental que han ocasionado los productos químicos (Quiñones-Aguilar *et al.*, 2020). Por otro lado, estamos en un contexto en el cual el desarrollo equilibrado con el ambiente es una premisa obligada. Las investigaciones en torno a la aplicación de las energías renovables obtienen cada vez mayor protagonismo en un escenario donde la transición energética es uno de los principales pilares para combatir el calentamiento global (Salvo y Franco, 2022). Por lo tanto, el secado solar de alimentos es una alternativa utilizada para reducir el costo de la energía eléctrica (Figueroa-García y Chávez-Rodríguez, 2022). En Zacatecas por su ubicación geográfica y haciendo uso de la energía solar disponible, es posible el uso de diferentes deshidratadores rústicos o automatizados para la deshidratación tanto de fruta con calidad comercial, así como de la fruta próxima a deteriorarse (baja calidad comercial) para alargar su vida de anaquel. Además, el secado de frutos es uno de los procesos de conservación de alimentos más empleado en la industria alimentaria por su practicidad, pero en ocasiones la calidad del producto obtenido se ve comprometida dependiendo de la metodología utilizada. Bajo este contexto, el objetivo de este trabajo fue deshidratar rodajas de guayaba y evaluar las propiedades fisicoquímicas del polvo, obtenido mediante secado solar para alargar su vida de anaquel.

## MATERIALES Y METODOS

La guaya comercial (GC) y la guayaba próxima a deteriorarse (GPD), es decir, de baja calidad comercial se adquirió en el mercado local en Calera, de V. R., Zac. Las guayabas se lavaron y se cortaron en rebanadas de 0.5 cm de grosor. Las rebanadas de GC y GPD fueron sumergidas por un minuto en una solución de ácido cítrico al 1 %. Posteriormente, fueron distribuidas en las bandejas del deshidratador solar rustico para iniciar el proceso de

secado. Finalizado el tiempo de secado (24 h) las rodajas secas se pulverizaron y se tamizaron para obtener el polvo de guayaba. Cabe mencionar que se obtuvieron dos diferentes polvos de guayaba, tanto para GC como para la GPD; el tratamiento con ácido cítrico (1 %) y el tratamiento control (sin ácido cítrico, las rebanadas fueron sumergidas en agua destilada por un minuto); denominados  $GC_{AC}$ ,  $GCS_{AC}$ ,  $GPD_{AC}$  y  $GPD_{SAC}$ , respectivamente. La GC presentó 14.5 grados brix, 3.01 de pH y 0.97 % de acidez titulable (% de ácido cítrico). La GPD presentó 15.63 grados brix, 2.96 de pH y 1.07 % de acidez titulable (% de ácido cítrico).

### Colorimetría

El color en los polvos de guayaba se determinó utilizando el espectrofotómetro ((X-rite Modelo- SP64, Canadá). Se utilizaron 10 g de muestra y se vertieron en una caja Petri permitiendo así, la medición de color a través de cinco puntos distribuidos sobre la superficie del polvo.

### Índice de solubilidad, capacidad de hinchamiento y absorción de agua

Se determinó el índice de solubilidad, capacidad de hinchamiento y capacidad de absorción de agua según lo descrito por Kamali et al. (2022). Se pesaron 2.5 g de polvo de guayaba y se mezclaron con 30 mL de agua destilada y se dejó en agitación magnética por 30 min. La solución se centrifugó (Centrifuga Eppendorf, modelo 5702 RH, Alemania) a 1792  $\times g$  por 5 min a temperatura ambiente. El sobrenadante se vertió en cajas Petri para secarlas en la estufa de secado (Fisher Scientific, modelo 655G, U.S.A.) a 105°C por 18 h y se registró el peso final (A). Asimismo, se registró el peso (C) del precipitado obtenido después de la centrifugación. Con los pesos registrados se calculó la capacidad de absorción de agua (CAA), el índice de solubilidad de agua (ISA) y la capacidad de hinchamiento (CH).

$$IAA = \left(\frac{C}{A}\right)$$

$$ISA = \left(\frac{A}{B}\right) * 100$$

$$CH = \frac{C}{B - A}$$

Donde:

A = Peso de los sólidos secos del sobrenadante.

B = Peso inicial del polvo seco.

C = Peso de los sólidos del precipitado.

### Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza con un nivel de significancia ( $p \leq 0.05$ ). Posteriormente se hizo una comparación de medias con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Los resultados fueron expresados como la media  $\pm$  desviación estándar (DE), se analizaron usando el paquete estadístico SAS 9.0 (2002).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los polvos de guayaba presentaron altos valores de luminosidad ( $L^*$ ) y fueron estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ), lo cual puede ser observado en el Cuadro 1. El valor mayor de  $L^*$  lo presentó la  $GC_{AC}$ , seguido de  $GPD_{SAC}$ . Los valores de  $a^*$  representan los colores de rojo a verde y valores de  $b^*$  representan de amarillo a azul. El análisis de varianza detectó interacción significativa entre los niveles de PP, TS y en las FMD en las variables de color:  $L^*$  y  $a^*$  (Tabla 5). Asimismo, se puede observar que la presencia de ácido cítrico mejora la luminosidad de los diferentes polvos de guayaba. También, los valores de  $GPD_{SAC}$  tienden hacia tonalidades más rojizas, quizá por la alta madurez del fruto y sin la presencia de ácido cítrico en del proceso de deshidratado.

**Cuadro 1.** Colorimetría en polvos de guayaba.

Tratamiento	$L$	$a^*$	$b^*$
$GC_{AC}$	81.4 $\pm$ 1.05 a	10.3 $\pm$ 0.99 b	30.9 $\pm$ 1.01 b
$GPD_{AC}$	72.1 $\pm$ 1.01 b	12.4 $\pm$ 0.15 a	33.2 $\pm$ 1.12 a
$GC_{SAC}$	79.2 $\pm$ 1.01 a	11.2 $\pm$ 0.78 b	31.5 $\pm$ 1.08 ab
$GPD_{SAC}$	74.6 $\pm$ 1.09 b	11.5 $\pm$ 0.82 b	28.0 $\pm$ 1.02 c

Medias en la misma columna con letra similar no son significativamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ ).

El IAA es mayor en los tratamientos de GPD (Cuadro 2). Shaari et al. (2017) mencionan que valores altos de IAA ayudan a mantener la humedad dentro de los productos, mejorando las características de manipulación y evitando la deshidratación durante el almacenamiento. De aquí la importancia de utilizar este tipo de polvos en subproductos de panadería o purés para mejorar su palatabilidad. El ISA fue mayor en la  $GC_{AC}$  y fue estadísticamente diferente a los demás tratamientos. La  $GC_{SAC}$  y  $GPD_{AC}$  fueron estadísticamente iguales. El ISA es una variable que indica la capacidad del polvo para mezclarse de manera homogénea en agua. Por lo tanto, se requiere polvos con buena solubilidad para diversas aplicaciones alimentarias. En polvos de dátil se reportaron valores



de 60 a 82 % (Hasan et al., 2022). La CH no presentó diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), tanto en la GC como en la GPD la CH se ve favorecida con el uso de ácido cítrico.

**Cuadro 2.** Índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad de agua (ISA) y capacidad de hinchamiento en polvos de guayaba.

Tratamiento	IAA (g H <sub>2</sub> O/g muestra)	ISA (%)	CH (g H <sub>2</sub> O/g muestra)
GC <sub>AC</sub>	12.9 ± 0.15 b	39.1 ± 1.05 a	8.3 ± 0.25 a
GPD <sub>AC</sub>	11.6 ± 0.25 b	35.5 ± 0.97 b	6.4 ± 0.78 a
GCS <sub>AC</sub>	15.8 ± 0.17 a	33.3 ± 0.98 b	7.7 ± 0.55 a
GPD <sub>SAC</sub>	13.7 ± 0.99 ab	31.8 ± 1.01 d	6.4 ± 0.23 a

Medias en la misma columna con letra similar no son significativamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ ).

## CONCLUSIONES

La industria agroalimentaria en la obtención de polvos deshidratados es una oportunidad para generar valor agregado a la guayaba comercial y a la de baja calidad comercial. Por lo que el desarrollo y oferta de productos deshidratados puede contribuir a la comercialización de la guayaba, diversificando su utilidad agroindustrial.

## REFERENCIAS

- Figueroa-García, E., & Chávez-Rodríguez, A. M. (2022). Captadores solares de placa plana para el secado solar indirecto de alimentos: características y aplicaciones. *CienciaUAT*, 17(1), 162-170.
- Hasan, F., Nazir, A., Sobti, B., Tariq, H., Karim, R., Al-Marzouqi, A. H., & Kamal-Eldin, A. (2022). Dehydration of date fruit (*Phoenix dactylifera* L.) for the production of natural sweet powder. *NFS Journal*, 27, 13-20.
- Padilla R. J. S., E. González G., V. M. Rodríguez M., C. J. Cortés P., y T. Sánchez R. 2014. Caracterización morfológica y bioquímica de frutos de guayaba. INIFAP. Campo Experimental Pabellón. México. 32 p.
- Quiñones-Aguilar, E. E., Rincón-Enríquez, G., & López-Pérez, L. (2020). Hongos micorrízicos nativos como promotores de crecimiento en plantas de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Terra Latinoamericana*, 38(3), 541-554.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2023). Disponible en línea: [https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/). Consultado el 01/08/2023.
- Shaari, N. A., Sulaiman, R., Rahman, R. A., & Bakar, J. (2017). Production of pineapple fruit (*Ananas comosus*) powder using foam mat drying: Effect of whipping time and egg albumen concentration. *Journal of Food processing and Preservation*, 42(2), e13467.
- Salvo, A. W., & Franco, A. J. (2022). Actualización del estado de arte del secado solar de alimentos a partir de una revisión bibliográfica latinoamericana.

## EVALUACIÓN NUTRIMENTAL EN ADEREZO DE AJO ESTILO “DIP” BAJO EN GRASA

Figueroa G. J. J.<sup>1\*</sup>; Isidro R. L. M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INIFAP- Campo Experimental Zacatecas, Carr. Zacatecas-Fresnillo km 24.5, Calera, Zac., México. C. P. 98500 \*figueroa.juan@inifap.gob.mx

<sup>2</sup>INIFAP-Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Matamoros 27440, Coahuila, México

### RESUMEN

El aderezo de ajo estilo “dip”, es una salsa espesa que sirve para acompañar ensaladas o carnes. Desde el punto de vista bioquímico puede ser considerado una emulsión (gotas de aceite dispersas en el agua), es decir; parecido a la mayonesa comercial. El objetivo de este trabajo de investigación fue desarrollar un aderezo de ajo estilo “dip” y evaluar su calidad química proximal para darle valor agregado a las cabezas de baja calidad comercial o desgranado. Se utilizaron los genotipos de ajo conocidos como California y Jaspeado y fueron utilizados para el desarrollo del aderezo estilo “dip”, el cual fue evaluado nutricionalmente: proteína, grasa, fibra cruda, cenizas y carbohidratos. El aderezo presentó excelente calidad de proteína en el genotipo de California ( $4.2 \pm 0.01$  %) y Jaspeado ( $3.2 \pm 0.15$  %), bajo contenido de grasa de  $0.56 \pm 0.001$  a  $0.73 \pm 0.002$  % y alto contenido de cenizas en Jaspeado ( $9.7 \pm 0.98$ ). La tecnología de del “dip de ajo es una alternativa para darle valor agregado a esta hortaliza y diversificar su utilidad agroindustrial.

**Palabras clave:** ajo, aderezo, dip, valor agregado

### ABSTRACT

Garlic dip is a thick sauce used to accompany salads or meats. From a biochemical point of view, it can be considered an emulsion (oil drops dispersed in water), i.e. similar to commercial mayonnaise. The objective of this research work was to develop a garlic dip and evaluate its proximal chemical quality to give added value to low commercial quality garlic heads or shelled garlic. The garlic genotypes known as California and Jaspeado were used to develop the dip, which was evaluated nutritionally: protein, fat, crude fiber, ash and carbohydrates. The dressing presented excellent protein quality in California ( $4.2 \pm 0.01\%$ ) and Jaspeado ( $3.2 \pm 0.15\%$ ) genotypes, low-fat content from  $0.56 \pm 0.001$  to  $0.73 \pm 0.002\%$  and high ash content in Jaspeado ( $9.7 \pm 0.98$ ). The "garlic dip" technology is an alternative that adds value to this vegetable and diversifies its agroindustrial utility.

**Key words:** garlic, dressing, dip, added-value

## INTRODUCCION

La superficie sembrada de ajo a nivel nacional para el 2023 fue de 8, 020 ha, de las cuales, 3, 977 ha fueron cultivadas en Zacatecas ocupando 49.6 % de la superficie sembrada total nacional. Asimismo, la producción de ajo para el mismo año representó 95, 779 t, de las cuales, 60, 130 t fueron producidas en Zacatecas (SIAP, 2024). El ajo es una especie vegetal que se puede clasificar como alimento o hierba medicinal. Es miembro de la familia *Amaryllidaceae* o género *Allium* que se cultiva en todo el mundo. Los productos de ajo se pueden clasificar en diferentes categorías, como ajo en polvo, macerado de aceite de ajo, extracto de ajo añejado y aceite esencial de ajo (Verma et al., 2023). La mayonesa es uno de los condimentos más populares y apreciados, utilizado en una variedad de alimentos para mejorar el sabor y el gusto (Lazăr et al., 2022). El aderezo de ajo estilo “dip”, es una salsa espesa que sirve para acompañar ensaladas o carnes. Desde el punto de vista bioquímico puede ser considerado una emulsión (gotas de aceite dispersas en el agua), es decir; parecido a la mayonesa comercial. Por otro lado, el desarrollo de nuevos productos con bajo contenido en grasas es un reto, ya que está directamente relacionado con la salud del consumidor. Los alimentos funcionales tienen una ventaja en términos de salud, a saber, la presencia de nutrientes beneficiosos para la salud del organismo, ya que contienen principios activos (Nidhal et al., 2022). Por lo tanto, el desarrollo de nuevos productos alimenticios adecuados está aumentando rápidamente debido a las demandas de los consumidores de productos alimenticios dietéticos saludables que se ajusten bien a la estricta necesidad vinculada con la producción de alimentos bajos en calorías (Leonardis et al., 2022). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo de investigación fue desarrollar un aderezo de ajo estilo “dip” y evaluar su calidad químico proximal para darle valor agregado a las cabezas de baja calidad comercial o desgranado.

## MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se realizó en el laboratorio de alimentos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Zacatecas (22° 54' N, 102° 39' O) con una altitud de 2, 197 msnm, donde se evaluaron dos variedades de ajo (Jaspeado y California) para la tecnología del aderezo estilo “dip”. Para la preparación del “dip”, se escalda el ajo en agua (90 °C) con bicarbonato de sodio (1.5 %) por 5 min y se muele (68 g). Paralelamente, se prepara una emulsión con la mezcla de agua (20 mL) con aceite (5 mL) por 3 min. Posteriormente, se agrega el ajo molido y se mezcla por otros 3 min. Al final se agregan la sal (1 g), maicena (3 g) y ácido ascórbico (3 g) y se

mezclan nuevamente por 7 min. La pasta se puede sazonar con o sin chile. La mezcla se reserva en refrigeración (4 °C) para futuros análisis.

### **Análisis químico proximal**

El contenido de proteína, extracto etéreo, fibra cruda y cenizas se determinó por los métodos descritos por la AOAC (1990). Los carbohidratos se obtuvieron por diferencia porcentual.

### **Análisis estadístico**

Se realizó un análisis de varianza con un nivel de significancia ( $p \leq 0.05$ ). Posteriormente se hizo una comparación de medias con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Los resultados fueron expresados como la media  $\pm$  desviación estándar (DE), se analizaron usando el paquete estadístico SAS 9.0 (2002).

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

El contenido químico proximal del aderezo de ajo California y Jaspeado se presenta en el Cuadro 1. En las emulsiones, las fases de agua y aceite, de otro modo inmiscibles, se vuelven estables durante un período de tiempo razonable mediante el uso de emulsionantes, que generalmente son moléculas anfifílicas como proteínas que son capaces de adsorberse a una interfaz aceite-agua y evitar la agregación (Armaforte et al., 2021); por eso la importancia de la cantidad de proteína presente en el aderezo de ajo. El contenido de proteína, grasa y fibra cruda presentó diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). En aderezo de cebolla con espinaca y soya texturizada se reportó 0.61% de proteína, 83 % de grasa y 0.99 % de cenizas (Quezada-Díaz y Campos-Bravo, 2022). En aderezo de betabel se reportaron de 4.91 a 5.4 % de proteína, grasa de 71.3 a 72.5 %, cenizas de 1.91 a 2.88 % y carbohidratos de 2.6 a 3.7 % (Lazăr et al., 2022). Nidhal et al. (2022) también reportó un aderezo de calabacita bajo en grasa; lo cual, la disminución del contenido de grasa fue causada por una disminución en el volumen de uso de aceite vegetal y harina de calabaza baja en grasa agregado, similar comportamiento para el aderezo de ajo. En mayonesas bajas en grasas se utiliza el componente sustituto de grasas para reducir el contenido de grasas (Khandekar et al., 2020), sin embargo, en los aderezos de ajo no se utilizaron sustitutos de grasas como la maltodextrina, a excepción del almidón utilizado. El consumo de mayonesa baja en colesterol y grasas podría reducir el riesgo de enfermedades

cardiovasculares y la incidencia de enfermedades del metabolismo lipídico, lo que fue más aceptable para los consumidores con obesidad (Wang et al., 2022). El mayor contenido de cenizas de las muestras mezcladas sugirió la posible presencia de un mayor contenido mineral, por lo tanto, una mayor tendencia a mejorar el crecimiento y el desarrollo, y también a catalizar los procesos metabólicos en el cuerpo humano (Onwuzuruike et al., 2022). Además, el fósforo es un mineral que se encuentra en los ingredientes alimentarios con alto contenido proteico (Sudjatinah, 2021). La estabilidad de la emulsión en la mayonesa se puede mejorar con la presencia de carbohidratos como espesantes. Los azúcares en la mayonesa pueden unirse a la pectina para formar fuertes enlaces de hidrógeno y convertirse en una red compleja de polisacáridos (Evanuarini & Susilo, 2021).

**Cuadro 1.** Composición química proximal en aderezos de ajo estilo “dip”.

Componente	Aderezo ajo California	Aderezo ajo Jaspeado
Proteína (%)	4.2 ± 0.01 a	3.2 ± 0.15 b
Grasa (%)	0.56 ± 0.001 b	0.73 ± 0.002 a
Fibra cruda (%)	0.90 ± 0.001 b	1.1 ± 0.001 a
Cenizas (%)	8.7 ± 0.99 a	9.7 ± 0.98 a
Carbohidratos (%)	85.7 ± 0.97 a	85.3 ± 0.98 a

Medias en la misma columna con letra similar no son significativamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ ).

## CONCLUSIONES

El proceso de elaboración del aderezo de ajo estilo “dip” bajo en grasa implica el propósito de diversificar los canales de comercialización del ajo. El aderezo presenta buena calidad nutricional; rico en proteína, cenizas y fibra cruda. Además, por las características propias del aderezo, los usuarios potenciales son los productores, restauranteros, pequeñas, medianas y grandes empresas y consumidores en general.

## REFERENCIAS

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (16<sup>th</sup> Ed.) Association of official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Armaforte, E., Hopper, L., & Stevenson, G. (2021). Preliminary investigation on the effect of proteins of different leguminous species (*Cicer arietinum*, *Vicia faba* and *Lens culinaris*) on the texture and sensory properties of egg-free mayonnaise. *Lwt*, 136, 110341.
- Evanuarini, H., & Susilo, A. (2021). Optimization of reduced fat mayonnaise by using apple peel flour as a stabilizer. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 16(3), 174-180.
- Khandekar, S. A., Kamble, P. S., Solanke, A. U., & Singh, A. K. (2020). Development and quality evaluation of Low Fat mayonnaise. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(5), 304-307.

- Lazăr, S., Constantin, O. E., Horincar, G., Andronoiu, D. G., Stănciuc, N., Muresan, C., & Râpeanu, G. (2022). Beetroot by-product as a functional ingredient for obtaining value-added mayonnaise. *Processes*, *10*(2), 227.
- De Leonardis, A., Macciola, V., Iftikhar, A., & Lopez, F. (2022). Characterization, sensory and oxidative stability analysis of vegetable mayonnaise formulated with olive leaf vinegar as an active ingredient. *Foods*, *11*(24), 4006.
- Nidhal, H. A., Evanuarini, H., & Thohari, I. (2022). Characteristics of reduced fat mayonnaise using pumpkin flour (*Cucurbita moschata*) as fat replacer. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 335, p. 00017). EDP Sciences.
- Onwuzuruike, U. A., Okakpu, C. J., Ndife, J., & Eke, C. I. (2022). Production and quality assessment of mayonnaise from blends of soybean oil and African pear (*Dacryodes edulis*) pulp oil. *Agro-Science*, *21*(1), 88-97.
- Quezada-Díaz, J. P., & Campos-Bravo, C. A. (2022). Evaluación fisicoquímica, nutrimental y sensorial de aderezo de cebolla, espinaca, proteína de soya texturizada y espirulina. *Alimentación y Ciencia de los Alimentos*, 44-50.
- Sudjatinah, S. (2021). The Effect of Various Vegetable Oils on The Physical-Chemical Properties and Total Plate Count in Making Mayonnaise. *Journal of Applied Food Technology*, *8*(2), 48-55.
- Verma, T., Aggarwal, A., Dey, P., Chauhan, A. K., Rashid, S., Chen, K. T., & Sharma, R. (2023). Medicinal and therapeutic properties of garlic, garlic essential oil, and garlic-based snack food: An updated review. *Frontiers in nutrition*, *10*, 1120377.
- Wang, W., Hu, C., Sun, H., Zhao, J., Xu, C., Ma, Y., ... & Jiang, Z. (2022). Low-cholesterol-low-fat mayonnaise prepared from soybean oil body as a substitute for egg yolk: The effect of substitution ratio on physicochemical properties and sensory evaluation. *LWT*, *167*, 113867.

## INFLUENCIA DEL GRADO DE MADUREZ DE SEMILLAS DE MAÍZ SOBRE LA CALIDAD DE PLÁNTULA Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA

Escobar-Álvarez José Luis.; Estrada-Urbina Juan<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío. Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Km. 6.5, Celaya, Gto. C.P. 38010.

<sup>2</sup>Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad, Producción de Semillas, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, Km. 36.5. Texcoco, Edo. de Méx. C.P. 56264.

\*Autor para correspondencia: [estrada.juan@colpos.mx](mailto:estrada.juan@colpos.mx)

### RESUMEN

La madurez fisiológica en semillas de maíz es crucial para la obtención de la máxima calidad de plántula; sin embargo, ante las alteraciones del clima ocurridas en los últimos años; se ha presentado como alternativa, la cosecha previa a la maduración total de la semilla. Por ello, este estudio, tuvo como objetivo analizar el efecto de la cosecha de semillas en estado inmaduro y madurez fisiológica, sobre la calidad de plántula y producción de biomasa en tejidos de raíz y parte aérea. Se empleó semilla de maíz de la variedad experimental F6 (Amarillo × V-54A) P-V 2022. Las semillas inmaduras y en madurez fisiológica fueron cosechadas a los 41 y 69 días después de la floración. La calidad de plántula se evaluó visualmente en plántulas normales provenientes de la prueba de germinación; la producción de biomasa se valoró mediante el secado de cuatro plántulas normales a 72 °C durante 72 h. Los análisis estadísticos se efectuaron en RStudio a una significancia del 5 % en un diseño completamente al azar. La mayor biomasa se encontró en tejido de raíz para semillas en madurez fisiológica (69.5 mg); mientras que, en la parte aérea de plántulas de semillas inmaduras se encontró el menor peso seco (47.6 mg); en cuanto a la calidad de plántula, no se encontraron diferencias visuales para determinar que las plántulas de semillas inmaduras fueron menos vigorosas que aquellas plántulas de semillas en madurez fisiológica. En suma, la mayor asociación del peso seco se dio en plántula de semillas cosechadas en madurez fisiológica, pero la calidad de plántula fue igual en ambos grados de maduración de semilla.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., calidad fisiológica, madurez fisiológica.



## ABSTRACT

Physiological maturity of maize seeds is crucial for obtaining the highest seedling quality. However, given the climate alterations that have occurred in recent years, harvesting, prior to the full maturity of maize seeds, has been presented as an alternative. Therefore, the objective of this study was to analyse the effect of harvesting seeds at immature and physiological maturity on seedling quality and biomass production in root and aerial tissues. Maize seed of the experimental variety F6 (Yellow × V-54A) P-V 2022 was used; immature and mature seeds were harvested at 41 and 69 days after flowering. Seedling quality was assessed visually on normal seedlings from the germination test; biomass production was assessed by drying four normal seedlings at 72 °C for 72 h. Statistical analyses were performed in RStudio at 5 % significance in a completely randomised design. The highest biomass was found in root tissue for seeds at physiological maturity (69.5 mg), while the lowest dry weight (47.6 mg) was found in the aerial part of seedlings from immature seeds; as for seedling quality, no visual differences were found to determine that seedlings from immature seeds were less vigorous than those from seeds at physiological maturity. In sum, the highest association of dry weight was found in seedlings from immature seeds.

**Key words:** *Zea mays* L., physiological quality, physiological maturity.

## INTRODUCCION

Durante la maduración de las semillas de maíz ocurren diversos procesos fisiológicos e interacciones ambientales que contribuyen al deterioro de las mismas; por lo que, el momento oportuno de cosecha debe ser una vez alcanzada la madurez fisiológica, que está relacionada con cambios morfo-fisiológicos en la semilla, como la formación de la capa negra, que indica el momento en que el producto alcanza la madurez fisiológica por el cese de la translocación de sustancias solubles de la planta hacia el grano, la línea de leche que se observa en la cara del grano contraria a la posición del embrión que muestra la solidificación del endospermo que indica el grado de maduración y la reducción en el contenido de humedad (Estrada-Urbina *et al.*, 2023a).

Asimismo, Magdaleno-Hernández *et al.* (2020) mencionan que durante el proceso de formación y maduración en semillas de maíz ocurren cambios fisiológicos, bioquímicos y físicos, como el aumento de la respiración celular, que afectan de manera directa en la germinación. Por otra parte, hay estudios que indican que la madurez fisiológica en semillas

de maíz no coincide con la máxima calidad fisiológica; por lo que, el mayor grado de asociación de la máxima calidad del producto se dio con el contenido de humedad; sin embargo y con la finalidad de asegurar la calidad del producto, la madurez fisiológica y el contenido de humedad deben ser los referentes para decidir la oportunidad de cosecha en los programas de producción de semillas, especialmente en semillas de alto registro (Estrada-Urbina *et al.*, 2023b; 2023c).

No obstante, lo anterior, no hay suficientes estudios que mencionen la influencia de la época de cosecha de semillas sobre la calidad fisiológica, específicamente de una cosecha de semillas inmaduras; en virtud de ello, en este estudio se evaluó el efecto del grado de maduración de semillas de maíz sobre la calidad de plántula y la producción de biomasa en tejidos de raíz y parte aérea.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en agosto del 2023 en el Laboratorio de Acondicionamiento de Semillas del posgrado en Recursos Genéticos y Productividad, especialidad en Producción de Semillas (Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo) en Texcoco, México (19° 27' 54.7" LN y 98° 54' 24.3" LO, a 2200 m.s.n.m.) y se utilizó semilla de maíz (*Zea mays* L.), variedad experimental F6 (Amarillo x V-54A) cosecha 2022.

Se realizaron dos muestreos de cinco mazorcas en cada fecha; el primero, a los 41 días después de floración (ddf), considerado como inicio de madurez fisiológica (INMA) y el segundo, hasta que la semilla alcanzó la madurez fisiológica (MAFI) a los 69 ddf. Se consideró el INMA y la MAFI de acuerdo con el criterio de Estrada-Urbina *et al.* (2023a). Cuando el contenido de humedad de las semillas fue < 13 % se llevaron a almacenamiento durante 12 meses a  $8 \pm 3.4$  °C; posterior a este periodo se realizó su desgrane manual para los análisis subsecuentes.

La prueba de germinación se realizó con base en la metodología de la International Seed Testing Association (ISTA) con 400 semillas entre papel Anchor® (ISTA, 2021), previamente hidratado y con fotoperiodo de luz blanca por 24 h a  $25 \pm 2$  °C. Transcurrido el periodo de incubación, se tomaron cuatro plántulas normales de manera aleatoria mismas que fueron seccionadas en tejidos de raíz y de parte aérea para su secado en estufa de aire a 72 °C durante 72 h (Pérez *et al.*, 2007).

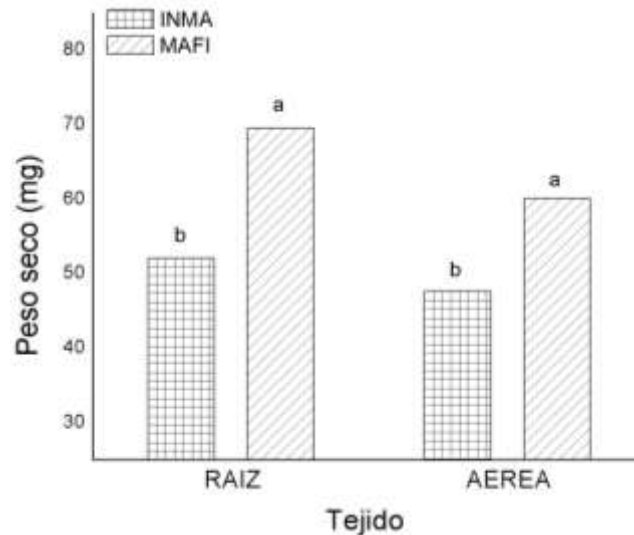
La calidad de plántula se valoró de manera visual mediante las plántulas normales y la producción de biomasa con el promedio de peso seco de los tejidos de raíz y aérea. El estudio se realizó bajo un diseño completamente al azar; los análisis de varianza (ANAVA)

para el peso seco se efectuaron a una significancia del 5 %; la comparación de medias se efectuó con la prueba *post hoc* de Sidak a un valor con  $\alpha = 0.05$  en RStudio (R Core Team, 2022).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los análisis de varianza indicaron diferencias estadísticas en el peso seco, tanto en tejido de raíz como de la parte aérea ( $p < 0.05$ ). En aquellas semillas cosechadas en INMA la producción de biomasa en la raíz fue significativamente menor (52.1 mg) con relación al peso seco de raíz de las semillas en MAFI que fue 69.5 mg (Figura 1); la diferencia de biomasa en la raíz entre estos dos grados de maduración fue 17.4 mg.

Para la parte aérea, el mayor peso fue en las semillas cosechadas en MAFI con 60.1 mg; mientras que, las semillas en INMA la biomasa fue 12.5 mg menos que en aquellas plántulas de semillas en MAFI. Se destaca que la mayor producción de biomasa fue significativamente mayor en las plántulas de las semillas en MAFI, además, en el tejido de raíz hubo 4.9 mg más de peso seco con relación al tejido de parte aérea, para este mismo grado de maduración de semilla.



**Figura 1.** Producción de biomasa en tejido de raíz y de parte aérea en plántulas de maíz de la variedad experimental F6 (Amarillo x V-54A) ciclo P-V 2022. INMA= Inicio de madurez fisiológica; MAFI= Madurez fisiológica. Valor promedio  $\pm$  error estándar. Medias con letra diferente en el mismo tejido son estadísticamente diferentes con la prueba de Sidak ( $\alpha = 0.05$ ).

En cuanto a la calidad de plántula, se detectó visualmente un contraste para diferenciar aquellas plántulas provenientes de semillas en INMA de las plántulas de semillas en MAFI (Figura 2). No obstante, es posible apreciar que las plántulas de semillas en MAFI (Figura 2B) tuvieron un mejor desarrollo respecto a las plántulas de semillas inmaduras. Se destaca el hecho que, tanto el desarrollo de la hoja cotiledonar como las raíces secundarias (coronarias y seminales), fueron aspectos relevantes para determinar el vigor de plántula. De manera visual no se identificó que el grado de maduración de semillas afectara la calidad de plántula; pero en el peso seco se encontró que las plántulas de semillas en MAFI produjeron mayor biomasa en comparación con aquellas en INMA (Figura 1).



**Figura 2.** Aspecto de plántulas normales provenientes de la prueba de germinación estándar de la variedad experimental F6 (Amarillo x V-54A) ciclo P-V 2022. A) Plántulas de semillas cosechadas a inicio de madurez (INMA); B) Plántulas de semillas cosechadas en madurez fisiológica (MAFI).

Con relación a lo anterior, Ghassemi-Golezani *et al.* (2011) indican que la máxima calidad fisiológica en semillas de maíz se asocia con la mayor acumulación en (biomasa) peso seco; en este estudio se detectó que la mayor producción de biomasa se presentó en plántulas de semillas en MAFI, lo que corresponde con lo reportado en la literatura por Mendoza *et al.* (2003) y Mendoza-Elos *et al.* (2004) quienes indican una relación entre ambos componentes fisiológicos; es decir, que la acumulación de materia seca se ve afectada por el grado de madurez de la semilla de maíz. Por otra parte, se ha reportado que el crecimiento y desarrollo de las plantas están altamente influenciados genéticamente;

no obstante, Vitoria y Méndez (2007) y Silva *et al.* (2007) mencionan que hay especies vegetales que pueden tener alta germinación en razón del vigor de semilla. De este modo se deduce que de manera visual no hubo diferencias en el vigor de las plántulas; sin embargo, en virtud del peso seco, las semillas en madurez fisiológica produjeron una mayor cantidad de biomasa.

## CONCLUSIONES

La mayor asociación del máximo peso seco de plántula se dio en semillas de maíz cv. experimental F6 (Amarillo x V-54A) cosechadas en madurez fisiológica; no obstante, para la calidad de plántula no hubo diferencias visuales que permitan diferenciar aquellas plántulas de semillas inmaduras de aquellas en madurez fisiológica. De acuerdo con estos resultados se recomienda que la cosecha se realice previo a la madurez fisiológica o en madurez fisiológica; no obstante, es posible efectuar la cosecha de semillas en estado inmaduro, especialmente en semillas de alto registro (Original, y/o categorías Básica/Registrada), como estrategia de resiliencia en la producción de este cereal, frente a las devastaciones que han ocasionado las alteraciones meteorológicas en los últimos años.

## REFERENCIAS

- Estrada-Urbina, J., Cantú-López, E., Molina-Moreno, J. C. & Estrada-Gómez, J. A. (2023a). Madurez fisiológica en semillas de maíz (*Zea mays* L.) mediante marcadores morfológicos y el contenido de humedad. *Agronomía Mesoamericana*, 34(3), 532-69. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.2023.53269>
- Estrada-Urbina, J., Molina-Moreno, J. C. & Estrada-Gómez, J. A. (2023b). Comportamiento de componentes físicos y fisiológicos durante la maduración de las semillas de maíz. *Reunión Nacional de Investigación Agrícola*, 3(1), 562-564.
- Estrada-Urbina, J., Molina-Moreno, J. C. & Estrada-Gómez, J. A. (2023c). La madurez fisiológica y su relación con la calidad fisiológica de semillas de maíz. *Acta Fitogenética*, 9(1), 92.
- Ghassemi-Golezani, K., Tajbakhsh, Z. & Yaeghoob, R. A. E. Y. (2011). Seed development and quality in maize cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39(1), 178-182. DOI: <https://doi.org/10.15835/nbha3915713>
- International Seed Testing Association. (2021). International rules for seed testing. In International Seed Testing Association (Eds.), *The germination test*. International Seed Testing Association. i-5-56-64 pp.
- Magdaleno-Hernández, E., Magdaleno-Hernández, A., Mejía-Contreras, A., Martínez-Saldaña, T., Jiménez-Velázquez, M. A., Sánchez-Escudero, J., & García Cué, J. L. (2020). Evaluación de la calidad física y fisiológica de semilla de maíz nativo. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 17(3), 569-581. DOI: <https://doi.org/10.22231/asyd.v17i3.1372>
- Mendoza, E. M., López, B. A., Vázquez, B. M. E., Méndez, A. J. A. & Moreno, M. E. (2003). Equilibrio biológico en la semilla de maíz en una variedad sintética. *Agrofaz*, 3(1), 193-200.
- Mendoza-Elos, M., Latournerie, L., Moreno, E., Castañón, G., Cruz-Carrillo, J., De León, C. & García, J. G. (2004). Cambios en la calidad de la semilla de maíz durante su desarrollo y maduración. *Agronomía Mesoamericana*, 15(2), 155-160. DOI: <https://doi.org/10.15517/AM.V15I2.11895>

- Pérez, de la C. F. J., Carballo, C. A., Santacruz, V. A., Hernández, L. A. & Molina, M. J. C. (2007). Calidad fisiológica en semillas de maíz con diferencias estructurales. *Agricultura Técnica en México*, 33(1), 53-61.
- R Core Team. (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Silva, R. N., Lopes, N. F., Moraes, D. M., Pereira, A. L. A. & Duarte, G. L. (2007). Physiological quality of barley seeds submitted to saline stress. *Revista Brasileira de Sementes*, 29(1), 40-44. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000100006>
- Vitoria, H. y Méndez, N. J. R. (2007). Relación de la calidad fisiológica de semillas de maíz con pH y conductividad eléctrica. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 34(2), 91-100.

## CONSORCIOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NATIVOS DEL CENTRO-NORTE Y EL NORESTE DE MÉXICO EN EL CULTIVO DE MAÍZ MEDIANTE EL MÉTODO DE CULTIVO TRAMPA

Mena A. E. <sup>1\*</sup>, Ramos C. M. C. <sup>1</sup>, Hipólito R. P. P. <sup>2</sup>,  
Méndez H. C. <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental General Terán-INIFAP. Km 31 Carretera Montemorelos-China. CP. 67400. General Terán, Nuevo León, México

<sup>2</sup>Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Km 14.5 Carretera Matehuala. CP. 78321. Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México.

\*Autor para correspondencia: [mena.aracely@inifap.gob.mx](mailto:mena.aracely@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

En la actualidad, el empleo del cultivo trampa para la identificación, caracterización y evaluación de especies de HMA nativas ha tenido un gran impulso. Nuestro objetivo fue identificar la diversidad de HMA nativos del centro-norte y el noreste de México y evaluar el potencial de infectividad micorrízica en plantas de maíz mediante el método de cultivo trampa. Se empleó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Se evaluó el comportamiento micorrízico a los 110 días y la biomasa seca aérea y de raíz al finalizar el experimento. Los géneros *Acaulospora* y *Glomus* representaron el 41.5% y el 34.0% del total de los géneros de HMA identificados. Los consorcios Sierra de Álvarez, Tamaulipas y Real de Catorce presentaron una mayor diversidad de especies de HMA. El número de esporas fue superior en un 23.8% con el consorcio Real de Catorce. La colonización con el consorcio Charcas, superó en un 50%; 36% y 20% a la de los consorcios Sierra de Álvarez, Tamaulipas y Real de Catorce, de igual manera, la intensidad de la colonización fue superior en un 80%; 68% y un 32%, respectivamente. Los consorcios Sierra de Álvarez y Real de Catorce incrementaron el crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz, pero no la colonización de las raíces. Se encontraron diferencias funcionales entre los consorcios de HMA, y se reflejaron en las plantas de maíz.

**Palabras claves:** Maíz, consorcios micorrízicos, cultivo trampa

### ABSTRACT

Currently, the use of trap culture for the identification, characterization and evaluation of native AMF species has had a great impulse. Our objective was to identify the diversity of native AMF from north-central and northeastern Mexico and to evaluate the mycorrhizal infectivity potential on maize plants using the trap culture method. A completely randomized design with four treatments and five replicates was used. Mycorrhizal behavior was evaluated after 110 days and aerial and root dry biomass at the end of the experiment. The genera *Acaulospora* and *Glomus* represented 41.5% and 34.0% of the total AMF genera identified. The Sierra de Álvarez, Tamaulipas and Real de Catorce consortia presented a higher diversity of AMF species. The number of spores was 23.8% higher with the Real de Catorce consortium. Colonization with the Charcas consortium was 50%, 36% and 20% higher than that of the Sierra de Álvarez, Tamaulipas and Real de Catorce consortia, and the intensity of colonization was 80%, 68% and 32% higher, respectively. The Sierra de Álvarez and Real de Catorce consortia increased growth and development of maize plants,

but not root colonization. Functional differences between AMF consortia were found and reflected in the maize plants.

**Key words:** Maize, mycorrhizal consortia, trap culture.

## INTRODUCCION

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) desempeñan un papel clave al regular los ciclos de nutrientes y del carbono, además de que establecen asociaciones simbióticas mutualistas con la mayoría de las plantas (Van der Heijden *et al.*, 2015). El cultivo trampa es el método más empleado en la propagación de HMA, siendo el sorgo y el maíz los hospederos más utilizados (Trejo *et al.*, 2020). Sin embargo, se ha documentado que el suelo y condiciones en que se establezcan determinan la relación entre los HMA y el hospedero, lo que pueden generar diferencias estructurales y funcionales dentro de la misma especie de HMA; así como entre morfotipos de la misma especie u otras especies (Sagadin *et al.*, 2018). Los procesos coevolutivos entre plantas y HMA todavía son poco conocidos, especialmente los aspectos fisiológicos, los mecanismos responsables de la elección del socio y más ampliamente, los mecanismos de la estabilidad del mutualismo micorrízico (Van der Heijden *et al.*, 2015).

El presente trabajo tiene como objetivo identificar la diversidad de HMA nativos del centro-norte y el noreste de México y evaluar el potencial de infectividad micorrízica en plantas de maíz mediante el método de cultivo trampa. Bajo la hipótesis de las especies de HMA responden de manera diferente ante las plantas de maíz y su respuesta va a depender del origen de las especies de HMA.

## MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, en los meses de agosto a diciembre del año 2022. Se estudiaron especies de HMA nativas de suelos colectados en cuatro municipios de dos estados del centro-norte y el noreste de México: Charcas, 23°22'58.5"N, 101°20'18.5"W a 1970 msnm San Luis Potosí (SLP); Sierra de Álvarez, 22°03'06.3"N, 100°34'50.8"W a 1970 msnm, SLP; Real de Catorce, 23°34'41.3 "N, 100° 55'06.6 W a 2728 msnm, SLP y Gómez Farías, 23°03'46.9"N, 99°10'11.5"W a 387, Tamaulipas. Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento, y se utilizó el maíz como cultivo hospedero. Se colectaron cuatro muestras por sitio de muestreo a una profundidad de 10 a 20 cm cerca del sistema radical, se homogenizaron y trasladaron al laboratorio para su procesamiento.

**Propagación de especies de HMA.** La propagación se realizó mediante el cultivo trampa (Trejo *et al.*, 2020), en un sustrato conformado por la mezcla de suelo y arena estéril (1:1). Se sembraron cinco semillas de maíz en macetas de 3 kg de capacidad. Las plantas fueron fertilizadas con la solución nutritiva Long Ashton (LANS) (Hewitt, 1966) baja en fósforo (22 mg L<sup>-1</sup>).

**Parámetros estudiados.** Se evaluó el número de esporas se determinó según el procedimiento de Gerdemann y Nicholson (1963), el porcentaje e intensidad de colonización mediante el método de tinción propuesto Rodríguez Yon *et al.* (2015), y la presencia de estructura fúngicas se cuantificó según Trouvelot *et al.* (1986). Se determinó la biomasa seca total aérea y de raíz al finalizar el experimento.

**Análisis Estadístico.** Se empleó un análisis de varianza y la prueba de comparación múltiple de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el análisis de los datos. Se transformaron los datos

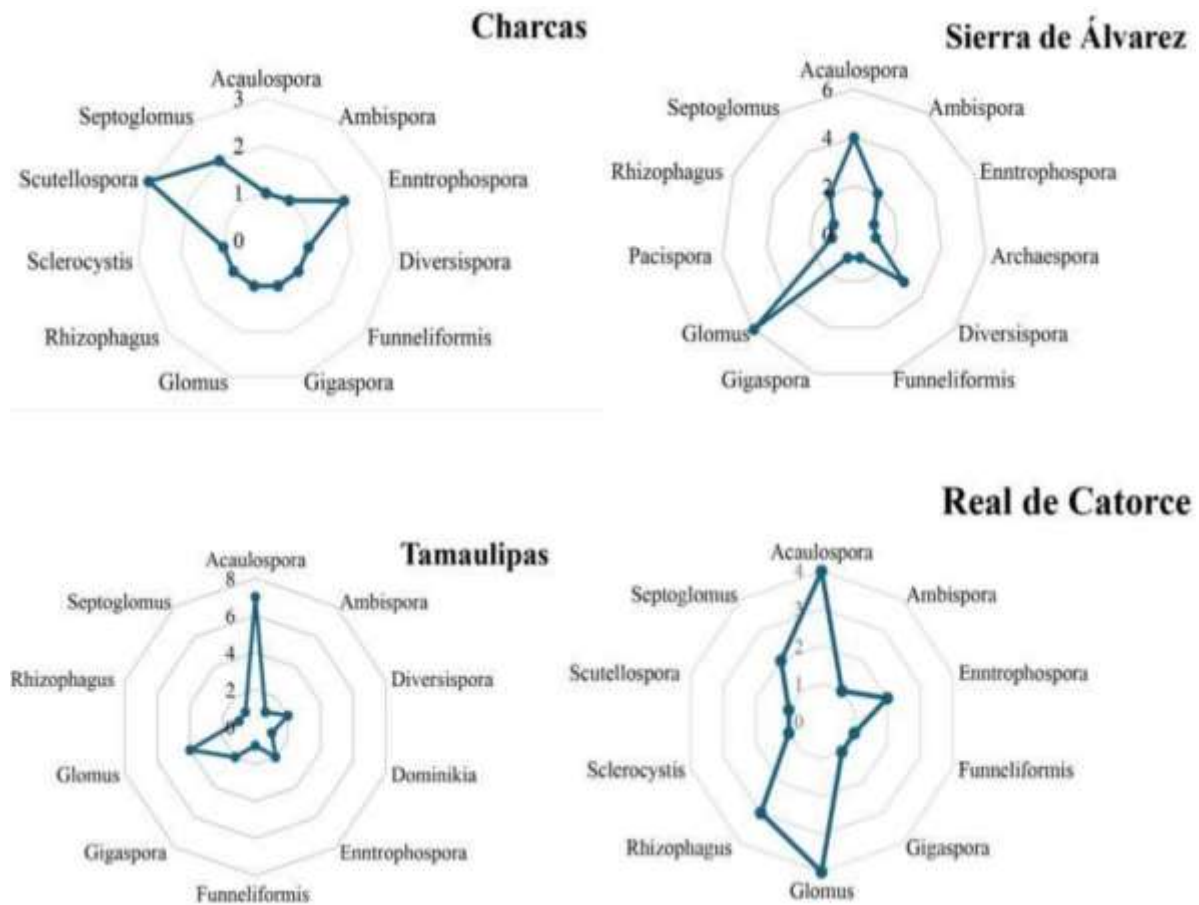


de las variables que no presentaban una distribución binomial (porcentaje e intensidad de la colonización micorrízica) con la función ( $\arcsen \sqrt{x/100}$ ), y el número de esporas con la función ( $\sqrt{x}$ ). Todos los análisis estadísticos se ejecutaron con el software para Windows Minitab15 v12.0.0.58849.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Diversidad de géneros de HMA presentes en los suelos.

El género *Acaulospora* representó el 41.5% y *Glomus* el 34.0% del total de géneros de HMA identificados. Se identificaron entre 10 a 11 géneros de HMA en los suelos, en Charcas se identificaron 11 géneros, predominando en un 20% el género *Scutellosporas*; Sierra de Álvarez con 10 géneros, predominando a partes iguales en un 24% *Glomus* y *Acaulosporas*; Tamaulipas con 10 géneros, predominando a partes iguales en un 20% *Glomus* y *Acaulosporas*; Real de Catorce con 10 géneros, predominando en un 18% y 31% *Glomus* y *Acaulosporas* (Figura 1).



**Figura 1.** Géneros de HMA encontrados en los suelos de Charcas, Sierra del Álvarez, Tamaulipas y Real de Catorce.

Se identificaron 41 especies de HMA, algunas de ellas estaban presentes en los cuatros suelos. En el suelo de charcas se identificaron 15 especies, en el suelo de Sierra de Álvarez se identificaron 25 especies, en el suelo de Tamaulipas se identificaron 20 especies y en el

suelo de Real de Catorce se identificaron 22 especies. A manera de resumen, los suelos de Sierra de Álvarez, Tamaulipas y Real de Catorce presentaron una mayor diversidad de especies de HMA, lo cual, puede estar asociado al ambiente edáfico y la biodiversidad de plantas presentes en esos ecosistemas. Herrera-Monroy *et al.* (2023) refieren que, en México los géneros *Acaulospora*, *Clareideoglossum*, *Rizhophagus septoglossum*, *Funneliformis*, son más frecuentes de encontrar en ambientes tropicales y subtropicales, mientras que, los géneros *Gigaspora* y *Diversispora* habitan los ambientes áridos y semiáridos, además, el género *Glomus* se puede encontrar en diversos ambientes edáficos.

### Contenido de esporas en el suelo.

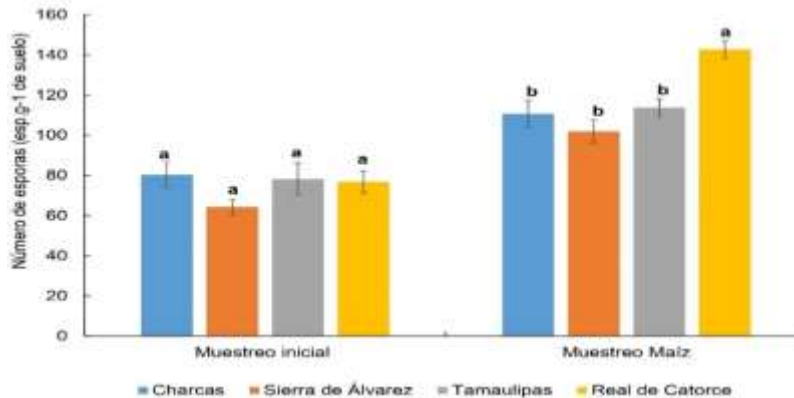
En el análisis de varianza del muestreo de esporas inicial, no reflejó diferencias estadísticas significativas, mientras que a los 110 dds (días después de la siembra) se encontraron diferencias estadísticas entre los suelos (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Resultados del análisis de varianza en el número de esporas para el muestreo inicial y a los 110 dds en plantas de maíz.

ANOVA	Número de esporas g <sup>-1</sup>	
	Muestreo Inicial	Muestreo a los 110 dds
Valor F	1.4	9.97
P value	0.281ns	<b>0.001***</b>

\*P <0.05; \*\* P <0.01; \*\*\* P <0.001 y ns: no existen diferencias significativas.

El número de esporas a los 110 dds fue superior en un 23.8% con el consorcio Real de Catorce en comparación con el promedio de los consorcios Charcas, Sierra de Álvarez y Tamaulipas (Figura 2.)



**Figura 2.** Resultados del número de esporas de los suelos. Muestreo inicial (suelo antes de establecer el cultivo trampa con maíz); Muestreo Maíz (sustrato después de establecido el cultivo trampa con maíz). Letras iguales indican que no existen diferencias significativas. Barras indican el error estándar.

Después de establecer el cultivo trampa con maíz, el número de esporas se incrementó en los cuatro sustratos en comparación con el contenido de esporas del muestreo inicial. El consorcio Charcas incrementó el número de esporas en un 27.5%, el consorcio Sierra de Álvarez en un 37%, el consorcio Tamaulipas en un 31.2% y el consorcio Real De Catorce incrementó en un 46%. Por otra parte, el consorcio Real de Catorce mostró ser más eficiente al replicar más individuos que los consorcios Charcas, Sierra de Álvarez y

Tamaulipas, lo que demuestra que las especies de HMA responden de manera diferente, y se asocia al ambiente edáfico del que provienen y al hospedero. El cultivo trampa puede proporcionar una propagación eficiente de las esporas de HMA, sin embargo, no garantiza que se mantenga la composición de la comunidad de HMA nativa de donde provienen. Por lo tanto, el co-cultivo de plantas huésped podría incrementar la eficiencia de la propagación de HMA por el método de cultivo trampa (Tenzin *et al.*, 2022).

### Porcentaje e intensidad de la colonización.

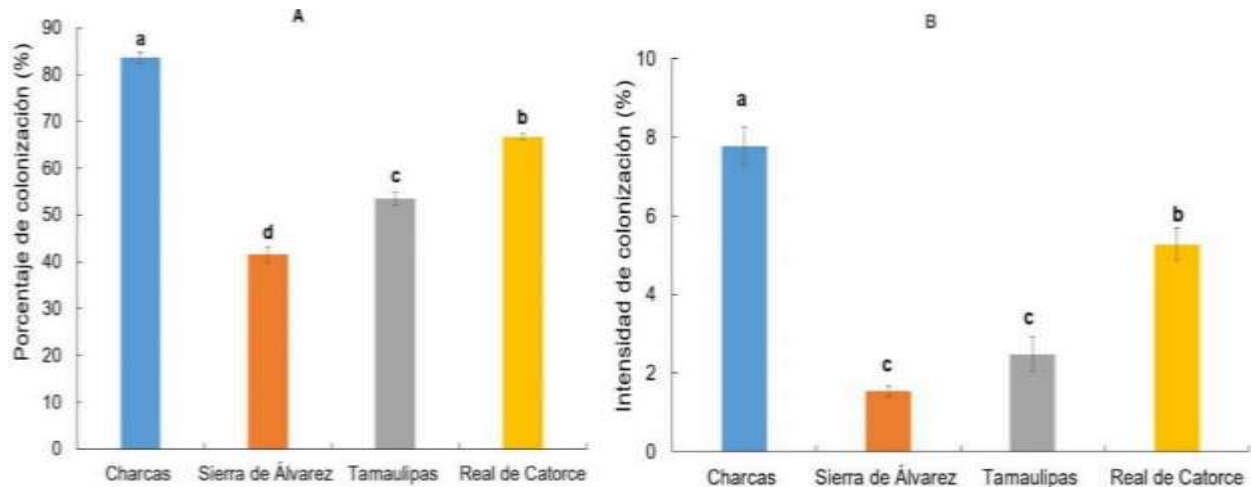
Los resultados del análisis de varianza para el porcentaje e intensidad de la colonización reflejaron diferencias estadísticas a los 110 dds (Cuadro 2.). El consorcio Charcas incrementó la presencia de hifas, arbusculos y vesículas dentro de las raíces de maíz, demostrando ser más eficiente que el resto de los consorcios. Por otra parte, la mayor cantidad de diversidad de especies de HMA se encontró en el suelo de Sierra de Álvarez, sin embargo, fue el consorcio de esos ambientes el que mostró los valores más bajos de colonización.

**Cuadro 2.** Resultados del análisis de varianza del porcentaje e intensidad de la colonización a los 110 dds en raíces de maíz.

ANOVA	Colonización	
	Porcentaje	Intensidad
Valor F	195.23	50.64
P value	<b>0.001***</b>	<b>0.001***</b>

\* $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$ ; \*\*\*  $P < 0.001$  y ns: no existen diferencias.

El porcentaje de colonización en las plantas de maíz fue mayor con el consorcio Charcas, y superó en un 50%; 36% y 20% a los consorcios Sierra de Álvarez, Tamaulipas y Real de Catorce, respectivamente. De igual manera el consorcio Charcas incrementó la intensidad de la colonización, superando en un 80%; 68% y un 32% a los consorcios Sierra de Álvarez, Tamaulipas y Real de Catorce, respectivamente (Figura 3).



**Figura 3.** Resultados en el porcentaje (A) e intensidad de la colonización (B) en maíz a los 110 dds. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas. Barras indican el error estándar.

En contraste con el número de esporas, el consorcio Charcas fue el que incrementó la presencia de hifas, arbusculos y vesículas dentro de las raíces de maíz, reflejando la

eficiencia de este consorcio en comparación al resto de los consorcios. Por otra parte, la mayor diversidad de especies de HMA se encontró en el suelo de Sierra de Álvarez, sin embargo, fue el consorcio de HMA que mostró los valores más bajos de colonización. Existen diferentes estrategias de colonización en los HMA, y va a depender de un conjunto heterogéneo de segmentos con diferentes funcionalidades y transigencia simbiótica (Corcoz *et al.*, 2022)

### Biomasa total seca aérea y de raíz.

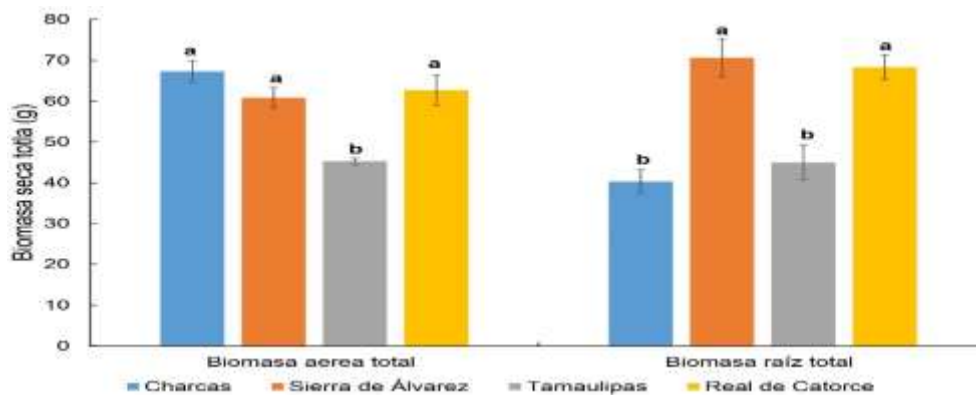
El análisis de varianza de la biomasa total seca aérea y de raíz reflejó diferencias estadísticas (Cuadro 3). La biomasa seca aérea con el consorcio Tamaulipas fue significativamente menor en un 28.8% al promedio de la biomasa aérea de las plantas inoculadas con los consorcios Charcas, Sierra de Álvarez y Real de Catorce. En cuanto a la biomasa seca de raíz, reflejó un incremento con la inoculación con los consorcios Sierra de Álvarez y Real de Catorce; su promedio superó en un 42% y 35% a la biomasa seca de raíz que se obtuvo con los consorcios Charcas y Tamaulipas, respectivamente (Figura 4).

**Cuadro 3.** Resultados de análisis de varianza de la biomasa seca total aérea y de raíz de las plantas de maíz al finalizar el experimento.

ANOVA	Biomasa seca total (g)	
	Aérea	Raíz
Valor F	13.62	16.73
P value	<b>0.001***</b>	<b>0.001***</b>

\* $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$ ; \*\*\*  $P < 0.001$  y ns: no existen diferencias significativas.

Como resultado, los consorcios Sierra de Álvarez y Real de Catorce incrementaron el crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz, sin embargo, fueron los que presentaron los menores valores de colonización, lo que confirma las diferencias funcionales entre las especies de HMA. Del mismo modo Husein *et al*, 2022, reportaron en sorgo y maíz incrementos en el crecimiento y diferencias funcionales entre dos consorcios de HMA nativos mediante el método de cultivo trampa.



**Figura 4.** Resultados de las biomásas secas aérea (A) y de raíz (B) en maíz al finalizar el experimento. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas. Barras indica el error estándar.

Resumiendo, el consorcio Charcas incremento la colonización y promovió una mayor biomasa aérea, mientras que, el consorcio Sierra de Álvarez no fue eficiente en la colonización, pero si en incrementar el crecimiento y desarrollo en las plantas, el consorcio Tamaulipas no mostró ser eficiente y en cuanto al consorcio Real de Catorce, replicó más

esporas e incrementó el crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz, sin embargo, disminuyó la colonización. Los resultados confirman que, si existen diferencias funcionales entre las comunidades de HMA, y estas se verán reflejadas en el cultivo al cual se asocian.

## CONCLUSIONES

Los géneros *Acaulospora* y *Glomus* representaron el 41.5% y el 34.0% del total de los géneros de HMA identificados. Los suelos de Sierra de Álvarez, Tamaulipas y Real de Catorce presentaron una mayor diversidad de especies de HMA. El número de esporas fue superior en un 23.8% en con el consorcio Real de Catorce. El consorcio Charcas incremento el porcentaje e intensidad de la colonización. Los consorcios Sierra de Álvarez y Real de Catorce incrementaron el crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz, pero no la colonización de las raíces. Se encontraron diferencias funcionales entre los consorcios de HMA, y se reflejaron en las plantas de maíz.

## REFERENCIAS

- Corcoz, L., Păcurar, F., Vaida, I., Pleșa, A., Moldovan, C., Stoian, V., & Vidican, R. (2022). Deciphering the Colonization Strategies in Roots of Long-Term Fertilized *Festuca rubra*. *Agronomy*, 12(3), 650. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030650>
- Herrera-Monroy, S., Herrera-Monroy, M., & Rivera-Ramírez, J. M. (2023). Systematic review on arbuscular mycorrhizal fungi and their ecological importance. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 3(2). doi: <https://doi.org/10.5154/r.rchsagt.2022.03.07>
- Husein, M., Umami, N., Pertiwinigrum, A., Rahman, M.M., & Ananta, D. (2022). The Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Density and Diversity on the Growth and Biomass of Corn and Sorghum Forage in Trapping Culture. *Tropical Animal Science Journal*, 45(1), 37-43. <https://doi.org/10.5398/tasj.2022.45.1.37>
- Rodríguez-Yon, Y., Arias-Pérez, L., Medina-Carmona, Aida., Mujica-Pérez, Yonaisy., Medina-García, L.R., Fernández-Suárez, K., & Mena- Echevarría, A. (2015). Alternativa de la técnica de tinción para determinar la colonización micorrízica. *Cultivos Tropicales*, 36(2), 18-21.
- Sagadin, M.B., Monteoliva, M.I., Luna, C.M., & Cabello, M.N. (2018). Diversity and Infectivity of Native Arbuscular Mycorrhizal Fungi from Prosopis Alba Areas with Contrasting Edaphoclimatic Characteristics in the Argentinian Parque Chaqueno. *AgriScientia*, 35, 19–33.
- Tenzin, U.W., Noirungsee, N., Runsaeng, P., Noppradit, P., & Klinnawee, L. Dry-Season Soil and Co-Cultivated Host Plants Enhanced Propagation of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Spores from Sand Dune Vegetation in Trap Culture. *J. Fungi* 2022, 8, 1061. <https://doi.org/10.3390/jof8101061>
- Trejo-Aguilar, D., & Banuelos, J. (2020). Isolation and culture of arbuscular mycorrhizal fungi from field samples. *Methods Mol. Biol* 2146, 1–18. [https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0603-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0603-2_1)
- Van der Heijden, M.G.A., Martin, F.M., Selosse, M.A., & Sanders, I.R. (2015). Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. *New Phytologist* 205, 1406-1423. <https://doi.org/10.1111/nph.13288>

## MARRS Y HAMLIN DOS VARIETADES DE NARANJA TEMPRANA PARA EL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Márquez C.J.A.<sup>1</sup>; Ortiz E.J.E.<sup>1</sup>

INIFAP- Campo Experimental Norman E. Borlaug. Calle Norman E. Borlaug km 12. Cd.

Obregón, Sonora.C.P.85000<sup>1</sup> [marquez.arnulfo@inifap.gob.mx](mailto:marquez.arnulfo@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El presente estudio se realizó en el Valle del Yaqui, Sonora, en dos variedades de naranja temprana, en dos huertas diferentes, una de naranja Marrs y otra de naranja Hamlin. El objetivo fue medir la calidad interna y externa. Las variables medidas fueron: Distribución por tamaño del fruto, peso por tamaño del fruto, peso medio del fruto, peso medio del jugo por fruto, % de jugo, contenido de azúcar (°Brix), acidez (A) y relación °Brix/A. Los resultados obtenidos indican un comportamiento en la calidad de fruto muy similar en ambas variedades, ya que presentaron mayor cantidad de frutos y peso de frutos en tamaños de fruta más grande, inclinándose en un alto porcentaje la rezaga de fruta grande, en cuanto % de jugo Marrs presentó en todos los tamaños alto % de jugo (40% o más) mientras que Hamlin la fruta más grande no llegó al 40% de contenido de jugo; ambas presentaron.

**Palabras clave:** Cítricos, calidad, tamaño de fruta.

### ABSTRACT

The present study was conducted in the Yaqui Valley, Sonora, in Marrs and Hamlin, two early orange varieties, in two different orchards. The objective was to measure internal and external quality. The variables measured were: Distribution by size of the fruit, weight by size of the fruit, average weight of the fruit, average weight of the juice per fruit, % juice, sugar content (° Brix), acidity (A) and ° Brix /acid ratio. The results obtained indicate a very similar behavior in fruit quality in both varieties, since they presented a greater amount of fruit and fruit weight in larger fruit sizes, with a high percentage of large fruit lag, with a percentage of Marrs juice presented in all sizes high % juice (40% or more) while Hamlin the largest fruit did not reach 40% juice content; both varieties had low sugar and low acidity content.

**Keywords:** Citrus, quality, size of fruit.

## INTRODUCCIÓN

La mayor parte de la naranja plantada y que se cosecha en Sonora es de la variedad Valencia, una variedad tardía que se cosecha de fines de enero hasta abril al igual que en la Huasteca Potosina y Veracruz lo cual satura el mercado nacional. Por ello, es importante conocer el comportamiento en cuanto a producción y calidad de variedades tempranas como Marrs y Hamlin que son nuevas plantaciones en el Valle del Yaqui, Sonora. El uso de variedades precoces e injertadas en patrones tolerantes al virus de la tristeza de los cítricos (VTC), se convierte en una estrategia de mercado obtener naranjas tempranas cuando hay escasez de esta fruta o está muy cara en el mercado nacional. La variedad Marrs es considerada una de las más tempranas en madurar (Duron, Valdez, Núñez y González, 1990; Cruz, 2003; Patrón y Rocha, 2009) con buena adaptación en la Huasteca Potosina con la ventaja de ofertar a más del doble que la Valencia (Cruz, 2003). Se reporta que el fruto es de medio a grande con un tamaño promedio de 7.0 a 7.4 cm de diámetro, 8.8 °Brix y una acidez titulable baja de 4 a 5 ml de NaOH 0.321 N. La Marrs se cosecha de septiembre a octubre, mientras que la Hamlin se cosecha de septiembre a diciembre que es un poco más tardía. Hamlin es un árbol de mediano a grande su fruto es redondo de tamaño mediano a pequeño con pocas o ninguna semilla, de color naranja pálida y calidad satisfactoria en relación a las variedades de naranja temprana. Los datos que contrastan es que Hamlin es un fruto más pequeño que Marrs, pero con más dulce (Cruz, 2003). Duron et al. 1990, mencionan que Marrs por ser la más temprana ha desplazado a otras variedades tempranas como Hamlin, Person Brown y Pineapple. La Marrs proviene de una mutación de Navel en Texas, sin embargo, su sabor, aunque dulce es insípido, lo cual puede mejorar si se deja avanzar más en su maduración (Padrón y Rocha, 2009).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio en el Valle del Yaqui, Sonora, para determinar la calidad de las variedades de naranja temprana Marrs y Hamlin, cosechadas el 12 de noviembre, como una estrategia de mercado temprano cuando la naranja Valencia de mayor calidad aún no inicia su cosecha sino hasta 2 meses después que las probadas en este estudio. El propósito del mismo fue determinar la calidad interna y externa de las variedades para determinar cuál de ellas presenta mejores características de calidad. Todas las variables medidas se hicieron en relación al tamaño de fruto. Los tamaños comerciales de fruto están definidos por los números 163, 138, 113, 88 y 72 que significa el número de naranjas que caben en una caja de 7/10 de bushel (24.66 litros); los números que se salen de esta escala



se consideran rezaga. Las variables medidas fueron: 1) No. De frutos de la fruta total muestreada, por tamaño; 2) peso total de los frutos muestreados por tamaño en gramos, 3) peso por fruto de acuerdo al tamaño en gramos. Otras variables de calidad fueron medidas a partir de una muestra de 20 frutos como la variable 4) peso de 20 frutos, 5) Peso del jugo de 20 frutos, 6) volumen de jugo de 20 frutos, 7) % de jugo/fruto, 8) contenido de azúcar (°Brix) con un refractómetro manual ATAGO ATC-1 , 9) acidez titulable (A), se titularon 25 ml de jugo con NaOH 0.325 N, 10) acidez, medida a partir de acidez titulable mediante una tabla de conversión estándar para el volumen utilizado convirtiéndolos en ácido cítrico anhidro y 11) relación °Brix/A. Diseño Bloques al azar, 3 repeticiones. El análisis estadístico se realizó con SAS.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tamaños comerciales de la variedad Marrs se presentaron a la cosecha del No. 138 hasta el No. 72 y solo se tuvo rezaga de fruta grande de tamaño menor de 72 frutos por caja. El mayor número de naranjas se presentó para los tamaños 88 y 72 (Cuadro 1).

La cantidad de frutos fue mayor en tamaños más grandes lo que necesariamente no indica calidad ya que los frutos fuera de la escala comercial representaron el 31.4% y en peso representó el 42.3 %, lo cual significa una cantidad de energía mal utilizada, pudiendo dirigirla a tamaños más pequeños, pero dentro de la escala comercial.

**Cuadro 1. Cantidad de frutos, peso de frutos y peso de fruto de acuerdo al tamaño comercial de la variedad de naranja Marrs, tasado en No. De frutos/caja de 7/10 bushel**

Tamaño (No de frutos /caja)	No. Frutos	peso de frutos (g)	Peso de fruto (g)
<163	0	0	0
163	0	0	0
138	3	360	120
113	29	4296	148.1
88	153	30070	196.5
72	147	33780	229.8
>72	167	50236	300.8
Media	<b>99.8</b>	<b>23748.4</b>	<b>199.1</b>

En cuanto a la calidad interna, Marrs presentó un porcentaje de jugo mayor de 40% en todos los tamaños de naranja obtenidos, porcentaje de jugo que debe tener a la cosecha,



sin embargo, el contenido de azúcar fue bajo (10 °Brix), la acidez fue baja (0.55) y aunque la relación azúcar/acido fue alta (18.2) el sabor de jugo fue plano (Cuadro 2), es decir con sabor a naranjada.

**Cuadro 2. Características de calidad de la fruta y jugo de naranja temprana Marrs.**

Tamaño de fruto	Peso 20 frutos (g)	Peso de jugo de 20 frutos (g)	ml de jugo de 20 frutos	% de jugo	°Brix	Acidez titulable	Acidez	Relación °Brix/ Acidez
113	3200	1534	1500	47.9 a	10.2 a	7.4 a	0.57 a	17.9 a
88	4075	2028	1980	49.8 a	10 a	7.2 a	0.55 a	18.2 a
72	4865	2160	2150	44.4 a	10 a	7 a	0.54 a	18.5 a
<72	6070	2866	2820	47.2 a	9.8 a	7 a	0.54 a	18.1 a
<b>MEDIA</b>	<b>4552.5</b>	<b>2147</b>	<b>2112.5</b>	<b>47.3</b>	<b>10</b>	<b>7.15</b>	<b>0.55</b>	<b>18.2</b>

Los tamaños comerciales de la variedad Hamlin se presentaron a la cosecha del No. 163 hasta el No. 72 y solo se tuvo rezaga de fruta grande de tamaño menor de 72 frutos por caja. El mayor número de naranjas se presentó para los tamaños 88 y 72 (Cuadro 3).

La cantidad de frutos fue mayor en tamaños más grandes lo que necesariamente no indica calidad ya que los frutos fuera de la escala comercial representaron el 35.2 % y en peso representó el 46 %, lo cual significa que esta variedad obtuvo una menor calidad de fruta que la variedad Marrs.

**Cuadro 3. Cantidad de frutos, peso de frutos y peso de fruto de acuerdo al tamaño comercial de la variedad Hamlin de naranja, tasado en No. De frutos/caja de 7/10 bushel**

Tamaño (No de frutos /caja)	No. Frutos	peso de frutos (g)	Peso de fruto (g)
<163	0	0	0
163	2	220	110
138	13	1515	116.5
113	59	9035	153.1
88	114	21465	188.3
72	117	26905	230.0
>72	160	50380	314.9
<b>Media</b>	<b>77.5</b>	<b>18253.3</b>	<b>185.5</b>

En cuanto a la calidad interna, Hamlin presentó un porcentaje de jugo mayor de 40% en los tamaños comerciales 138, 113 y 88, pero en la 72 tuvo menor de 40% de jugo; el contenido de azúcar fue bajo (8.25 °Brix), la acidez fue baja (0.634) y la relación azúcar/acido fue buena en los tamaños 138 y 113 (14.5 a 14.9) en la 88 y 72 fue menor 13.4 y 12.3 respectivamente (Cuadro 4). El sabor fue mejor que la variedad Marrs.

**Cuadro 4. Características de calidad de la fruta y jugo de naranja temprana Hamlin.**

Tamaño de fruto	Peso 20 frutos (g)	Peso de jugo de 20 frutos (g)	ml de jugo de 20 frutos	% de jugo	°Brix	Acides titulable	Acides	Relación °Brix/Acides
138	2560	1162	1040	45.4 a	9.4 a	8.4 a	0.645a	14.6 a
113	3040	1266	1230	41.6 ab	9.4 a	8.2 ab	0.63 a	14.9 a
88	3990	1702	1660	42.7 ab	8.6 b	8.3 ab	0.64 a	13.4 ab
72	4780	1706	1670	35.7 b	8 b	8.5 a	0.65 a	12.3 b
<72	5830	1942	1900	33.3 b	7.8 b	8 b	0.615a	12.7 b
<b>MEDIA</b>	<b>4410</b>	<b>1654</b>	<b>1615</b>	<b>38.3</b>	<b>8.45</b>	<b>8.25</b>	<b>0.634</b>	<b>13.3</b>

### CONCLUSIONES

1. Las naranjas tempranas presentaron en general baja concentración de azúcar y acidez, por lo que su sabor es plano.
2. La variedad Hamlin presentó mejor sabor que Marrs debido a un mejor balance azúcar acido.
3. La variedad Marrs presentó mayor contenido de jugo a la cosecha que la variedad Hamlin.
4. Ambas variedades presentaron un alto porcentaje de rezaga por lo que hay que mejorar la fertilización y el riego.

### REFERENCIAS

- Cruz F., M.2003. Naranjas tempranas una opción para la diversificación cítrica en la Huasteca Potosina. INIFAO-CIRNE-CEHUP. Folleto para productores No. 3. 16 p.
- Duron N., L.J.; Valdés G., B.; Núñez M., H. y González V., F. 1990. El naranjo en la costa de Hermosillo. SARH-INIFAP-CIFAP Sonora-CECH. Folleto técnico No. 6- 68 P.
- Padrón-Chávez J.E. y Rocha-Peña M. A.2009. Cultivares y portainjertos cítricos. En: El cultivo de los cítricos en el Estado de Nuevo León. INIFAP-CIRNE-CEGET. Libro científico No.1. PP 56-89.

## DERECHO LABORAL Y AGRICULTURA: DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES EN EL SIGLO XXI

Vázquez-Fernández Claudia María Teresa\*; Cepeda-Rubio abril; Hernández González José Ángel; Cortez-Ceniceros José Ángel; Villarreal-Cárdenas Martín Evaristo

Tecnológico Nacional de México/I.T. La Laguna

\*autor para correspondencia: [alenmartiano@gmail.com](mailto:alenmartiano@gmail.com)

### RESUMEN

Este estudio examina los desafíos y oportunidades que enfrenta el derecho laboral en el sector agrícola, se realizó un análisis exhaustivo de la literatura existente y datos de casos prácticos. Se exploran temas clave como la precariedad laboral, la informalidad en la contratación, la falta de seguridad social y la discriminación hacia los trabajadores migrantes. Además, se analizaron las implicaciones de la modernización agrícola, incluyendo la automatización y digitalización, para mejorar las condiciones laborales. Finalmente, se discuten posibles soluciones y se identifican áreas clave para futuras investigaciones y reformas legislativas.

Palabras clave: sector agrícola, derecho laboral, seguridad social, reformas legislativas

### ABSTRACT

This study examines the challenges and opportunities facing labor law in the agricultural sector through a comprehensive analysis of existing literature and case study data. Key topics such as job insecurity, informal employment, lack of social security, and discrimination against migrant workers are explored. Additionally, the implications of agricultural modernization, including automation and digitalization, are analyzed with a focus on improving labor conditions. Finally, potential solutions are discussed, and key areas for future research and legislative reforms are identified.

Keywords: agricultural sector, labor law, social security, legislative reforms

### INTRODUCCIÓN

El sector agrícola desempeña un papel esencial en la economía global y en la seguridad alimentaria. Sin embargo, este sector se caracteriza por enfrentar numerosos desafíos laborales, como la estacionalidad de los empleos, la alta informalidad y la dependencia significativa de trabajadores migrantes. A menudo, estos trabajadores se enfrentan a condiciones laborales adversas, falta de protección social y una escasa aplicación de los derechos laborales (García & López, 2020; Rodríguez, 2018). Este artículo tiene como objetivo analizar estos desafíos desde una perspectiva del derecho laboral y explorar las

oportunidades que ofrece la modernización agrícola para mejorar las condiciones de trabajo en este sector.

Objetivo del estudio: El estudio busca identificar y analizar los principales desafíos que enfrenta el derecho laboral en el sector agrícola, así como explorar las oportunidades que ofrece la modernización agrícola para mejorar las condiciones laborales y proteger los derechos de los trabajadores.

## METODOLOGÍA

En este estudio se realiza una revisión exhaustiva de la literatura con el análisis de casos específicos. Se utilizaron bases de datos académicas como JSTOR, Google Scholar, y Scopus para la recopilación de artículos y documentos clave relacionados con el derecho laboral en la agricultura. Además, se realizaron análisis de casos y datos secundarios de organizaciones internacionales como la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Revisión de la literatura: Se recopiló una variedad de estudios relevantes sobre temas como la contratación laboral agrícola, las condiciones de trabajo, los derechos de los trabajadores migrantes, la automatización y la influencia de la tecnología en el trabajo agrícola. También se incluyeron análisis de la legislación actual y estudios de impacto social y económico.

Análisis de casos: Se seleccionaron casos de diferentes países para analizar cómo se aplican las leyes laborales en el sector agrícola, los desafíos que enfrentan los trabajadores y las posibles soluciones que se han implementado. Los países analizados incluyen Estados Unidos, España, México y Brasil, entre otros.

## RESULTADOS

### Contratación y condiciones de trabajo

Los resultados del análisis muestran que la contratación en el sector agrícola sigue siendo predominantemente temporal y en muchos casos informal, lo que lleva a una alta precariedad laboral (Smith et al., 2019). En América Latina, por ejemplo, más del 60% de los trabajadores agrícolas están empleados en condiciones informales, sin acceso a derechos laborales básicos como seguridad social, descanso semanal o pago de horas extras (García-Muñoz et al., 2020). Esta precariedad se ve agravada por la estacionalidad de la producción agrícola, que requiere un trabajo intensivo solo en ciertos períodos del año, lo que lleva a la contratación temporal y a menudo irregular (FAO, 2021).

### Seguridad social y derechos laborales

Uno de los hallazgos clave es la falta de acceso de los trabajadores agrícolas a los beneficios de seguridad social, como el seguro de salud y la protección contra accidentes laborales. Esto es especialmente problemático en países en desarrollo, donde la cobertura de seguridad social es baja en general y aún más baja en el sector agrícola (OIT, 2020). En

países como México y Brasil, los esfuerzos recientes para formalizar el empleo agrícola han tenido resultados mixtos, con avances en algunas regiones y sectores, pero con persistentes desafíos en áreas rurales y en la agricultura de pequeña escala (Sánchez & Díaz, 2021).

### **Derechos de los trabajadores migrantes**

El análisis de los derechos de los trabajadores migrantes revela que estos trabajadores son esenciales para la agricultura en muchos países, pero a menudo enfrentan condiciones laborales inferiores a las de los trabajadores locales. En Estados Unidos, por ejemplo, los trabajadores agrícolas migrantes, muchos de los cuales son indocumentados, suelen trabajar en condiciones de explotación, con salarios bajos, largas jornadas laborales y sin acceso a derechos laborales básicos (Rodríguez, 2019). La falta de documentación y el miedo a la deportación hacen que estos trabajadores sean particularmente vulnerables a la explotación y los abusos laborales (Murray, 2020).

### **Impacto de la modernización agrícola**

La modernización agrícola, que incluye la automatización y la digitalización, presenta tanto oportunidades como desafíos para los trabajadores agrícolas. Por un lado, la automatización puede reducir la dependencia de la mano de obra intensiva y mejorar la eficiencia en la producción agrícola. Por otro lado, puede llevar a la reducción de empleos en el sector agrícola, especialmente para trabajadores poco cualificados, lo que podría exacerbar la desigualdad económica y social (Galli, 2020). Es esencial que las políticas públicas aborden estos desafíos, garantizando que los beneficios de la modernización se distribuyan de manera equitativa y que los trabajadores desplazados reciban apoyo para la reubicación y la formación en nuevas habilidades (Smith, Johnson, & Brown, 2019).

## **DISCUSIÓN**

Los resultados indican la necesidad de fortalecer la regulación laboral en el sector agrícola, con un enfoque particular en la protección de los trabajadores temporales y migrantes. Además, se requiere una mayor supervisión y aplicación de las leyes laborales para garantizar que todos los trabajadores agrícolas disfruten de condiciones laborales dignas y seguras. La modernización de la agricultura ofrece una oportunidad para mejorar las condiciones laborales, pero debe gestionarse cuidadosamente para evitar la exclusión social y económica de los trabajadores agrícolas (Murray, 2020; Rodríguez, 2019).

Se recomienda que los gobiernos implementen políticas que fomenten la formalización del empleo agrícola y amplíen la cobertura de seguridad social para los trabajadores del sector. Además, es crucial que se desarrollen programas de formación y capacitación para preparar a los trabajadores agrícolas para los cambios tecnológicos que están transformando el sector. También se sugiere que se promueva la cooperación internacional para garantizar la protección de los derechos laborales de los trabajadores migrantes en la agricultura (FAO, 2021; OIT, 2021).

Limitaciones del Estudio: Este estudio se basa en gran medida en la revisión de literatura y en el análisis de casos, lo que puede limitar la generalización de los resultados. Se sugiere que futuras investigaciones incluyan estudios empíricos y análisis cuantitativos para validar y expandir los hallazgos presentados en este artículo.

## CONCLUSIONES

El derecho laboral en la agricultura enfrenta desafíos significativos que requieren una atención urgente y una revisión legislativa. Las oportunidades presentadas por la modernización agrícola deben ser aprovechadas para mejorar las condiciones laborales, asegurando que todos los trabajadores disfruten de derechos laborales dignos y seguros. Es fundamental que las políticas públicas y las reformas legislativas aborden de manera integral los desafíos identificados en este estudio, promoviendo un entorno de trabajo justo y equitativo para todos los trabajadores agrícolas.

## REFERENCIAS

- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2021). The state of food and agriculture: Making agriculture more inclusive. FAO.
- Galli, R. (2020). Agricultural labor and human rights: A comparative analysis. *Journal of Human Rights and Agriculture*, 15(3), 45-60.
- García, L., & López, M. (2020). Conditions of agricultural work in Latin America. *Latin American Journal of Labor Studies*, 10(2), 100-120.
- García-Muñoz, R., Pérez, A., & Ruiz, E. (2020). Modernization of agriculture and its impact on labor rights. *Journal of Agricultural Policy*, 25(1), 88-104.
- International Labour Organization [OIT]. (2019). Agricultural labor markets in the 21st century: Challenges and opportunities. ILO.
- International Labour Organization [OIT]. (2020). Safety and health in agriculture: A global review. ILO.
- International Labour Organization [OIT]. (2021). Protecting the rights of migrant agricultural workers. ILO.
- Murray, J. (2019). Automation in agriculture and the future of work. *International Journal of Agricultural Economics*, 12(4), 233-250.
- Murray, J. (2020). Labor rights in the context of agricultural modernization. *Agricultural Labour Review*, 18(3), 215-230.
- Rodríguez, F. (2018). Impact of climate change on agricultural labor: Legal perspectives. *Environmental Law and Policy Journal*, 14(2), 145-160.
- Rodríguez, F. (2019). Labor rights and migration in the agricultural sector. *Journal of Migration and Labor Studies*, 28(4), 233-250.

Sánchez, J., & Díaz, A. (2021). Legal challenges of modern agriculture: A labor perspective. *Agricultural Law Journal*, 22(1), 98-115.

Smith, T., Johnson, K., & Brown, L. (2019). Agricultural labor contracts and worker protections. *Journal of Agricultural Law*, 15(2), 135-155.

## RESPUESTA DE 55 GENOTIPOS DE TRIGO AL ESTRÉS POR SALINIDAD EN EL VALLE DEL YAQUI SONORA

Salazar-Huerta, Francisco Javier<sup>1</sup>; Casas-Ramírez, Miguel<sup>1</sup>; Castillo-Ortiz, Mario<sup>1</sup>  
Chavez-Bauman Oscar<sup>1</sup> y Bacasegua-Nocamea Mario<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, Son. TecNM-ITVY

<sup>2</sup>Residente de la Carrera de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable TecNM-ITVY

[franciscosala.huerta@gmail.com](mailto:franciscosala.huerta@gmail.com)

### RESUMEN

La salinidad de los suelos es uno de los factores abióticos que más influye sobre la productividad de las plantas cultivadas. En el Valle del Yaqui, Sonora se cultivan 220,000 ha de las cuales el 10.4% se encuentran con algún grado de salinidad. Por lo cual es importante evaluar germoplasma para obtener genotipos tolerantes a esta condición. El análisis de la germinación de semilla de los genotipos de trigo ha sido utilizado para la evaluación de la susceptibilidad y/o tolerancia a la salinidad de la semilla. El presente estudio se llevó a cabo en invernadero del Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui. El objetivo fue determinar la respuesta de 55 líneas avanzadas y variedades de trigo a diferentes niveles de salinidad, se utilizaron dos factores de estudio; dosis (0,4,6, y 8 dS/m), para medir los niveles de salinidad se utilizó un medidor digital EZ9909PS y genotipos (25 harineros y 30 duros). La combinación de estos factores generó 220 unidades experimentales, los que fueron establecidos bajo un diseño completamente aleatorizado con 3 repeticiones. El análisis de varianza mostró diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre genotipos y dosis, en el porcentaje de germinación de semilla registrada al 7 y 14 días después de la germinación. Por otro lado, las variables altura de la planta (AP) y longitud de raíz (LR) mostraron diferencias significativas siendo los genotipos con mayor tolerancia a la dosis alta de salinidad de 8 dS/m los de tipo duros: Cirno, Hubei, Ajaia y Sooty/Rascon y los de tipo harinero: Roelf, y las líneas Borlaug 14, Kachu, Katere, Rsm-Norman y Kachu-Squa. Además, se observó una mayor tolerancia a la salinidad en los trigos tipo harinero que en los de tipo duros.

**Palabras clave:** *Triticum vulgare*. salinidad, germoplasma, trigo, resistencia genética, genotipos



## ABSTRACT

Soil salinity is one of the abiotic factors that most influences the productivity of cultivated plants. In the Yaqui Valley, Sonora, 220,000 hectares are cultivated, of which 10.4% have some degree of salinity. Therefore, it is important to evaluate germplasm to obtain genotypes tolerant to this condition. The analysis of seed germination of wheat genotypes has been used to evaluate seed susceptibility and/or tolerance to salinity. The present study was carried out in the greenhouse of the Yaqui Valley Technological Institute. The objective was to determine the response of 55 advanced lines and varieties of wheat to different levels of salinity, two study factors were used; dose (0,4,6, and 8 dS/m), an EZ9909PS digital meter was used to measure salinity levels and genotypes (G) (25 flour, 30 hard). The combination of these factors generated 225 experimental units, which were established under a completely randomized design with 3 repetitions. The analysis of variance showed significant differences ( $P \leq 0.01$ ) between genotypes and doses, in the percentage of seed germination recorded on the 7 and 14 days after germination. On the other hand, the variables plant height (PH) and root length (LR) showed significant differences, with the genotypes with greater tolerance to the high dose of salinity of 8 dS/m being the hard types: Cirno, Hubei, Ajaja y Sooty/Rascon and the flour type: Roelf, Borlaug 14, y las líneas Kachu, Katere, RS-Norman y Kachu -Squa In addition, a greater tolerance to salinity was observed in bread wheat than in hard wheat.

**Key words:** *Triticum vulgare*, salinity, germoplasm, wheat, genetic resistance, genotypes

## INTRODUCCION

La salinidad de los suelos afecta la producción de alimentos a escala mundial (Blum, 2018). Cada año se abandonan una considerable cantidad de suelos debido a que las plantas no toleran la toxicidad iónica generada por la salinidad del suelo y por consecuencia no logran alcanzar su potencial genético productivo (Bose et al., 2017). En el Noroeste de México se cultivan aproximadamente 650,000 ha de trigo, aunque esta superficie se localiza en climas áridos y semiáridos suelen ser muy productivos. Sin embargo, por la aplicación de prácticas agronómicas inadecuadas en algunas localidades en el Valle del Yaqui, San Luis Rio Colorado, Empalme y Guaymas Sonora así como el Valle de Mexicali en Baja California presentan niveles de salinidad superiores a 6.0 dS/m considerado como un factor limitante para el desarrollo de los cultivos porque en estas regiones se combinan otros tipos de estrés como el térmico, hídrico e incremento de los niveles de fertilización, lo cual ha propiciado

un aumento de los procesos de degradación de los suelos, aumentando los niveles de salinidad perjudicando los rendimientos de cultivos y a la economía regional. (Ford et al., 2016).

El estrés salino provoca cambios fisiológicos y bioquímicas en el metabolismo de las plantas, tras la disminución de la tasa normal de desarrollo que determinan su subsistencia, así como su productividad en estas condiciones, para lo cual las plantas han desarrollado mecanismos de tolerancia (Shamaya et al., 2017). El mejoramiento genético, ofrece un aumento, tanto en los rendimientos en aquellas zonas donde la salinidad es un factor limitante como en la recuperación de áreas subutilizadas, lo cual se trabaja por diversas vías. Sin embargo, es un proceso necesariamente lento por lo que un paso importante es el monitoreo de la variabilidad de respuesta del germoplasma disponible, lo que implica conocer dicha tolerancia de forma precisa y consistente. Actualmente, se trabaja en la búsqueda de indicadores eficientes para la selección temprana de genotipos con mejor respuesta agronómica (Hu et al., 2017). Estos aspectos son enfocados al mejoramiento genético como una herramienta eficaz para la selección de genotipos de diferentes cultivos con mejor comportamiento ante el estrés salino, cuestión que mediante la participación consiente y motivada de productores de comunidades rurales haría más fácil la selección de genotipo para emprender programas de mejora por selección diferencial, por técnicas rápidas y precisas para lograr la sobreexpresión estable de genes o grupos de genes existentes en las variedades seleccionadas y, más a mediano plazo, por cruzamiento genético (Liang et al., 2018).

Ante el incremento significativo del porcentaje de salinidad de los suelos del mundo, se impone la necesidad de buscar alternativas sustentables, para el logro de cosechas que contribuyan a atenuar las necesidades alimentarias de la población. En tal sentido, la obtención de nuevas variedades de las plantas que confieran tolerancia a condiciones adversas como estas, entre otros métodos del mejoramiento genético, constituyen una estrategia inigualable para mitigar esta problemática; sin embargo, esta tiene una limitante, ya que involucra una cantidad de recursos y tiempo considerable, por lo que urge ir estableciendo especies y variedades, cuya variabilidad genética sea conocida, para mediante técnicas de mapeo y regionalización lograr producciones aceptables. Actualmente, esta es una de las técnicas más viables para acercarse a la rentabilidad de los suelos salinos. La agricultura mexicana se enfrenta a grandes problemas como son la falta de agua para riego, altas temperaturas ambientales y salinidad edáfica, elementos que

existen en ciertas regiones cultivables del país y son impedimentos para el buen crecimiento de la planta reflejando su efecto en la producción agrícola.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar la respuesta de 55 líneas avanzadas y variedades de trigo a la salinidad en el Valle del Yaqui, Sonora.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se desarrolló en el invernadero en el campo experimental del Tecnológico Nacional de México campus Valle del Yaqui, localizado en el sur de Sonora (27° 41' 54" N, 110° 13' 03" O, y una altitud de 17 metros sobre el nivel del mar). El material genético constituyo semillas de diversos líneas avanzadas y variedades de trigo provenientes de los viveros internacionales DWERET 18-19 (30 Trigos duros o cristalinos) y BWERET 18-19 (25 trigos harineros o panificables). las cuales fueron proporcionadas por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Las líneas avanzadas y variedades mencionadas fueron evaluadas en macetas de 2500 ml de capacidad en sustrato libre de salinidad se sembraron 10 semillas de cada línea y/o variedad por maceta en tres repeticiones. Las macetas se dispusieron bajo un diseño completamente al azar, el tratamiento testigo fue con agua sin sales y los tratamientos con diferentes índices de salinidad fueron preparados para su aplicación en el agua de riego. 0,4,6, y 8 dS/m. para medir la concentración de salinidad se utilizó un medidor digital EZ9909PS. Las plántulas permanecieron durante un periodo de 21 días y, se tomaron muestras a los 7, y 14 días después a la germinación (DDG), se seleccionaron tres plantas por maceta 9 plantas por tratamiento y se contabilizo para su análisis. a). - Porcentaje de germinación (%), b).- altura de la plántula (cm): en función de la hoja de mayor longitud (desde la parte basal hasta el ápice de la hoja extendida) y c).- Longitud de la raíz (cm). A los datos obtenidos se les realizo un análisis de varianza y pruebas de separación de media de tukey al 0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Se observaron diferencias significativas en las fuentes de variación de los tres caracteres evaluados, sin embargo, por la proporción de los cuadrados medios de los análisis de varianza (ANVA), la dosis (D) fue un factor importante en los valores de las variables estudiadas, la importancia de las dosis de salinidad en trigo, ha sido reportada por Ford *et al.* (2016) y en trigo por Ayers *et al.* (1995). Los coeficientes de variación tuvieron valores

menores al 10 %, lo cual se considera aceptable y es indicativo de la confiabilidad de los resultados (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cuadrados medios de los análisis de varianza de tres caracteres agronómicos de 55 genotipos de trigo en el Valle del Yaqui, Sonora

Fuente de Variación	Longitud de la raíz (cm)	Altura de planta (cm)	Porcentaje de germinación (%)
Genotipo (G)	190.225**	245.86**	133.08**
Dosis (D)	446.304**	503.498**	48496.11**
GxD	37.140*	92.956**	50629.02**
CV	6.30	8.75	9.23

C.V.: Coeficiente de variación; \* \*\*: Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, Genotipo (G); Dosis (FS) y Genotipo x Dosis (GxD).

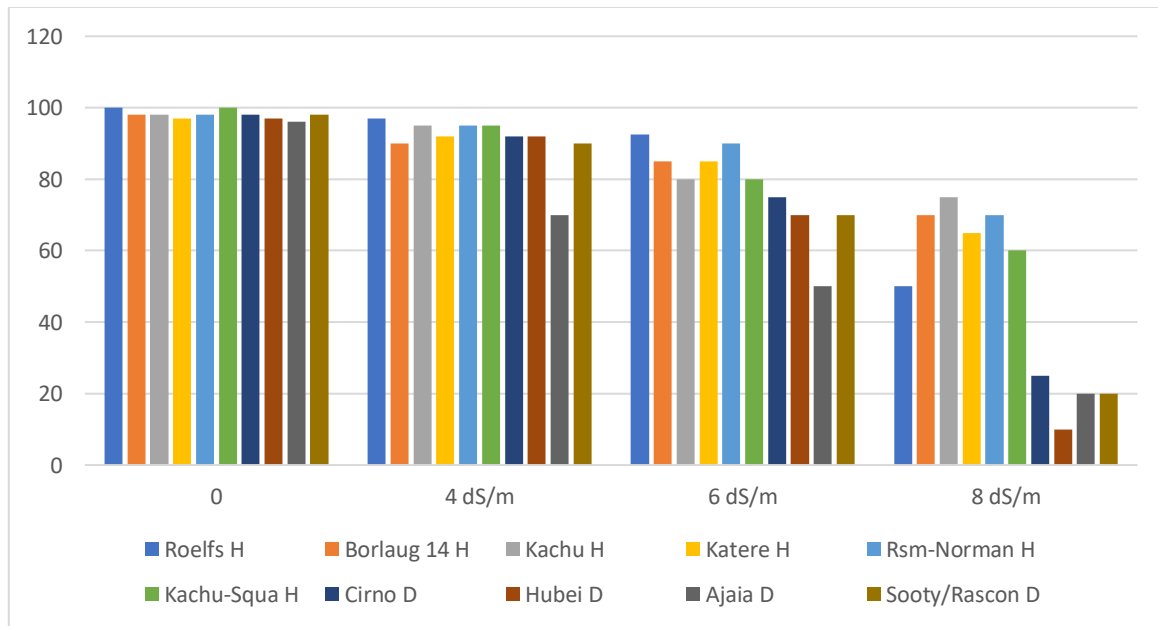


Figura 1. Comparación del porcentaje de germinación de semilla de los genotipos de trigo con tolerancia a diferentes niveles de salinidad en el Valle del Yaqui, Sonora

En la Figura 1 se observó el efecto de los diferentes niveles de salinidad en donde las dosis de 6 y 8 dS/m presentaron niveles de germinación más bajos, entre los genotipos que sobresalieron por su tolerancia a este factor. Asimismo, los trigos de tipo duro o cristalino presentaron un porcentaje de germinación de semilla menor comparado con los del tipo

harinero, lo cual indica que son más susceptibles a este factor. El efecto de altos niveles de salinidad en la germinación de la semilla de cereales ha sido reportado por Shamaya *et al.* (2017) y Cortez (2008).

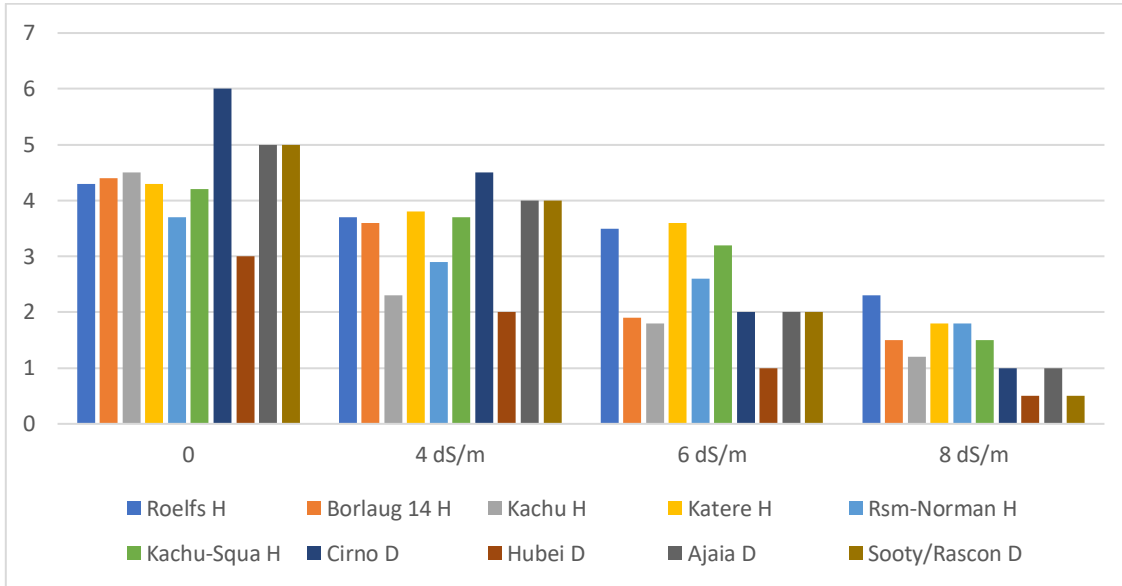


Figura 2. Comparación de altura de planta (cm) de los genotipos de trigo con tolerancia a diferentes niveles de salinidad en el Valle del Yaqui, Sonora

En la Figura 2 se observó el efecto de los diferentes niveles de salinidad en donde las dosis de 6 y 8 dS/m presentaron niveles de altura de planta (cm) más bajos, entre los genotipos que sobresalieron por su tolerancia a este factor. Asimismo, los trigos de tipo duro o cristalino presentaron una altura menor comparado con los del tipo harinero, lo cual indica que son más susceptibles a este factor.

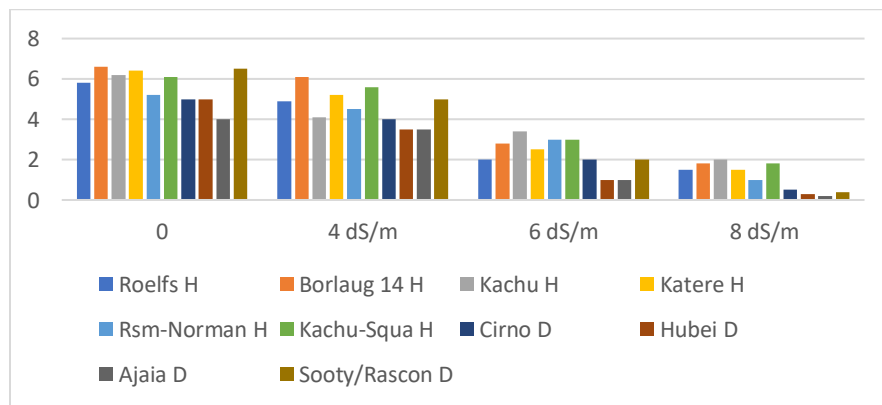


Figura 3. Comparación de longitud de raíz (cm) de los genotipos de trigo con tolerancia a diferentes niveles de salinidad en el Valle del Yaqui, Sonora

En la Figura 3 se observó el efecto de los diferentes niveles de salinidad en donde las dosis de 6 y 8 dS/m presentaron niveles de longitud de raíz (cm) más bajos, entre los genotipos que sobresalieron por su tolerancia a este factor. Asimismo, los trigos de tipo duro o cristalino presentaron una longitud de raíz menor comparado con los del tipo harinero, lo cual indica que son más susceptibles a este factor, de acuerdo a lo reportado por Cortez (2008).

Cuadro 2. Efecto de las dosis de salinidad sobre el porcentaje de germinación de semilla, altura de planta y longitud de la raíz en 55 genotipos de trigo en el Valle del Yaqui, Sonora.

Nivel de Salinidad (dS/m)	% de Germinación	Altura de planta (cm)	Longitud de raíz (cm)
0	97.69 a	4.37 a	5.25 a
4	82.92 b	3.21 b	3.10 b
6	76.70 c	1.90 c	2.12 c
8	44.75 d	1.03 d	0.78 d
DMS	3.760	0.203	0.229

Todas las dosis de salinidad presentaron diferencias significativas en los diferentes parámetros evaluados. Sin embargo, la dosis de 8 dS/m presentó los niveles más bajos de porcentajes de germinación de semilla, altura de planta y longitud de la raíz para los dos tipos de trigo (Cuadro 2)

### CONCLUSIONES

- Los genotipos de trigo harinero Roelf, Borlaug 14, y las líneas Kachu, Katere, RS-Norman y Kachu-Squa entre los harineros.
- Los genotipos trigo duro Cirno, y las líneas Hubei, Ajaja Sooty/Rascon fueron los mejores entre los cristalinos.
- Se observó una mayor tolerancia a los niveles de salinidad evaluados en los genotipos de trigos harineros (pan, harina) que los de tipo duro o cristalino (pasta, macarrones).

### REFERENCIAS

Ayers, RS y Westcot DW (1985). Water quality for agriculture. FAO. Irrigation and drainage paper. 29, Rev.1 FAO, Rome, Italy.

Bose, J. Munns, R. Shabala, S. Guillinham, M. Pogson B. y Thierman, S (2017). Chloroplast function and ion regulation in plants growing on saline soils: lessons from halophytes. Journal Experimental Botany 1:68 (12): 3129-3143.

Blum, A. (2018). Plant breeding for stress environments. CRC press

Cortez, J.J.M. (2008). Parámetros de calidad del agua procedente del acuífero del Valle del Yaqui, Sonora, e Índices de riesgos asociados a uso agrícola en suelos arcillosos. Tesis Doctor en Ciencias en Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 65 p.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2022. Consultado en [www.fao.org/faostat](http://www.fao.org/faostat)

Ford, J. D., Cameron, L., Rubis, J., Maillet, M., Nakashima, D., Willox, A. C., & Pearce, T. (2016). Including indigenous knowledge and experience in IPCC assessment reports. *Nature Climate Change*, 6(4), 349.

Hu, Y., Hackl, H., & Schmidhalter, U. (2017). Comparative performance of spectral and thermographic properties of plants and physiological traits for phenotyping salinity tolerance of wheat cultivars under simulated field conditions. *Functional Plant Biology*, 44(1), 134-142.

Liang, W., Ma, X., Wan, P., & Liu, L. (2018). Plant salt-tolerance mechanism: A review. *Biochemical and biophysical research communications*, 495(1), 286-291.

Shamaya NJ, Shavrucov Y. Langdrige P. Roy SJ y Tester M (2017). Genetic of Na exclusión and salinity tolerance in afgani durum wheat landraces. *BMC Plant Biology*.17 1-8.

## COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE 10 VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) EN TRES FECHAS DE SIEMBRA EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Salazar-Huerta, Francisco Javier<sup>1\*</sup>; Ávila-Perches, Miguel Ángel<sup>2</sup>; Muñoz-Valenzuela, Sergio<sup>3</sup>; Casas-Ramírez, Miguel<sup>1</sup> y Bacasegua-Nocamea, Mario<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, Sonora

<sup>2</sup>INIFAP, Campo Experimental Bajío, km 6.5 de la carretera Celaya-San Miguel de Allende, C. P. 38010, Roque, Celaya, Gto. <sup>3</sup> Research Seed Mexicana de R.L de C.V Tobarito Sonora.

<sup>4</sup>Residente de la Carrera de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable TecNM-ITVY

[franciscosala.huerta@gmail.com](mailto:franciscosala.huerta@gmail.com)

### RESUMEN

El Valle del Yaqui Sonora como en otras regiones agrícolas del país se ha caracterizado por la siembra de trigo como un monocultivo, lo cual ha originado problemas en la comercialización, aparición de nuevas plagas y enfermedades, así como aumentos de los costos de producción. Debido a lo anterior la diversificación de cultivos en la región es una alternativa de solución a este problema. El cultivo de cebada presenta algunas ventajas en comparación al trigo es más precoz, requiere menor cantidad de agua y fertilizante y es tolerante a suelos salinos además no presenta problemas de comercialización derivado de la instalación de una planta cervecera en la región. Por lo cual el objetivo fue evaluar las características agronómicas y el rendimiento de grano de diferentes genotipos de cebada. Se establecieron 10 genotipos de cebada en tres fechas de siembra 30 noviembre, 15 diciembre y 10 de enero en un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones. Los resultados indican que existió diferencia estadística significativa entre genotipos y fechas de siembra, así como en su interacción y que los mayores promedios de rendimiento de grano e índice de cosecha se presentaron en las fechas de siembra establecidas del 30 de noviembre y 15 de diciembre; en la fecha tardía, además, de retrasar el establecimiento del cultivo, hubo disminución en los días a espigamiento. Asimismo, se detectó que los genotipos de dos y seis hileras Prunela y Alina destacaron por sus valores de producción de grano.

**Palabras clave:** *Hordeum vulgare*, genotipos, rendimiento, cebada, variedades, producción.



## ABSTRACT

The Yaqui Valley of Sonora, as in other agricultural regions of the country, has been characterized by the planting of wheat as a monoculture, which has caused problems in marketing, the appearance of new pests and diseases, as well as increases in production costs. Due to the above, crop diversification in the region is an alternative solution to this problem. The cultivation of barley has some advantages compared to wheat: it is earlier, requires less water and fertilizer and is tolerant to saline soils. It also does not present marketing problems derived from the instalación of a brewing plant in the region. By which, the objective was to evaluate the agronomic characteristics and grain yield of different barley genotypes. 10 barley genotypes were established on three sowing dates: November 30, December 15 and January 10 in a randomized block design with 4 repetitions. The results indicate that there was a significant statistical difference between genotypes and sowing dates, as well as in their interaction and that the highest averages of grain yield and harvest index occurred on the established sowing dates of November 30 and December 15; At the late date, in addition to delaying the establishment of the crop, there was a decrease in the days to heading. Likewise, it was detected that the two and six-row genotypes Prunela and Alina showed the best grain yield.

**Key words:** *Hordeum vulgare*, genotypes, yield, barley, varieties, production.

## INTRODUCCION

A nivel mundial, la cebada es el cuarto cereal más importante, después de maíz, trigo y arroz. A nivel internacional se tiene una producción de 142 millones de toneladas que se cosechan en 45.5 millones de hectáreas. Los países más importantes para la producción de este cereal son Rusia, Australia, Francia, Alemania, Ucrania, Reino Unido, España y Canadá (FAO, 2022).

En México, durante el 2023 se sembraron alrededor de 301,600 ha con cebada y se obtuvo una producción de 772,760 t, en dos épocas de siembra. Durante el ciclo primavera-verano en temporal se cultivaron 246,440 ha y se cosecharon 468,655 t que represento 60.64 % de la producción nacional, mientras que en el ciclo otoño-invierno se sembraron alrededor de 55,160 ha en riego que represento el 39.36 % del volumen nacional con un promedio de producción de 2.6 ton/ha. En México, el principal productor de este cereal es Guanajuato con 37,574 ha y una producción de 156,476 t, que representan el 21.64 % de la producción nacional (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP 2023).

El rendimiento de grano es afectado por las condiciones ambientales durante el crecimiento y desarrollo del cultivo, en especial la temperatura, con frecuencia, los cultivares en ambientes contrastantes muestran rendimientos diferentes de grano, pues la mayoría presentan adaptaciones específicas a condiciones ambientales determinadas (Mendoza *et al.*, 2011).

La cebada crece en un amplio rango de condiciones ambientales, sin embargo, se comporta mejor cuando el espigamiento y llenado de grano tienen lugar con temperaturas moderadas y adecuada humedad del suelo. Entre las principales causas que afectan la calidad industrial del grano, están las condiciones durante y después de la anthesis y llenado de grano, es decir, los efectos causados por la presencia de altas temperaturas o heladas (Pérez *et al.*, 2016). Las fechas de siembra en términos de temperaturas cambiantes son fundamentales para determinar el rendimiento potencial del cultivo, ya que es un aspecto importante en el manejo agronómico de la cebada, porque está directamente relacionada con la calidad industrial del grano (Alam *et al.*, 2007).

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue cuantificar el efecto de 3 fechas de siembra en el rendimiento de grano y características agronómicas de 10 genotipos de cebada.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se desarrolló bajo condiciones de riego en el ciclo O-I 2023-24 en los terrenos del campo experimental del Tecnológico Nacional de México campus Valle del Yaqui, localizado en el sur de Sonora (27° 41' 54" N, 110° 13' 03" O, y una altitud de 17 metros sobre el nivel del mar).

Se realizaron tres fechas de siembra: 30 de noviembre (FS1), 15 de diciembre (FS2) de 2023 y 15 de enero (FS3) de 2024, en cada una se evaluaron 10 genotipos de cebada (Cuadro 1).

Cuadro 1. Genotipos de cebada evaluados en tres fechas de siembra. En el Valle del Yaqui, Sonora.

Genotipo	No. De hileras por espiga	Origen y Riego
Adabella	seis	INIFAP T
Estelar	seis	INIFAP T
Esmeralda	seis	INIFAP T
Maravilla	seis	INIFAP TF
Esperanza	seis	INIFAP R
Alina	seis	INIFAP R
Guanajuato	dos	INIFAP R
Doña Josefa	seis	ICAMEM T y R
Prunella	dos	Canadá T y R
Metcalf	dos	Francia T y R

ICAMEX: Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México.

INIFAP: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

T: Temporal

R: Riego

F: Forraje

Los genotipos dentro de cada fecha de siembra (FS) se establecieron bajo un diseño experimental de bloques al azar. Para las fechas de siembra se utilizó una densidad de 80 kg de semilla por ha. La parcela experimental fue constituida de cuatro surcos de 20 m de largo y 80 cm de separación sembrados a doble hilera con separación de 20 cm entre hileras, en tanto que la parcela útil fue de dos surcos centrales de 10 m eliminando 5 m de cada lado de la parcela se tomaron cuatro muestras de 1m<sup>2</sup> por parcela.

Se utilizó la fórmula de fertilización, 180-60-00 y se aplicó todo el fertilizante en la siembra. Se realizaron cuatro riegos a los 0, 40, 65 y 85 días después de la siembra (DDS), El resto del manejo agronómico se efectuó de acuerdo con las recomendaciones del paquete tecnológico del INIFAP para la región. Se registraron las siguientes variables: Rendimiento de semilla (RS), número de espigas por metro cuadrado (NEMC) y número de semillas espiga (NSE). Se realizó análisis estadísticos a cada fecha de siembra y combinados, para

lo cual se utilizó el programa SAS. Cuando las diferencias fueron significativas se realizó la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Se detectaron diferencias significativas en todas las fuentes de variación de los tres caracteres estudiados, sin embargo, por la proporción de los cuadrados medios de los análisis de varianza (ANVA), resalta la relevancia de la fecha de siembra (FS) en la manifestación de las variables evaluadas, la importancia de la FS en cebada también ha sido reportada por Alam *et al.* (2007) y en trigo por Noriega *et al.* (2019). Los coeficientes de variación tuvieron valores menores al 10%, lo cual se considera aceptable y es indicativo de la confiabilidad de los resultados (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cuadrados medios de los análisis de varianza de tres caracteres agronómicos de 10 genotipos de cebada evaluados en tres fechas de siembra en el Valle del Yaqui, Sonora.

Fuente de Variación	NEMC (n)	NSE (n)	RS (g)
Genotipo (G)	4812.28**	677.332**	209453.85**
Fecha de Siembra (FS)	289.408**	70.008**	2503832.4**
GxFS	28.131*	44.518**	50629.02**
CV	3.93	4.76	6.07

C V: Coeficiente de variación; \* \*\*: Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, Genotipo (G); Fecha de Siembra (FS) y Genotipo X Fecha de siembra (GxFS).

Cuadro 3. Comparación del promedio de rendimiento de semilla y características agronómicas de 10 genotipos de cebada en el Valle del Yaqui, Sonora.

Genotipo	NEMC (n)	NSE(n)	RS (kg)
Adabella (6)	319	44	5310
Estelar (6)	301	47	4980
Esperanza (6)	348	44	4880
Maravilla (6)	461	45	4390
Esperanza (6)	307	48	5670
Alina (6)	321	48	6100
Guanajuato (2)	520	20	5380

Doña Josefa (6)	281	45	5350
Prunella (2)	444	22	6001
Metcalfe /2)	419	24	4760
DMS	16	15.8	933

(6) (2) = Hileras

En promedio de las tres fechas de siembra (Cuadro 3), sobresalió por su rendimiento de semilla (RS) y Numero de semilla por espiga (NSE) la variedad Alina con 6,100 kg y 48 semillas por espiga respectivamente, el buen comportamiento de éste genotipo también fue reportado por Pérez *et al.* (2016). Maravilla y Metcalfe presentaron el más bajo rendimiento de semilla. Es importante resaltar que el NEMC fue más alto en las variedades de dos hileras, no obstante, el número de semillas espiga (NSE) fue mayor en los cultivares de seis hileras, lo anterior coincide con lo reportado por Ríos *et al.* (2011) y Ávila *et al.* (2020; 2021).

Cuadro 4. Efecto de las fechas de siembra en el rendimiento de semilla, numero de espigas por metro y numero de semillas por espiga en 10 genotipos de cebada en el Valle del Yaqui, Sonora.

Fecha de siembra	Rendimiento de semilla (RS) (kg ha <sup>-1</sup> )	NEMC (n)	NSE (n)
30 noviembre	6100a	97.5a	43.6a
15 diciembre	5610b	93.4b	38.5b
10 enero	4130c	87.8c	34.0c
DMS 0.05	550	6.1	5.4

El mayor rendimiento de grano (RG) se observó en la fecha de siembra (FS) del 30 de noviembre que promedio que superaron los 6,000 kg/ha, (Cuadro 4). es importante señalar que los menores valores de rendimiento se presentaron en la FS 3 (10 de enero), el más alto rendimiento de semilla en las FS establecidas en otoño lo cual coincide con lo reportado por Pérez *et al.* (2016).

## CONCLUSIONES

- En promedio de las tres fechas de siembra, Alina (6) y Prunella (2) presentaron el más alto rendimiento.
- Los genotipos de dos hileras Guanajuato, Prunella y Metcalfe presentaron el mayor número de espigas por metro cuadrado (NEMC).

-Los genotipos de seis hileras presentaron los valores más altos del número de semillas espiga.

## REFERENCIAS

Alam, M.Z., S.A. Haider and N.K. Paul. 2007. Yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.) in relation to sowing times. Journal of Biological Sciences, 15: 139-145.

Ávila Perches, M.A; Huerta Zurita, R; Gámez Vázquez, J.A; Zamora Díaz, M.R; Gámez Vázquez, F.P. (2020). Comportamiento agronómico de variedades de cebada en diferentes fechas de siembra In Memoria de la XXXII Semana Internacional de Agronomía Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Dgo. Pag. 178-183

Ávila Perches, M.A; Huerta Zurita, R; Gámez Vázquez, J.A; Zamora Díaz, M.R; Gámez Vázquez, F.P. (2021). Calidad Física y Contenido de proteína de semilla de cebada en diferentes fechas de siembra. In Memoria de la XXXIII Semana Internacional de Agronomía Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Dgo. Pag. 271-277.

Ávila Perches, M.A; Huerta Zurita, R; Gámez Vázquez, J.A; Zamora Díaz, M.R; Gámez Vázquez, F.P. (2021). Componentes del rendimiento de semilla de variedades de cebada. In Memoria de la XXXIII Semana Internacional de Agronomía Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Dgo. Pag. 337-342.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2022. Consultado en [www.fao.org/faostat](http://www.fao.org/faostat)

Mendoza E. M., E. Cortez B., J.G. Rivera R., J.A. Rangel L., E. Andrio E. y F. Cervantes O. 2011. Época y densidad de siembra en la producción y calidad de semilla de triticale (*X Triticosecale* Wittmack). Agronomía Mesoamericana, 22(2):309-316.

Pérez R. J. A., M. Zamora D., J. A. Mejía, A. Hernández L., S. Solano H. 2016. Evaluación de 10 genotipos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en cinco fechas de siembra y dos ciclos agrícolas. Agrociencia 50: 201-213.

Rios, D. R., R. Britto, H. Delgado. 2011. Evaluación del rendimiento y sus componentes en genotipos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) diferenciados por su tipo de espiga y grano. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 14(2) 55 – 63.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2023. Consultado en: [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx)

## COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD POSTCOSECHA DE FRUTOS DE NARANJA VALENCIA

Tochihuitl M.G. A.<sup>1</sup>; Tochihuitl M.A.<sup>2\*</sup>; Ramos C.C.M.<sup>1</sup>; Bermúdez G.M de J.<sup>3</sup>; Vargas H.J.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Región Noreste. Campo Experimental General Terán. KM. 31 Carretera Montemorelos-China Exhacienda Las Anacuas, C.P. 67400.

<sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco Montecillo, Texcoco Estado de México, C.P. 56264.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Campo Experimental Tecomán. Km. 35 Carretera Colima – Manzanillo. C.P. 28100.

<sup>4</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Región Noreste. Campo Experimental San Luis. Ejido Palma de la Cruz soledad de Graciano Sánchez, C.P. 78431.

\*Autor de correspondencia: [tochihuitl.anahi@colpos.mx](mailto:tochihuitl.anahi@colpos.mx)

### RESUMEN

A nivel mundial la naranja es el cítrico dulce de mayor consumo, en México, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental General Terán, cuenta con un banco de germoplasma de cítricos dulces, sin embargo, de los materiales establecidos, pocas son las evaluaciones que se han realizado a nivel postcosecha, por lo cual, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el comportamiento de la calidad de frutos de naranja Valencia y Valencia Dom João durante su almacenamiento por 15 días a  $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , entre las variables medidas se contemplaron: el contenido de sólidos solubles totales, porcentaje de jugo, acidez titulable e índice de maduración, los cuales, tanto en la variedad Valencia como en la Valencia Dom João estadísticamente no mostraron diferencia significativa durante el tiempo de almacenamiento, sin embargo, al momento de comparar ambas variedades por día de evaluación, los resultados de porcentaje de ácido cítrico e índice de madurez si presentaron una diferencia significativa.

**Palabras clave:** calidad, postcosecha, naranja Valencia.

### ABSTRACT

At a global level, the orange is the sweet citrus most consumed, in Mexico, the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, General Terán Experimental Field, has a germplasm bank of sweet citrus, however, of the established materials few evaluations have been carried out at the postharvest level, therefore, the objective of this research was to evaluate the quality of Valencia and Valencia Dom João orange fruits during their storage, 15 days at  $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , among the measured variables were: the content of total soluble solids, percentage of juice, titratable acidity and ripening index, which, both in the

Valencia variety and in the Valencia Dom João did not statistically show significant differences during the storage time, however, when comparing both varieties by day of evaluation, the results of % of citric acid and index of maturity did present a significant difference.

**Key words:** quality, postharvest, Valencia orange.

## INTRODUCCION

A nivel mundial la naranja es el cítrico dulce de mayor consumo, el momento de la cosecha es la etapa final del desarrollo de la fruta y determina la calidad de la misma. Es importante cosechar las frutas y verduras en la etapa adecuada de madurez para mantener su calidad de almacenamiento, así como su calidad nutricional y fresca durante un período prolongado de tiempo (Erkan y Dogan 2019). En el año 2023 en México se tuvo una producción de 4,942,658.65 de toneladas de naranja (SIAP, 2024), se estima que la producción mundial para 2023/24 será de 47.4 millones de toneladas (USDA, 2014).

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuaria campo experimental General Terán cuenta con un banco de germoplasma de cítricos (Ramos et al., 2023), en él se ubican diferentes variedades de naranjas, sin embargo, pocas son las evaluaciones que se han realizado a nivel postcosecha.

De acuerdo a la época en la que las variedades de naranja alcanzan la madurez y son cosechadas, se clasifican en tempranas, intermedias y tardías, entre los materiales tardíos podemos encontrar a las variedades: Valencia (V) y Valencia Dom João (VDJ), ambas de origen portugués; la naranja Valencia, se puede cosechar de febrero a abril, aunque puede permanecer en el árbol hasta junio si hay disponibilidad de agua, el contenido de jugo es alto y el sabor excelente (Rocha y Padrón 2009); en lo referente a la naranja Valencia Dom João, los frutos se mantiene bien en los árboles durante el verano sin perder calidad (UCR, 2024).

La calidad de los cítricos es variable, puede depender de la especie, variedad, región de cultivo, condiciones climáticas y prácticas agronómicas. Los determinantes de la calidad de la fruta se pueden dividir en aquellos que afectan la calidad externa y los que definen la calidad interna. Ambos son críticos, ya que la calidad externa influye en la decisión de compra inicial, mientras que la calidad interna determina el consumo y la venta repetida (Hagenmaier y Baker 2004).

Con la intención de considerar nuevas variedades de naranjas como alternativas de producción y comercialización, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el comportamiento de la calidad postcosecha (contenido de sólidos solubles totales, la acidez titulable, cantidad de jugo e índice de madurez) de frutos de naranja Valencia y Valencia Dom João.



## MATERIALES Y METODOS

El 28 de febrero del 2024 se cosecharon frutos de árboles de Naranjas Valencia y Valencia Dom João, injertados en naranjo agrio, establecidos en el Banco de Germoplasmas del INIFAP-Campo Experimental General Terán; los frutos se almacenaron a  $24 \pm 2$  °C, hasta alcanzar un total de 15 días. A 10 frutos se les evaluaron las dimensiones y el peso; por separado, a 5 frutos se les determinó cada tercer día (día 0, 3, 6, 9, 12, 15) el contenido de sólidos solubles totales, contenido de jugo, acidez titulable e índice de maduración.

**Contenido de sólidos solubles totales:** Se empleó el método descrito por la AOAC (1990), utilizando un refractómetro manual ATC, los resultados fueron reportados en °Brix.

**Contenido de jugo:** Se calculó sobre la base del peso del fruto y el correspondiente peso del jugo (p/p).

**Acidez titulable:** Se empleó el método descrito por la AOAC (1990), los resultados se reportaron como porcentaje de ácido cítrico (%).

**Índice de madurez:** Los resultados se obtuvieron de la relación de sólidos solubles totales / acidez titulable (TSS/TA).

**Análisis estadísticos:** Los resultados se analizaron aplicando un diseño experimental completamente al azar, considerando un fruto como unidad experimental, las medias se compararon con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). Se utilizó el programa estadístico SAS® System Version 9.4 for Microsoft® Windows®.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La diversidad de materiales ha permitido que exista una variación en cuanto a tolerancia, adaptabilidad, épocas de cosecha, rendimiento y calidad en los cítricos (Ramos et al., 2023). Los valores obtenidos de las variables: peso, diámetro y longitud de los frutos de naranjas, no mostraron diferencia significativa entre variedades Cuadro 1. De acuerdo al CODEX STAN 245-2004 los frutos con un diámetro menor a 5.3 cm son excluidos, sin embargo, las naranjas valencia evaluadas se clasificarían en el calibre 6 (7– 8 cm de diámetro).

**Cuadro 1.** Características físicas de frutos de naranja.

Variedad	Peso (g)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)
Valencia	178.9 ± 19.57 a	7.1 ± 0.26 a	6.7 ± 0.36 a
Valencia Dom João	190.0 ± 10.88 a	7.2 ± 0.15 a	6.9 ± 0.21 a

Valores con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey;  $p \leq 0.05$ )

Entre los parámetros más relevantes relacionados con la decisión de cosecha, calidad y mercado de destino, se encuentran el contenido de sólidos solubles totales, contenido de jugo, la acidez e índice de madurez (Wieme et al., 2022; Lado et al., 2014). Frutos de naranja Valencia evaluados por Ariza et al., 2010 cosechados de febrero a marzo, presentaron valores aproximados de 8.5-9 °Brix, 40 - 45 % de jugo, 0.9-1 % de ácido cítrico, un índice de madurez de alrededor a 10, valores similares a los obtenidos en promedio durante los 15 días de almacenamiento de Valencia (13.37 °Brix, 47.88 % de jugo, 1.16 % de ácido cítrico y 11.59 índice de madurez) y Valencia Dom João, (13.24 °Brix, 50.32 % de jugo, 0.92 % de ácido cítrico y 14.65 índice de madurez). Cabe señalar, que el porcentaje de jugo también se encuentra en los parámetros establecidos por el CODEX STAN 245-2004 (35-45 %) y la NMX-FF-027-SCFI-2007 (no menos del 40%).

Los resultados del análisis estadístico no tuvieron diferencia significativa durante el tiempo de almacenamiento en cada una de las variedades, sin embargo, al momento de comparar ambas variedades por día de evaluación (0, 3, 6, 9, 12 y 15 días), los resultados de porcentaje de ácido cítrico e índice de madurez si presentaron una diferencia significativa.

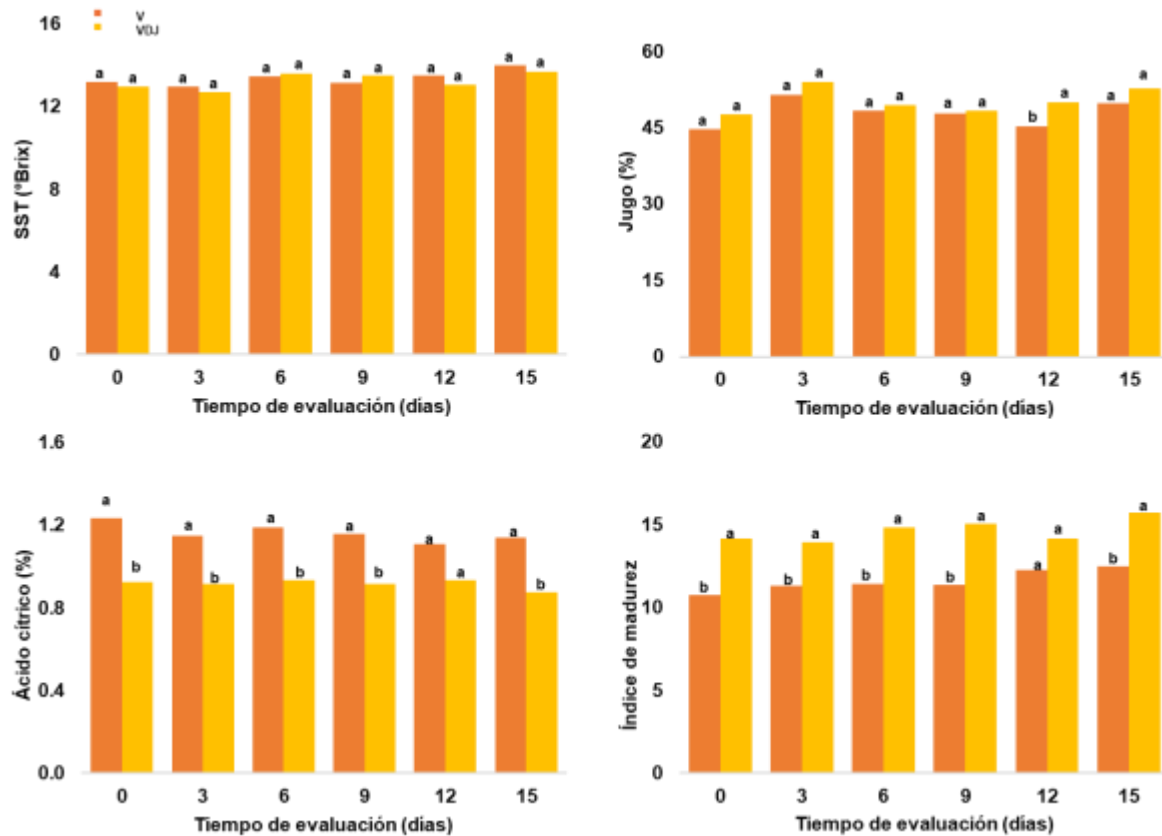


Figura 1. Variables de calidad de frutos de naranja Valencia (V) y Valencia Dom João (VDJ) almacenados por 15 días a  $24 \pm 2^\circ\text{C}$ . Valores con diferente letra en cada día de evaluación (0, 3, 6, 9, 12 y 15) son estadísticamente diferentes (Tukey;  $p \leq 0.05$ ).

## CONCLUSIONES

Las dimensiones de los frutos, así como el porcentaje de jugo, se encuentran dentro de los parámetros establecidos por el CODEX STAN 245-2004 y la NMX-FF-027-SCFI-2007.

Los resultados de ácido cítrico e índice de madurez mostraron diferencias significativas entre variedades por cada día de evaluación.

Factores bióticos y abióticos pueden tener inferencia en la calidad postcosecha de los frutos, una de las causas de pérdidas postcosecha es la inadecuada cosecha de los frutos, por lo que es importante realizar la colecta en una etapa apropiada de madurez, para asegurar la más alta calidad.

La investigación realizada nos permite conocer la calidad de frutos de naranjas tardías Valencia y Valencia Dom João durante su almacenamiento, sin embargo, se recomienda realizar algún tratamiento postcosecha para alargar la vida de anaquel y calidad de las variedades antes mencionadas.

## REFERENCIAS

- Ariza F. R.; Tejacal I. A.; Beltrán M. N.; Ambriz C. R.; Lugo A. A.; Barrios A. A y Barbosa M. F. 2010. Calidad de los Frutos de Naranja "Valencia" en Morelos, México. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 11, núm. 2, diciembre, 2010, pp. 148-153 Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C. Hermosillo, México
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 1990. Official methods of analysis. In: Helrich, K.(Ed).15th Ed. Virginia. USA. Vol. II. 1298p.
- CODEX STAN 245-2004. Norma del CODEX para la Naranja.
- Erkan M. y Dogan A .2019. Postharvest Technology of Perishable Horticultural Commodities.Chapter 5 - Harvesting of Horticultural Commodities. Woodhead Publishing.129-159.
- Hagenmaier R. D. y Baker R.A. 2004. Calidad de los cítricos frescos. En: Shahidi, F., Spanier, AM, Ho, CT., Braggins, T. (eds.) Calidad de los alimentos frescos y procesados. Avances en medicina y biología experimental, vol. 542. Springer, Boston, MA.
- Lado, J.; Rodrigo, M. y Zacarías, L. 2014. Maturity indicators and citrus fruit quality. Stewart Postharvest Review. 10.
- NMX-FF-027-SCFI-2007.Productos Alimenticios no Industrializados para el Consumo Humano-Fruta fresca-Naranja (*Citrus sinensis* Osbeck) – Especificaciones.
- Ramos, C.C. M; Pérez E., E. R.; Martínez M., J.; Acosta D., E. y Almeyda L., I. H. 2023. Calidad De Frutos De Cultivares De Naranja Temprana En Nuevo León. Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas 14 (1). México, ME:75-84.
- Rocha, P. M.A., y Padrón, C.J.E. 2009. El cultivo de los cítricos en el estado de Nuevo León. Libro Científico No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. CIRNE. Campo Experimental General Terán. México.
- SIAP. 2024. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción Agrícola 2024, cultivo de Naranja.
- Strano, M.C.; Altieri, G.; Allegra, M.; Di Renzo, G.C.; Paterna, G.; Matera, A.; Genovese, F. 2022. Postharvest Technologies of Fresh Citrus Fruit: Advances and Recent Developments for the Loss Reduction during Handling and Storage. Horticulturae 8, 612. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070612>
- UCR (Universidad de California Riverside). 2024. Givaudan Citrus Variety Collection at UCR.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2024. Foreign Agricultural Service. Citrus: World Markets and Trade.

Wieme J.; Mollazade K.; Malounas L.; Zude-Sasse M.; Zhao M.; Gowen A.; Argyropoulos D.; Fountas S. y Van B.J. 2022. Application of hyperspectral imaging systems and artificial intelligence for quality assessment of fruit, vegetables and mushrooms: A review, *Biosystems Engineering*, 222: 156-176.

## PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y FERTILIZACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD DE MAÍZ

<sup>1</sup>Báez-Pérez, A.; <sup>1</sup>Grageda-Cabrera, O.A.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato. [baez.aurelio@inifap.gob.mx](mailto:baez.aurelio@inifap.gob.mx).

### RESUMEN

Se estableció un experimento para evaluar algunas prácticas de manejo agronómicas y uso de fertilizantes en la producción de maíz. El ensayo se estableció en el Campo Experimental Bajío en Celaya, Guanajuato. Se sembró maíz variedad "Cimarrón" en surcos de 80 cm de ancho en terreno sin preparar, con residuos de cosecha en la superficie del suelo. Se evaluaron los siguientes tratamientos: (1) testigo sin aplicación de fertilizantes; (2) 3 t ha<sup>-1</sup> de composta; (3) 6 t ha<sup>-1</sup> de composta; (4) 250 unidades de N ha<sup>-1</sup> de urea de lenta liberación; (5) aplicación de 400 unidades de N ha<sup>-1</sup> de urea de lenta liberación; (6) 250 unidades de N ha<sup>-1</sup> de urea normal; (7) 400 unidades de N ha<sup>-1</sup> de urea normal. El fertilizante químico de lenta liberación se aplicó todo a la siembra, y en dos fracciones la urea normal: la mitad a la siembra y la otra mitad durante el aporque. Las compostas se aplicaron cuando las plantas tenían 20 cm de altura, se remarcaron los surcos, se colocó en banda al pie del cultivo y se efectuó la labor de aporque. Los resultados mostraron un rendimiento máximo de 16.8 t ha<sup>-1</sup> en los tratamientos con dosis de 400 unidades ha<sup>-1</sup> de urea (5 y 7) no hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos por el tipo de urea. Con aplicación de 250 unidades ha<sup>-1</sup> el maíz alcanzó una producción entre 13.3 y 13.9 t ha<sup>-1</sup>, mientras que con la aplicación de composta en los tratamientos 2 y 3 la producción fue de 6.6 y 7.9 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El tratamiento testigo fue el que tuvo menor producción, con 5.0 t ha<sup>-1</sup>. La máxima relación beneficio costo (2.1) se alcanzó con la aplicación de 400 unidades ha<sup>-1</sup> de urea normal.

**Palabras clave:** Cereales, productividad agrícola, fertilización.

### ABSTRACT

An experiment was established to evaluate some agronomic management practices and fertilizer use in corn production. The trial was established in the Bajío Experimental Field in Celaya, Guanajuato. "Cimarrón" variety corn was planted in 80 cm wide furrows in unprepared land, with crop residues on the soil surface. The following treatments were evaluated: (1) control without application of fertilizers; (2) 3 t ha<sup>-1</sup> of compost; (3) 6 t ha<sup>-1</sup> of compost; (4) 250 units of N ha<sup>-1</sup> of slow-release urea; (5) application of 400 units of N ha<sup>-1</sup> of slow-release urea; (6) 250 units of N ha<sup>-1</sup> of normal urea; (7) 400 units of N ha<sup>-1</sup> of normal urea. The slow-release chemical fertilizer was applied entirely at sowing, and normal urea was applied in two fractions: half at sowing and the other half during hilling. The composts were applied when the plants were 20 cm tall, the furrows were marked, they were placed in a band at the base of the crop and the hilling work was carried out. The results showed a maximum yield of 16.8 t ha<sup>-1</sup> in the treatments with doses of 400 units ha<sup>-1</sup> of urea (5 and 7). There were no significant differences ( $p < 0.05$ ) between treatments due to the type of urea. With the application of 250 units ha<sup>-1</sup> the corn reached a production between 13.3 and 13.9 t ha<sup>-1</sup>, while with the application of compost in treatments 2 and 3 the production was 6.6

and 7.9 t ha<sup>-1</sup>, respectively. The control treatment had the lowest production, with 5.0 t ha<sup>-1</sup>. The maximum cost-benefit ratio (1.8) was achieved with the application of 400 units ha<sup>-1</sup> of normal urea.

**Key words:** Cereals, agricultural productivity, fertilization.

## INTRODUCCION

El uso eficiente de insumos agrícolas contribuye con el aumento significativo en la rentabilidad y producción de maíz. En sistemas de producción agrícolas con disponibilidad de riego: el uso de variedades de maíz con alto potencial de producción, densidad de población de alrededor de 70, 000 plantas ha<sup>-1</sup> y una aplicación eficiente del fertilizante contribuyen con una mayor rentabilidad para el agricultor, comparado con sistemas de producción con más de 100, 000 plantas ha<sup>-1</sup> y uso excesivo de insumos agrícolas, que frecuentemente practican los agricultores del Bajío (Báez-Pérez *et al.* 2012). Actualmente el uso de fertilizantes nitrogenados es esencial para suministrar la demanda nutrimental que requiere la producción de granos básicos; sin embargo, el uso irracional de estos insumos provoca serios problemas de contaminación ambiental (Camargo y Alosa, 2007). Los residuos de nitrógeno reactivo (Nr), que no es aprovechado por los cultivos o inmovilizado por los microorganismos del suelo, se mueven de un sistema a otro y, a lo largo de este continuo movimiento se da lugar a modificaciones y cambios ambientales de manera secuencial, ocasionando serios problemas de contaminación. Lo anterior pone en riesgo la integridad de los agro-ecosistemas y la salud humana. El uso indiscriminado de los fertilizantes químicos además representa un aumento significativo en los costos de producción, lo que reduce la rentabilidad de esta actividad para los agricultores. Es por ello que es imprescindible una fertilización balanceada y eficiente, que limite las pérdidas. Para ello es necesario implementar prácticas agronómicas integrales, congruentes con el potencial de producción y determinadas condiciones edáficas y climáticas (Báez-Pérez *et al.*, 2015). El uso de abonos orgánicos como las compostas constituyen fuentes orgánicas al suelo y es importante su aplicación para mejorar la fertilidad del suelo, aunque el suministro de N disponible para los cultivos sería limitado. El requerimiento de nitrógeno para la producción de grano, de materia seca, área foliar, altura de la planta y diámetro del tallo, son proporcionales a la acumulación de nitrógeno en la planta durante su crecimiento. De acuerdo con estas consideraciones la aplicación de nitrógeno en diferentes dosis y fuentes puede tener diferente respuesta en el crecimiento y rendimiento del cultivo (Rodríguez-Sifuentes, 1993). El propósito del presente estudio fue evaluar prácticas de manejo agronómico y fertilización en la producción y rentabilidad del maíz.

## MATERIALES Y METODOS

### Sitio de estudio

El experimento se estableció en el INIFAP, Campo Experimental Bajío en Celaya, Guanajuato. Se ubica a los 20°34'47'' LN, 100°49'13'' LO; se encuentra a una altitud de 1765 m, el clima de la región corresponde a un BS1hw (W) eq (semiseco semicálido). La temperatura media anual oscila en 18.4 °C y la precipitación media anual es de 601 mm.

### Descripción del suelo

El suelo en el que se estableció el experimento correspondió a un *Vertisol pélico*, color oscuro y profundo (>1 m). El resultado del análisis físico-químico de suelos, para los primeros 30 cm de profundidad, evidenció un contenido de arcilla de cerca de 60 % (Cuadro 1), pH ligeramente alcalino, mediano contenido de materia orgánica y alto contenido de P extractable-Olsen, K, Ca y Mg. Sin embargo, los contenidos de Fe y Zn fueron bajos. Estas deficiencias son frecuentes en este tipo de suelos en la región Bajío.

**Cuadro 1. Características básicas físicas y químicas del suelo.**

pH	MO	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	Cu	Arena	Limo	Arcilla
												----- % -----		
												----- mg kg <sup>-1</sup> -----		
												----- % -----		
7.2	1.97	14.8	23.3	859	5441	1027	294	6.11	1.66	6.47	0.79	24.92	18.36	56.72

### El experimento

Se establecieron siete tratamientos que se describen en el Cuadro 2. El diseño experimental fue en bloques al azar con tres repeticiones y se efectuó como comparación de medias la prueba de Tukey con  $\alpha=0.05$ . Las variables agronómicas evaluadas fueron: número de plantas y mazorcas por unidad de superficie, altura de planta y rendimiento de grano.

Se sembró en seco maíz variedad "Cimarrón" en surcos de 80 cm de ancho en terreno sin preparar, con residuos de cosecha de trigo del cultivo anterior en la superficie del suelo. El fertilizante químico de lenta liberación se aplicó todo a la siembra, y en dos fracciones la urea normal: la mitad a la siembra y la otra mitad durante el aporque. Las compostas se aplicaron cuando las plantas tenían 20 cm de altura, se remarcaron los surcos, se colocó en banda al pie del cultivo y se efectuó la labor de aporque. No fue necesario el riego porque el temporal abasteció el requerimiento hídrico del cultivo.

**Cuadro 2. Descripción de tratamientos.**

Tratamiento	Urea lenta liberación		Urea normal	Composta t ha <sup>-1</sup>
	Unidades ha <sup>-1</sup>			
1	0		0	0
2	0		0	3
3	0		0	6
4	250		0	0
5	400		0	0
6	0		250	0
7	0		400	0

## RESULTADOS Y DISCUSION

La población fluctuó entre 70,000 y 80,000 plantas ha<sup>-1</sup> y no hubo diferencias significativas ( $p<0.05$ ) entre tratamientos. Por otra parte, en el número de mazorcas si hubo diferencias significativas ( $p<0.05$ ); tanto el testigo como la dosis de composta más baja tuvieron 6.3 mazorca m<sup>-2</sup> en contraste con los tratamientos con fertilizante, que tuvieron entre 7.3 y 7.9 mazorca m<sup>-2</sup>, lo cual favoreció el rendimiento

de grano. Deficiencias nutricionales, principalmente por escasez de nitrógeno puede ocasionar estrés y reflejarse en la emisión de mazorcas.

**Cuadro 3. Resultados de componentes de rendimiento**

Trat	Número		Altura planta m	Peso grano t ha <sup>-1</sup>	Relación beneficio costo
	plantas	mazorcas			
	m <sup>-2</sup>				
1	7.6a*	6.3b	2.5a	5.0c	0
2	7.3a	6.4b	2.5a	6.7bc	0.3
3	8.0a	7.1ab	2.5a	9.0b	0.5
4	7.2a	7.1ab	2.8a	13.9ab	1.0
5	8.1a	7.9a	2.7a	16.8a	1.6
6	7.3a	7.0ab	2.7a	13.3ab	1.5
7	7.0a	7.3a	2.9a	16.7a	2.1

\*Letras semejantes son estadísticamente iguales

Los resultados en la producción de maíz mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) por efecto de los tratamientos (Cuadro 3). El testigo, sin aplicación de fertilizante (1) tuvo la menor producción con 5 t ha<sup>-1</sup> (Cuadro 3), La producción de maíz aumentó en función de la dosis de composta, en los tratamientos 2 y 3 con 6.7 y 9.0 t ha<sup>-1</sup>. Los mayores rendimientos se obtuvieron con la aplicación de las dosis más altas de fertilizante, como puede apreciarse en el Cuadro 3; sin embargo, no hubo diferencias significativas en el rendimiento de grano por el tipo de urea: normal o de lenta liberación. Se evidenció que la producción de maíz estuvo en función del suministro de N. Por otra parte, se observó que la relación beneficio costo disminuyó con la aplicación de la urea de lenta liberación, ya que es hasta 50 más cara comparado con la urea normal. Con base en lo anterior, la urea normal, si se aplica correctamente, puede mantener un costo de producción que favorezca una mayor rentabilidad en la producción de maíz para el productor. Los costos del proceso productivo y el índice de ganancia en la producción de maíz variaron en función a los tipos de fertilizantes y dosis de aplicación. El costo de fertilizante químico representa entre el 33 y 51 % de la inversión total. Se aprecia que el nivel de producción de maíz por efecto de los tres tipos de fertilizantes y dosis de aplicación tuvo una respuesta lineal en función de la cantidad de N suministrado en cada uno de los tratamientos.

### CONCLUSIONES

La respuesta en la producción de maíz por efecto de la fertilización, con ambos tipos de urea, no difirieron entre sí de manera significativa. La aplicación de urea normal en dos aplicaciones (a la siembra y la primera labor) para la producción de maíz, y la aplicación total de urea de lenta liberación a la siembra, produjeron los mismos resultados. Con base en lo anterior la aplicación de urea normal representó una mayor relación beneficio-costos y mayor rentabilidad en la producción de maíz. El empleo de abonos orgánicos como la composta debe aplicarse con alguna dosis de fertilización química como complementos



para el suministro de nitrógeno. La implementación de prácticas de agricultura de conservación constituyó un ahorro de 30 % en los costos de producción.

### REFERENCIAS

- Báez-Pérez, A., Arreola-Tostado, J. M., Triomphe, B., Bautista-Cruz, A. y Licea-Morales, P. J. 2014. Implementación de la siembra directa para producción de cebada maltera en el estado de Guanajuato. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(8), 1509-1519.
- Báez-Pérez, A., V. Saynes, J.D. Etchevers-Barra. 2015. Efecto de la fertilización nitrogenada en la emisión de N<sub>2</sub>O y el potencial de producción de maíz en el estado de Guanajuato. In: *Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2015*. Paz-Pellat, F., C.J. Wong-González, R. Torres-Alamilla (Eds.) Libro del Programa Mexicano del Carbono. Villa Hermosa, Tabasco México. pp. 169-178.
- Camargo, J.A., A. Alonso. 2007. Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. *Ecosistemas* 6:98-110.
- Rodríguez-Sifuentes, J. 1993. *La fertilización de los cultivos un método racional*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de agronomía. Santiago de Chile, Chile.

## EFFECTO DE LA FECHA DE SIEMBRA SOBRE EL RENDIMIENTO DEL GRANO DE MAÍZ EN EL SUR DE SONORA

Barrales G. B<sup>1</sup>; Cubedo R. E. A.<sup>1</sup>; Arvizu M. C. N.<sup>1</sup>; Marroquín M. J. A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP. Carretera Norman E. Borlaug, Ciudad Obregón, Sonora, México.

Autor de correspondencia (barrales.benjamin@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El maíz es parte del padrón de cultivos básicos en el sur de Sonora, ya que aporta el 2.3 % de la producción nacional. La fecha de siembra influye sobre el rendimiento del grano, ya que modifica las condiciones en las que se desarrolla. Se ha planteado como alternativa rentable siembras tardías que van del 15 de diciembre al 31 de enero (OI), lo que podría evitar pérdidas por heladas. No obstante, se debe considerar que entre más tarde se establezca la siembra, las plantas estarán más expuestas un mayor tiempo a altas temperaturas diurnas y nocturnas en la etapa de llenado del grano. Considerando que la fecha de siembra influye en el rendimiento del grano, el objetivo de esta investigación es identificar la mejor fecha de siembra que permita obtener altos rendimientos del grano, así como, identificar híbridos comerciales sembrados en la región del sur de Sonora con mayor estabilidad de rendimiento. Se estableció un experimento de 5 fechas de siembra y 12 híbridos comerciales de maíz bajo un diseño de parcelas divididas distribuidas en bloques al azar. La fecha de siembra con el mayor rendimiento promedio fue la número uno (16 de noviembre de 2018) con 14.08 t/ha, además, diez de los híbridos evaluados incluyendo los dos testigos, presentaron rendimientos superiores al reportado en el sur de Sonora (11.7 t/ha). Para el caso de la segunda fecha de siembra (21 de diciembre del 2018), se obtuvo un rendimiento promedio de 11.4 t/ha, así mismo, se detectó que los híbridos DK-4050 y DK-4055 presentaron los rendimientos más altos a los reportados en la región con 13.7 y 12.7 t/ha, respectivamente. Sin embargo, las fechas de siembra tardías, cuatro y cinco (23 de enero y 14 de febrero del 2018) el rendimiento promedio se redujo de 8.9 a 6.3 t/ha, respectivamente. Por lo tanto, con estos resultados se concluye que las fechas de siembra tempranas (16 de noviembre y el 21 de diciembre) son las mejores para la producción de maíz. Finalmente, se observó que los híbridos (DK-4050 y DK-4055) presentaron mayor estabilidad de rendimiento en las tres primeras fechas de siembra.

**Palabras clave:** fechas de siembra; rendimiento; promedio.

### ABSTRACT

Maize corn is part of the basic crop list in southern of Sonora, since it contributes 2.3% of the national production. The planting date influences the grain yield, since it modifies the conditions in which it develops. Late planting from December 15 to January 31 (AW) has been proposed as a profitable alternative, which could avoid losses due to frost. However, it should be considered that the later planting is established, the more exposed the plants will be for a longer time to high daytime and nighttime temperatures in the grain filling stage. Considering that the planting date influences the grain yield, the aim of this study is to identify the best planting date that allows obtaining high grain yields, as well as to identify commercial hybrids planted in the southern of Sonora region with greater yield stability. An

experiment was established with 5 planting dates and 12 commercial corn hybrids under a split plot design distributed in random blocks. The planting date with the highest average yield was number one (November 16, 2018) with 14.08 t/ha, in addition, ten of the hybrids evaluated, including the two witnesses, presented higher yields than those reported in southern of Sonora (11.7 t/ha). In the case of the second planting date (December 21, 2018), an average yield of 11.4 t/ha was obtained, likewise, it was detected that the hybrids DK-4050 and DK-4055 had the highest yields than those reported in the region with 13.7 and 12.7 t/ha respectively. However, on late planting dates, four and five (January 23 and February 14, 2018), the average yield was reduced from 8.9 to 6.3 t/ha, respectively. Therefore, based on these results, it is concluded that early sowing dates (November 16 and December 21) are the best for corn production. Finally, it was observed that the hybrids (DK-4050 and DK-4055) presented greater yield stability in the first three sowing dates.

**Key words:** planting date; yield; average.

## INTRODUCCION

En la región del sur de Sonora que abarca los valles del Yaqui y Mayo, el ciclo Otoño-Invierno (OI) es el mejor para la producción de maíz. El cultivo de maíz participa en el padrón de cultivos básicos, ya que aporta el 2.3 % en la producción nacional (SIAP, 2022). La mayor parte de la superficie sembrada en el sur de Sonora cuenta con sistema de riego, lo que permite tener mayor eficiencia de los factores para la producción y obtener altos rendimientos de grano. Se sabe que la fecha de siembra influye sobre la productividad, ya que modifican las condiciones en las que se desarrolla el maíz. Las variedades son otro de los factores críticos en este sistema de producción (Ramírez et al., 2010). La fecha de siembra ha sido modificada en el sur de Sonora a través de los años. En el año 2000, el maíz se establecía desde el 10 de agosto hasta el 10 de septiembre, el ciclo era corto, entre cinco meses y medio donde se obtenían hasta 6.5 t/ha (Ortega et al., 2003). Hasta hace algunos años, (Ortega et al., 2003) reportaron que la fecha para OI, abarcaba desde septiembre hasta el 31 de octubre. En siembras de octubre, el ciclo se prolongaba hasta siete meses y presentaba mayor potencial de rendimiento a más de 10 t/ha. Sin embargo, se planteaba que existía el riesgo de perder totalmente la producción por presencia de heladas entre los meses de enero y febrero (Valenzuela et al., 2019). Los mismos autores (Valenzuela et al., 2019), plantearon como alternativa rentable siembras tardías que van del 15 de diciembre al 31 de enero, lo que podría evitar pérdidas por heladas. No obstante, se debía considerar que entre más tarde se establezca la siembra, las plantas estarán más expuestas un mayor tiempo a altas temperaturas diurnas y nocturnas en la etapa de llenado del grano (Ojeda et al., 2006). En este contexto, considerando que la fecha de siembra influye en el la duración del ciclo del cultivo y por ende en el rendimiento del grano, el objetivo de la investigación fué identificar la mejor fecha de siembra que permita obtener altos rendimientos del grano, así como, identificar híbridos comerciales sembrados en la región del sur de Sonora con mayor estabilidad de rendimiento.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo durante el ciclo agrícola Otoño-Invierno 2018-2019 en el Campo Experimental Norman E. Borlaug del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en Ciudad Obregón, Sonora.

### **Fechas de siembra e híbridos de maíz a evaluar**

Se evaluó el efecto del rendimiento en 12 híbridos comerciales con cinco fechas de siembra (**Cuadro 1**). Las fechas de siembra fueron establecidas en función a la fecha recomendada por el campo experimental y de acuerdo al ciclo del cultivo de la región. En cada fecha de siembra se utilizaron 10 híbridos de maíz y dos híbridos como testigos.

### Diseño experimental y manejo del cultivo

El diseño experimental utilizado en el experimento fue en parcelas divididas con bloques completos al azar, donde, la parcela principal (grande) fueron las fechas de siembra y la subparcela fueron los híbridos evaluados. Cada fecha de siembra se compuso de seis repeticiones. La unidad experimentan constó de cuatro surcos de seis metros de longitud, la parcela útil fueron los dos surcos centrales de cuatro metros, eliminando un metro de cada extremo para descartar la no competencia entre plantas. La densidad de siembra fue de 8 plantas por metro lineal con una separación entre surco de 80 cm, obteniendo una densidad de siembra de 100 mil plantas por hectárea.

**Cuadro 1.** Fechas de siembra e híbridos evaluados en el ciclo Otoño-Invierno 2018-2019.

Fechas de siembra	Híbridos
Fecha 1 (16 de noviembre de 2018)	SYN904W
Fecha 2 (21 de diciembre de 2018)	SYN925W
Fecha 3 (08 de enero de 2019)	P3140W
Fecha 4 (23 de enero de 2019)	P3258W
Fecha 5 (14 de febrero de 2019)	P3289W
	DK-2048
	DK-4050
	DK-4055
	MIIA777
	HIPOPÓTAMO
	TESTIGO 1 (ARMADILLO)
	TESTIGO 2 (CARIBÚ)

La siembra del experimento se realizó en seco y posteriormente se realizó el riego de germinación. Según la fecha de siembra, se aplicaron cuatro, cinco o seis riegos de auxilio. Se fertilizó con la fórmula 300-50-00 o 550 kg de Urea aplicada en dos oportunidades: la mitad del nitrógeno y el fósforo antes de la siembra y el resto del nitrógeno antes del primer riego de auxilio. La maleza se controló con el herbicida Gesaprim (Atrazina y diamina) aplicado en preemergencia (180 gr/200 lts de agua). Las plagas del follaje, gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y pulgón del maíz (*Rhopalosiphum maidis*), se controlaron con Cypervel (cipermetrina) y Pounce (permetrina) en dosis recomendadas.

### Variable evaluada

1.- Rendimiento del grano: una vez cosechada cada parcela útil del experimento, se obtuvo el peso en kilogramos del total de las mazorcas cosechadas. Con los datos obtenidos, se procedió a estimar a partir de la parcela útil (6.4 m<sup>2</sup>) el rendimiento del grano en toneladas por hectárea ajustado al 14 % de humedad. Para este propósito, se consideró el procedimiento descrito por (Sánchez, 2004).

### Modelo y análisis estadístico

El modelo para analizar la información obtenida se eligió de acuerdo al diseño del experimento en parcelas divididas con bloques completos al azar (Kuel, 2000).

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_k + E_{ik} + B_j + AB_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Observación de la variable respuesta obtenida del ensayo

$\mu$  = Media general

$A_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento de la parcela grande (Fecha de siembra)

$E_{ik}$  = Error de la parcela grande (Interacción Bloque\*Parcela grande)

$B_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo tratamiento de la parcela chica (Híbridos)

$AB_{ij}$  = Interacción de la parcela grande y la subparcela

$E_{ijk}$  = Error de la parcela chica (Híbridos)

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para la variable rendimiento del grano con un intervalo de confianza del 95% ( $P \leq 0.05$ ). Finalmente, se realizó una prueba de comparación de medias utilizando LSD (Least Significant Difference) de Fisher al 5%, con la finalidad de identificar la mejor fecha de siembra, así como, enlistar los híbridos que tuvieron el mejor rendimiento. Para poder determinar que híbridos fueron los mejores en rendimiento para cada fecha de siembra, se realizó una prueba "t-Student" tomando como valor de referencia el rendimiento promedio del grano de maíz en el sur de Sonora (11.7 t/ha) (FIRA, 2024). Todos los análisis estadísticos se realizaron con el lenguaje de programación R (R Core Team, 2024).

## RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianza detectó diferencias significativas para el rendimiento de grano ( $P < 0.00301$ ), se concluye que si hay interacción entre los híbridos evaluados y las fechas de siembra. Por otro lado, también se observa que hay diferencias significativas para las fechas de siembra en la variable evaluada ( $P < 7.53e-12$ ).

Se detectaron 20 grupos pertenecientes a las 60 combinaciones obtenidas de los 12 híbridos y las 5 fechas de siembra de acuerdo a la comparación de medias utilizando la prueba LSD de Fisher. En el grupo 1 (**Cuadro 2**), se encuentran los híbridos DK-4050, P3258W, HIPOPÓTAMO, CARIBÚ (testigo 2), P3289W y DK-4055 con los rendimientos más altos del experimento, todos ellos pertenecientes a la primer fecha de siembra (16 de noviembre del 2018). Esto concuerda con lo reportado por (Cantú et al., 2010), donde establecen que el rendimiento varían con la fecha de siembra y que esta ligado a condiciones climáticas del cultivo.

**Cuadro 2.** Híbridos de maíz con el mayor rendimiento y la mejor fecha de siembra en el experimento

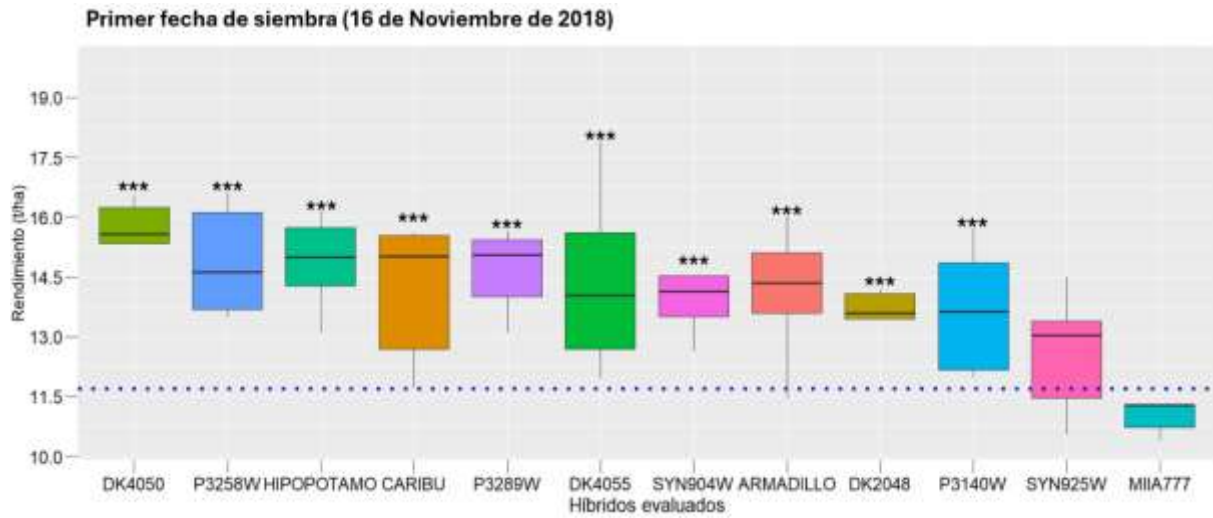
Fecha de siembra	Híbrido	Rendimiento (T/ha)
Fecha 1	DK-4050	15.79
Fecha 1	P3258W	14.88
Fecha 1	HIPOPÓTAMO	14.87
Fecha 1	CARIBÚ (Testigo 2)	14.85
Fecha 1	P3289W	14.67
Fecha 1	DK-4055	14.38

**Fecha de siembra 1:** 16 de noviembre del 2018; **CARIBÚ:** Testigo 2.

### Fecha de siembra 1

El rendimiento promedio en la primera fecha de siembra (16 de noviembre de 2018) fue 14.08 t/ha, destacando el híbrido DK-4050 que presentó el rendimiento más alto con 15.7 t/ha, por el contrario, el híbrido MIIA777 presentó el un rendimiento mucho menor con 11.2 t/ha. Por otro lado, la prueba t-Student identificó 10 híbridos con rendimientos superiores a la media reportada en el sur de Sonora, incluyendo a los testigos uno y dos (ARMADILLO

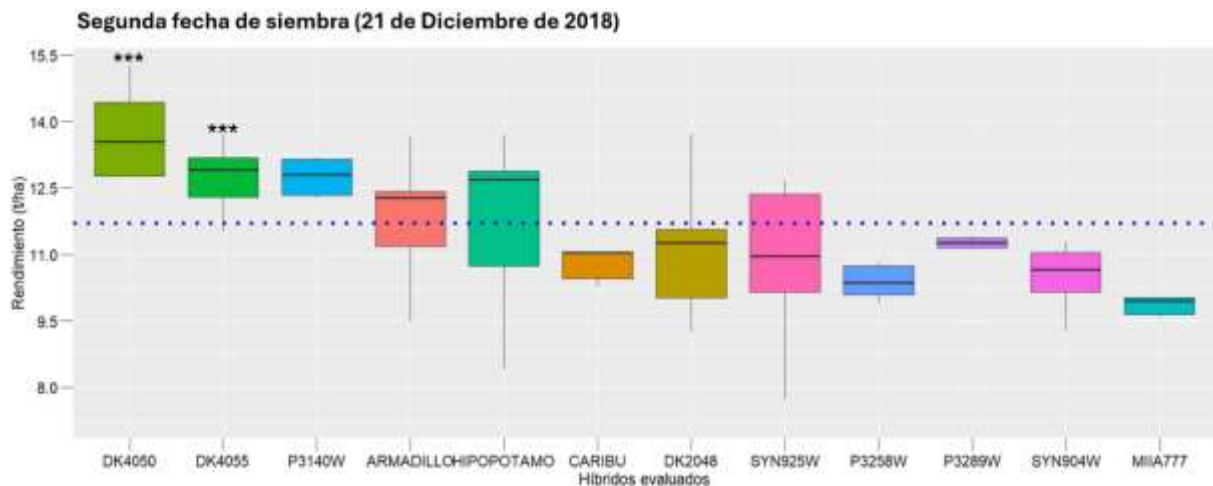
y CARIBÚ). Este comportamiento de la fecha de siembra y rendimiento ha sido mencionado en trabajos en el Valle de Culiacán, Sinaloa (Ramírez, 2010). (Figura 1).



**Figura 1.** Primera fecha de siembra; prueba t-Student  $p < 0.05$  \*\*\*; línea punteada azul, es el rendimiento promedio de maíz en el sur de Sonora (11.7 t/ha).

### Fecha de siembra 2

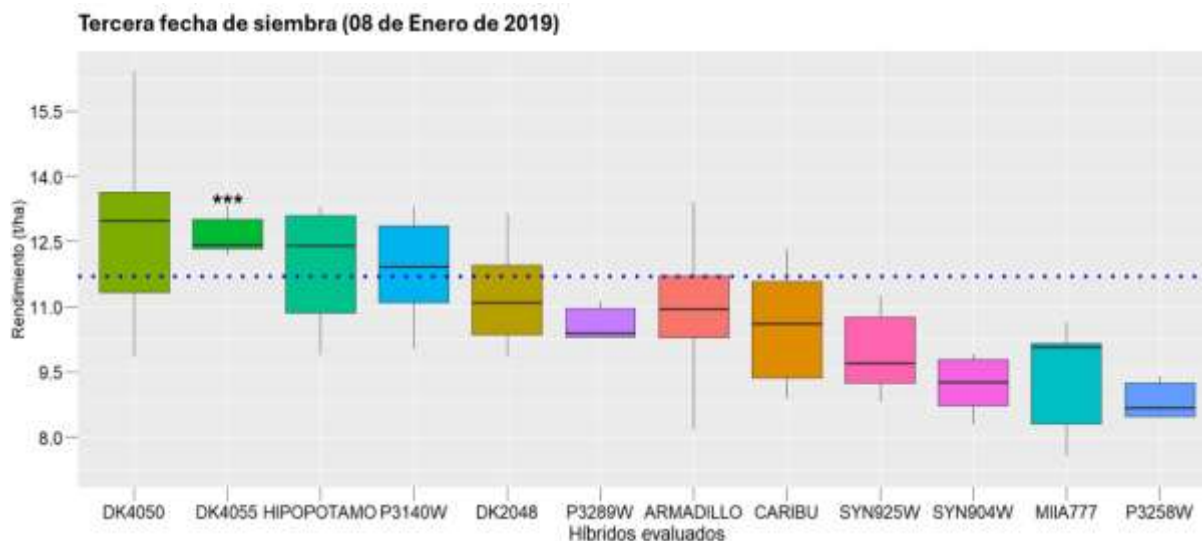
La segunda fecha de siembra (21 de diciembre del 2018) presentó un rendimiento promedio de 11.4 t/ha, comparada con la primera fecha, hubo una disminución del rendimiento del grano de 2.6 t/ha. El híbrido DK-4050 presentó el rendimiento más alto con 13.7 t/ha y el híbrido MIIA777 el más bajo con 9.8 t/ha. Ambos híbridos tuvieron la misma tendencia de rendimiento de maíz en la fecha de siembra número uno. De acuerdo con la prueba t-Student, los híbridos con la mejor respuesta de rendimiento fueron DK-4050 y DK-4055 con 13.7 y 12.7 t/ha, respectivamente (Figura 2). Lo anterior demuestra que en zonas templadas, como el sur de Sonora, el retraso de la siembra en maíz provoca acortamiento del periodo vegetativo debido al incremento de las temperaturas (Cirilo & Andrade, 1994).



**Figura 2.** Segunda fecha de siembra; prueba t-Student  $p < 0.05$  \*\*\*; línea punteada azul, es el rendimiento promedio del grano de maíz en el sur de Sonora (11.7 t/ha).

### Fecha se siembra 3

La tercera fecha de siembra (08 de enero de 2019), tuvo un rendimiento promedio de 10.8 t/ha. De acuerdo a la prueba t-Student, el híbrido DK-4055 presentó un rendimiento de grano mayor a la media reportada en el sur de Sonora con 12.8 t/ha. Por otro lado, al comparar el rendimiento de la primera fecha de siembra y la tercera, se observa que hay una reducción de 3.28 t/ha. El comportamiento a reducir el rendimiento se observa del mismo modo al comparar la fecha de siembra tres con la número dos con 0.6 t/ha. Lo anterior coincide en un estudio de (Ramírez, 2010).



**Figura 3.** Tercera fecha de siembra; prueba t-Student  $p < 0.05$  \*\*\*; línea punteada azul, es el rendimiento promedio del grano de maíz en el sur de Sonora (11.7 t/ha).

### Fechas de siembra 4 y 5

El rendimiento promedio para la cuarta fecha de siembra de maíz en el sur de Sonora fue de 8.9 t/ha, el híbrido con el rendimiento mayor fue HIPOPÓTAMO con 10.6 t/ha y el híbrido que tuvo el rendimiento más bajo fue MIIA777 con 6.5 t/ha. Así mismo, esta fecha tuvo una reducción del rendimiento de 5.18 t/ha comparada con la fecha de siembra uno. Por otro lado, en la quinta fecha de siembra, el rendimiento de maíz promedio fue de 6.3 t/ha. El híbrido con el rendimiento mayor fue SYN925W con 6.9 t/ha, el rendimiento se redujo en 7.7 t/ha al comparar esta fecha con la número uno. Para ambas fechas, la prueba t-Student no detectó ningún híbrido superior al rendimiento promedio de la región. Es probable que este comportamiento en las siembras tardías (4 y 5), estén asociadas con el efecto negativo de las altas temperaturas diurnas y nocturnas durante el desarrollo fenológico y principalmente en la etapa de floración (disminución de granos fecundados) del cultivo (Martínez, 2015).

Lo anterior, es consecuencia de la desecación de granos de polen o estigmas, la reducción de la tasa de llenado de grano, que afecta su número y peso de los mismos (Castellanos, 2020; Suzuki et al., 2001).

### CONCLUSIONES

1.- La primera fecha de siembra (16 de noviembre de 2018) fue la que presentó el promedio de rendimiento más alto del experimento con 14.08 t/ha, a la vez, 10 de los híbridos evaluados tuvieron rendimientos superiores a la media del sur de Sonora. Por lo tanto, se considera la fecha óptima para sembrar maíz en la región.

2.- La segunda fecha de siembra (21 de diciembre de 2018), tuvo un promedio de 11.4 t/ha. Sin embargo, sólo los híbridos DK-4050 y DK-4055 mantuvieron la estabilidad de rendimiento superior a los 11.7 t/ha.

3.- A medida que se vuelven más tardías las fecha de floración existe una reducción significativa en el rendimiento del grano de maíz, particularmente, después del 23 de enero.

## REFERENCIAS

- Cantú, A. M. Á. , Reyes. M. C. A., Rodríguez del B. L. Á. (2010). LA FECHA DE SIEMBRA: Una alternativa para incrementar la producción de maíz.
- Castellanos, Z. Javier. E. B. D. Jorge. P. D. Miguel. G. H. Sara. O.-M. Iván. A. G. Andrés. M. C. Jaime. V. V. C. (2020). ¿Cómo crece y se nutre una planta de maíz? (Segunda Edición). Fertilab.
- Cirilo, A. G., & Andrade, F. H. (1994). Sowing Date and Maize Productivity: I. Crop Growth and Dry Matter Partitioning. *Crop Science*, 34(4), 1039–1043.
- FIRA. (2024). Sistema de Costos Agrícolas Resumen de Costos Sonora .
- Kuel, R. O. (2000). Diseño de experimentos. Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación (Segunda edición). Thomson Learning.
- Martínez, A. D. L. (2015). Ecofisiología del cultivo de maíz. INTA Ediciones (Colección Recursos), 6–30.
- Ojeda, B. W. , Sifuentes. I. E. , Unland. W. H. (2006). Programación integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa, México . *Agrociencia* , 40, 13–25.
- Ortega, C. Alejandro. C. A. Oscar. G. H. M. de Jesús. C. J. J. Manuel. O. E. J. Eliseo. T. E. L. Migue. P. C. J. José. Á. Z. Ricardo. F. V. P. (2003). El cultivo del maíz, una alternativa para el ciclo otoño-invierno en el sur de Sonora .
- R Core Team. (2024). R: A Language and Environment for Statistical Computing; Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Ramírez, D. J. L. , Wong. J. J. P. , Ruíz. A. C., Chuela, B. M. (2010). Cambio de fecha de siembra del maíz en Culiacán, Sinaloa, México . *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(1), 61–68.
- Sánchez, H. (2004). Manual tecnológico del maíz amarillo duro y de buenas prácticas agrícolas en Huaura-Departamento de Lima .
- SIAP. (2022). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera .
- Suzuki, K., Tsukaguchi, T., Takeda, H., & Egawa, Y. (2001). Decrease of Pollen Stainability of Green Bean at High Temperatures and Relationship to Heat Tolerance. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126(5), 571–574.
- Valenzuela, J. R. , Borbón A. G. , Montoya, L. C. (2019). Determinación de fechas de siembra en maíz con menor riesgo de daño por heladas en el sur de Sonora, ciclo 2017-2018. *Memoria Del Día Del Agricultor 2019*, 26, 47–48.



## DIVERSIDAD PARA COLOR DE LA TESTA ENTRE POBLACIONES DE AJONJOLÍ, COLECTADAS EN EL CENTRO Y NOROESTE DE MÉXICO

Llaven V. G<sup>1\*</sup>; Castillo G. F<sup>1</sup>; García L. E<sup>2</sup>, Cruz I. S<sup>1</sup>; Hernández H. A<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Recursos Genéticos y Productividad – Genética, Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, C.P. 56230, Estado de México.

<sup>2</sup> INIFAP-Campo Experimental Valle del Fuerte, Carr. Internacional México-Nogales km 1609, Juan José Ríos, Guasave, C.P. 81110, Sinaloa.

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México -Campus Guasave. Carretera Internacional entronque a carretera La Brecha SN, Ejido Burrioncito, C.P. 81149, Sinaloa.

Email: [llaven.genny@colpos.mx](mailto:llaven.genny@colpos.mx);

### RESUMEN

El ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) es una oleaginosa con demanda para consumo directo e industrial por su valor nutricional y componentes fitoquímicos. El color de la cubierta parece estar relacionado con las propiedades bioquímicas de la semilla, el contenido y la actividad de los antioxidantes, propiedades biológicas por su contenido de flavonoides, aminoácidos y derivados, lignanos y terpenoides. Con el fin de evaluar la diversidad genética e identificar y generar conocimiento de variabilidad en color de la testa de la semilla en colectas de ajonjolí del centro y noroeste de México se colectaron 72 poblaciones de ajonjolí en los estados de Oaxaca, Michoacán, Guerrero, Sinaloa y Sonora, se evaluaron en campo bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Se registraron parámetros de color para las variables  $L^*$ ,  $a^*$ , y  $b^*$  a través de lecturas en un equipo Hunter-Lab miniscan XEPLUS. Se calculó el tono (hue) o ángulo (q) por medio de la expresión  $\arctan(b^*/a^*)$ , y el croma como:  $[(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$ . Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANDEVA), de componentes principales (ACP) y de conglomerados jerárquicos. permitiendo identificar grupos de poblaciones por color donde el análisis de componentes principales (CP), con base en  $L^*$ , hue y croma, indicó que el primer CP explica 95% de la variación total para las poblaciones evaluadas y los atributos considerados; presenta asociaciones positivas con brillantez, croma y hue y permite detectar agrupaciones por semejanzas entre poblaciones.

**Palabras clave:** componentes nutricionales; calidad de semilla; color de semilla; pigmentos naturales.

### ABSTRACT

Sesame (*Sesamum indicum* L.) is an oilseed with demand for direct and industrial consumption for its nutritional value and phytochemical components. The color of the cover appears to be related to the biochemical properties of the seed, the content and activity of antioxidants, biological properties for its content of flavonoids, amino acids and derivatives, lignans and terpenoids. In order to evaluate genetic diversity and identify and generate knowledge of color variability of the seed head in sesame harvests in central and northwestern Mexico, 72 sesame populations were collected in the states of Oaxaca, Michoacán, Guerrero, Sinaloa and Sonora, were evaluated in the field under a completely random design with three replications. Color parameters were recorded for variables  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  through readings on a Hunter-Lab miniscan XEPLUS. Pitch (hue) or angle ( $q$ ) was calculated by means of the expression  $\arctan(b^*/a^*)$ , and chroma calculated as:  $[(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$ . The data were analyzed by analysis of variance (ANDEVA), major components (ACP) and hierarchical clusters. allowing to identify population groups by color where principal component (PC) analysis, based on  $L^*$ , hue and chroma, indicated that the first PC explains 95% of the total variation for the evaluated populations and the attributes considered; presents positive associations with brilliance, chroma and hue and allows to detect clusters by similarities between populations.

**Key words:** Nutritional components; seed color; seed quality; natural pigments.

### INTRODUCCIÓN

El sésamo o ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) es una semilla oleaginosa cuyo centro de origen aún es polémico, entre India y Etiopía. La diversidad genética de las variedades locales se considera valiosa y esencial para el futuro de la producción mundial. Su demanda ha aumentado debido al interés comercial para consumo directo e industrial en sus diversos valores nutricionales, componentes fitoquímicos y terapéuticos (Dossou *et al.*, 2022); así como por su contenido y relación de proteínas – aminoácidos, y de aceites – ácidos grasos, vitaminas, minerales (Chávez-Ontiveros, 2020); se introdujo a México en la época colonial, y su cultivo se estableció en regiones de clima cálido, en gran medida en estados de la costa del Océano Pacífico.

Existe una considerable variabilidad genética en las colecciones de germoplasma de sésamo según estudios de descripción fenotípica, que han permitido detectar cualidades agrónomicamente útiles y proporcionar información para los programas de mejoramiento genético (Das y Ghosh, 2010, Sharma, 2014; el color de la cubierta de la semilla es un parámetro que repercute en mejor precio en el mercado, por su demanda en industrias farmacéuticas, de

La diversidad del ajonjolí en México se ha estudiado de manera insuficiente; con el propósito estudiar de manera sistemática tal diversidad, que ha evolucionado bajo domesticación desde la introducción del cultivo a México. Se hizo una exploración de colecta en varios estados de la vertiente del Pacífico y se logró conjuntar 73 poblaciones. Se estableció un estudio de granos enteros considerando la valoración del color psicofísico dado por las tres magnitudes:  $L^*$  (luminosidad),  $C^*$  (croma) y  $H^*$  (tono), a partir de la caracterización del color que se logra mediante las coordenadas de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , lo cual permite registrar de manera objetiva las diferencias de color en su naturaleza de variación continua y porque mediante la distancia euclidiana entre las lecturas  $a^*$  y  $b^*$  corresponde cercanamente a la diferencia de color percibida por un observador (León., *et al*, 2006). Esto; permitirá construir una perspectiva para valoración posterior de compuestos bioquímicos funcionales relacionados con los pigmentos. El objetivo de este trabajo fue identificar y generar conocimiento de diversidad en color de la testa en poblaciones de ajonjolí del centro y noroeste de México, variación del color que permita su clasificación genética y con características agronómicas sobresalientes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material Genético y Diseño experimental

Se evaluaron 73 poblaciones de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) colectadas en diferentes estados de la vertiente de Océano Pacífico de México: Michoacán, Oaxaca, Guerrero, Sinaloa, y Sonora (Figura 1). La elección de las colectas para este estudio fue la preferencia local de cada una de ellas por su adaptación, comportamiento agronómico, rendimiento y color de grano.



**Figura 1.** Estados donde se realizaron exploraciones para la colección de muestras de semilla de ajonjolí (*Sesamum indicum* L).

### Preparación de muestra para el estudio de color

Se midió el color del grano de 73 colectas de ajonjolí en términos de los valores  $L^*$ ,  $a^*$ , y  $b^*$  (McDougall, 2000 y McGuire, 1992), con un equipo Hunter-Lab miniscan XEPLUS (Mod. PL50); la medición de los parámetros de color en la metodología CIELAB, método planteado por la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). Las lecturas se tomaron por triplicado sobre una muestra de 10 g de grano colocada en una cápsula de plástico transparente. Se calculó el “tono” o ángulo (Hue) por medio de la expresión:  $\arctan(b^*/a^*)$ , valor angular que indica el cuadrante correspondiente al color de la muestra en un sistema cartesiano, donde el eje X corresponde a los valores de  $a^*$  y el eje Y a los de  $b^*$  ( $0^\circ$  = color rojo-púrpura;  $90^\circ$  = amarillo;  $180^\circ$  = azul verdoso; y  $270^\circ$  = azul). El “Croma” se calculó como la distancia:  $[(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$ . La cromaticidad indica la intensidad o concentración del color predominante dentro del cuadrante (McGuire, 1992 y MacDougall, 2010).

**Análisis estadístico.** Se realizó análisis de varianza para cada variable, mediante el procedimiento GLM del SAS versión 9.4 (SAS, Institute 2004). Para comparación de medias se aplicó la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Se realizó también un análisis de componentes principales y se graficó la dispersión de las poblaciones sobre el plano determinado por las dos primeras componentes, así como las correlaciones de las variables con esos dos componentes. Se realizó también un análisis de conglomerados y se obtuvo el dendrograma correspondiente (Johnson, 2000).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de Varianza (ANOVA)

El análisis de varianza señaló que hubo diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) entre poblaciones para parámetros de la escala HunterLab los coeficientes de variación fueron aceptables: 0.64, 1.85, 0.91, 0.97, 1.06% para L\*, a\*, b\*, Croma y Hue, respectivamente.

### Resultados por componentes principales.

El análisis de componentes principales (CP) indicó que con el primer componente es posible explicar 95% de variación entre los tres atributos evaluados para las poblaciones, y el primer vector característico presenta asociaciones positivas en Brillantez, Croma y Hue., este componente principal uno estuvo relacionado con la brillantez (L\*). El segundo componente presenta asociaciones negativas indica menor brillantez y tonalidad refiere a poblaciones con color de testa oscuras. El tercer componente muestra asociación negativa en tonalidad con -79.8% se relaciona con testas de muy baja tonalidad sin embargo con brillantez y cromaticidad aportando información que contribuyen, de forma significativa, a la conformación de grupos, dentro de una amplia colección (Cuadro 1) (Varga *et al.*, 2019).

Los parámetros de color de la escala HunterLab indican que brillantez (L\*) osciló entre 45.12 a 65.86 en las poblaciones consideradas para tonalidades claras; mientras que los considerados como de tonalidades oscuras a negro presentaron valores que van de 0.01 a 2.16; la comparación de medias muestra agrupaciones con valores de mayor luminosidad para las poblaciones de Francisco Toribio y Jesús Díaz con valores de 65.86 y 64.97, respectivamente, consideradas como las de color más claro, siendo estadísticamente diferente presentan elevada luminosidad (Cuadro 1) (Alvis *et al.*, 2017).

**Cuadro 1.** Valores y vectores propios del análisis de componentes principales para 73 poblaciones de ajonjolí, para las tres variables de color de testa.

	CP1	CP2	CP3
<b>Valor Propio</b>	2.8636	0.1032	0.0332
<b>Proporción</b>	0.9545	0.0344	0.0111
<b>Acumulada</b>	0.9545	0.9889	1.0000
<b>Vectores propios</b>			
<b>Variables</b>	Prin1	Prin2	Prin3
<b>Brillantez (L*)</b>	0.576287	-0.618789	0.533847
<b>Cromaticidad (Croma)</b>	0.571694	0.772031	0.277729
<b>Tonalidad (Hue)</b>	0.584002	-0.145146	-0.79867

Proporción: fracción de la varianza global explicada por cada CP; Acumulada: fracción de la varianza global explicada por el CP de referencia más los anteriores.

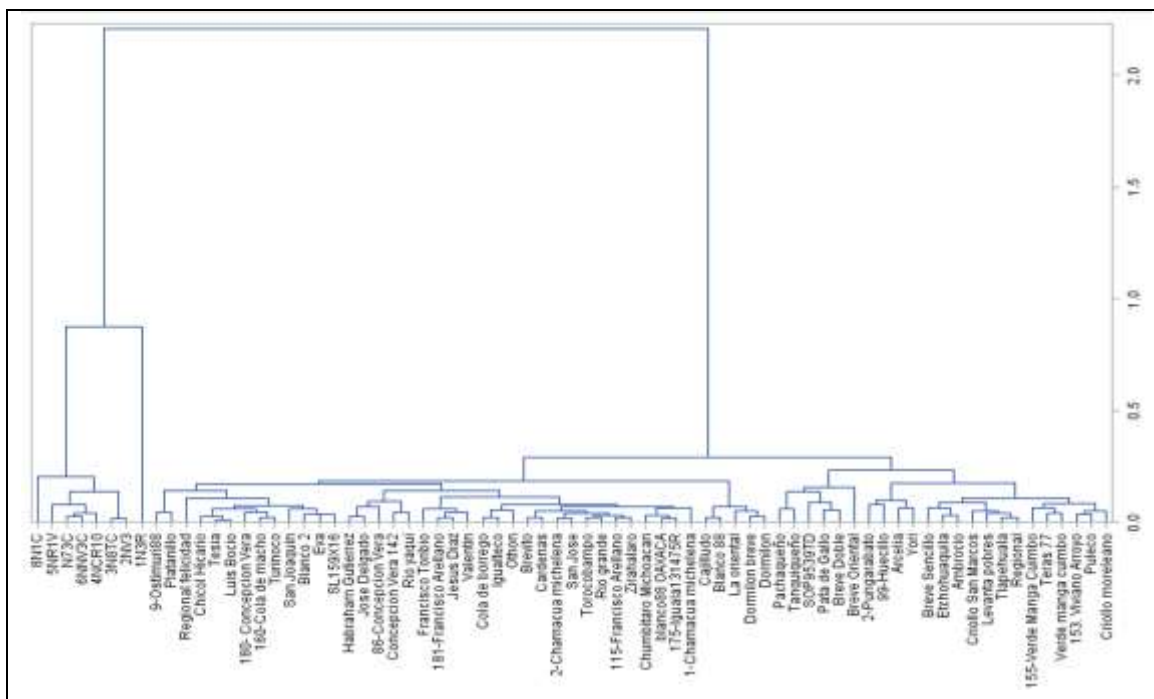
Estos resultados permitirán orientar líneas de investigación relacionados con la conservación, y mejoramiento aprovechando la diversidad genética de esta oleaginosa distribuida en el territorio mexicano.

Los valores de cromaticidad (Croma) fluctuaron entre 26.11 a 38.25 para las poblaciones de tonalidades claras a intermedias con un promedio de 31.10 (Figura 2), donde la población de Breve oriental presentó el valor más alto; las 8 poblaciones de tonos claramente oscuros presentaron color en la testa desde negro claro a negro intenso, la población de menor cromaticidad fue 3N8TC con valor de 0.05 y la de mayor correspondió a 1N3R con 6.09. Estos con resultados son semejantes a los de Salinas, (2005), quienes evaluaron coloraciones de granos de maíz morado de la raza Arrocillo, Cónico y Purépecha, con valores de croma alrededor de 2.5. En 10 líneas de granos morado rojizo, rojo y azul oscuro observaron valores de croma entre 6.2 y 11.8.

Los rangos de Hue oscilaron entre 71.03 a 77.49 en las poblaciones de color de testa de tonos claros a intermedios; para poblaciones de testa de tonos oscuros de los valores fueron de 13.26 a 52.48. En esta investigación se observó que el color de testa del ajonjolí fue más oscuro conforme el valor de Hue fue menor, coincide con resultados reportados por Mendoza *et al.*, (2017), quienes reportan valores promedio en los granos de maíz de color de 10.5, 3.3, 2.2 y 39.90 para L\*, a\*, b\* y ángulo Hue, respectivamente.

### **Análisis de conglomerados**

De acuerdo con la valoración del color de la testa en semilla de ajonjolí para las 73 poblaciones, al aplicar el análisis de conglomerados se observan los siguientes grupos: 5 poblaciones de color claro, 37 de color crema, 23 se color marrón, y 8 poblaciones de color oscuro (Figura 2).



**Figura 2.** Relaciones de similitud en poblaciones de Ajonjolí (*Sesamun Indicum* L) de colores claros y oscuros, con base a Brillantez (L\*), Cromo (C\*) y Hue (H\*).

Entre las diferentes características del ajonjolí de alta calidad, el color es uno de los atributos importantes, puesto que está relacionado con la selección de nuevas variedades mejoradas de acuerdo a la demanda de mercado local, regional, nacional e internacional (Romero-Baranzini, 2010), rasgo adecuado para estudiar la evolución del ajonjolí, debido a su preferencia en determinadas regiones en los principales países productores (Zhang, *et al.*, 2012). Estos antecedentes explican en gran parte la diversidad del color de la testa en las poblaciones ajonjolí presentes en las regiones exploradas de México.

## CONCLUSIONES

En la diversidad de las poblaciones de ajonjolí colectadas en diversas regiones de la vertiente del Océano Pacífico se presenta variación para el color de la testa; el estudio permitió la clasificación por color de grano. Las poblaciones de semilla de color claro a intermedio se encuentran en mayor frecuencia respecto a las de tonos oscuros. Esta diversidad puede ser aprovechada en programas de mejoramiento genético mediante la orientación de los tipos a considerar de acuerdo con las preferencias locales y de la demanda industrial.

## REFERENCIAS

- Alvis, A., Romero, P., Granados, C., Torrenegra, M., & Pajaro-Castro, N., 2017. Evaluación del color, las propiedades texturales y sensoriales de salchicha elaborada con carne de babilla (*caiman crocodilus fuscus*). Revista Chilena de Nutrición, 44(1), 12–12. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182017000100012>
- Chávez-Ontiveros, J. Quintero-Soto. M. F. Pineda-Hidalgo. K. V. López-Moreno. H. S. Reyes-Moreno. C. Garzón-Tiznado. J. A. López-Valenzuela. J. A., 2020. Diversidad genética basada en microsatélites y variación de la calidad de grano de genotipos de garbanzo de colecciones de México e internacionales. Agrocienca, 54(1), 57–73.
- Das, S. A., 2010. Characterization of rice germplasm of West Bengal. Orysa , 47(3), 2018–2205.
- Johnson, D. E., 2000. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos (International Thomson Editores, Ed.).
- León, K., Mery, D., Pedreschi, F., & León, J., 2006. Color measurement in L\*a\*b\* units from RGB digital images. Food Research International, 39(10), 1084–1091. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.03.006>
- Macdougall, D. B., 2010. Colour measurement of food: principles and practice. In Colour Measurement (pp. 312–342). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857090195.2.312>
- McGuire, R. G., 1992. Reporting of Objective Color Measurements. HortScience, 27(12), 1254–1255.
- Mendoza-Mendoza, C. G., Mendoza-Castillo, Ma. del C., Delgado-Alvarado, A., Castillo-González, F., Kato-Yamakake, T. Á., & Cruz-Izquierdo, S., 2017. Antocianinas totales y parámetros de color en líneas de maíz morado. Revista Fitotecnia Mexicana, 40(4), 471–479. <https://doi.org/10.35196/rfm.2017.4.471-479>
- Romero-Baranzini, A. L., Falcon-Villa. M. del R., Barrón-Hoyos. J. M., Silveria-Gramont. M. I., Alafaro-Rodríguez. R. H., 2010. Evaluación de color del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) por métodos instrumentales y sensoriales. Revista Mexicana de Agronegocios , 27, 323–335.
- Salinas-Moreno, Y., Rubio-Hernández. D., Díaz-Velázquez, A., 2005. Extracción y uso de pigmentos del grano de maíz (*Zea Mays*) como colorantes en yogur. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 55(3), 293–298.
- Varga, F., Vidak, M., Ivanović, K., Lazarević, B., Širić, I., Srećec, S., Šatović, Z., & Carović-Stanko, K., 2019. How does Computer vision compare to standard colorimeter in assessing the seed coat color of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Journal of Central European Agriculture, 20(4), 1169–1178. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/20.4.2509>.



## RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN CULTIVOS DE INVIERNO BAJO RIEGO DEFICITARIO

Ortiz D. S. A<sup>1\*</sup>; Preciado R. P<sup>1</sup>; Rocha S. J. J<sup>2</sup>; Reyes G. A<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México-Campus Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, ejido Ana, Torreón, Coahuila, México. CP. 27170. <sup>2</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez and Carretera Santa Fe S/N, Torreón 27010, México. <sup>3</sup>Campo Experimental La Laguna-INIFAP. Blvd. José Santos Valdés núm. 1200 Pte., Matamoros, Coahuila, México. CP. 27440.

\*Correspondencia: [sergio.ortdiaz@gmail.com](mailto:sergio.ortdiaz@gmail.com)

### RESUMEN

El riego deficitario es una estrategia para incrementar la productividad del agua especialmente en las zonas áridas y semiáridas. Con el objetivo de evaluar el efecto del riego deficitario (60, 80 y 100) de la evapotranspiración (ET) sobre el rendimiento y productividad del agua en cultivos de invierno. Se estableció, un trabajo de campo, utilizándose un diseño experimental de parcelas divididas en bloques al azar con cuatro repeticiones. Los porcentajes de ET corresponden a la parcela principal (60, 80 y 100 %) y un testigo con riego por inundación, las especies de invierno: cebada (*Hordeum vulgare* L.), canola (*Brassica napus* L.), triticale (x *Triticosecale Wittmack*), avena (*Avena sativa* L.) y cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) como las subparcelas. Los resultados muestran que el rendimiento y la productividad del agua (PA) dependen del riego deficitario. Con la ET de 80 y 100 %, se obtuvo los mayores rendimientos de forraje verde y seco en la cebada, triticale y avena. La mayor productividad del agua corresponde a los tratamientos con 60 y 80 % de ET. El riego deficitario al 60 % de ET permite mantener el potencial forrajero y la productividad del agua en los cultivos de invierno.

**Palabras clave:** evapotranspiración, rendimiento, productividad del agua.

### ABSTRACT

Deficit irrigation is a strategy to increase water productivity, especially in arid and semi-arid areas. With the objective of evaluating the effect of deficit irrigation (60, 80 and 100 of evapotranspiration (ET) on the yield and productivity of water in winter crops. Field work was established using an experimental design of plots divided into random blocks with four repetitions. The ET percentages correspond to main plot (60, 80 and 100 %) and a control with flood irrigation, the winter species: barley (*Hordeum vulgare* L.), canola (*Brassica napus* L.), triticale (x *Triticosecale Wittmack*), oats (*Avena sativa* L.) and safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as the subplots. The results show that yield and water productivity (PA) depend on deficit irrigation. With the 80 and 100 % of ET, the highest yields of green and dry forage were obtained in barley, triticale and oats respectively. The highest water productivity corresponds to the treatments with 60 and 80 % ET. Deficit irrigation at 60 % ET allows maintaining forage potential and water productivity in winter crops.

**Key words:** evapotranspiration, yield, water productivity.

### INTRODUCCIÓN

La producción de leche en México en 2020 fue de 12 mil 554 millones de litros, la Comarca Lagunera aporta el 21 % de la producción nacional que representa una de las principales actividades económicas de la región (SIAP, 2021). Al ser la principal cuenca lechera del país, demanda grandes cantidades de forraje por año, la principal fuente de alimentación se basa en maíz y alfalfa; sin embargo, el maíz se produce solo en el ciclo primavera-verano y en el invierno la producción de alfalfa disminuye. Ante esta situación, la utilización de

especies forrajeras adaptables a las condiciones climáticas y edáficas prevalecientes durante el ciclo otoño-invierno, es de vital importancia. Cultivos como triticale, cebada y cártamo son especies, capaces de desarrollarse en condiciones limitadas de agua de riego y con potencial para producir forrajes de alto valor nutricional durante el periodo de invierno. La avena es un cultivo de alta adaptabilidad a zonas áridas y semiaridas, de bajo requerimiento hídrico y con producciones de forraje de alto valor energético. Otra alternativa para estas condiciones edafoclimáticas es la canola, la cual presenta tolerancia a las condiciones limitadas de agua, salinidad y soporta bajas temperaturas

Una de las principales limitantes para la producción de forrajes en la Comarca Lagunera es la baja disponibilidad de agua. Por lo que, es necesario utilizar técnicas que permitan obtener mayor productividad del agua y un aumento en los rendimientos de los cultivos. El sistema de riego por goteo subterráneo es un sistema que minimiza la evaporación del agua a la atmósfera, lo que resulta en mayor producción de biomasa e incremento en la eficiencia en el uso del agua (Reyes *et al.*, 2023). El riego deficitario es una estrategia de ahorro de agua comúnmente utilizada en las zonas áridas y semiáridas, este consiste en aplicar cantidades de agua inferiores a los requerimientos hídricos del cultivo. Debido a lo anteriormente mencionado, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del riego deficitario (porcentajes de la evapotranspiración) sobre el rendimiento y la productividad del agua en cultivos de invierno bajo un sistema de riego por goteo y riego por inundación en la Comarca Lagunera.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental “La Laguna” (CELALA), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Matamoros, Coahuila, México (25° 32' N, 103° 14' O y 1,150 msnm). El suelo del sitio experimental presenta una textura franco-arcillosa, capacidad de campo de 35.2 %, punto de marchitez permanente de 20.57 %, densidad aparente de 1.3 g cm<sup>3</sup>, pH alcalino, bajo en materia orgánica, fósforo y nitrógeno disponible. El clima seco semicálido (Bwh) con humedad atmosférica escasa, temperatura media anual de 22.6 °C, mientras que la precipitación promedio es de 215.5 mm y evaporación media anual de 2000 mm.

La preparación del terreno consistió en subsuelo, barbecho, rastra, nivelación y colocación de cinta de riego. Se evaluaron cinco especies de cultivos: 1) Cebada Valencia (Ceb); 2) Canola IMC 205 (Can); 3) Triticale Rio Nazas (Tt); 4) Avena Cuauhtémoc (Ave) y 5) Cártamo Forcart 2020 (Car). Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas en bloques al azar con cuatro repeticiones. Los diferentes niveles de humedad se consideraron como parcela grande (100, 80 y 60 % de ET) y un testigo con riego por inundación, mientras que la parcela chica estuvo conformada por las diferentes especies de cultivos (Ceb, Can, Tt, Ave y Car). Cada parcela experimental consto de 15 hileras con una distancia entre surcos de 20 cm y 5 m de longitud (15 m<sup>2</sup>).

La siembra se realizó en seco de forma manual, con densidades desde 15 hasta 80 kg ha<sup>-1</sup>. La dosis de fertilización utilizada fue: 200-100-00 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O). A la siembra se aplicó todo el fósforo y la mitad del nitrógeno, el resto del nitrógeno se aplicó cada 15 días durante el crecimiento del cultivo acorde a su requerimiento mediante el sistema de riego por goteo usando un inyector Venturi. En el riego por inundación se aplicó la otra mitad de nitrógeno al voleo a los 25 días después de la siembra. El sistema de riego opero a una presión de 8 PSI con frecuencia de riego cada tercer día. En el riego por inundación o superficial la frecuencia de riego fue con intervalos de 25 días entre ellos. Para la medición de la ET de referencia se utilizó un atmómetro (ETgage, modelo A comercializado por ETgage Company Loveland, Colorado, EUA) ubicado a 50 m del sitio experimental. Las lecturas

fueron diarias y se multiplicaron por el coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) para obtener la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>).

Las variables de respuesta fueron: altura final de la planta, índice de área foliar, producción de forraje verde y seco y productividad del agua. Los datos de las variables respuesta fueron analizados mediante análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) utilizando el paquete estadístico Statistical Analysis System Institute. versión 9.3. (SAS Institute Inc., Cary, NC. EUA).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Altura de planta

La altura de planta fue afectada por los diferentes tratamientos, alcanzándose la mayor altura de planta en los tratamientos de 80 y 100 % de ET y la menor en los tratamientos de 60 % de ET y el riego por gravedad (Cuadro 1), estos últimos fueron estadísticamente iguales. Esta respuesta se debe a que en los tratamientos de 80 y 100 % de ET la frecuencia del riego y cantidad aplicada favorece al aprovechamiento de la humedad en la zona radical y al crecimiento del cultivo; generando mayor producción de biomasa (Reyes *et al.*, 2023). En lo que se refiere a las especies de invierno, el cultivo de canola fue la que registró la mayor altura, siendo diferente estadísticamente al resto de ellas. El triticale y la avena fueron estadísticamente similares, aunque la menor altura se registró en el cártamo y la cebada, los cuales fueron estadísticamente iguales.

### Índice de área foliar (IAF)

Los resultados mostraron mayor IAF en los tratamientos de 80 y 100 % de ET con respecto a los tratamientos de 60 % de ET y el riego por gravedad. En las especies de invierno hubo diferencia estadística entre ellas, el cártamo fue el que registro el menor valor de IAF. Esto se debió a que el cártamo crece sobre un tallo principal, mientras que los otros cereales amacollan (Prado *et al.*, 2017), cabe señalar que la canola no amacolla sin embargo las hojas son grandes por lo que ocupa mayor índice de área foliar, característica importante que depende de la intercepción solar la cual determina la cantidad de forraje durante el ciclo de producción de los cultivos (Reta *et al.*, 2023).

### Forraje verde (FV)

En la producción de FV se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluadas. La mayor producción de FV se observó en los tratamientos de 80 y 100 % de ET con rendimientos promedio de 64.21 y 66.11 ton ha<sup>-1</sup>, respectivamente, siendo iguales estadísticamente. Los tratamientos con menor rendimiento de FV fueron el de 60 % de ET, seguido por el riego de gravedad (Cuadro 1). En cuanto a las especies evaluadas la canola y la avena fueron estadísticamente superiores a los demás cultivos. El incremento de la biomasa en los tratamientos de ET se debe a que el agua de riego se aplica de manera eficiente y constante creando condiciones de humedad favorable para el buen desarrollo del cultivo desde etapas tempranas lo que resulta en una mayor producción de biomasa, además de que el rendimiento está influenciado por el tipo de cultivar, la fecha de siembra y los rasgos agronómicos de cada una de las especies.

Cuadro 1. Altura de planta (AP), índice de área foliar (IAF), forraje verde (FV), forraje seco (FS) y productividad del agua (PA) en diferentes cultivos de invierno.

Tratamientos (ET)	AP (m)	IAF (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	FV (t ha <sup>-1</sup> )	FS (t ha <sup>-1</sup> )	PA (kg FS m <sup>-3</sup> )
100 %	1.05 a	6.95 a	66.11 a	12.76 a	3.57 a
80 %	1.07 a	6.73 a	64.21 a	12.68 a	3.75 ab
60 %	0.96 b	6.54 a	58.24 b	11.80 a	4 a
Inundación	0.96 b	6.43 a	49.61 c	11.65 a	2.58 c

\* Letras diferentes son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

### Forraje seco (FS)

La producción de FS para los tipos de riego no mostro diferencias significativas, los mayores rendimientos fueron en los tratamientos de 80 y 100 % de ET con rendimientos de 12.68 y 12.76 ton ha<sup>-1</sup>, respectivamente, con respecto a los tratamientos de 60 % de ET y el riego por gravedad (Cuadro 1). Los cultivos que presentaron mayor FS, fueron la cebada, triticale y avena con 13.26, 13.24 y 12.89 ton ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Lo anterior se relaciona a que estas especies presentan mayor capacidad de amacollamiento y generan mayor índice de área foliar lo que favorece al incremento de biomasa y en consecuencia mayores rendimientos de forraje (Prado *et al.*, 2017). Los rendimientos más bajos se reportaron en las especies de cártamo (11.47 ton ha<sup>-1</sup>) y canola (10.25 ton ha<sup>-1</sup>), comportamiento asociado al estrés abiótico presente en la planta provocando alteraciones en las funciones fisiológicas (capacidad fotosintética y actividades metabólicas) que reducen la formación de granos y espigas afectando los rendimientos en el forraje (Nurunnaher e Islam, 2017).

### Productividad del agua (PA)

La PA mostró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos de riego y las especies cultivadas. La mayor PA se obtuvo en los tratamientos de 60 y 80 % de ET con valores promedio de 4.00 y 3.75 kg FS m<sup>-3</sup>, superando al riego por inundación un 35.5 y 31.2 %, respectivamente (Cuadro 1). La cebada, avena y triticale obtuvieron los mayores valores de productividad del agua, debido a que son especies de menor requerimiento hídrico, mientras que el menor valor de PA se registró con la canola. El incremento en la PA en los tratamientos de 60 y 80 % de ET es debido a que se utilizó menor cantidad de agua de riego con relación a los tratamientos de 100 % de ET y riego por inundación, lo anterior se relaciona con el hecho de que la mayor PA se obtiene cuando se utiliza menor lámina de agua riego.

## CONCLUSIONES

Los diferentes niveles de ET afectan el rendimiento de biomasa y la productividad del agua. Con el 80 y 100 % de ET se obtiene el mayor rendimiento biomasa (FV y FS) en los cultivos de cebada, triticale y avena. La productividad del agua fue mayor en los tratamientos de 60 y 80 % de ET, mientras que en los cultivos de invierno la mayor PA correspondió a la cebada, triticale y avena. Se recomienda aplicar el 60 % de ET, ya que no existen diferencias en rendimiento (FS), ni en productividad del agua con el 80 % de ET. En general los resultados indicaron que los tratamientos con riego por goteo en base a diferentes

porcentajes de ET y déficit hídrico mantienen el potencial productivo de los cultivos de invierno en La Comarca Lagunera.

#### LITERATURA CITADA

- Nurunnaher, A., & Islam, M. R. (2017). Efectos y manejo del estrés por calor en el trigo. Una revisión. *Agronomía para el Desarrollo Sostenible*. Dev. 5(37):1-37.
- Prado, S. A., Gallardo, J. M., Kruk, B. C., & Miralles, D. J. (2017). Strategies for yield determination of bread wheat and two-row barley growing under different environments: A comparative study. *Field Crops Research*, 203, 94-105.
- Reyes, A. G., Reta, D. G. S., Sánchez, J. I. D., Preciado, P. R., Rodríguez, V. M. M., & Ruiz, O. Á. (2023). Uso del atmómetro y coeficiente de cultivo en la programación del riego en maíz forrajero. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(1), 1-14. e3160. DOI: 10.19136/era.a10n1.3160
- Reta, D. G. S., Sánchez, J. I. D., Ochoa, E. M., Reyes, A. G., & Rodríguez, K. H. (2023). Intercepción de radiación solar y rendimiento de forraje de brásicas y cereales de otoño-invierno. *Agrofaz* 5(1), 3-9.
- SIAP. (2021). Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Escenario mensual de productos agroalimentarios. 1-2 p.

## MODELACIÓN ANUAL DEL NÚMERO POTENCIAL DE GENERACIONES DE *DENDROCTONUS MEXICANUS* EN MÉXICO

González G. M. A.; Corrales S. A.; Sánchez M. G.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).  
Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de  
Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20670. Correo-e:  
[gonzalez.miguelangel@inifap.gob.mx](mailto:gonzalez.miguelangel@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El estudio aborda el impacto de *Dendroctonus mexicanus*, un insecto descortezador, en los bosques de coníferas de México. Este insecto afecta varias especies de pino, siendo especialmente relevante debido a su valor económico y ecológico. Las condiciones ambientales, como temperatura, influye en la distribución y población de estos insectos, determinando su desarrollo y ciclo de vida. El estudio propone un modelo de pronóstico anual de generaciones para 2024 basado en el fenómeno climático de El Niño Oscilación Sur (ENOS) como predictor y las Unidades Calor Acumuladas (UCA) requeridas por el insecto. Para un ciclo generacional del insecto, se utilizó un data logger para registrar temperaturas en la Sierra Fría de Aguascalientes, México, obteniendo un total de UCA de 1,028. Con los índices históricos y pronosticados del ENOS, se identificaron los años análogos 2016, 2005, 1966, los cuales sirvieron de base para calcular el número esperado de generaciones de *Dendroctonus mexicanus* durante el 2024 a escala nacional. Los resultados muestran un potencial de 2 a 3 generaciones en las zonas más frías y montañosas, y de 3 a 4 generaciones en la mayoría de las zonas boscosas del país. En conclusión, el estudio proporciona una primera aproximación al número esperado de generaciones del insecto para 2024, destacando la necesidad de estudios adicionales para mejorar la precisión del modelo y adaptar estrategias locales de mitigación.

**Palabras clave:** *Dendroctonus mexicanus*, generaciones, pronóstico anual.

### ABSTRACT

The study addresses the impact of *Dendroctonus mexicanus*, a bark beetle, on coniferous forests in Mexico. This insect affects several species of pine, being especially relevant due to its economic and ecological value. Environmental conditions, such as temperature, influences the distribution and population of these insects, determining their development and life cycle. The study proposes an annual generation forecast model for 2024 based on the climate phenomenon of El Niño Southern Oscillation (ENSO) as a predictor and the Accumulated Heat Units (ACU) required by the insect. For a generational cycle of the insect, a data logger was used to record temperatures in the Sierra Fría de Aguascalientes, Mexico, obtaining a total UCA of 1,028. With the historical and predicted ENSO indices, the analogous years 2016, 2005, 1966 were identified, which served as a basis to calculate the expected number of generations of *Dendroctonus mexicanus* during 2024 on a national scale. The results show a potential of 2 to 3 generations in the coldest and most mountainous areas, and 3 to 4 generations in most of the forested areas of the country. In conclusion, the study provides a first approximation to the expected number of generations

of the insect by 2024, highlighting the need for additional studies to improve the accuracy of the model and adapt local mitigation strategies.

**Key words:** *Dendroctonus mexicanus*, generations, annual forecast.

## INTRODUCCION

Anualmente, en los bosques de coníferas de México existe un daño de hasta casi el 30 % de la superficie estatal por descortezadores (INIFAP, 2021). *Dendroctonus mexicanus* es uno de los principales insectos descortezadores, ya que afecta hasta 19 especies de pino, entre ellas *Pinus leiophylla*, *P. arizonica*, *P. teocote*, *P. douglasiana* y *P. cembroides*, todas con un valor económico y ecológico importante. Las condiciones ambientales en un área, determinan el alcance geográfico y la distribución de insectos plaga y sus enemigos naturales (Cano-Pineda *et al.*, 2005). La temperatura, la humedad, el viento y la radiación ejercen una influencia en las poblaciones de insectos, afectando su fisiología, comportamiento, fuentes de alimento y hábitat.

La tasa de desarrollo de un insecto se calcula mediante la acumulación de Unidades Calor (UC) basadas en una temperatura umbral mínima y máxima (UASLP, 2024). Por debajo de la temperatura umbral mínima, el desarrollo del insecto se detiene. Por encima de esta temperatura, el desarrollo aumenta de manera logarítmica conforme la temperatura aumenta, hasta alcanzar la máxima tasa de desarrollo. No obstante, a temperaturas superiores al umbral máximo, el desarrollo disminuye rápidamente hasta llegar a la máxima letal. Por lo general, las especies de *Dendroctonus* pueden desarrollarse a temperaturas entre 0 °C y 40 °C (González-González *et al.*, 2024).

Debido a que el fenómeno de "El Niño" (El Niño Oscilación Sur) ejerce una influencia directa en el clima de México y a nivel regional (Gutiérrez-García&Ricker, 2019), en especial temperatura, el siguiente trabajo propone un modelo de pronóstico anual del número potencial de generaciones de *Dendroctonus mexicanus* a lo largo de la República Mexicana en 2024, basado en el comportamiento pasado y futuro de los índices de "El Niño" (NOAA, 2024), junto con las Unidades Calor Acumuladas (UCA) que requiere el insecto para un ciclo.

## MATERIALES Y METODOS

### Unidades Calor Acumuladas

Como prueba piloto en la Sierra Fría de Aguascalientes, se registraron las temperaturas horarias desde agosto hasta noviembre 2023 utilizando un data logger. Este monitoreo abarcó aproximadamente 90 días, durante los cuales se muestreo *in situ* y completó un ciclo generacional de *Dendroctonus mexicanus*.

En la Figura 1, se muestran las temperaturas máximas y mínimas observadas (línea naranja y línea azul, respectivamente) en el periodo. Las temperaturas umbrales determinadas para el insecto en el experimento fueron de una máxima de 39 °C y 5 °C como mínima. Mediante el uso del método de seno simple, se totalizaron 1,028 UCA para una generación del insecto, (línea negra).

Con base en este método y los umbrales determinados, se obtuvieron las UCA anuales de 1950 a 2023 para toda la República Mexicana a resolución de ~11 km, a partir de la base de datos de Era5-Land (Hersbach *et al.*, 2020).

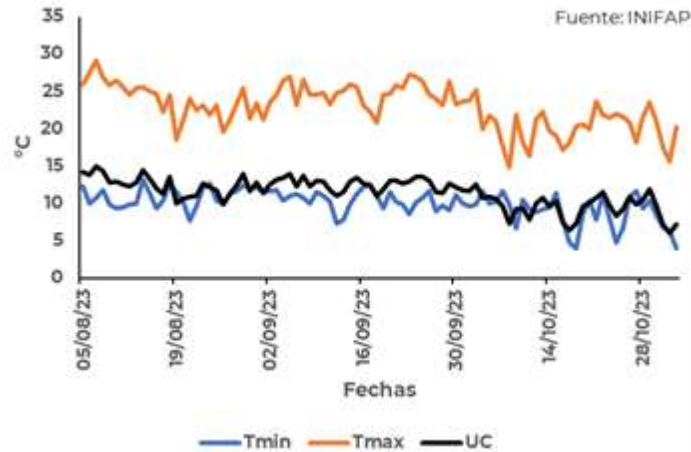


Figura 1. Temperaturas máximas, mínimas y Unidades Calor para *Dendroctonus mexicanus* de agosto a noviembre 2023.

### El Niño Oscilación Sur como predictor

Los índices de El Niño Oscilación Sur región 3.4 (ENOS3,4), observados en el trimestre febrero-abril 2024 (cuadro negro) y los pronosticados hasta el trimestre octubre-diciembre 2024 (línea negra discontinua), fueron utilizados para caracterizar o identificar las diferentes fases: “El Niño, Neutral y La Niña”.

En la Figura 2 se puede observar que existe un cambio importante en los índices durante el 2024, ya que se espera que se produzca una transición de índices positivos (aguas cálidas del océano, o la fase de “El Niño”) en los primeros trimestres del año a índices neutrales y negativos (temperaturas más frías en el océano o tendencia hacia la fase de “La Niña”) a mediados y finales del 2024, respectivamente.

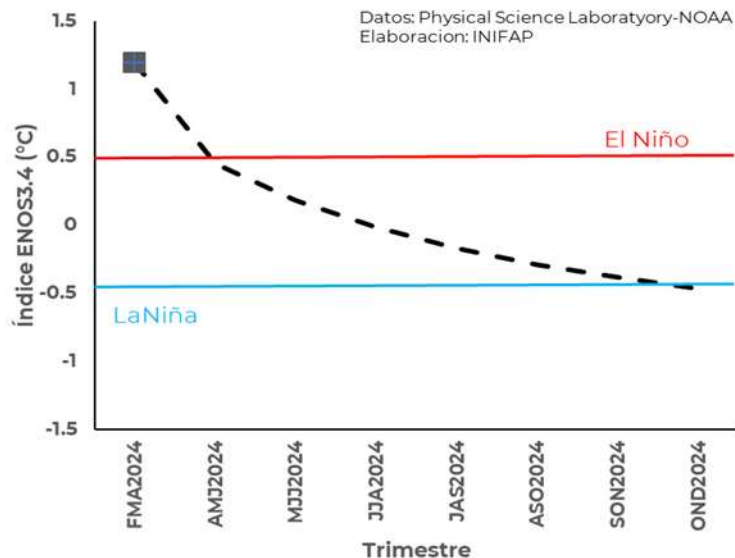


Figura 2. Índices trimensuales de ENOS (Región 3.4) pronosticados para el 2024.



Con base en la tecnología PronEst de pronóstico estacional de clima desarrollado por el INIFAP (Corrales-Suastegui *et al.*, 2014) elaborado en abril 2024, se determinó que los años 2016, 2005 y 1966 fueron los más similares. Por lo que se tomaron en cuenta estos años donde hubo tal transición de los índices de ENOS3.4 desde 1950 hasta el 2023.

### **Pronóstico 2024 de generaciones de *Dendroctonus mexicanus***

Se aplicó la Ecuación 1 a las UCA de los años similares o análogos para obtener un ensamble, el cual fungió como el pronóstico de generaciones para el 2024:

$$\text{No. Ciclos}_{2024} = \frac{\text{Mediana (UCA}_i)}{1,028} \quad (1)$$

Donde UCA son las Unidades Calor Acumuladas de dicho insecto para cada año similar o análogo (*i*), enseguida, se realizó un ensamble (*Mediana*), y finalmente se dividió entre el número de UCA necesarias para completar un ciclo del insecto (*1,028*). *No Ciclos 2024* fue el número total de ciclos calculados durante el 2024 para la República Mexicana mediante este método de años análogos al ENOS3.4.

Adicionalmente, en QGIS (2024) se delimitaron espacialmente el número de ciclos o generaciones mediante dos criterios: a) zonas entre 850m y 3650m y b) zonas con menos de 5 generaciones.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### **Zonas con potencial de 2 a 3 generaciones**

Las zonas más frías de México, como el oeste de Chihuahua y Durango, así como las zonas montañosas del eje Neovolcánico y el extremo norte de la Sierra Madre Oriental, presentan un potencial de 2 a 3 generaciones de *Dendroctonus mexicanus* en el 2024. Esto se debe probablemente a que las bajas temperaturas características de estas regiones limitan el desarrollo y la reproducción de estos insectos, ya que, como se mencionó anteriormente, aunque pueden tolerar temperaturas cercanas a 0 °C, su desarrollo óptimo ocurre a temperaturas más moderadas (Figura 3).

### **Zonas con potencial de 3 a 4 generaciones**

En contraste, la mayor parte de la zona boscosa de México presenta un potencial de 3 a 4 generaciones anuales de *Dendroctonus mexicanus*. Esta información sugiere que las condiciones climáticas en estas áreas, especialmente las temperaturas, son más favorables para el desarrollo y la reproducción de estos insectos. Al tener un mayor número de generaciones por año, las poblaciones del insecto pueden aumentar más rápidamente, lo que podría incrementar el riesgo de daños a los bosques hospederos (Figura 3).

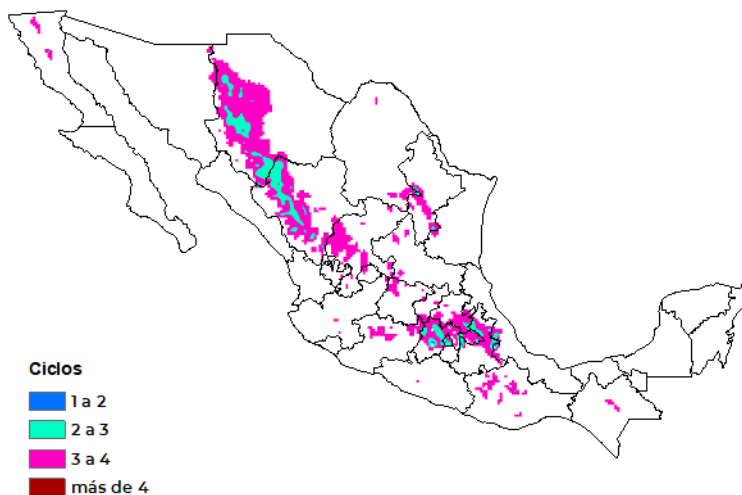


Figura 3. Número potencial de generaciones esperadas para *Dendroctonus mexicanus* durante el 2024 (emisión del pronóstico en abril 2024).

### Implicaciones para el manejo forestal

La información presentada resalta la importancia de considerar las diferencias regionales en el potencial de generaciones de *Dendroctonus mexicanus* al momento de planificar estrategias de manejo forestal (Albanes-Barahona *et al.*, 2020), junto con los sistemas de predicción (Knight, 1981). En las zonas con mayor potencial de generaciones, se requerirán esfuerzos más intensivos para monitorear y controlar las poblaciones de estos insectos, mientras que, en las áreas más frías, donde el potencial es menor, los esfuerzos podrían enfocarse en mantener las poblaciones bajas para prevenir brotes de descortezadores (Sánchez-Salas&Torres-Espinoza, 2007).

### CONCLUSIONES

La presente información es una primera aproximación en cuanto un pronóstico operativo de número potencial generaciones del insecto en el presente año, en forma de un mapa temático nacional. Aunque este pronóstico se emitió en abril 2024, se pretende realizarlo a partir del primer mes de cada año para planificar con mayor anticipación las acciones necesarias para su mitigación.

Asimismo, el presente pronóstico tiene como limitante que el modelo PronEst de años similares no toma en cuenta un factor de corrección debido al cambio climático experimentado en las últimas décadas (incremento en las temperaturas, principalmente), además que espacialmente, el modelo no delimita geográficamente las zonas boscosas y tipo de árboles donde comúnmente ataca el insecto.

Por lo que, en subsecuentes trabajos será necesario implementar los factores anteriores que son importantes para determinar acciones locales que mitiguen las afectaciones de *Dendroctonus mexicanus*, y la necesidad de validaciones en campo para conocer la certeza del modelo de predicción de generaciones o ciclos del insecto.

**REFERENCIAS**

- Albanes-Barahona, R. A., Palacios-Gutiérrez, B. R. & García-Ochaeta, J. F. (2020). Instituto Nacional de Bosques (INAB). Guía técnica para el manejo de insectos descortezadores en bosques de coníferas. Instituto Nacional de Bosques, Guatemala, 80p.
- Cano-Pineda, A., Martínez-Buciaga, O. U., Torres-Espinoza, L. M., & Sánchez-Salas, J. A. (2005). Determinación de zonas con riesgo al ataque del descortezador *Dendroctonus adjunctus*. Folleto Técnico Núm. 20, Diciembre 2005, INIFAP-CIRNE-C.E. Saltillo, 24p.
- Corrales-Suastegui, A., González-Jasso, L.A., Narváez-Mendoza. M.P., González González, M.A., Ruiz Álvarez, O., & Maciel-Pérez, L. H. (2014). PronEst: aplicación informática para generar pronósticos estacionales de lluvias y heladas de uno a tres meses. Folleto Técnico Núm. 62, INIFAP-CIRNOC-CEPAB, 21p.
- González-González, M. A., Corrales-Suastegui, A., & Sánchez-Martínez, G. (2024). Pronóstico 2024: número potencial de generaciones de *Dendroctonus mexicanus* en México. Desplegable Informativa Núm. 52, Junio 2024, INIFAP-CIRNOC-C.E. Pabellón, 2p.
- Gutiérrez-García, G., & Ricker, M. (2019). Influencia del clima en el crecimiento radial en cuatro especies de coníferas en la sierra de San Antonio Peña Nevada (Nuevo León, México). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90.
- Hersbach H., Bell B., Berrisford P., et al. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Q J R Meteorol. Soc.* 146 (730), 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>.
- INIFAP (2021, 27 de agosto). *Descortezadores, enemigos de los bosques templados*. <https://www.gob.mx/conafor/articulos/descortezadores-enemigos-de-los-bosques-templados>.
- Knight, F. B. (1981). Managing forest pests—Challenge of the 1980's. In: Hazard-rating systems in forest insect pest management: Symposium proceedings; 1980 July 31 August 1; Athens, GA.—Gen Tech. Rep. wo27. Washington, D.C: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service: 1-7p.
- NOAA (2024, 15 mayo). *Model-Analogs (MA) and Linear Inverse Model (LIM) forecasts for Months 1-24*. <https://psl.noaa.gov/forecasts/seasonal/>.
- QGIS.org. (2020). QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>.
- Sánchez-Salas, J. A. & Torres-Espinoza, L. M. (2007). Biología y hábitos del descortezador *Dendroctonus mexicanus hopkins* y estrategias de control *Pinus teocote* en Nuevo León. Folleto Técnico Núm. 29, INIFAP-CIRNE-CE Saltillo, 34p.
- UASLP (2024, 25 de julio). *Unidades Calor como herramienta base para la predicción de poblaciones*. <https://www.gob.mx/conafor/articulos/descortezadores-enemigos-de-los-bosques-templados>.

## FINORTE F2024: VARIEDAD DE TRIGO HARINERO PARA EL NOROESTE DE MÉXICO

Chávez V. G.<sup>1</sup>; Borbón G. A.; Elizabeth G. L.; Marroquin M. J. A. y Alvarado P J. I<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug. Dr. Norman E. Borlaug Km 12. 85000, Cd. Obregón, Sonora. <sup>2</sup>INIFAP, Campo Experimental Valle de Mexicali, km 7.5 Carretera a San Felipe. 21700, Mexicali, Baja California. chavez.gabriela@inifap.gob.mx

### RESUMEN

El Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) liberó una nueva variedad de trigo harinero (*Triticum aestivum*) resistente a la roya de la hoja, recomendada principalmente para el norte de Sinaloa, con el fin de sustituir a Onavas F2009, variedad que perdió su resistencia a esta enfermedad. Las evaluaciones se condujeron bajo riego en los ciclos otoño-invierno 2021-2022 al 2023-24 en el Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB), localizado en el valle del yaqui, Sonora. Se evaluó el rendimiento de grano, la calidad industrial y la caracterización fenotípica. El manejo agronómico se llevó a cabo de acuerdo al protocolo institucional (Camacho et al., 2004). El contenido de proteína y de panza blanca en grano se estimó con el equipo NIR-PERTEN 9100 y prueba visual respectivamente, el volumen de pan estimado en una muestra equivalente a 100 gr de harina al 14% de humedad y expresado en cm<sup>3</sup>. La caracterización fenotípica se basó en los descriptores de la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (Upov, 2012). FINORTE F2024 mostró un rendimiento de grano superior al testigo cuando se maneja con dos y cuatro riegos de auxilio con 3.8 y 6.1 % respectivamente. Además, FINORTE F2024 posee el 2.5% más de proteína en grano, el 8.5% más de volumen de pan y es más tolerante a la presencia de panza blanca. Se considera que FINORTE F2009 contribuye a la sostenibilidad del trigo en el noroeste de México.

**Palabras clave:** *Triticum aestivum* L., rendimiento, calidad.

### ABSTRACT

The National Institute of Agricultural and Livestock Forestry (INIFAP) released a new variety of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) resistant to leaf rust, recommended mainly for northern Sinaloa, in order to replace Ónavas F2009, variety that lost its resistance to this disease. The evaluations were conducted under irrigation in the Fall-Winter 2021-22 to 2023-24 cycles at the Norman E. Borlaug Experimental Field (CENEB), located in the Yaqui Valley, Sonora. Grain yield, Industrial Quality and Phenotypic Characterization were evaluated. The agronomic management was carried out according to the institutional protocol (Camacho, 2002). The Protein and Yellow Berry were estimated with the NIR PERTEN 9100 and visual test, the volume of bread estimated in a sample equivalent to 100 g of flour at 14% humidity and expressed in cm<sup>3</sup>. And the phenotypic characterization was based on the descriptors of the International Union for the Protection of Plant Varieties (UPOV, 2012). FINORTE F2009, showed a superior grain yield to the control when handled with 2 and 4 irrigation risks, with 3.8 and 6.1% respectively. In addition, FINORTE F2024 has 2.5 % more grain protein, 8.5% more bread volumen and is more tolerant to the presence of Yellow Berry.

Lastly, is considered that FINORTE F2009 contribute to the sustainability of wheat in the northwest the Mexico.

**Keywords:** *Triticum aestivum* L., yield, quality.

## INTRODUCCIÓN

Las royas son enfermedades que constantemente amenazan la producción de trigo en México. Tienen la capacidad de vencer la resistencia de nuevas variedades causando severas pérdidas económicas (Camacho *et al.*, 2019 y Díaz *et al.*, 2020). La industria molinera de trigo harinero en el noroeste de México demanda variedades de gluten fuerte con características de calidad similar a Ónavas F2009 y Kronstad F2004 que permita la formulación de harinas para diferentes usos. Ambas variedades perdieron su resistencia a los diferentes tipos de roya, por lo cual, el INIFAP se ha enfocado en generar variedades de trigo harinero con potencial de rendimiento, resistentes a enfermedades y con parámetros de calidad que requiere la industria regional. Por lo que el objetivo del presente trabajo es mostrar los resultados de rendimiento, calidad industrial y características fenotípicas que distinguen a FINORTE F2024.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Campo Experimental Norman E. Borlaug, ubicado en el block 910 del valle del Yaqui, Sonora, México. La nueva variedad de trigo harinero FINORTE F2024 y el testigo Ónavas F2009 fueron sometidos a pruebas de rendimiento, resistencia a enfermedades y características de calidad industrial. Se establecieron cuatro fechas de siembra (15 y 30 de noviembre y 15 y 30 de diciembre), con 2 y 4 riegos de auxilio durante los ciclos 2021-2022 al 2023-2024, utilizando parcelas de 5 m de largo a doble hilera con densidad de semilla de 100 kg/ha, bajo un diseño experimental bloques al azar con tres repeticiones. El manejo agronómico se realizó con base a la guía metodológica que establece el INIFAP para el cultivo del trigo (Camacho-Casas *et al.*, 2004). La caracterización fenotípica se realizó de acuerdo a las directrices de la UPOV (2012). Con el objetivo de obtener información para el registro de la nueva variedad en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales y su liberación para uso comercial, en campo se evaluaron las variables: a) Rendimiento, estimado como el peso total del grano cosechado por parcela, expresado en t ha<sup>-1</sup>; b) Días a espigamiento y madurez fisiológica, expresados como el número de días requeridos para que el 50% de las espigas en la parcela muestren liberación completa de la vaina o “buche” de la hoja bandera, y para que el 50% del total de espigas de la parcela adquieran un color beige dorada; d) Altura de planta registrada en centímetros en la etapa de madurez; además, en el laboratorio se registraron e) Proteína en grano estimada con un analizador NIR-Perten 9100 y expresado como porcentaje al 12.5% de humedad del grano; y f) Volumen de pan, estimado en una muestra equivalente a 100 gramos de harina al 14% de humedad y expresado en cm<sup>-3</sup>, entre otras.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de las evaluaciones experimentales efectuadas durante tres años, con un promedio general de 7.140 t ha<sup>-1</sup>, la productividad de FINORTE F2024 superó consistentemente la del testigo Ónavas F2009; tanto entre años como entre tratamientos de riego, observándose los mayores contrastes en rendimiento en 2023 y los menores en

2021, Cuadro 1. FINORTE F2024 mostró el mayor rendimiento en la fecha más temprana (excepto el ciclo 2023-24) y el menor en la fecha más tardía. Los mayores contrastes en rendimiento favorables a FINORTE F2024 también se observaron en la fecha más temprana: 582 y 935 t ha<sup>-1</sup> en los primeros dos ciclos y en el ciclo 2023-24 el mayor contraste con 739 t ha<sup>-1</sup> correspondió a la siembra del 15 de diciembre, Cuadro 2. Con base en la consistencia de su rendimiento de grano, FINORTE F2024 se considera como una alternativa para suplir a las variedades de trigo harinero de gluten fuerte actualmente cultivadas, principalmente aquellas susceptibles a las royas de la hoja y amarilla o lineal como Ónavas F2009 y Kronstad F2004, variedades que actualmente utiliza la industria molinera del trigo harinero para la formulación de mezclas.

Cuadro 1. Rendimiento experimental (tha<sup>-1</sup>) de FINORTE F2024 y el testigo Ónavas F2009, evaluados durante tres años y dos tratamientos de riegos en el Campo Experimental Norman E. Borlaug

Ciclo agrícola	Dos riegos de auxilio		Cuatro riegos de auxilio		Promedio	
	FINORTE F 2024	Ónavas F2009	FINORTE F 2024	Ónavas F2009	FINORTE F 2024	Ónavas F2009
2021-22	6446	6040	7798	7756	7122	6898
2022-23	6454	6313	8167	7488	7311	6901
2023-24	6081	5903	7895	7156	6988	6530
<b>Promedio</b>	<b>6327</b>	<b>6085</b>	<b>7953</b>	<b>7467</b>	<b>7140</b>	<b>6776</b>

El valor de cada celda representa el promedio de ensayos experimentales en cuatro fechas de siembra y tres repeticiones dentro de cada fecha

Cuadro 2. Rendimiento experimental (t ha<sup>-1</sup>) de FINORTE F2024 y el testigo Ónavas F2009 en cuatro fechas de siembra en el Campo Experimental Norman E. Borlaug.

Fecha de siembra	FINORTE F2024				Ónavas F2024			
	2021-2022	2022-2023	2023-2024	Promedio	2021-2022	2022-2023	2023-2024	Promedio
15-nov	8065	8204	7253	7841	7483	7269	7004	7252
30-nov	7379	8354	7151	7628	7304	7883	6771	7319
15-dic	7798	8167	7895	7953	7756	7488	7156	7467
30-dic	6792	7717	6299	6936	6279	7415	6092	6595
Promedio	7509	8111	7150	7590	7206	7514	6756	7158

El valor de cada celda representa el promedio de ensayos con tres repeticiones en tres años de evaluación.

La capacidad de la harina de trigo para transformarse en diferentes productos alimenticios está determinada en gran medida por las proteínas, por eso su importancia en la comercialización del trigo. En México los valores de proteína cruda se expresan en un 12.5% de humedad para el grano y un 14 % de humedad para la harina, mientras que en Europa la proteína se expresa en base seca. FINORTE F2024 mostró niveles aceptables de proteína en los tres ciclos de evaluación, mientras que el testigo durante el ciclo 2021-2022 estuvo por debajo de los niveles aceptables (11.5%). La presencia del carácter panza blanca es otro factor que repercute negativamente en el valor comercial del trigo, por lo

tanto, esta característica es muy importante en la selección y evaluación del rendimiento y la calidad del grano de trigo, ya que un alto contenido de panza blanca en trigo harinero generalmente se asocia con menor contenido de proteína, menor fuerza de gluten, mayor contenido de humedad en las harinas y menor volumen de pan, entre otras características. El mejoramiento para incrementar rendimiento y calidad del trigo harinero es una de las metas principales de los mejoradores de esta clase de trigo, y la reducción del carácter panza blanca en el grano contribuye a la mejora de la calidad del grano. FINORTE F2024, muestra un promedio general de 1.4 % de panza blanca versus 11.73% del testigo Onavas F2009. Tradicionalmente, se ha considerado el volumen del pan como el criterio más importante para calificar la calidad panadera (Koppel e Ingver, 2010). Respecto a esta variable, los resultados muestran que, como promedio de todas las evaluaciones llevadas a cabo, la nueva variedad FINORTE F2009 produjo pan con volumen de 916 cm<sup>3</sup>, superior al 838 cm<sup>3</sup> de Ónavas F2009, Cuadro 3.

Cuadro 3. Porcentaje de proteína en grano, porcentaje de panza blanca y volumen de pan de FINORTE F2009 y Onavas F2009 durante los ciclos 2021-2022 al 2023-2024 en el Campo Experimental Norman E. Borlaug.

Ciclo	Proteína (%)		Panza blanca (%)		Volumen de pan (cm <sup>3</sup> )	
	FINORTE	Ónavas	FINORTE	Ónavas	FINORTE	Ónavas
	F2024	F2009	F2024	F2009	F2024	F2009
2021-2022	11.75	11.19	1.2	6.9	872	812
2022-2023	12.71	12.47	1.6	14.2	960	864
2023-2024	12.36	11.87	1.4	14.1	990	790
<b>Promedio</b>	<b>12.27</b>	<b>11.96</b>	<b>1.4</b>	<b>11.73</b>	<b>916</b>	<b>838</b>

El valor de cada celda representa el promedio de ensayos experimentales en cuatro fechas de siembra y tres repeticiones dentro de cada fecha

### CONCLUSIONES

La liberación de FINORTE F2009 representa una opción para mejorar el rendimiento de trigo harinero en Sonora y Sinaloa porque permitirá disminuir el impacto negativo de una eventual epifitias de las royas de la hoja y lineal o amarilla sobre la productividad del trigo harinero. Además de la mejora de los principales parámetros de calidad de FINORTE F2009, permitirá al sistema producto trigo ser más competitivos en el mercado regional.

### REFERENCIAS

- Camacho-Casas, M.A., P. Figueroa-López, J.L. Martínez-Carrillo, J.M. Cortés-Jiménez, L.M. Tamayo-Esquer, L.M., Félix-Valencia, P. y Ortiz-Enríquez, J.E. 2004. Guía para producir trigo en el sur de Sonora. Folleto para Productores No. 34. INIFAP, CIRNO, Campo Experimental Valle del Yaqui. Cd. Obregón, Sonora, México. 40 p.
- Díaz-Ceniceros, H.L., Borbon-Gracia A., Chávez-Villalba G., Fuentes-Dávila G., Ammar K., y Alvarado-Padilla J. I. 2020. Nueva Línea Candidata de trigo cristalino, alternativa de CIRNO C2008. Memoria día del Agricultor No. 27. INIFAP., CIRNO, Campo Experimental Norman E. Borlaug. Valle del Yaqui. Cd. Obregon, Sonora, México. 52p.

- Koppel, R. and Ingver, A. 2010. Stability and predictability of baking quality of winter wheat. *Agronomy Research* 8 (Special Issue III), 637–644
- UPOV, 2012. Guidelines for Conduct of Test for Distinctness, Homogeneity and Stability of Bread Wheath Varietys (*Triticum aestivum* L.). 35p.



## CALIDAD INDUSTRIAL DE PITAHAYA M2024: NUEVA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO PARA EL NOROESTE DE MÉXICO

Chávez V., G.<sup>1</sup>; Borbón G. A.<sup>1</sup>, Marroquin M. J. A.<sup>1</sup>, Alvarado P., J. I.<sup>2</sup> y Fuentes D. G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug. Dr. Norman E. Borlaug Km 12. 85000, Cd. Obregón, Sonora. <sup>2</sup>INIFAP, Campo Experimental Valle de Mexicali, km 7.5 Carretera a San Felipe. 21700, Mexicali, Baja California. chavez.gabriela@inifap.gob.mx

### RESUMEN

A lo largo de los años, los mejoradores de trigo han desarrollado variedades cuyo objetivo principal es aumentar el rendimiento y la resistencia a enfermedades foliares con mejores variedades, más eficientes en el uso del agua y de los fertilizantes nitrogenados. En el noroeste de México se ha logrado obtener variedades exitosas, donde los rendimientos de grano han aumentado en la última década, desafortunadamente la calidad de la harina no siempre ha mejorado al mismo ritmo. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la calidad industrial de Pitahaya M2024 y los testigos Onavas F2009, Borlaug 100 y CIANO M2018 manejadas en condiciones de riego. Los genotipos se establecieron bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron peso hectolítrico (kg hL<sup>-1</sup>), peso de mil granos (g), proteína en grano (PG), volumen de pan (cm<sup>3</sup>) y microsedimentación (ml). Se encontraron diferencias significativas para todas las variables, excepto peso hectolítrico. Pitahaya M2018, muestra tener una calidad industrial similar a CIANO M2018 y Borlaug 100. En condiciones de cultivo que incrementan su rendimiento, es factible aumentar su contenido de PG con manejo de la fertilización nitrogenada para mejorar el volumen de pan.

**Palabras claves:** *Triticum aestivum* L., calidad industrial, riego.

Over the years, wheat breeders have developed varieties whose main objective is to increase yield and resistance to foliar diseases, with varieties that are more efficient in the use of water and nitrogen fertilizers. In northwestern Mexico, successful varieties have been obtained, where grain yields have increased in the last decade, unfortunately the quality of the flour has not always improved at the same rate. The objective of this work was to characterize the industrial quality of Pitahaya M2024 and the Onavas F2009, Borlaug 100 and CIANO M2018 controls managed under irrigated conditions. The genotypes were established under a randomized complete block design with three replications. The variables evaluated were hectoliter weight (kg hL<sup>-1</sup>), thousand grain weight (g), grain protein (PG), bread volume (cm<sup>3</sup>) and microsedimentation (ml). Significant differences were found for all variables, except hectoliter weight. Pitahaya M2018, shows to have an industrial quality similar to CIANO M2018 and Borlaug 100. Under cultivation conditions that increase its yield, it is feasible to increase its PG content with nitrogen fertilization management to improve bread volume.

**Keywords:** *Triticum aestivum* L., Industrial Quality, Irrigation.

### INTRODUCCIÓN

El pan es uno de los alimentos básicos más populares en el mundo, ya que proporciona almidón (fuente de energía), fibra dietética, vitaminas y minerales al cuerpo humano y desempeña un papel importante en la dieta diaria de las personas (S. Han *et al.*, 2024). En

México, el trigo harinero es el segundo cereal más consumido, pero existe un desabasto en su producción. Para cubrir el consumo per cápita de 57.4 kg de este cereal existe la necesidad de importar aproximadamente el 69.0% del trigo panificable que se consume anualmente (SADER, 2021). Sonora es el estado que año con año ocupa el primer lugar en la producción de trigo, pero solamente en promedio se establece el 20.0% de trigo harinero. Uno de los principales motivos de esta preferencia por parte de los agricultores es el mayor potencial en rendimiento de los trigos duros versus harineros en el Valle del Yaqui, Sonora. Pitahaya M2024, es una variedad de trigo harinero, de gluten medio, que se liberó principalmente por su alto potencial de rendimiento exhibida en zonas de riego durante tres ciclos de evaluación en diferentes fechas de siembra, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar las principales características de calidad de la nueva variedad Pitahaya M2024 manejada bajo condiciones de riego en diferentes fechas de siembra.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Durante los ciclos agrícolas O-I 2021-2022 al 2023-2024, se evaluaron 25 genotipos de trigo harinero en cuatro diferentes fechas de siembra (FS) (15 noviembre, 30 de noviembre, 15 de diciembre y 30 de diciembre). En cada FS se evaluó el contenido de proteína en grano (PG), panza blanca (PB), punta negra (PN), peso de mil granos (PMG), volumen de pan (VP) y sedimentación (SDS). El experimento se estableció en campo utilizando un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Los resultados fueron analizados estadísticamente utilizando el software Infoestat, aplicando el análisis de varianza y una prueba de comparación de medias por el método Tukey a  $\alpha=0.05$  para identificar las diferencias entre genotipos. Las variedades testigo consideradas para la prueba de selección fueron Onavas F2009, Borlaug 100 y CIANO M2018.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza para evaluar la calidad industrial (Cuadro 1), mostró diferencias significativas para los factores ciclo, variedad (VAR), y fechas de siembra (FS). Existen diferencias altamente significativas para los parámetros PMG, PG, PB, PN, VP y SDS. La variable PH no mostró diferencias significativas. Las condiciones climáticas y la oportunidad de aplicar riegos en el sur de Sonora permiten obtener buen llenado de grano y por consecuencia buenos niveles de PH, las diferencias esperadas podrían deberse a los genotipos. En los programas de mejoramiento de trigo se considera más relevante la variable PMG, porque nos indica el tamaño de grano. No obstante, el PH es considerado el parámetro más importante en la comercialización del grano. La norma mexicana NMX-FF-036-TRIGO-2019, establece que valores de PH superiores a 78.0 kg hl, corresponden a trigos de categoría I, el PH promedio de Pitahaya M2024 (77.3 kg hl) (Cuadro 2), corresponde a trigos de categoría II. En condiciones de riego, generalmente granos chicos y redondeados poseen más alto PH. A lo largo de tres años de evaluación de 25 genotipos, se ha visto que las variedades con los más altos rendimientos de grano en campo corresponden a granos que difícilmente superan los 50 gr.

Cuadro 1. Cuadrados medios en el análisis de varianza de las variables de calidad industrial. Ciclo 2021-22 al 2023-24.

FV	Variables de respuesta						
	PH	PMG	PG	PB	PN	VP	SDS
CICLO	141.94 ns	156.35**	1.03 **	185.12**	52.62**	48825**	567.94**
FS	39.44 ns	108.66**	3.58**	21.42**	21.73**	6837.07**	42.65**
VAR	80.62 ns	94.22**	0.47**	865.84**	5.93**	11081.51**	47.61**
CV	10.79	5.05	2.48	93.84	125.11	4.84	7.03

FV= factor de variación, FS=fecha de siembra, VAR= variedad, CV= coeficiente de variación, PH= peso hectolítrico, PMG= peso de mil granos, PG= proteína en grano (%), SDS= microsedimentación (ML).

En el cuadro 2, se muestran los valores de PH y PMG, obtenidos a partir de 36 evaluaciones a lo largo de tres ciclos. Pitahaya M2024 con un valor promedio de 47.83 g apenas supera los 47.40 de CIANO M2018, mientras que Ónavas F2009 con 50.80 g mostró ser la variedad con grano más grande. Las variedades mostraron, en base a la prueba de Tukey, el mayor PMG en la primera fecha de siembra y el menor en la cuarta fecha de siembra. En estas mismas fechas, para Pitahaya M2024 fue de 49.3 y 44.8 g respectivamente. El PMG es un valor relevante porque indica el tamaño del grano de una variedad. Desde el punto de vista industrial, granos grandes y redondeados se relacionan con un mayor rendimiento harinero y, desde el punto de vista agronómico, granos chicos pueden favorecer al acame de plantas sensibles a esta condición. En el sur de Sonora, los productores suelen utilizar altas densidades de semilla para la siembra ya que, al usar variedades con semillas más pequeñas, terminan utilizando mayor cantidad de semillas, favoreciendo el problema de acame (Chávez *et al.*, 2022).

Cuadro 2. Peso Hectolítrico (Kg hl) (PH) y peso de mil granos (g) (PMG) Pitahaya M2024, Borlaug 100, CIANO M2018 y Onavas F2009 en cuatro fechas de siembra en el Campo Experimental Norman E. Borlaug

VARIEDAD	PH	PMG
Pitahaya M2024	77.3 a	47.83 b
Borlaug 100	80.6 a	49.37 a
CIANO M2018	78.1 a	47.40 b
Ónavas F2009	79.7 a	50.80 a
promedio	78.9	48.68

El valor de cada celda representa el promedio de ensayos con tres repeticiones en tres años de evaluación

El contenido y calidad de las proteínas (SDS) del grano son muy importantes porque de estas depende la calidad del producto final. Aunque ambas (contenido y calidad de las mismas) están controladas por factores genéticos, las condiciones ambientales y de manejo del cultivo como la FS, etapa y cantidad de aplicación del nitrógeno tienen un mayor impacto sobre la expresión del contenido total de proteína (Camacho *et al.*, 2018), a diferencia de la calidad de las mismas. En general, los trigos con menos del 11.0% de proteína no son aconsejables para producir pan, ya que su volumen y vida de anaquel se ven reducidos (Camacho *et al.*, 2019). Respecto a estas variables, los resultados muestran que, como promedio de todas las evaluaciones llevadas a cabo, la variedad Pitahaya M2024 produjo 11.72% de proteína, el cual varió entre fechas de siembra. Los valores promedio mayor

(12.1%) y menor (11.44%) para esta variable se observaron cuando la variedad se sembró el 30 de diciembre (4ª FS) y 15 de noviembre (1ªFS) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentaje de proteína en grano de Pitahaya M2024, Borlaug 100, CIANO M2018 y Onavas F2009 en cuatro fechas de siembra en el Campo Experimental Norman E. Borlaug

VARIEDAD	15-nov	30-nov	14-dic	30-dic	Promedio
PITAHAYA M2024	11.45	11.45	11.88	12.11	11.72
BORLAUG 100	11.77	11.48	11.89	12.04	11.79
CIANO M2018	11.56	11.54	12.20	12.33	11.90
ONAVAS F2009	11.40	11.39	11.71	12.07	11.64
PROMEDIO	11.54	11.46	11.92	12.13	11.76

El valor de cada celda representa el promedio de ensayos con tres repeticiones en tres años de evaluación

Los valores de SDS, se muestran en el cuadro 4, donde se observa la misma tendencia que la variable anterior. El mayor y menor valor se presentan en las siembras tardías y tempranas respectivamente. Por el contenido de proteína y SDS, Pitahaya muestra una calidad similar a CIANO M2018 y Borlaug 100, ambas de gluten medio. Por su parte, Onavas F2009 presentó el mayor valor de SDS, como corresponde a variedades de gluten fuerte.

La prueba de panificación es el criterio final en la evaluación de calidad de una harina. Generalmente se toma el volumen de pan como el mejor factor de evaluación individual. Una harina con buena calidad panadera tiene que dar un volumen superior a 780 a 800 cm<sup>3</sup> por 100 g de harina de acuerdo a las preferencias de los mexicanos. En el cuadro 4, se muestra que todas las variedades superaron este valor en todas las fechas de siembra. Por lo tanto, se puede afirmar que Pitahaya M2024, es una variedad de gluten medio con buena calidad panadera (Figura 1).

Cuadro 4. Microsedimentación (ml) en grano molido de Pitahaya M2024, Borlaug 100, CIANO M2018 y Onavas F2009 en cuatro fechas de siembra en el Campo Experimental Norman E. Borlaug.

Variedad	Fechas de Siembra				promedio
	15-nov	30-nov	15-dic	30-dic	
Pitahaya M2024	16.4	17.3	18.1	19.1	17.7
Borlaug 100	17.2	18.2	20.2	20.3	18.9
CIANO M2018	16.3	18.3	18.0	18.4	17.7
Onavas F2009	18.0	20.9	21.6	22.3	20.7
promedio	17.0	18.7	19.5	20.0	18.8

Cuadro 5. Volumen de pan (cm<sup>3</sup>) de Pitahaya M2024, Borlaug 100, CIANO M2018 y Onavas F2009 en cuatro fechas de siembra en el Campo Experimental Norman E. Borlaug

Variedad	Fechas de Siembra				promedio
	15-nov	30-nov	15-dic	30-dic	
Pitahaya M2024	835	853	888	908	871

Borlaug 100	834	844	818	858	839
CIANO M2018	876	845	874	923	879
Onavas F2009	839	838	841	836	838
promedio	846	845	855	881	857



Figura 1. Calidad panadera de las variedades Onavas F2009 (1), Borlaug 100 (2), CIANO M2018 (3) y Pitahaya M2018 (4)

### CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en tres años de evaluación, Pitahaya M2024 mostró mayor productividad que los testigos (datos no mostrados en este trabajo), esto hizo posible considerar su registro y liberación ante SNICS para ser incorporada al mosaico genético de trigo harinero para el noroeste de México, los resultados mostrados en este trabajo confirma que Pitahaya M2025 posee calidad similar a las variedades Borlaug 100 y CIANO M2018, variedades aptas para la industria de la tortilla y pan artesanal o semimecanizado. Debido a su alto potencial de rendimiento de Pitahaya M2024, se recomienda una adecuada fertilización nitrogenada para incrementar el contenido de proteína en grano, principalmente en fechas de siembra temprana donde manifestó los valores más bajos de esta variable.

### AGRADECIMIENTO

Los resultados aquí presentados son parte de las actividades de Investigación financiadas por El Proyecto Nacional de Trigo de INIFAP.

### REFERENCIAS

- Camacho C. M. A., Chávez V. G., Fuentes D. G., Figueroa L. P., Félix F.J. L. y Villa A. B. A. 2019. Borlaug 100: variedad de trigo harinero con elevado potencial de rendimiento para el noroeste de México. Memoria del XXII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas Mexicali.
- Chávez V. G., Borbón G. A., Díaz C. H. L., Ammar K., Alvarado P. J. I., y Buitimea V. M. J. 2022. Calidad Industrial de Roely HP C2022: variedad de trigo cristalino con alto contenido de proteína. Memoria del XXV Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas Mexicali.

Dirección General de Normas (DGN). 2019. Norma Mexicana NMX-FF-036-2019. Productos alimenticios no industrializados. Cereales Trigo. (*Triticum aestivum* L. y *Triticum durum* Desf.). Especificaciones y métodos de prueba. 26p.

SADER. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2021). Trigo panificable, saludable para el campo. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <http://www.gob.mx/agrcultura/articulos/trigo-panificable-saludable-para-el-campo>

Sihai Han a,b,\* , Xiaojing Liu a,b , Shuming Chen c , Peiyan Li a,b , Zhouya Bai a,b , Chonghui Yue a,b , Denglin Luo a,b , Xuan Li a,b. 2024. Quality and staling characteristics of wheat bread improved by adding *Eucommia ulmoides* olive leaf micropowder. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116008>

## CALIDAD INDUSTRIAL DE TRIGO DURO MEXICANO PRODUCIDO BAJO DIFERENTES MODALIDADES DE RIEGO

Chávez V., G.<sup>1</sup>; Borbón G. A<sup>1</sup>., Marroquín M. J. A<sup>1</sup>., Alvarado P., J. I<sup>2</sup> y Díaz C. H. L<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug. Dr. Norman E. Borlaug Km 12. 85000, Cd. Obregón, Sonora. <sup>2</sup>INIFAP, Campo Experimental Valle de Mexicali, km 7.5 Carretera a San Felipe. 21700, Mexicali, Baja California. chavez.gabriela@inifap.gob.mx

### RESUMEN

El trigo duro (*Triticum durum* L), producido en el noroeste de México, es de color ambar, con alto peso hectolítrico y bajo contenido de humedad. Todas estas características la hacen atractivo para la industria molinera porque aseguran buenos rendimientos semoleros. La marca Sonora Durum estableció la denominación “oro” para trigos con altos contenidos de color amarillo en sémolas de 250 micrometros. La mayoría de las variedades de trigo duro liberadas en el noroeste de México tienen endospermo amarillo, salvado blanco y granos semielípticos para asegurar excelentes rendimientos semoleros. El objetivo de este trabajo es determinar la influencia de la cantidad de riegos sobre las principales características de calidad de las variedades producidas en el noroeste de México a lo largo de tres ciclos de cultivo. Las variables evaluadas fueron: peso hectolítrico, peso de mil granos, proteína en grano, porcentaje de panza blanca y valor b en la sémola. Se encontraron diferencias altamente significativas en todas las variables evaluadas debidas a variedades y modalidades de riegos. Los resultados muestran que es factible obtener variedades con buena calidad molinera y de procesamiento cuando el trigo se maneja con tres riegos de auxilio.

**Palabras clave:** trigo duro, riegos, calidad

### ABSTRACT

Durum wheat (*Triticum durum* L), produced in Northwest Mexico, is amber in color, with high test weight and low moisture content. All these characteristics make it attractive to the Milling Industry since they ensure good semolina yields. The Sonora Durum brand established the “gold” designation for wheat with high yellow content in 250 micrometer semolina. Most durum wheat varieties released in northwest Mexico have yellow endosperm, white bran, and semielliptic grains to ensure excellent semolina yields. The objective of this work is to determine the influence of the amount of irrigation on the main quality characteristics of the varieties produced in northwest Mexico over three growing cycles. The variables evaluated were: hectoliter weight, thousand grain weight, grain protein, yellow berry percentage and b value in semolina. Highly significant differences were found in all the variables evaluated due to varieties and irrigation modalities. The results show that it is viable to obtain varieties with good milling and processing quality when wheat is managed with three auxiliary irrigations.

**Keywords:** triticum durum, irrigation, quality

## INTRODUCCIÓN

El trigo se puede cultivar en muchos tipos de suelos y condiciones climáticas, razón por la cual se considera el alimento básico más importante en todo el mundo. Este cereal desempeña un papel importante en la economía de México, donde se estima que anualmente se producen aproximadamente 3.4 millones de toneladas (promedio de los últimos 15 años). Donde el noroeste de México es el principal productor, particularmente, el Valle del Yaqui, esta región posee un clima muy favorable para la producción de trigo, principalmente el trigo duro (*Triticum durum* L.). La proximidad a la costa proporciona un ambiente primaveral fresco y el ambiente desértico significa una mayor radiación solar, lo que permite obtener altos rendimientos, buen llenado de grano y por lo tanto altos rendimientos harineros/semoleros (Chávez *et al.*, 2023). El trigo duro es ideal para la elaboración de macarrones, espaguetis y otras pastas. Contiene más pigmentos carotenoides, mejor textura para la fabricación de pastas. En comparación con el arroz y trigo harinero el valor nutritivo del trigo duro es mayor porque comparativamente contiene proteína, hierro, cobre, zinc y contiene vitaminas del complejo B en mayores cantidades. Además, posee más ácido fólico, calcio, vitamina E y antioxidantes en buenas cantidades en comparación con el trigo harinero (Ss Dodake *et al.*, 2022). El objetivo de este trabajo es determinar la influencia de la cantidad de riegos sobre las principales características de calidad de las variedades producidas en el noroeste de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el ciclo otoño-invierno 2021-2022 al 2023-2024 en terrenos del campo experimental Dr. Norman E. Borlaug del INIFAP, Cd. Obregón, Sonora, localizado en el Block 910 del Valle del Yaqui, se estableció bajo las condiciones de riego por gravedad; en un suelo de textura arcilloso. Se evaluaron las variedades comerciales (CIRNO C2008, DON LUPE C2020, NOROESTE C2021, ROELY HP C2024 y TARRO ORO Los materiales se evaluaron con tres regímenes de riego (dos, tres y cuatro riegos de auxilio). La siembra se realizó el 15 de diciembre de 2022 en tierra seca y posteriormente se aplicó el riego de nacencia. La parcela experimental fue de dos surcos separados a 80 cm por cinco metros de longitud (8 m<sup>2</sup>) sembrados a doble hilera, con una densidad de siembra de 100 kg ha<sup>-1</sup> de semilla. La fertilización fue de 241 unidades de nitrógeno por hectárea en forma de urea y 52 unidades de fósforo en forma de fosfato monoamónico (MAP). Se aplicó el 50% de fertilizante en presembrado y el resto antes del primer riego de auxilio. Para el manejo de riegos, el control maleza y el combate de plagas y enfermedades se siguieron las recomendaciones de INIFAP. El análisis de la información se realizó en el Software Infoestat y se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Las variables de calidad industrial que se evaluaron fueron Peso hectolítrico (Kg hL<sup>-1</sup>, peso de mil granos (g) (PMG), porcentaje de proteína en grano (PG), porcentaje de panza blanca (PB) y valor b en sémolas de 250 micrometros (b).



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias significativas para todas las variables analizadas. En el cuadro 1, se muestra las diferencias de acuerdo con la prueba de Tukey al 0.05 % de probabilidad, con respecto al número de riegos. El PH se utiliza a nivel mundial en la comercialización de trigo para determinar su precio y uso. De acuerdo a la norma mexicana vigente NMX-FF-036-SCF1-2019, el peso hectolítrico de todas las modalidades de riego superan el valor mínimo (80 kg ha<sup>-1</sup>), que establece dicha norma. En otros países, los productores reciben una bonificación cuando el grano supera el PH que establece sus normas de calidad. El PMG al igual que el PH, es un indicador de calidad y esto se basa en que los granos grandes y densos contienen mayor rendimiento de harina. El mayor PMG (51.05 g), se obtuvo cuando el trigo se manejó con tres riegos de auxilio y el menor peso (45.73 g), con dos riegos de auxilio. Con 48 g de PMG se asegura un buen rendimiento semolero, por lo que cuando el cultivo se maneja con dos riegos de auxilio se esperaría una reducida calidad molinera. La Proteína en grano y la panza blanca están relacionadas con el proceso industrial, el valor mínimo de PG requerido por la industria regional es 11.5% mientras que, de acuerdo a la norma mexicana NMX FF-036-SCF1-2019, el valor mínimo para panza blanca es 10.0% para un trigo de categoría I. Con un valor máximo de PG (12.52%) y un valor mínimo (11.73%), las tres modalidades de riego superan el valor mínimo requerido por la industria regional (11.5%), aunque si se busca una bonificación por proteína es factible manejar el cultivo con tres riegos de auxilio. Los valores de PB no superan el 10% mínimo establecido por la mencionada norma mexicana). El valor b de la sémola se estimó en una partícula de 250 nanómetros, este valor estima la intensidad del amarillo en sémolas, el mayor valor (30.34) se obtuvo cuando se aplicaron dos riegos de auxilio y el menor (27.96), cuando se aplicaron tres riegos de auxilio. Con este valor se supera el valor mínimo (25) demandado por la industria regional, pero por la oportunidad de exportar trigo cristalino de la región noroeste se prefieren valores b superior a 28 para asegurar un buen color en los productos de pastas alimenticias (Borbón, *et al.*, 2023).

Cuadro 1 Peso hectolítrico (PH), Peso de Mil Granos (PMG), Proteína en grano (PG), panza blanca (PB), y valor b del minolta (b) de trigo duro manejado con tres modalidades de riegos

Riegos	PH	PMG	PG	PB	b
2	81.12 b	45.73 c	12.52 a	0.16 b	30.34 a
3	82.85 a	51.05 a	12.29 b	0.72 b	27.96 c
4	82.9 a	48.98 c	11.73 c	5.40 a	29.73 b

El valor de cada celda representa el promedio de ensayos experimentales manejados con tres modalidades de riegos en una fecha de siembra (15 de diciembre) y tres repeticiones durante tres ciclos de cultivo.

Las diferencias estadísticas debidas a las variedades se muestran en el cuadro 2. Las variedades Roely HP C2024 y Noroeste muestran los PH más altos con 83.4 kg hl<sup>-1</sup> y Tarro Oc2024 con 81 kh hl<sup>-1</sup> resulto con el valor más bajo, los valores de PH de todos los genotipos corresponden a trigos con categoría I. Mientras que el mayor y menor PMG corresponde a las variedades CIRNO C2008 y Roely HP C2024 con 53.4 y 45.6 g, respectivamente.

Cuadro 2. Peso hectolítrico (PH), Peso de Mil Granos (PMG), Proteína en grano (PG), porcentaje de panza blanca (PB), y valor b del minolta (b). En variedades de trigo duro manejadas con dos, tres y cuatro riegos de auxilio durante los ciclos O-I 2021-2022 AL 2023-2024

Variedades	PH	PMG	PG	PB	b
CIRNO C2008	82.3 b	53.4 a	12.33 b	0.9 a	25.73 e
Don Lupe Oro2020	81.5 c	49.6 b	11.72 c	4.4 b	32.81 a
Noroeste C2021	83.4 a	48.2bc	11.85 c	4.3 b	27.73 d
Roely HP C2024	83.4 a	45.6d	13.28 a	0.2 a	32.26 b
Tarro Oro C2024	81.0 d	46.2cd	11.72 c	0.7 a	29.59 c

El valor de cada celda representa el promedio de ensayos experimentales manejados con tres modalidades de riegos en una fecha de siembra (15 de diciembre) y tres repeticiones durante tres ciclos de cultivo.

Las variedades Roely HP 2024 y CIRNO C2008 con 13.28 y 12.33% de PG fueron las variedades con el mayor porcentaje y con 11.72% las variedades Don Lupe Oro C2020 y Tarro Oro C2024 mostraron los valores más bajos. Mientras que en el contenido de panza blanca las variedades Don Lupe Oro C2020 y Noroeste C2021 muestran los valores más altos con 4.4 y 4.3 % respectivamente. Por los más bajos contenidos de proteína en grano y el más alto contenido de panza blanca, la variedad Don Lupe Oro C2020 muestra menor calidad para la industria de las pastas porque podrían obtenerse pastas con problemas durante la cocción de las pastas (pegajosidad). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Chávez *et al.*, 2023, quienes mencionan que Don Lupe Oro C2020 es una variedad sensible a la condición panza blanca. Sin embargo, Don Lupe Oro C2020, con un valor b de 32.81, es la mejor variedad con calidad oro. Roely C2024 (32.26) y Tarro Oro C2024 (29.59), muestran valores que califican a las variedades con calidad oro.

### CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos durante tres ciclos de evaluación se concluye que es posible manejar el trigo duro con tres riegos de auxilio y obtener buena calidad Moliner y de procesamiento. Las variedades Roely HP C2024, aunque es de grano mediano, posee alto valor de PH, PG, valor b y menor incidencia a la PB, variables consideradas de mayor importancia por el mercado internacional.

### REFERENCIAS

- Borbón-Gracia, Alberto, Díaz-Ceniceros, Huizar Leonardo, Chávez-Villalba, Gabriela, Ammar, Karim, Fuentes-Dávila, Guillermo, Alvarado-Padilla, Jorge Iván, & Huerta-Espino, Julio. (2022). Don Lupe Oro C2020: nueva variedad de trigo duro para el noroeste de México. *Revista fitotecnia mexicana*, 45(3), 413-416. Epub 05 de marzo de 2024. <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.3.413>
- Chávez-Villalba, Gabriela, Borbón-Gracia, Alberto, Huizar Leonardo Díaz Ceniceros, Alvarado-Padilla, Jorge Iván, Huerta-Espino Julio y Fuentes-Dávila Guillermo. 2023. Marcela F2023: Nueva variedad de trigo harinero del gluten fuerte para el noroeste de México. 2do Congreso Interamericano de agua, suelo y agrobiodiversidad. Obregón, Sonora.
- Dirección General de Normas (DGN). 2019. Norma Mexicana NMX-FF-036-2019. Productos alimenticios no industrializados. Cereales Trigo. (*Triticum aestivum* L. y *Triticum durum* Desf.). Especificaciones y métodos de prueba. 26p.

Ss, Dodake and Magar, Nislesh and Kachole, Uday and Lokhande, Rajendra (2022). A new durum wheat variety for Peninsular Zone under restricted Irrigation condition. DOI 10.13140/RG2.2.22854.04164

## FINANZAS EN EL SECTOR AGRÍCOLA: PERSPECTIVAS PARA PEQUEÑOS Y MEDIANOS PRODUCTORES

**Cuellar-Vázquez Enrique\*; Hernández-Gaytán Mireya; Guerrero Ávila Yasmín;  
García-Guerrero Nancy; Solís-Velásquez Luz Elena**

Tecnológico Nacional de México/I.T. La Laguna

autor para correspondencia: [jenriquecuellar.tec@gmail.com](mailto:jenriquecuellar.tec@gmail.com)

### RESUMEN

El sector agrícola es fundamental para la economía global, proporcionando alimentos, empleo y estabilidad económica. Sin embargo, los pequeños y medianos productores, que son responsables de una porción significativa de la producción alimentaria mundial, enfrentan graves desafíos financieros que limitan su capacidad de crecer y modernizarse. Este artículo explora las diversas fuentes de financiamiento disponibles para estos productores, la importancia de la inclusión financiera, los retos asociados con el acceso al crédito y las oportunidades que brindan las nuevas tecnologías financieras (FinTech) y las cooperativas. Además, se analiza el impacto de las políticas públicas en la mejora del acceso al financiamiento y se discuten estrategias para promover el desarrollo sostenible en este sector.

### ABSTRACT

The agricultural sector is essential to the global economy, providing food, employment, and economic stability. However, small and medium-sized producers, who are responsible for a significant portion of the world's food production, face severe financial challenges that limit their ability to grow and modernize. This article explores the various sources of financing available to these producers, the importance of financial inclusion, the challenges associated with accessing credit, and the opportunities offered by new financial technologies (FinTech) and cooperatives. Additionally, the impact of public policies on improving access to financing is analyzed, and strategies for promoting sustainable development in this sector are discussed.

### INTRODUCCIÓN

La agricultura, especialmente a nivel de pequeños y medianos productores, juega un papel crucial en la seguridad alimentaria global, la estabilidad económica rural y la sostenibilidad ambiental (FAO, 2021). No obstante, estos productores enfrentan numerosos desafíos financieros que obstaculizan su capacidad para innovar, expandirse y resistir los impactos económicos y climáticos (World Bank, 2022). La inclusión financiera y el acceso a créditos asequibles son esenciales para que los agricultores puedan invertir en tecnología, infraestructura y prácticas sostenibles que aumenten su productividad (Klapper, 2020). Este artículo tiene como objetivo proporcionar una visión integral de los desafíos y oportunidades financieras en el sector agrícola, con un enfoque particular en los pequeños y medianos productores. El objetivo de este estudio es analizar los desafíos financieros que enfrentan los pequeños y medianos productores agrícolas y evaluar las oportunidades que ofrecen las nuevas tecnologías y estrategias de financiamiento para mejorar su acceso a recursos

financieros, contribuyendo así al desarrollo sostenible y a la resiliencia de estos productores.

## METODOLOGÍA

Este artículo se basa en una revisión exhaustiva de la literatura existente, combinada con el análisis de casos de estudio de diversas regiones, donde se han implementado programas de inclusión financiera y acceso al crédito para pequeños productores agrícolas. Los datos se obtuvieron de informes del Banco Mundial, la FAO, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y otras fuentes académicas relevantes. Se utilizó un enfoque comparativo para evaluar las diferencias en el acceso al financiamiento entre diversas regiones y se aplicaron métodos estadísticos para analizar la relación entre el acceso al crédito y la productividad agrícola.

## RESULTADOS

### Desafíos financieros para pequeños y medianos productores

Uno de los principales desafíos que enfrentan los pequeños y medianos productores agrícolas es el acceso limitado al crédito. Según datos del Banco Mundial (2022), menos del 30% de los pequeños agricultores tienen acceso a créditos formales, lo que restringe su capacidad para invertir en insumos, tecnología y expansión. Las principales barreras incluyen la falta de garantías, la informalidad en la propiedad de la tierra, la baja rentabilidad percibida del sector y las elevadas tasas de interés impuestas por las instituciones financieras tradicionales (FAO, 2021).

Tabla 1. Principales Barreras de Acceso al Crédito para Pequeños y Medianos Productores

Barreras	Descripción
Falta de garantías	La mayoría de los pequeños productores no tienen activos suficientes para respaldar un préstamo (FAO, 2021).
Informalidad en la propiedad	La ausencia de títulos de propiedad claros limita el acceso al crédito (De Soto, 2020).
Costos elevados de financiamiento	Las tasas de interés altas y los costos adicionales limitan el acceso a financiamiento (World Bank, 2022).
Infraestructura financiera	Las instituciones financieras suelen estar concentradas en áreas urbanas (ILO, 2021).

### Inclusión financiera y su impacto en la productividad

La inclusión financiera es un componente crucial para el desarrollo agrícola. Según la FAO (2021), los agricultores con acceso a servicios financieros formales son más propensos a adoptar nuevas tecnologías y a diversificar su producción, lo que mejora su resiliencia ante choques externos. La inclusión financiera, que incluye el acceso a cuentas bancarias, microcréditos, seguros agrícolas y servicios de ahorro, ha mostrado tener un impacto positivo en la productividad y la seguridad alimentaria en múltiples regiones (Demirgüç-Kunt et al., 2018).

## Oportunidades de financiamiento: FinTech y Cooperativas

Las tecnologías financieras (FinTech) están revolucionando el acceso al financiamiento en áreas rurales, especialmente en regiones donde las instituciones bancarias tradicionales no tienen presencia. Las FinTech permiten a los pequeños agricultores acceder a microcréditos, seguros y servicios de pago a través de plataformas digitales, reduciendo los costos de transacción y eliminando las barreras geográficas (Chen & Wu, 2019). Además, las cooperativas agrícolas han demostrado ser una solución eficaz para facilitar el acceso a financiamiento colectivo, donde los agricultores pueden compartir riesgos y obtener mejores condiciones de crédito (López & García, 2021).

Tabla 2. Comparación de Modelos de Financiamiento: FinTech vs. Cooperativas

Modelo de Financiamiento	Ventajas	Desventajas
FinTech	Acceso digital rápido, menores requisitos de garantía (Chen & Wu, 2019).	Riesgo de exclusión digital, falta de regulación en algunos contextos (World Bank, 2022).
Cooperativas	Apoyo comunitario, financiamiento colectivo con menores riesgos individuales (López & García, 2021).	Estructuras organizativas complejas, dependencia de la cooperación entre miembros (FAO, 2021).
Bancos Tradicionales	Tasas de interés relativamente bajas para grandes productores (De Soto, 2020).	Altos requisitos de garantía, infraestructura limitada en zonas rurales (Klapper, 2020).

## Políticas públicas y su rol en el acceso al financiamiento

El papel de las políticas públicas es crucial para mejorar el acceso al financiamiento en el sector agrícola. Gobiernos de diversos países han implementado programas de subsidios, seguros agrícolas y créditos blandos para apoyar a los pequeños y medianos productores (ILO, 2021). Por ejemplo, en países como Brasil y México, los gobiernos han creado fondos específicos para apoyar a los productores agrícolas a través de bancos de desarrollo y programas de inclusión financiera (World Bank, 2022).

Sin embargo, la eficacia de estas políticas varía ampliamente según el contexto local y la implementación. En algunos casos, la burocracia y la falta de transparencia han limitado el impacto de estos programas, mientras que, en otros, las políticas han sido fundamentales para mejorar la seguridad alimentaria y la resiliencia económica (FAO, 2021).

## DISCUSIÓN

### Desafíos en la implementación de soluciones financieras innovadoras

Aunque las FinTech y las cooperativas ofrecen soluciones prometedoras, su implementación no está exenta de desafíos. La falta de infraestructura digital en zonas rurales y la baja alfabetización financiera son barreras significativas para la adopción de tecnologías financieras (Chen & Wu, 2019). Además, la informalidad en la propiedad de la tierra y la escasa educación financiera entre los pequeños productores limitan su capacidad para aprovechar estas nuevas herramientas (De Soto, 2020).

## Recomendaciones para mejorar el acceso al financiamiento

Para maximizar el impacto de las FinTech y las cooperativas, es necesario que los gobiernos y las organizaciones internacionales inviertan en la mejora de la infraestructura digital rural y en programas de educación financiera (Klapper, 2020). Además, es esencial fortalecer los marcos legales que faciliten la formalización de la propiedad de la tierra y la creación de cooperativas agrícolas (ILO, 2021).

## Limitaciones del estudio

Una limitación importante de este estudio es la falta de datos empíricos sobre el impacto a largo plazo de las FinTech en las zonas rurales de los países en desarrollo. Además, la variabilidad en la implementación de políticas públicas y programas de inclusión financiera dificulta la generalización de los resultados obtenidos en diferentes contextos regionales (Demirgüç-Kunt et al., 2018).

## CONCLUSIONES

El acceso al financiamiento sigue siendo un desafío crucial para los pequeños y medianos productores agrícolas. Sin embargo, la adopción de nuevas tecnologías financieras y el fortalecimiento de las cooperativas ofrecen soluciones viables para mejorar la inclusión financiera y la productividad en este sector. Es fundamental que los gobiernos y las organizaciones internacionales continúen apoyando estos esfuerzos mediante políticas públicas efectivas y la mejora de la infraestructura digital rural.

## REFERENCIAS

Chen, J., & Wu, Y. (2019). *Financial inclusion and agricultural productivity: Evidence from digital finance in rural China*. *Agricultural Finance Review*, 79(3), 396-411.

De Soto, H. (2020). *El misterio del capital: Por qué el capitalismo triunfa en occidente y fracasa en el resto del mundo*. Editorial Diana.

Demirgüç-Kunt, A., Klapper, L., Singer, D., Ansar, S., & Hess, J. (2018). *The Global Findex Database 2017: Measuring financial inclusion and the fintech revolution*. The World Bank.

FAO. (2021). *The State of Food and Agriculture 2021: Making agrifood systems more resilient to shocks and stresses*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

ILO. (2021). *Financial Inclusion for Inclusive Growth and Development*. International Labour Organization.

Klapper, L. (2020). *The role of financial inclusion in agricultural development: Evidence from Sub-Saharan Africa*. *Journal of Agricultural Economics*, 71(2), 329-345.

López, R., & García, M. (2021). *Cooperatives and agricultural financing: An international perspective*. *Agricultural Economics Review*, 22(1), 12-29.

World Bank. (2022). *Agricultural Finance and Rural Credit*. The World Bank.

Meijer, I. C., & McGuire, W. T. (2020). *Challenges and opportunities for smallholder farmers in global value chains*. *Journal of Rural Studies*, 76, 22-33.

Guzmán, G., & González, R. (2021). *Microfinance and rural development in Latin America: Case studies from Mexico and Peru*. *Journal of Latin American Studies*, 53(4), 673-690.

Silva, E., & Fernandes, J. (2021). *The impact of financial inclusion on agricultural productivity in Sub-Saharan Africa*. *Journal of Development Studies*, 57(8), 1290-1304.

Li, Q., & Zhao, Y. (2019). *Digital finance and its effects on the agricultural sector in developing countries*. *International Journal of Finance and Economics*, 24(4), 1821-1835.

Zeller, M., & Sharma, M. (2020). *Rural Finance in the Sub-Saharan Africa: Challenges and Opportunities*. *African Development Review*, 32(3), 460-472.

Mishra, A. K., & Khan, M. H. (2022). *The role of technology in improving agricultural financing: Evidence from South Asia*. *Technology in Society*, 70, 102012.

Santacruz, L., & Ramírez, J. (2021). *Innovative financing models for smallholder farmers: A review of recent trends and implications*. *Agricultural Systems*, 188, 103022.



## EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS DE LA CALABACITA (*Cucurbita pepo* L.) DEL TIPO ZUCCHINI EN UN DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR CON TRATAMIENTOS DE SOLARIZACIÓN Y ALCOHOL COMERCIAL

Avila-Cisneros; R., González-Ávalos; R. Rocha-Quiñones; J.L., González-Torres; A<sup>1</sup>, Avila-Berúmen; S.M.<sup>2</sup>

- 1) Profesores e Investigadores del Departamento de Ciencias Básicas la UAAAN Unidad Laguna. Carretera a Santa Fe y Periférico Raúl López- Sánchez S/N, Colonia Valle Verde, Torreón Coahuila México. Email: rafael.avila@uaaan.edu.mx
- 2) Técnico Académico "A" del del Departamento de Ciencias Básicas la UAAAN Unidad Laguna

### RESUMEN.

El presente trabajo se llevó a cabo con el fin de evaluar el efecto de la solarización y alcoholes en la reducción de patógenos del suelo y su influencia en la producción de calabacita (*Cucurbita pepo* L) de la variedad zucchini . El experimento se realizó en las instalaciones del campo experimental San Antonio de los Bravos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna en Torreón, Coahuila México, durante los meses comprendidos de marzo a junio de 2024. La siembra se realizó en charolas que fueron germinadas en invernadero para después ser trasplantadas en el sitio del experimento. El diseño experimental aplicado fue un diseño completamente al azar con tres tratamientos sometidos al suelo: T1=solarización, T2 =aplicación de alcohol comercial y por último un grupo control o testigo=T3; con un alfa del 5%. La solarización se realizó cubriendo el suelo con láminas de polietileno negro mientras que la aplicación de alcohol se realizó a las primeras horas de la mañana para evitar que se volatilizara e impidiera su incorporación al suelo. La hipótesis a comprobar es la producción y desarrollo fenológico de la calabacita en superficies solarizadas y tratadas con alcohol comercial será mayor con respecto al suelo no tratado. En las variables de desarrollo longitudinal dela planta y de la floración no se presentó diferencia estadística entre los tratamientos, mientras que en la variable producción de calabacita en kilogramos si se presentó diferencia estadística; donde la mayor producción acumulada fue el T3 con cerca de 45 Kg. y le siguió el T1 con casi 36 Kg. En general, se concluyó con el rechazo de la hipótesis, pero los objetivos fueron cubiertos en su totalidad.

### ABSTRACT.

The present work was carried out in order to evaluate the effect of solarization and alcohols on the reduction of soil pathogens and its influence on the production of zucchini (*Cucurbita pepo* L) of the zucchini variety. The experiment was carried out in the facilities of the San Antonio de los Bravos experimental field of the Antonio Narro Autonomous Agrarian University, Laguna Unit in Torreón, Coahuila México, during the months from March to June 2024. The sowing was carried out in trays that were germinated in a greenhouse to later be transplanted at the experiment site. The experimental design applied was a randomized block with three treatments subjected to the soil: T1 = solarization, T2 = application of commercial alcohol and finally a control or control group = T3; with an alpha of 5%.

Solarization was carried out by covering the soil with black polyethylene sheets while the application of alcohol was carried out in the early hours of the morning to prevent it from volatilizing and preventing its incorporation into the soil. The hypothesis to be tested is the production and phenological development of zucchini on solarized surfaces treated with commercial alcohol will be greater compared to untreated soil. In the longitudinal development variables of the plant and flowering there was no statistical difference between the treatments, while in the variable zucchini production in kilograms there was a statistical difference; where the highest accumulated production was T3 with about 45 Kg. and was followed by T1 with almost 36 Kg. In general, it was concluded with the rejection of the hypothesis, but the objectives were covered in their entirety.

**PALABRAS CLAVES:** Calabacita, solarización, alcohol, producción.

**KEY WORDS:** Pumpkin, solarization, alcohol, production.

### INTRODUCCIÓN.

La calabacita (*Cucurbita pepo L.*) es considerada una hortaliza de gran importancia en el mercado mexicano debido a que presenta propiedades con gran valor nutricional, dentro de una dieta equilibrada es rica en carbohidratos, fibra, potasio, calcio, magnesio, vitamina A, C, y así mismo es un antioxidante que previene el envejecimiento celular. (Apáez, Lara y Raya, 2019).

Mundialmente México se encuentra ubicado en el sexto lugar como país productor de calabacita ya que su producción oscila entre el 2.6 % de la producción global, de la cual el 84% es exportado a los países de Estados Unidos, Japón y Canadá. Para el 2020 se obtuvo una superficie sembrada de alrededor de 25.8 mil ha a nivel nacional. A pesar de que el calabacín es un cultivo rentable los costos de producción llegan a sobre pasar lo estimado debido a la gran utilización de insumos, fertilizantes, herbicidas que al hacer uso excesivo de estos causan daño colateral al suelo (Aguilar, Cervantes, Sorza y Escalante, 2022).

Una de las mejores técnicas para asegurar que un alto porcentaje de las plantas lleguen a su etapa productiva es el trasplante, aunque también se puede hacer la siembra directa; relacionado con estas 2 técnicas Candela-Olivares; R.(1979) pionero en trabajos con cucurbitáceas para el norte de México menciona que las cucurbitáceas se hacen en siembra directa, pero también refiere que el trasplante es una buena práctica: "el trasplante es la operación mediante la cual las plantas jóvenes producidas en invernadero son transferidas al terreno definitivo, en el momento en que completa la primera fase de desarrollo". Antes del trasplante es necesario regar horas antes las plantas con la finalidad de lograr una buena adherencia de porción de tierra que cubra el sistema radicular, el trasplante debe hacerse por la mañana o por la tarde evitando el pleno sol, buscando que el terreno final sea lo suficientemente húmedo para la llegada de la plántula.

Algunas áreas que se seleccionan como superficie final para realizar el trasplante y estas se pueden encontrar afectadas por nematodos por lo que se recomiendan prácticas culturales tendientes a solucionar un problema que se puede agravar, en las labores remediales para combatir y controlar la presencia de nematodos en varias regiones del mundo, se ha experimentado con la técnica de solarización de suelos, esta práctica podría tener gran impacto en el manejo integrado de plagas porque no daña el medio ambiente (Gallo y Jiménez; 1995). Este método se basa principalmente en la utilización de cubiertas

plásticas preferentemente transparentes y de poliestireno las cuales se colocan sobre la superficie del suelo una vez que este se encuentre totalmente húmedo ya que este material y con la ayuda de la radiación solar actuara como una cámara de altas temperaturas de modo que permita destruir la mayoría de los fito patógenos que se llegarán a encontrar. Sin embargo impacta directamente el microclima alrededor de la planta, modificando la temperatura de suelo, el grado de modificación depende de las propiedades del plástico (absorbancia, reflectancia y transmitancia), además, el acolchado permite disminuir la pérdida de humedad del suelo (Ham et al., 1993).

Por otro lado el alcohol comercial sirve para el control de distintas plagas, por lo que es económico y fácil de utilizarlo (Vergara, F. 2022).

Después del trasplante de recomienda regar las plantas cada 7 a 10 días según el área donde se desarrolla el cultivo, buscando un % de humedad que oscile entre el 60 al 80% cortando fruto de preferencia cada 3er día como una forma de mejor aceptación del mercado ( Japón-Quintero; 1981, Candela-Olivares; R. Op cit.).

La gran masa foliar de la planta y el elevado contenido en agua del fruto (alrededor de 95%), indican que se trata de un cultivo exigente en agua, por lo que el rendimiento dependerá en gran medida de la disponibilidad de agua en el terreno. No obstante, los excesos de humedad en el suelo impiden la germinación y pueden ocasionar asfixia radicular, y una escasa humedad puede provocar la deshidratación de los tejidos, la reducción del desarrollo vegetativo, una deficiente fecundación por caída de flores, redundando en una disminución de la producción y un retraso del crecimiento (Rivero; 2021).

#### Objetivo

Evaluar las características fenotípicas de la calabacita (*Cucurbita pepo L.*) de la variedad Zucchini mediante la variación inducida de la actividad de microflora y fauna al interior del suelo por medio de tres métodos: la técnica de la solarización, la técnica de aplicación de alcohol comercial y un área de control como referencia.

#### Hipótesis

H1: no hay diferencia estadística entre los tratamientos comparados que son, solarización, alcohol comercial y testigo.

Ho: Si hay diferencia estadística entre los tratamientos de solarización, alcohol comercial y el testigo.

### **MATERIALES Y MÉTODOS.**

En el campo experimental San Antonio de los Bravos se llevó a efecto una investigación mediante el diseño experimentos completamente al azar que consta de 3 tratamientos; Tratamiento 1: solarización con acolchado negro , tratamiento 2: aplicación de alcohol comercial y tratamiento 3 como testigo. Cada tratamiento se replicó c 3 repeticiones y con fecha de 14 de marzo de 2024 se realizó el trasplante de calabacita en cuadrantes de 9 m<sup>2</sup>., al interior de cada cuadrante hay 3 camas meloneras y en cada una de ellas se van a trasplantar 2 plántulas de calabacita a razón de 1.5 mts. de distancia entre cada uno de ellas; es decir en cada cuadrante se trasplantaron 6 plántulas para un total en la superficie de 54 plantas para los 81 m<sup>2</sup> .

Previo al trasplante en cada uno de los tratamientos se aplicó el riego por inundación con la finalidad de humedecer al 100%. Posteriormente se han aplicado 7 riegos de auxilio y un fungicida Cloratonil de amplio espectro por presencia en plantas del Tizón de las cucurbitáceas con una dosis de 6 ml en 15 litros de agua.

Para el análisis estadístico se realizó con el software office 2010 en particular con su hoja electrónica de cálculo y la versión 2012 del software estadístico de la UANL para procesar algunos análisis de varianza. ( Olivares; 2012)

### RESULTADOS Y DISCUSIONES.

En la tabla 1 se muestra el desarrollo longitudinal (11 de abril del 2024 ) de las plantas a 28 días después del trasplante, el ANOVA muestra una F calculada menor que la F tabulada al 5%; es decir no hubo diferencia estadística entre los tratamientos.

Tabla 1: Análisis de varianza para comparar el desarrollo longitudinal en cm de la planta.					
FV	GL	SC	CM	F calculada	Ft
TRATAMIENTO	2	2.85	1.425	0.164	5.1432
ERROR	6	52.22	8.70		
TOTAL	8	55.08			

FC=0.164 < FT=5.1432 con un  $\alpha$  del 5%.

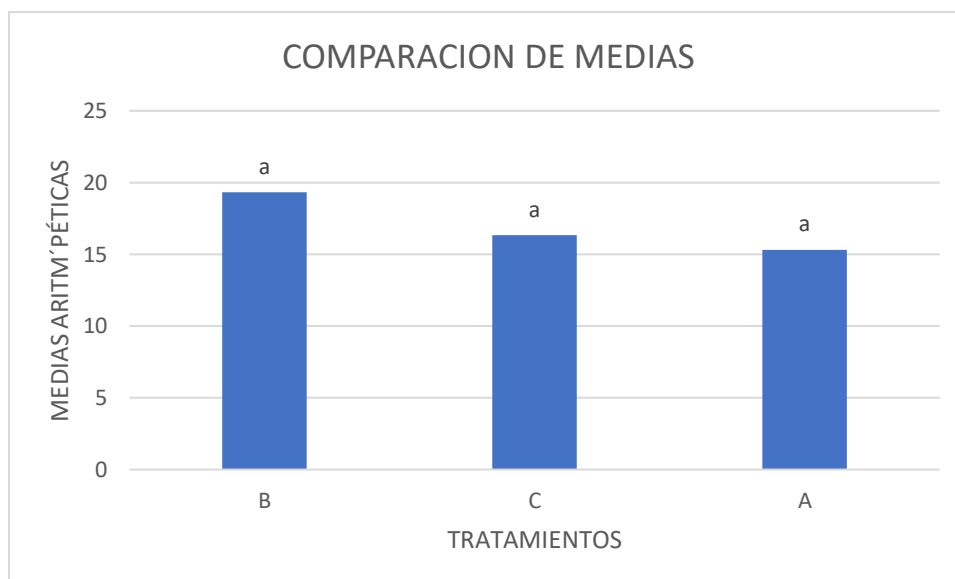
En la tabla 2 se muestra en ANOVA para el número de flores de los tres tratamientos, en ésta se puede observar que no hubo diferencia estadística al ser menor la F calculada que la F tabulada al 5%.

Tabla 2: Análisis de Varianza para la variable promedio de número de flores a la semana de presentarse las mismas.					
FV	GL	SC	CM	F calculada	Ft
TRATAMIENTO	2	26	13	0.709	5.1432
ERROR	6	110	18.33		
TOTAL	8	136			

FC=0.709 < FT=5.1432 con un  $\alpha$  del 5%

En el gráfico número 1 se puede apreciar de manera más cuantitativa los valores promedios de flores a la semana de iniciar ésta característica en los tres tratamientos, sobresaliendo el tratamiento 2 (B) con un promedio que supera apenas las 19 flores en promedio por cuadrante, y el tratamiento 1 (A) se acerca a 16 flores.

Gráfica 1: No de flores en promedio por cuadrante para cada uno de los tratamientos.



El primer corte de calabacita se realizó el día 26 de abril del 2024 y posteriormente se realizaron cortes los lunes y jueves de cada semana hasta realizar el último corte de fruto el 13 de mayo de 2024 cuyos resultados acumulados se presentan en la tabla 3 que se presenta a continuación; en esta se puede observar una mejor producción acumulada del T3 con un promedio por cuadrante de más de 16 kg; y es el T2 con menos producción acumulada promedio por cuadrante de poco más de 12 Kg, con una producción acumulada de 126.08 Kg de calabacita en el proyecto.

Tabla 3. Producción acumulada de calabacita en Kg para tratamientos y repeticiones.

	T1	T2	T3
R1	14.23	14.25	14.92
R2	14.44	11.51	17.49
R3	11.45	11.32	16.47
PROMEDIO EN Kg.	13.37	12.43	16.29

En la tabla 4 se puede observar el análisis de varianza para la variable producción acumulada del fruto en toda la temporada; se logra apreciar que la  $F_c > F_t$  es decir; si se presentó diferencia estadística entre los tratamientos; esto es una buena noticia para los resultados del proyecto.

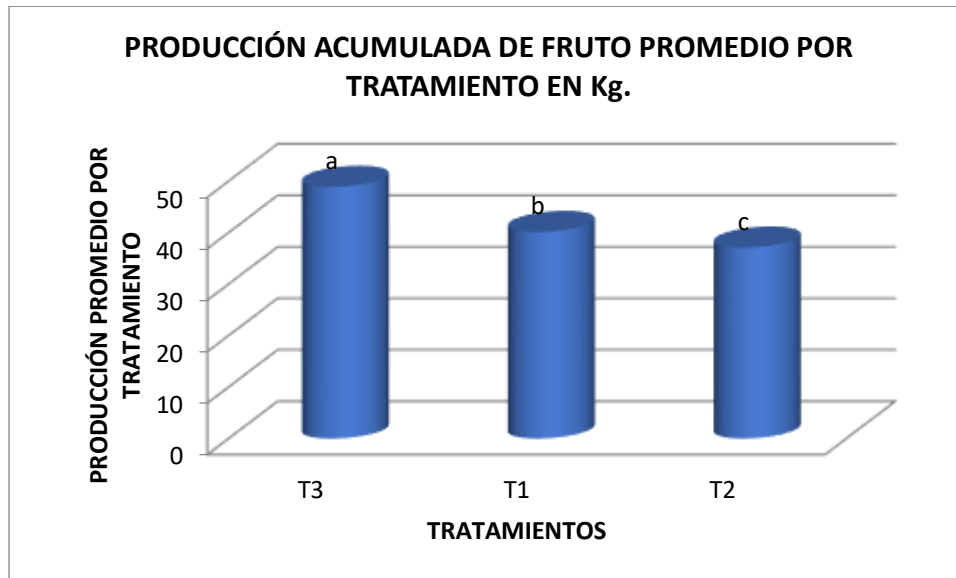
Tabla 4. Análisis de Varianza de la producción acumulada de fruto en Kg por medio del diseño completamente al azar.

FV	gl	SC	CM	Fc	Ft(5%)
Trata	2	25.0250667	12.5125333	5.25162171	5.14
Error	6	14.2956222	2.3826037		
Total	8	39.3206889			

$F_c = 5.25 > F_t = 5.14$ ; al 5%; hay diferencia estadística entre los tratamientos.

En la gráfica 2 se puede identificar el tratamiento que más producción acumulada en Kg. de calabacita logró; y corresponde al T3 con casi 45 kilogramos, mientras que el tratamiento de menor producción acumulada fue el T2 que fue a base de alcohol comercial.

Gráfica 2: Comparación de producción acumulada en Kg de calabacita en promedio por tratamiento.



### CONCLUSIONES.

La producción agrícola que tiene antecedentes ancestrales tiene algo de “lograr buenos rendimientos basado en prácticas que tienen que ver con el sentido común”; el trabajo que a continuación se presenta de manera indirecta nos llevó a esa reflexión. Primero se tiene que mencionar que el trasplante fue un éxito pues el 100% de las plantas colocadas en cada una de las repeticiones llegaron a su etapa final es decir la producción de fruto. En las otras variables analizadas tales como desarrollo longitudinal de la cucurbitácea, flores promedio, entre otros no presentaron diferencia estadística entre los tratamientos comparados, pero al llegar a la cuantificación de la producción de fruto en kilogramos la  $F_c$  fue mayor a la  $F_t$  es decir; si se presentó diferencia estadística entre los tratamientos; y fue

el T3 el que se acercó a una producción acumulada de casi 45 kilogramos y/o 2.5 Kilogramos de producción promedio por planta,; lejos de los 3400 gramos obtenidos por Candela-Olivares (1979), le siguió el T2 (solarización) con una producción acumulada de casi 36 Kg. Fue el testigo el que más producción generó; para éste el agua a tiempo, la fumigación contra la mosquita blanca y sus labores culturales fueron suficientes para mayor producción.

### BIBLIOGRAFÍA.

Aguilar-Carpio, C., Cervantes-Adame, Y. F., Escalante- Estrada, J.A.S., & Sorza-Aguilar, P. J. (2022). Crecimiento, rendimiento y rentabilidad de calabacita (Curcubita pepo L.) fertilizada con fuentes químicas y biológicas. *Terra Latinoamericana*, Vol.40,1-12. e1059 DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1059>

Apáez- Barrios, P., Lara- Chávez, M.B.N., & Raya-Montaño, Y.A (2019). Producción y rentabilidad de calabacita con aplicacion de zeolita y fertilizante químico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 23(especial), 211-221 pag. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2022>

Candela-Olivares; R. (1979). Evaluación de resultados de siembra directa y transplante en dos fechas de siembra en el cultivo de la calabacita ( Cucúrbita pepo L.) en el campo agropecuario experimental de Marín N.L. Tesis de licenciatura de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey N.L. México.

Gallo- Donoso P., & Jiménez, R. M. (1995). La solarización de los suelos agrícolas como una alternativa de control de nematodos fitoparásitos del género *Meloidogyne* spp. *Idesia*(Chile) Vol. 14. 5-16 pág.

Ham, J. M., Kluitenberg, G. J. and W. J. Lamont. 1993. Optical properties of plastic mulches affect the field temperature regime. *J. Amer. Soc. Hort. Science* a 228(2):188-193.

Japón-Quintero; J. (1981). Cultivo de calabacita. Publicación de extensión agrícola, Primera edición. Ministerio de Agricultura de España. ISBN: 84-341-0265-X, Madrid España.

Olivares; S.E. (2012). Paquete estadístico de diseño de experimentales. FAUANL, Facultad de Agronomía, en Marín Nuevo León.

Rivero, J. (2021). El cultivo de la calabacita. Guadalajara: Notita et cognition. Recuperado el 21 de Mayo de 2024, de <https://www.studocu.com/es-mx/document/centro-universitario-metropolitano-de-campeche/estadistica/el-cultivo-de-la-calabacita/85773113?origin=search-results>

Vergara, F. (2022, febrero 3). Evita plagas en tus suculentas utilizando alcohol como insecticida. *Revista Admagazine de Architectural Digest*. Consultado el 10 de Julio de 2024 en: <https://www.admagazine.com/articulos/como-utilizar-alcohol-como-insecticida>.

## RENDIMIENTO DE FRIJOL BAJO DOS DENSIDADES DE SIEMBRA EN AGUASCALIENTES

<sup>1</sup>Arellano S. A., <sup>1</sup>Borja M. B., <sup>2</sup>Sánchez B. I. T., <sup>3</sup>Alcalá J. S. G. J. R. y <sup>1</sup>Rojas C. S.

<sup>1</sup>INIFAP – Campo Experimental Pabellón, carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5. Pabellón de Arteaga, Ags. C. P. 20660. <sup>2</sup>INIFAP – Campo Experimental Zacatecas, carretera Zacatecas-Fresnillo Km. 24.5, Calera, Zac. C.P. 98500. <sup>3</sup>INIFAP – Campo Experimental Las Huastecas carretera Tampico-Mante Km. 55, Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tamaulipas

Autor responsable: [arellano.sergio@inifap.gob.mx](mailto:arellano.sergio@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

En México el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una leguminosa con tradición productiva y fuente de proteínas para la población. El objetivo fue evaluar el rendimiento de la variedad Pinto Saltillo, en dos densidades de siembra en Aguascalientes. El estudio fue llevado a cabo durante el ciclo primavera-verano 2023 en el Campo Experimental Pabellón de INIFAP, se establecieron dos densidades de siembra 90,000 y 180,000 plantas ha<sup>-1</sup> en cama a una y cuatro hileras, con una sembradora mecánica de precisión. Las variables evaluadas fueron días a inicio de floración, días a madurez, peso de 100 semillas y rendimiento. En hilera sencilla Pinto Saltillo fue más precoz para iniciar la floración y madurez con 41 y 91 días, el peso de 100 semillas fue significativamente más alto en la siembra en hilera sencilla con un peso de 32 g; los rendimientos obtenidos en cuatro hileras alcanzaron valores promedio superiores a 1000 kg ha<sup>-1</sup> en comparación con hilera sencilla donde se observó una mayor distribución y un promedio de 600 kg ha<sup>-1</sup>. La siembra en camas y altas densidades de plantas incrementa el rendimiento en más de 300 kg ha<sup>-1</sup>, esto se debe a la mayor conservación de humedad y mayor número de plantas cosechadas por metro cuadrado. Esta tecnología tiene la finalidad de buscar alternativas que incrementen la producción del cultivo de frijol con una visión de sostenibilidad y sea una opción para los productores de temporal dedicados a cultivar esta leguminosa en el Norte-Centro de México.

**Palabras clave.** Rendimiento de grano, altas densidades, sostenibilidad.

### ABSTRACT

In Mexico, the cultivation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) is a legume with a productive tradition and a source of protein for the population. The objective was to evaluate the performance of the Pinto Saltillo variety, at two sowing densities in Aguascalientes. The study was carried out during the spring-summer 2023 cycle at the INIFAP Station Experimental Pabellon, Two sowing densities of 90,000 and 180,000 plants ha<sup>-1</sup> were established in beds with one and four rows, with a precision mechanical seeder. The variables evaluated were days to start of flowering, days to maturity, weight of 100 seeds and yield. In a single row, Pinto Saltillo was earlier to start flowering and maturity with 41 and 91 days, the weight of 100 seeds was significantly higher in single-row sowing with a weight of 32 g; The yields obtained in four rows reached average values higher than 1000 kg ha<sup>-1</sup> compared to single rows where a greater distribution and an average of 600 kg ha<sup>-1</sup> were observed. Sowing in beds and high plant densities increases the yield by more than 300 kg ha<sup>-1</sup>, this is due to the greater conservation of humidity and a greater number of plants harvested per square meter. This technology aims to find alternatives that increase



bean crop production with a vision of sustainability and is an option for rainfed producers dedicated to growing this legume in North-Central Mexico.

**Key words.** Grain yield, high densities, sustainability.

## INTRODUCCIÓN

En México el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una leguminosa con tradición productiva y fuente de proteínas para la población. A nivel nacional la superficie sembrada del cultivo ha disminuido, por problemas de sequía que se presentan durante las fechas de siembra y desarrollo de la planta, esto ha causado que los principales estados productores como Zacatecas, Chihuahua, Durango y San Luis Potosí se vean afectados y otras áreas productoras de temporal importantes de la región Norte Centro del país. Lo anterior tomo relevancia durante el año 2022, donde solo se produjeron 965 mil toneladas de grano con una variación negativa de -25% de producción, este volumen obtenido ha sido el más bajo en los últimos diez años (SIAP, 2023). En Aguascalientes se siembran anualmente más de 7 mil hectáreas y se obtiene una producción superior a las 3,000 toneladas, sin embargo el rendimiento promedio obtenido es de 400 kg por hectárea (SIAP, 2024). En el estado, el temporal deficiente causa una disminución de hasta el 70% del rendimiento de grano cuando se tiene déficit hídrico en las etapas reproductivas (Romero-Félix *et al.*, 2021; Osuna-Ceja *et al.*, 2013), para disminuir riesgo por sequía es importante validar y recomendar variedades y prácticas de manejo agronómico que permitan estabilizar e incrementar los rendimientos en condiciones de secano (Osuna-Ceja *et al.*, 2021).

En INIFAP Aguascalientes, se han generado alternativas tecnológicas sobre el manejo integral del cultivo de frijol, donde se consideran componentes para aprovechar el agua de lluvia, maquinaria para laboreo, conservación de suelo y para siembra en camas y altas densidades, así como el uso de la variedad Pinto Saltillo, que es resistente a la sequía. Esta tecnología ha incrementado la productividad, rentabilidad y competitividad de los sistemas productivos con los productores adoptantes de este sistema de producción (Borja-Bravo *et al.*, 2018). El paquete tecnológico se ha generado con la finalidad de buscar alternativas para incrementar la producción del cultivo de frijol con una visión de sostenibilidad, debido a la poca disponibilidad de recursos naturales en la zona de temporal de Aguascalientes. El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento de la variedad Pinto Saltillo, en dos densidades de siembra en Aguascalientes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La parcela experimental fue establecida en el Campo Experimental Pabellón localizado a los 22° 09' 34" N, 102° 17' 39" O y una altitud de 1,912 m. El suelo predominante es franco-arenoso, el clima es templado semiárido con régimen de lluvias en verano, la lluvia promedio, acumulada durante el año, alcanza 477 mm y registra valores altos entre junio y septiembre.

Se sembró la variedad Pinto Saltillo, en la siembra se utilizó una sembradora mecánica de precisión para siembra en camas y aditamentos para captación de agua de lluvia. Con esta

máquina se establecieron altas densidades en una y cuatro hileras, el arreglo topológico que se empleó en el experimento fueron 90,000 y 180, 000 plantas ha<sup>-1</sup> respectivamente.

En la preparación del terreno se realizó un barbecho y dos pasos de rastras; la siembra se realizó el 19 de julio de 2023, el manejo agronómico del cultivo fue realizado de acuerdo a las recomendaciones del paquete tecnológico del Campo Experimental Pabellón. La cantidad de semilla utilizada fue de 31 kg/ha para hilera sencilla y 55 kg/ha en cuatro hileras.

La parcela experimental consto de diez camas de 50 metros de longitud para cada densidad establecida, las variables evaluadas fueron días a inicio de floración, días a madurez, peso de 100 semillas y rendimiento. Se tomaron cinco muestras de cinco metros de longitud en cada densidad, se cosecharon todas las plantas, para luego ser trilladas de forma manual, se limpió el grano para determinar el rendimiento en kilogramos por hectárea (kg/ha) y el peso de 100 semillas, fue obtenido de muestras tomadas al azar en el grano cosechado en cada repetición. Los datos fueron ordenados en Excel y se realizó una comparación de medias.

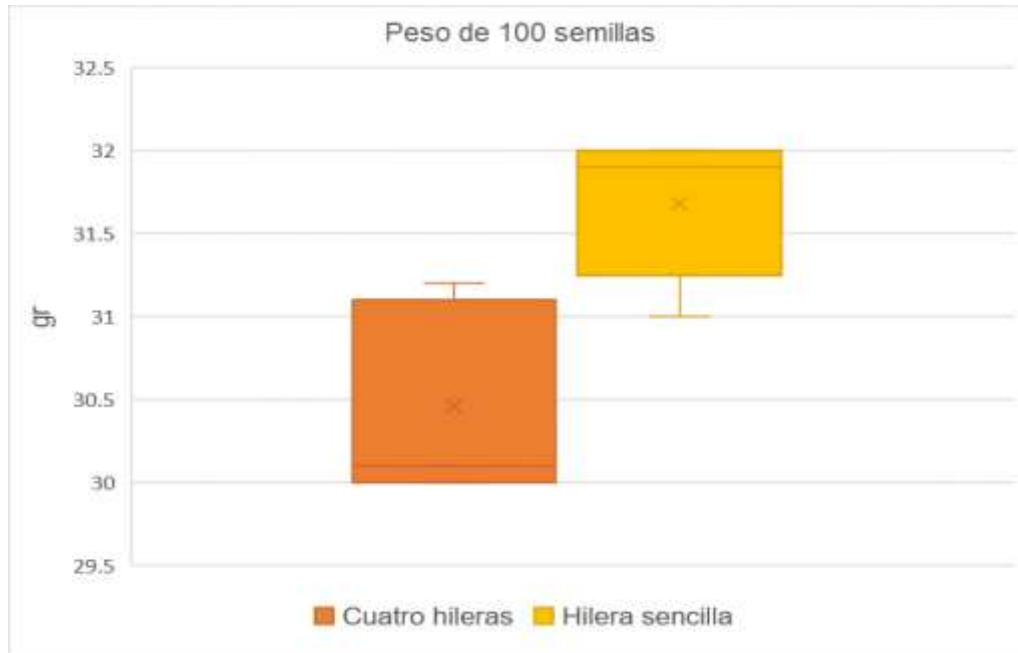
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se observa que Pinto Saltillo establecido en hilera sencilla fue más precoz para iniciar la floración y madurez. De acuerdo con Cid-Ríos *et al.* (2021), la fisiología de la planta de esta variedad, al ser de hábito de crecimiento indeterminado postrado, genera un pronto sombreado de la superficie del suelo y conserva mayor humedad al establecer más plantas por metro cuadrado, esta condición puede retrasar la floración y madurez en altas densidades, sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los sistemas de siembra.

**Cuadro 1.** Valores medios para el número de días a floración y madurez de la variedad Pinto Saltillo evaluada en Pabellón de Arteaga, Ags. 2023.

Densidad	Días a Floración	Días a Madurez
Cuatro hileras	43	97
Hilera sencilla	41	91
Promedio	42	94

En el año de evaluación la precipitación que se presentó durante el ciclo del cultivo, influyó en el desarrollo y rendimiento del frijol, en la Figura 1 se muestra que el peso de 100 semillas fue significativamente más alto en la siembra en hilera sencilla (31.68 g/100 semillas); mientras que, en cuatro hileras se obtuvo un peso promedio de (30.46 g/100 semillas).



**Figura 1.** Peso de 100 semillas de frijol Pinto Saltillo sembrado en Aguascalientes. Los resultados en la Figura 2 muestran que existen diferencias entre los rendimientos obtenidos en las densidades de siembra establecidas, en cuatro hileras se alcanzaron valores promedio superiores a  $1000 \text{ kg ha}^{-1}$  y mostraron una menor dispersión; sin embargo, en hilera sencilla se observó una mayor distribución en rendimiento con valores de  $523 \text{ kg ha}^{-1}$  hasta  $700 \text{ kg ha}^{-1}$  y un promedio de  $600 \text{ kg ha}^{-1}$ .



**Figura 2.** Rendimiento de frijol Pinto Saltillo sembrado en Aguascalientes.

Los rendimientos obtenidos fueron similares a los reportados por Osuna-Ceja *et al.* (2013), en hilera sencilla obtuvieron rendimientos de 690 kg ha<sup>-1</sup> y con el sistema en altas densidades superaron en 40% a la siembra tradicional. De acuerdo con Osuna-Ceja *et al.* (2012) el rendimiento de grano que se produjo en altas densidades de plantas se debe a la mayor conservación de humedad y mayor número de plantas cosechadas por metro cuadrado, en este estudio se incrementó el rendimiento en más de 300 kg ha<sup>-1</sup>, lo anterior es importante para los productores, ya que incrementan la productividad del cultivo y es una motivación para que adopten esquemas que mejoren sus sistemas de producción.

## CONCLUSIONES

En los últimos años los sistemas de siembra han presentado un gran cambio tecnológico, siendo las altas densidades una innovación tecnológica de mayor trascendencia. La variedad Pinto Saltillo sembrada en altas densidades y condiciones de temporal incrementa el rendimiento sin afectar el tamaño de grano.

El uso de máquinas para siembra, que integran componentes para una agricultura sostenible en secano, han sido de gran impacto y logrado mejorar los sistemas tradicionales de los productores, al integrar tres actividades en una sola operación que reduce el consumo energético, así como los costos de producción. Esta innovación tecnológica generada en el Campo Experimental Pabellón es una opción para los productores de temporal dedicados a cultivar esta leguminosa en el Norte-Centro de México.

## REFERENCIAS

- Borja-Bravo, M.; Osuna-Ceja, E. S.; Arellano-Arciniega, S.; García- Hernández, R. V. y Martínez-Gamiño, M. A. (2018). Competitividad y eficiencia en la producción de frijol en condiciones de temporal con tecnología tradicional y recomendada. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 41(4): 443-450.
- Cid-Ríos, J. A.; Reveles-Hernández M.; Ramírez-Cabral N. Y. Z.; Velásquez-Valle R. y Sánchez-Gutiérrez R. A. (2021). Arreglos topológicos y densidades de siembra en el cultivo de frijol de riego en Zacatecas. Folleto Técnico Núm. 110. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC – INIFAP, 24 p.
- Osuna-Ceja, E. S., Martínez-Gamiño M. A.; Borja-Bravo, M.; Padilla-Ramírez J. S.; Pimentel-López J. y Reyes-Muro L. (2021). Frijol: Tecnología sustentable de alto rendimiento para áreas de temporal del Centro-Norte de México. Libro Técnico No. 8. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón. 269 pp.
- Osuna-Ceja, E. S., Padilla-Ramírez J. S.; Reyes-Muro L.; Rosales-Serna R. y Acosta-Gallegos J. A. (2013). Efecto del sistema de siembra sobre el rendimiento de 10 variedades de frijol de temporal en Aguascalientes. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 12:51-56, doi: 10.5154/r.rchsza.2012.06.010.
- Osuna-Ceja, E. S., Reyes-Muro L.; Padilla-Ramírez J. S. y Martínez-Gamiño M. A. (2012). Rendimiento de frijol Pinto Saltillo en altas densidades de población bajo temporal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3:1389-1400.

- SIAP (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Panorama Agroalimentario 2023. [https://drive.google.com/file/d/1FWHntHMgju\\_uOse\\_MsOF9jZQDAm\\_FOD9/view?pli=1](https://drive.google.com/file/d/1FWHntHMgju_uOse_MsOF9jZQDAm_FOD9/view?pli=1)
- SIAP (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Avance de siembras y cosechas. Resumen por cultivo. [https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/)
- Romero-Félix, C. S., López-Castañeda C.; Kohashi-Shibata J.; Martínez-Rueda C. G.; Miranda-Colín S. y Aguilar-Rincón V. H. (2021). Rendimiento y biomasa acumulada en frijol común bajo riego y seco. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(8), 1363-1376.

## EVALUACIÓN DE INSECTICIDA Y BIOINSECTICIDA PARA EL CONTROL DE PULGÓN AMARILLO EN SORGO

Rodríguez-Morales, Salomón Isaías<sup>1</sup>; Flores-Naveda, Antonio<sup>1\*</sup>; Álvarez-Vázquez, Perpetuo<sup>1</sup>; Camposeco-Montejo, Neymar<sup>1</sup>; García-López, Josué Israel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro No. 1923 Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Autor para correspondencia: \*naveda0826@gmail.com

### RESUMEN

El sorgo (*Sorghum bicolor* (L.)) es un cultivo multipropósito ya que se utiliza como alimento para consumo humano, animal y biocombustibles. El pulgón amarillo es una de las principales plagas que atacan al sorgo en diversas regiones de México. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de insecticidas y extractos naturales, para control del pulgón amarillo en genotipos de sorgo para grano en la región sureste de Coahuila. Se evaluaron las variables días a floración (DF), altura de planta (AP), número de pulgones por planta (NPP) y rendimiento en gramos por planta (RGP). Con la prueba de *t* de *student* se determinó que el tratamiento químico, fue estadísticamente superior, seguido por el tratamiento con extractos de sorgo, ambos superando al testigo en el control del insecto plaga.

**Palabras clave:** *Sorghum bicolor*, *Melanaphis sacchari*, grano.

### ABSTRACT

*Sorghum bicolor* (L.) is multipurpose crop which is utilized as food, feed and biofuel. The sugarcane aphid is a key pest on sorghum in many areas of Mexico. The objective of this research was to evaluate the effect of insecticides and natural extracts to control the sugarcane aphid in sorghum genotypes in the southeast of Coahuila. The variables, days to flowering (DF), plant height (AP), number of aphids per plant (NPP), and grain yield per plant (RGP) were evaluated. With the student's *t*-test, it was determined that the chemical treatment was statistically superior, followed by the treatment with sorghum extracts, both surpassing the control in controlling the pest insect.

**Key words:** *Sorghum bicolor*, *Melanaphis sacchari*, grain.

### INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum bicolor*) es el quinto cultivo de importancia entre los cereales a nivel mundial, solamente superado por el trigo (*Triticum aestivum*); maíz (*Zea mays*); arroz (*Oryza sativa*) y cebada (*Hordeum vulgare*). El grano de sorgo tiene diversas aplicaciones en la alimentación humana, animal y biocombustibles (Adnan *et al.*, 2023). Según la Comisión Latinoamericana de Investigadores de Sorgo, este cultivo ocupa el segundo lugar en América Latina (Rebollar *et al.*, 2016). El pulgón amarillo se ha convertido en una de las principales plagas que limitan la producción de este cultivo, por lo tanto, se buscan diversas alternativas para la reducción del uso de agroquímicos, los cuales afectan al medio ambiente, así como a poblaciones de insectos benéficos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo de investigación se utilizaron 40 líneas experimentales de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) del Programa de Sorgo del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS), del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

### Tratamientos utilizados en el experimento

En el trabajo de investigación se utilizaron diversos productos y el control o testigo:

**Testigos.** Sin aplicación de ningún producto para el control del pulgón amarillo.

**Tratamiento químico.** A base del ingrediente activo Clorpirifos etil a una dosis de 1 ml L<sup>-1</sup>, realizando dos aplicaciones, la primera al inicio de la aparición del pulgón amarillo y la segunda aplicación durante la etapa reproductiva de la planta.

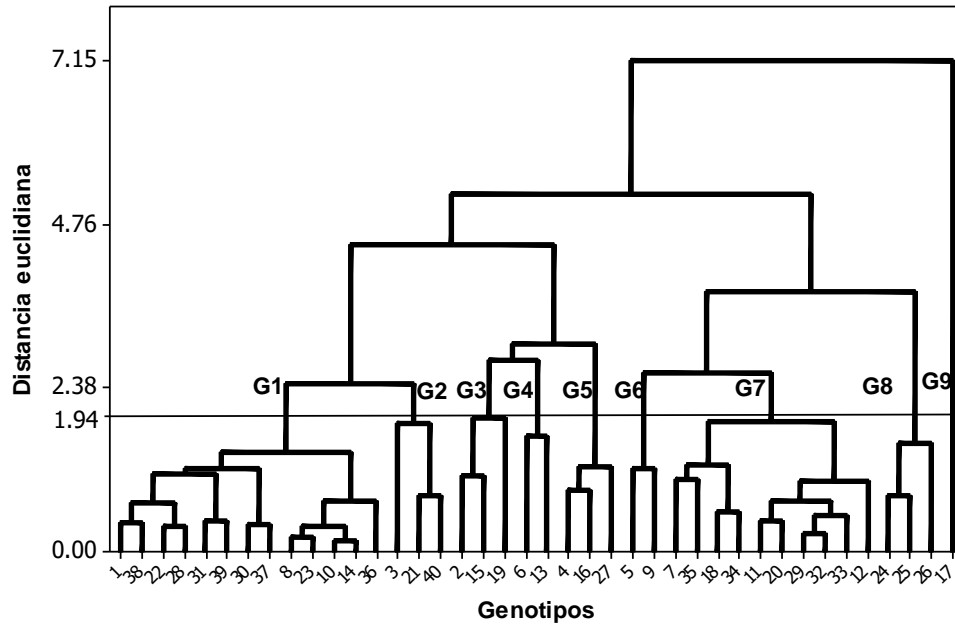
Tratamiento biológico (Bioinsecticida). Mezcla de extractos naturales de granos de sorgo de color negro al 25% de etanol y granos de sorgo grano rojo al 50% de etanol. Efectuando la primera aplicación al momento de la aparición del pulgón amarillo, realizando seis aplicaciones a una dosis de 2 ml L<sup>-1</sup> de la mezcla de los extractos y una aplicación final a una dosis de 20 ml L<sup>-1</sup>.

### Variables evaluadas

Se seleccionaron plantas al azar en competencia completa de cada línea experimental para el registro de datos en las variables: **Días a floración (DF)**, **Altura de planta (AP)**, Número de pulgones por planta (NPP) y Rendimiento de grano en g/planta (RGP).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) es la principal plaga del cultivo de sorgo, ya que causa daños a la planta al alimentarse de la savia, afectando al follaje y provocando pérdidas en el rendimiento de grano (Bowling *et al.*, 2016). Mediante los resultados del análisis de conglomerados en las variables: días a floración (DF), altura de planta (AP), número de pulgones por planta (NPP) y rendimiento de grano en gramos por planta (RGP). Se obtuvo el dendograma (Figura 1) en donde se obtuvieron nueve grupos.



**Figura 1.** Dendrograma del análisis de conglomerados de 40 genotipos de sorgo utilizando el tratamiento químico.

En el Cuadro 1 se presentan los resultados promedio de los nueve grupos de genotipos de sorgo, para las variables evaluadas. En este análisis sobresalen por su rendimiento de grano, los grupos de genotipos: G2 (119.8 g pl<sup>-1</sup>), G3 (118.7 g pl<sup>-1</sup>) y G4 (119.6 g pl<sup>-1</sup>) respectivamente, los cuales mostraron un buen control de la plaga con promedios de 14 a 34 NPP, los cuales no sobrepasan el umbral de daño económico que comprende en un rango de 50 a 125 pulgones por hoja (Silva-Martínez *et al.*, 2019) o de 50 a 100 áfidos por hoja según (Rodríguez del Bosque y Terán, 2015). En contraste el G9 fue el más susceptible presentando un mayor NPP=116, con un rendimiento de 80.0 g pl<sup>-1</sup>.

**Cuadro 1.** Promedios de grupos en genotipos de sorgo obtenidos mediante el análisis de conglomerados para el tratamiento químico.

Grupos	Genotipos	DF días	AP cm	NPP No.	RGP g pl <sup>-1</sup>
G1	1,38,22,28,31,39,37 30,8,23,10,14,36	86.4	160.6	15.3	95.7
G2	3,21,40	87.7	167.8	23.0	119.8
G3	2,15,19	86.3	298.2	14.0	118.7
G4	6,13	84.5	247.0	34.0	119.6
G5	4,16,27	83.0	252.0	11.7	93.4
G6	5,9	86.0	123.5	15.0	51.7
G7	7,35,18,34,11,20,29 32,33,12	83.8	159.7	11.2	77.3
G8	24,25,26	81.0	218.2	18.3	50.6
G9	17	86.0	142.7	116.0	80.0

DF= días a floración, AP= altura de planta, NPP= número de pulgones por planta y RGP = rendimiento de grano por planta.



En el Cuadro 2 se presentan las medias generales para las variables evaluadas, donde se observa para la variable AP que el tratamiento de los extractos registró una altura media menor, aunque no es significativa con respecto a los demás tratamientos. En el control del pulgón amarillo se observa que el tratamiento químico, fue el más efectivo, ya que presentó una media reducida para la variable número de pulgones, esto coincide con los resultados reportados por Arispe *et al.*, (2024) que a un 95% los productos químicos son efectivos para el control del pulgón amarillo. A su vez, el tratamiento con extractos de sorgo presentó un control medio de la plaga en comparación al tratamiento control o testigo.

**Cuadro 4.** Media general de las variables evaluadas en tres tratamientos para el control del pulgón amarillo en sorgo y resultados que muestran el nivel de significancia de acuerdo a la prueba *t* de *student*.

Tratamientos	DF días	AP cm	NPP no.	RGP g pl <sup>-1</sup>
Químico	85.1 a	184.4 a	18.1 c	89.7 a
Extractos	86.4 a	164.6 a	65.1 b	82.0 a
Testigo	85.7 a	183.9 a	137.4 a	83.6 a

DF= días a floración, AP= altura de planta, NPP= número de pulgones por planta y RGP = rendimiento de grano por planta. Medias con letras iguales en la misma columna son estadísticamente iguales (Prueba de *t* de *student* 0.05).

## CONCLUSIONES

En el tratamiento químico, los genotipos de los grupos: G2 (119.8 g pl<sup>-1</sup>), G3 (118.7 g pl<sup>-1</sup>) y G4 (119.6 g pl<sup>-1</sup>), presentaron rendimiento de grano aceptable y un buen control de pulgones con promedios de 14 a 34 pulgones por planta.

El tratamiento utilizado con la combinación de extractos de sorgo, para el control del pulgón amarillo, presento aceptable rendimiento en los grupos G7 (115.0 g pl<sup>-1</sup>) y G8 (168.0 g pl<sup>-1</sup>), además de un buen control de la plaga con promedios de 8.8 a 25 número de pulgones por planta.

## REFERENCIAS

- Adnan, A.; Hastuti, C. O. I.; Hadiarto, A.; Lestari, I. P.; Haryati, Y.; Qomariyah, N.; Jayanegara, A.; Wijaya, A. 2023. Global Trends and Future Works in Sorghum Research: A Combined Bibliometric and Content Analysis Approach. Preprints 2023.
- Arispe-Vázquez, J. L., García-García, B., Ayvar-Serna, S., De Lira-Ramos, K. V., Cadena-Zamudio, D. A., Zárate-Martínez, W., Tejeda-Reyes, M. A., Vargas-Hernández, M., Delgado-Núñez, E. J., & Díaz-Nájera, J. F. 2024. Integrated management of yellow aphid (*Melanaphis sacchari* Zehntner) in sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Moench in Guerrero, Mexico. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 52(2), 13533.
- Bowling Robert D., Michael J. Brewer, David L. Kerns, John Gordy, Nick Seiter, Norman E. Elliott, G. David Buntin, M. O. Way, T. A. Royer, Stephen Biles, Erin Maxson. 2016. Sugarcane Aphid (Hemiptera: Aphididae): A New Pest on Sorghum in North America, *Journal of Integrated Pest Management*, Volume 7, Issue 1, January 2016, 12.

- Rebollar, R. S., Hernández, M.J., González, R. F. J., García, M. A. 2016. Efecto de una política de importaciones sobre el mercado del sorgo (*Sorghum vulgare* Pers) en México. Revista Mexicana de Agronegocios. 38: 229- 240.
- Rodríguez -del-Bosque, L. A., Terán, A. 2015. *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae). A new sorghum insect pest in México. Southwestern Entomologist, 40, 433-434.
- Silva-Martínez, C., Nava-Camberos U., Cano-Ríos P., Reyes-Carrillo J.L., Avila-Rodríguez V. y García-Hernández J.L. 2019. Programa de muestreo para el pulgón amarillo del sorgo, *Melanaphis sacchari* (Zehntner). Ecosist. Recur. Agropec. 6: 565-571.

## RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE DIEZ GENOTIPOS DE GARBANZO BLANCO (*Cicer arietinum* L.) Y REACCIÓN A CONFRONTACIÓN NATURAL A *Fusarium* spp EN CAMPO

Fierros L.G.A., Valenzuela H. V., Ortega M. P. F., Padilla V.I., y Acosta G.J.A.

INIFAP-CIRNO-CECH e-mail: [fierros.gustavo@inifap.gob.mx](mailto:fierros.gustavo@inifap.gob.mx). INIFAP-CIRNO-CEVACU, INIFAP-CIRNO-CENEB, INIFAP-CIRCE-CEBAJ.

### RESUMEN

En México el garbanzo se cultiva principalmente en los estados del noroeste y región centro occidente. Una de las principales limitantes en la producción en México y en otras regiones del mundo son las enfermedades de la raíz que causan pérdidas en rendimiento y calidad de grano. En el ciclo 2022-23 en la Costa de Hermosillo, se evaluaron en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, 9 genotipos de garbanzo generadas en Sinaloa y Blanco Sinaloa 92, en un lote con alta población de patógenos asociados a “rabia del garbanzo”. Cuga 08-2373 tuvo el mejor rendimiento de grano de origen y de exportación con 2.59 y 1.77 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, y una de las mejores respuestas a confrontación natural con patógenos del suelo que originan la “Rabia del garbanzo” manifestado como sintomatología foliar, evaluándose 114, 126 y 133 días después de la siembra (dds) (llenado de grano, inicio de madurez fisiológica y madurez fisiológica) con valores de 1, 3.5 y 6 respectivamente. Se usó la escala de medición descrita por Schoonhoven y Pastor-Corrales, que considera valores del 1 al 9, donde 1= ausencia de síntomas y 9= muerte mayor del 70% de la población. Para la separación de medias se utilizó la prueba de DMS (0.05) y el programa estadístico de la FAUNL Versión 1.6 de prueba. El objetivo fue identificar genotipos con buen rendimiento y calidad de grano, tolerantes-resistentes a enfermedades ocasionados por patógenos del suelo asociados a “rabia del garbanzo”.

**Palabras clave:** *Fusarium* sp, confrontación, calidad de grano, calidad de exportación

### ABSTRACT

In Mexico, chickpeas are grown mainly in the northwestern states and central western region. One of the main limitations in production in Mexico and other regions of the world are root diseases that cause losses in yield and grain quality. In the 2022-23 cycle on the Hermosillo Coast, 9 chickpea genotypes generated in Sinaloa and Blanco Sinaloa 92 were evaluated in a randomized block design with four repetitions, in a lot with a high population of pathogens associated with “rabies of the chickpea”. Cuga 08-2373 had the best grain

yield of origin and export with 2.59 and 1.77 t ha<sup>-1</sup> respectively, and one of the best responses to natural confrontation with soil pathogens that cause “Chickpea Rabies” manifested as foliar symptoms. , evaluated 114, 126 and 133 days after sowing (dds) (grain filling, beginning of physiological maturity and physiological maturity) with values of 1, 3.5 and 6 respectively. The measurement scale described by Schoonhoven y Pastor-Corrales was used, considering values from 1 to 9, where 1 = absence of symptoms and 9 = death greater than 70% of the population. To separate the means, the DMS test (0.05) was used the FAUNL statistical program Version 1.6. The objective was to identify genotypes with good yield and grain quality, tolerant to diseases caused by soil pathogens associated with “chickpea rabies”.

**Keywords:** *Fusarium sp, confrontation, grain quality, export quality*

## INTRODUCCIÓN

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es una leguminosa que se cultiva en México, principalmente en las regiones agrícolas de los estados del noroeste y región centro occidente de México. Los estados productores en el noroeste incluyen Sinaloa, Sonora y Baja California Sur, y en el centro occidente Michoacán, Guanajuato y Jalisco. Las enfermedades causadas por patógenos residentes en el suelo es la principal limitante de la producción de garbanzo en campos infestados con dichos patógenos en México y en varias regiones del mundo, y es el resultado de la interacción del hospedante (planta) y el patógeno y esta interacción es afectada por las condiciones ambientales que influyen en la enfermedad (Campbell y Madden, 1990). Este cultivo es buena opción de producción por su bajo consumo de agua y por su importancia económica al ser un generador de divisas. En los últimos cuatro años se han sembrado en promedio 65,502 hectáreas anuales de garbanzo que producen alrededor de 124,312 toneladas de grano (SIAP, 2023) que se comercializa principalmente en el mercado internacional. La referencia de la calidad comercial del grano de garbanzo para exportación fue establecida por la variedad Blanco Sinaloa-92 (Gómez-Garza, 1993), la cual ha posicionado al garbanzo con la denominación de ‘Garbanzo Mexicano’, mismo que es demandado y comercializado en más de 40 países, entre los que se incluyen a Turquía, Argelia, Unión Europea (España), Estados Unidos y Emiratos Árabes (Garzón, 2023).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental Costa de Hermosillo en el ciclo 2022-23, se evaluaron diez genotipos de garbanzo blanco con sistema de riego presurizado. La siembra se hizo el 23 de enero del 2023, utilizando un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, la parcela experimental y la parcela útil fue de 1 cama de siembra por 5 m de largo (8.0 m<sup>2</sup>). Las variables evaluadas fueron: Rendimiento de origen y de exportación, porcentaje de exportación, calibre de origen y de exportación, además se evaluó la reacción de los genotipos a la confrontación natural con patógenos del suelo que ocasionan la “Rabia del garbanzo”, utilizando la escala de medición descrita por Schoonhoven y Pastor-Corrales (1987) la cual considera valores del 1 al 9, en donde 1= ausencia de síntomas y 9= muerte mayor del 70% de la población, en tres etapas de desarrollo del cultivo: Llenado de grano, inicio de madurez fisiológica y madurez fisiológica. Para el análisis estadístico de las medias se utilizó el programa estadístico de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Versión 1.6 de prueba (Olivares, 2015).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Rendimiento de grano de origen y de exportación:** Se observó diferencia significativa (DMS 0.05) para rendimiento de grano de origen, sobresaliendo la línea Cuga 08-2373 con 2.59 t ha<sup>-1</sup>, 30% más que Blanco Sinaloa 92 que rindió 1.81 t ha<sup>-1</sup>. En rendimiento de exportación, sobresalieron Cuga 08-2373 y Cuga 08-3218 con 1.77 y 1.68 t ha<sup>-1</sup> respectivamente superando a Blanco Sinaloa 92, en 20 y 18% respectivamente (Cuadro 1). Blanco Sinaloa mostró mayor afectación a la confrontación natural con *Fusarium sp* en la etapa de inicio de madurez fisiológica comparado con las líneas Cuga 08-2373 y Cuga 08-3218 afectando la calidad de grano en relación al tamaño disminuyendo su porcentaje de exportación el cual está muy relacionado con el rendimiento de exportación (Cuadro 2). Al incrementarse el grado de intensidad el daño por *Fusarium spp* en garbanzo, esto se traduce en una menor capacidad de la planta para sintetizar y como consecuencia disminuye el rendimiento y la calidad del grano (Fierros *et al.*, 2017)

**Porcentaje de exportación:** El análisis de varianza de esta variable mostró diferencia significativa (DMS 0.05), Cuga 09-1520 con 84% superando a Blanco Sinaloa 92 en 8%, las líneas Cuga 09-2315 Cuga 08-2378 y Cuga 09-2235 presentaron los valores más bajos con 18, 28 y 37% respectivamente, esta variable al igual que las demás se vio fuertemente afectada por la fecha de siembra y por la afectación por hongos del suelo cuyos valores

fueron 6.0, 7.5 y 3.5 de acuerdo a la escala de medición descrita por Schoonhoven y Pastor-Corrales. La línea Cuga 09-2235, mostró un nivel de afectación de 3.5, lo cual no se reflejó en rendimiento probablemente debido probablemente su baja adaptación ambiental (Cuadro 1).

**Calibre de origen y de exportación:** Se observó diferencia significativa en ambas variables (DMS 0.05). En calibre de origen, sobresalió Blanco Sinaloa 92 con 50 granos en 30 g, superando al resto de los materiales, los calibres más bajos fueron obtenidos con Cuga 09-1160 y Cuga 08- 3218 con 79 y 82 granos en 30 g. En Calibre de exportación, sobresalieron las líneas Cuga 09-2235 y Cuga 09-2315 con 45 y 47 granos en 30 g, Blanco Sinaloa 92, 48 granos en 30 g. (Cuadro 1). El efecto ambiental y la interacción genotipo por ambiente fueron de mayor magnitud para el rendimiento que para el tamaño del grano, lo que indica la inestabilidad del rendimiento y la estabilidad del peso del grano a través de ambientes (Fierros *et al.*, 2016)

**Cuadro 1. Rendimiento de grano de origen y de exportación, porcentaje de exportación y calibre de origen y de exportación de diez genotipos de garbanzo.**

Genotipo	Rendimiento de origen (t ha <sup>1</sup> )	Rendimiento de exportación (t ha <sup>1</sup> )	Porcentaje de exportación	Calibre de origen	Calibre de exportación
Cuga 08-2373	2.59 <sup>a</sup>	1.77 a	68bc	56 cd	50 abc
Cuga 09-2315	2.27ab	0.40 c	18f	54 cd	47 a
Cuga 09-3220	2.18abc	1.57 a	72ab	68 b	53 abc
Cuga 08-3218	2.18abc	1.68 a	77ab	82 a	61 e
Cuga 08-1560	2.05abc	1.49 a	73ab	60 c	52 ab
Cuga 08-2378	1.64bc	0.45 bc	28ef	55 cd	49 abc
Cuga 09-2235	1.60cd	0.58 bc	37de	55 cd	45 a
Cuga 09-1160	1.09cd	0.58 bc	53cd	79 a	55 abcd
Cuga 09-1520	0.93de	0.78 b	84a	56	48abc
Blanco Sin. 92	1.81bc	1.38 ab	76ab	50 d	48 ab
DMS	0.596e	0.27	17.14	7.59	4.872

\* = Significativo p > 0.95%, n s= No significativo p > 0.95

La respuesta observada a confrontación natural con patógenos en suelo principalmente *Fusarium sp*, indica que hubo respuesta diferencial entre etapas de muestreo y genotipos. En la etapa de llenado de grano, la aparición de sintomatología en la parte aérea de las plantas, las líneas Cuga 09-1520, Cuga 08-2375 y Blanco Sinaloa 92 no presentaron sintomatología siendo su valor de calificación igual =1, de acuerdo a la escala 1 a 9 de Schoonhoven y Pastor-Corrales (1987). En la etapa de inicio de madurez fisiológica, estas mismas líneas tuvieron el mejor comportamiento a *Fusarium sp* con 3 y 3.5 en la escala antes

mencionada lo que representó 10% o menos del follaje con clorosis. Blanco Sinaloa 92, pasó de 1 a 6 en esta etapa lo que representó aproximadamente el 25% de hojas y ramas con marchitamiento y clorosis. En la etapa de madurez fisiológica estas mismas líneas Cuga 09-1520 y Cuga 08-2373, mostraron el mejor comportamiento a la confrontación natural con *Fusarium sp* con valores de 5 y 6 representando aproximadamente el 25% de hojas y ramas con marchitamiento y clorosis. Ambas líneas mostraron hábito de crecimiento erecto, dosel semiabierto con 0% de acame (Cuadro 2). Esta sintomatología cuando se presenta en estadios reproductivos avanzados R5 y R6 (Ávila *et al.*, 2014) puede ocasionar una importante reducción en la cantidad y calidad de grano. (Méndez *et al.*, 2020)

**Cuadro 2. Reacción a la incidencia natural en campo a *Fusarium spp*, hábito de crecimiento, tipo de dosel y porcentaje de acame de diez genotipos de garbanzo.**

Genotipo	Etapas de muestreo de sintomatología de <i>Fusarium sp</i> *			Hábito de crecimiento	Tipo de dosel	Porcentaje de acame
	Llenado de grano	Inicio madurez fisiológica	Madurez fisiológica			
Cuga 08-2373	1.0	3.5	6.0	e**	sa+	0
Cuga 09-2315	3.5	6.0	7.5	e	sc	0
Cuga 09-3220	1.5	5.0	7.0	e	sa	0
Cuga 08-3218	1.5	5.5	7.5	e	sc	0
Cuga 08-1560	2.0	5.0	7.0	e	sc	0
Cuga 08-2378	4.5	7.5	8.0	e	sc	0
Cuga 09-2235	1.0	3.3	4.5	e	sa	0
Cuga 09-1160	2.5	5.0	6.5	e	sa	0
Cuga 09-1520	1.0	3.0	5.0	e	sa	0
Blanco Sinaloa 92	1.0	6.0	6.5	se	sa	2.5

\* Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol 1 a 9 en donde 1 = sin síntomas y 9 = a aproximadamente el 75% o más de las hojas y ramas presentan marchitamiento enanismo severo y necrosis, \*\* e= erecto, se = semierecto, + sc= semicompacto, sa = semiabierto

## CONCLUSIONES

Las líneas Cuga 08-2373 y Cuga 08-3218 con 1.77 y 1.68 t ha<sup>-1</sup> respectivamente superaron a Blanco Sinaloa 92 en 20 y 18% respectivamente.

Las líneas Cuga 09-1520 y Cuga 08-2373 tuvieron el mejor comportamiento a la confrontación natural con *Fusarium sp* con valores de 5 y 6 a la etapa de madurez fisiológica del cultivo

---

**REFERENCIAS**

- Ávila, M.J.A. J.M. Ávila, S., F. J. Rivas, S.y D. Martínez, H. 2014. El cultivo del garbanzo sistemas de producción en el noroeste de México. Universidad de Sonora división de ciencias biológicas y de la salud Departamento de Agricultura y Ganadería. 26-27 pp
- Campbell, C.L. y Madden, L.V. (1990) Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley & Sons, New York.
- Fierros-Leyva, G.A., Ortega-Murrieta, P.F., Acosta-Gallegos, J.A., Valenzuela-Herrera, V., Velarde-Félix, S., y Gutiérrez-Pérez, E. 2016. Interacción genotipo-ambiente en garbanzo blanco de semilla extra grande en el noroeste de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2016, vol.7, n.3. pp507-519.
- Fierros-Leyva, G.A., Ortega-Murrieta, P.F., Acosta-Gallegos, J.A., Padilla-Valenzuela, v., Rodríguez-Cota, f.g., y Valenzuela-Herrera, V. (2017). Respuesta de genotipos de garbanzo tolerantes a enfermedades asociadas con pudriciones rsdiculares en la Costa de Hermosillo. INIFAP-CIRNO-CECH. Memoria Científica No. 11. Noviembre de 2017. Pp 100-105.
- Garzón, J.M. (2023, 19 octubre). Mercado mundial de garbanzo. [https://www.eeaoc.gob.ar/wp-content/uploads/2021/09/PE.garbanzoalta\\_2021-99-110.pdf](https://www.eeaoc.gob.ar/wp-content/uploads/2021/09/PE.garbanzoalta_2021-99-110.pdf)
- Gómez-Garza, R.M. 1993. Blanco Sinaloa-92: Nueva variedad de garbanzo para el noroeste de México. Folleto técnico núm. 13. INIFAP-CIRNO-CEVACU. Culiacán, Sinaloa. 12 p.
- Méndez, D., F. Perera, M., V. González, C. Espeche, M.O. Vizgarra, m. Devani, y A.P. Castagnato. 2020. Marchitamiento por Fusarium Oxysporum en garbanzo. Instituto de Tecnología Agroindustrial del Noroeste Argentino (ITANOA), Estacion Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y técnicas (CONCET). Pp 9
- Olivares, S. E. 2015. Programas de análisis estadístico de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Versión 1.6 de prueba. Monterrey. N.L.
- Schoonhoven, A. V. y Pastor, C. M.A. (comps.). 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. 56 p
- SIAP. 2023. Producción Agrícola. Consulta en línea. <http://www.siap/sagarpa.gob.mx/>. (Fecha de consulta: 10 octubre de 2023).



## ENSAYO PRELIMINAR DE RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE 13 LÍNEAS ÉLITE Y TRES VARIEDADES DE GARBANZO BLANCO. C.E. COSTA DE HERMOSILLO. CICLO 2021-22

Fierros L.G.A., Valenzuela H. V., Ortega M. P. F., Padilla V.I., y Acosta G.J.A.

INIFAP-CIRNO-CECH e-mail: [fierros.gustavo@inifap.gob.mx](mailto:fierros.gustavo@inifap.gob.mx). INIFAP-CIRNO-CEVACU, INIFAP-CIRNO-CENEB, INIFAP-CIRCE-CEBAJ.

### RESUMEN

En el proceso de mejoramiento genético los genotipos resultantes que se originan de una o más familias derivadas de cruza simples o múltiples, se obtienen la categoría de líneas avanzadas y élite en donde se les somete a diversas evaluaciones de acuerdo a los objetivos del proyecto, generalmente en F<sub>5</sub> se someten a selecciones individuales en cada familia en donde se busca las mejores características, las líneas seleccionadas pasan a evaluaciones y posteriormente se integra un ensayo preliminar de rendimiento con las líneas más prometedoras denominándolas líneas élite. Cada año se van seleccionando mejores materiales con una base de variabilidad genética más amplia con mayor resistencia a enfermedades, mejor calidad en tamaño y color de grano, y con un alto grado de homogeneidad fenotípica. los materiales sobresalientes son evaluados en ensayos regionales, parcelas de validación y parcelas demostrativas. En el ciclo 2021-22, se evaluaron 13 líneas élite y tres variedades de garbanzo blanco en un ensayo preliminar de rendimiento utilizando un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, para el análisis estadístico de las medias se utilizó el programa estadístico de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Versión 1.6 de prueba. Para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey (0.05). En rendimiento de grano de origen sobresalieron las líneas Hoga 2104-2-1, Hoga 2010-25-4 con 3.17 y 3.11 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, en porcentaje de exportación sobresalieron Hoga 2010-4-19 y Hoga 2010-25-4 con 96 y 95.5 en ese orden, la línea Hoga 2010-31-12 con 41.5 en calibre de origen, y en calibre de exportación sobresalieron Hoga 2010-31-12, Hoga 2012-25-12 y Hoga 2010-29-22 con 37.8, 42.3 y 42.5 granos en 30 gramos. El objetivo de este trabajo fue identificar líneas élite de garbanzo blanco sobresalientes en rendimiento y calidad de grano para exportación.

**Palabras clave:** Calidad de grano, calidad de exportación, calibre de exportación.

## ABSTRACT

In the process of genetic improvement, the resulting genotypes that originate from one or more families derived from simple or multiple crosses, are obtained in the category of advanced and elite lines where they are subjected to various evaluations according to the objectives of the project, generally in F5 they are subjected to individual selections in each family where the best characteristics are sought, the selected lines go on to evaluations and subsequently a preliminary performance test is integrated with the most promising lines, calling them elite lines. Every year, better materials are selected with a broader base of genetic variability with greater resistance to diseases, better quality in grain size and color, and with a high degree of phenotypic homogeneity. Outstanding materials are evaluated in regional trials, validation plots and demonstration plots. In the 2021-22 cycle, 13 elite lines and three varieties of white chickpea were evaluated in a preliminary performance trial using a randomized block design with four repetitions. For the statistical analysis of the means, the statistical program of the Faculty of Agronomy of the Autonomous University of Nuevo León was used. Version 1.6 of the test. For the separation of means, the Tukey test (0.05) was used. In grain yield at origin, the Hoga 2104-2-1 and Hoga 2010-25-4 lines stood out with 3.17 and 3.11 t ha<sup>-1</sup> respectively; in export percentage, Hoga 2010-4-19 and Hoga 2010-25-4 stood out with 96 and 95.5 in that order, the Hoga 2010-31-12 line with 41.5 in origin caliber, and in export caliber, Hoga 2010-31-12, Hoga 2012-25-12 and Hoga 2010-29-22 stood out with 37.8, 42.3 and 42.5 grains in 30 grams. The objective of this work was to identify elite lines of white chickpea outstanding in grain yield and quality for export.

**Keywords:** Grain quality, export quality, export caliber.

## INTRODUCCIÓN

El garbanzo de grano blanco grande ("Kabuli") que se produce en la región noroeste de México es de alta calidad, lo que ha dado reconocimiento internacional al garbanzo producido en México (Gallardo, 2011). Se exporta a Europa, Norte de África y Medio Oriente (Yadav *et al.*, 2007). Debido a la presión del mercado internacional por grano de garbanzo de mayor rendimiento, calidad y color de grano reflejados en mayor porcentaje de exportación y mejores calibres, así como resistencia-tolerancia a la incidencia de patógenos del suelo que causan la secadera y marchitez, se necesita generar nuevas variedades con características superiores a las anteriores, que permitan satisfacer el sector de mercado

internacional que atiende México (Carrillo, 2010; Manjarrez *et al.*, 2010, Ramírez *et al.* 2011). El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es una leguminosa que se cultiva en México, principalmente en las regiones agrícolas de los estados del noroeste y región centro occidente de México. Este cultivo es buena opción de producción por su bajo consumo de agua y por su importancia económica al ser un generador de divisas. En los últimos cuatro años se han sembrado en promedio 65,502 hectáreas anuales de garbanzo que producen alrededor de 124,312 toneladas de grano (SIAP, 2023) que se comercializa principalmente en el mercado internacional. La referencia de la calidad comercial del grano de garbanzo para exportación fue establecida por la variedad Blanco Sinaloa-92 (Gómez-Garza, 1993), la cual ha posicionado al garbanzo con la denominación de 'Garbanzo Mexicano', mismo que es demandado y comercializado en más de 40 países, entre los que se incluyen a Turquía, Argelia, Unión Europea (España), Estados Unidos y Emiratos Árabes (Garzón, 2023). El objetivo de este trabajo fue identificar líneas de garbanzo blanco sobresalientes en rendimiento y calidad de grano para exportación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental Costa de Hermosillo en el ciclo 2021-22, se evaluaron 13 líneas élite y tres variedades de garbanzo blanco en riego por goteo. La siembra se hizo el 23 de enero del 2023, utilizando un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, para el análisis estadístico de las medias se utilizó el programa estadístico de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Versión 1.6 de prueba (Olivares, 2015). Para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey (0.05). la parcela experimental y la parcela útil fue de 1 cama de siembra por 5 m de largo (8.0 m<sup>2</sup>). Las variables evaluadas fueron: Rendimiento de grano de origen y de exportación, porcentaje de exportación, calibre de origen y de exportación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Rendimiento de grano de origen y de exportación:** El rendimiento de grano de origen se define como el rendimiento de campo, y el rendimiento de exportación es aquel cuando el grano de origen es pasado por una criba de 9mm que una vez que el grano de origen es pasado por una criba de 9mm. Se observó diferencia significativa (Tukey 0.05), para rendimiento de grano DE origen sobresalieron las líneas Hoga 2014-2-1, Hoga 2010-25-4 y Hoga 2014-2-9 con 3.17, 3.11 y 3.02 t ha<sup>-1</sup>, superando a la variedad Mazocahui en 19.4, 8.7 y 6% respectivamente. La variedad BlancoSon fue superada en 11, 9.3 y 6.7%

respectivamente y a Blanco Sinaloa 92 en 17.7, 16.1 y 13.6% en ese mismo orden. Las líneas élite Hoga 2010-1-9 y Hoga 2011-3-1-20 tuvieron los rendimientos más bajos con 2.4 y 2.5 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. En rendimiento de exportación, el cual se calcula con el rendimiento de origen por el porcentaje de exportación, se observó significancia estadística (Tukey 0.05) sobresaliendo Hoga 2010-25-4 y Hoga 2010-29-22 con rendimientos de 2.97 y 2.84 t ha<sup>-1</sup>, las variedades BlancoSon, Mazocahui y Blanco Sinaloa 92 tuvieron rendimiento de 2.58, 2.61 y 2.18 t ha<sup>-1</sup> en ese mismo orden (Cuadro 1).

**Porcentaje de exportación:** Esta variable se define como el porcentaje de grano obtenido una vez pasado por una criba de 9mm. Se observó diferencia estadística significativa (Tukey (0.05) sobresaliendo las líneas Hoga 2010-4-19 y Hoga 2010-25-4 con 96 y 95.5 % de exportación superando a las variedades BlancoSon, Mazocahui y Blanco Sinaloa 92 que presentaron 91.5, 92 y 83.8% en ese mismo orden. Los valores más bajos en esta variable fueron observados en las líneas Hoga 2014-21-6 y Hoga 2014-2-19 con 55.5 y 59% de exportación lo cual, a pesar de haber tenido buen rendimiento de origen, este se reduce debido a su bajo porcentaje de exportación (Cuadro 1). En un ensayo en el C.E. Valle de Culiacán en los ciclos 2012 y 2013, los resultados indican que las líneas experimentales muestran un tamaño de grano similar a Blanco Sinaloa 92 y Blanoro debido a que tienen progenitores en común y su proceso de mejoramiento de selección por tamaño de grano (Valenzuela *et al.*, 2017)

**Calibre de origen y de exportación:** El calibre de origen se define como la cantidad de granos de origen necesarios para completar 30 gramos, y el calibre de exportación, la cantidad de granos cribados en malla de 9 mm necesarios para completar 30 gramos. Se observó diferencia significativa en ambas variables (Tukey 0.05). En calibre de origen sobresalieron las líneas Hoga 2010-31-12 y Hoga 2010-29-22 con 41.5 y 44 granos en 30 gramos, superando a las variedades testigo BlancoSon, Mazocahui y Blanco Sinaloa con valores de 47.8, 47.3 y 47.5 granos/30g. En calibre de exportación, las líneas sobresalientes fueron Hoga 2010-31-12 y Hoga 2012-25-12 con 37.8 y 42.3 granos/30g, las variedades testigo BlancoSon, Mazocahui y Blanco Sinaloa 92 tuvieron 44, 44.4 y 44 granos/30g (Cuadro 1). El efecto ambiental y la interacción genotipo por ambiente fueron de mayor magnitud para el rendimiento que para el tamaño del grano, lo que indica la inestabilidad del rendimiento y la estabilidad del peso del grano a través de ambientes (Fierros *et al.*, 2016)

**Cuadro 1. Rendimiento de grano de origen y de exportación, porcentaje de exportación y calibre de origen y de exportación de diez genotipos de garbanzo. Campo Experimental Costa de Hermosillo 2021-22.**

Línea/Varietal	Rendimiento de origen (t ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento de exportación (t ha <sup>-1</sup> )	Porcentaje de exportación	Calibre de origen (Granos/30g)	Calibre de exportación (Granos/30g)
BlancoSon	2.82 a*	2.58 a*	91.5 abc*	47.8 abc*	44 b*
Mazocahui	2.84 ab	2.61 a	92 abc	47.3 abc	44.4 b
Blanco Sinaloa 92	2.61 bc	2.18 cd	83.8 cd	48.5 bc	44 b
Hoga 2010-29-22	3.01 a	2.84 a	94.3 abc	44 ab	42.5 b
Hoga 2010-1-9	2.39 cd	2.01 cd	84.3 bcd	50 bc	45.3 bc
Hoga 2010-50-13	2.02 e	1.89 cd	93.5 abc	47.5 abc	45.8 bc
Hoga 2012-25-12	2.85 ab	2.67 a	93.5 abc	46.8 abc	42.3 b
Hoga 2010-25-4	3.11 a	2.97 a	95.5 a	45.8 ab	43.8 b
Hoga 2011-31-20	2.5 cd	2.37 abc	94.8 ab	48.5 bc	45 b
Hoga 2010-4-19	2.91 a	2.75 a	96 a	45 ab	43.5 b
Hoga 2010-31-12	2.67 bc	2.52 ab	94.3 abc	41.5 a	37.8 a
Hoga 2014-21-6	2.86 ab	1.59 de	55.5 e	62.5 e	54 e
Hoga 2014-2-19	2.62 bc	1.55 de	59 e	62.3 e	53.3 e
Hoga 2014-2-1	3.17 a	2.36 abc	74.5 d	59.3 e	55.3 e
Hoga 2014-22-9	2.88 ab	2.53 ab	87.8 abc	52.8 cd	49.3 cd
Hoga 2014-2-9	3.02 a	2.28 abc	75.5 d	57.8 de	51.8 de

\* = Significativo  $p > 0.95\%$ , n s= No significativo  $p > 0.95$

## CONCLUSIONES

Las líneas élites Hoga 2010-25-4 y Hoga 2010-4-9 fueron identificadas como las más sobresalientes en las variables de rendimiento y calidad de grano, superando a las variedades testigo.

## REFERENCIAS

- Fierros-Leyva, G.A., Ortega-Murrieta, P.F., Acosta-Gallegos, J.A., Valenzuela-Herrera, V., Velarde-Félix, S., y Gutiérrez-Pérez, E. 2016. Interacción genotipo-ambiente en garbanzo blanco de semilla extra grande en el noroeste de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2016, vol.7, n.3. pp507-519.
- Gallardo, M. J. (2011). Comercialización y tendencias de precios para el cultivo del garbanzo. En: Memoria de capacitación. Fundación Produce Sinaloa A.C. pp 43-57
- Garzón, J.M. (2023, 19 octubre). Mercado mundial de garbanzo. [https://www.eeaoc.gob.ar/wp-content/uploads/2021/09/PE\\_garbanzoalta\\_2021-99-110.pdf](https://www.eeaoc.gob.ar/wp-content/uploads/2021/09/PE_garbanzoalta_2021-99-110.pdf)
- Gómez-Garza, R.M. 1993. Blanco Sinaloa-92: Nueva variedad de garbanzo para el noroeste de México. Folleto técnico núm. 13. INIFAP-CIRNO-CEVACU. Culiacán, Sinaloa. 12 p.
- Manjarrez, S. P., Gómez, G. L. y Salinas, P. R. A. (2010). Formación de variedades de garbanzo para exportación en Sinaloa. *In: Avances de investigación 2009 del CEVACU.* Publicación

- especial No. 12. INIFAP. 87 p.
- Olivares, S. E. 2015. Programas de análisis estadístico de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Versión 1.6 de prueba. Monterrey. N.L.
- Ramírez, S. M., P. Manjarrez S., M.G. García C., R.A. Salinas P., H.G. Ortiz C., Y. Valencia M., P.F. Ortega M. y L. Gómez G. (2011). Nuevas líneas y variedades de garbanzo blanco para la zona centro de Sinaloa. In. VIII Jornada tecnológica del cultivo del garbanzo. Memoria de capacitación. Fundación Produce Sinaloa A.C. pp.7-16.
- SIAP. 2023. Producción Agrícola. Consulta en línea. <http://www.siap/sagarpa.gob.mx/>. (Fecha de consulta: 10 octubre de 2023).
- Valenzuela-Herrera V., López-Guzmán J.A., Ortega-Murrieta P.F., Fierros-Leyva G.A., Padilla-Valenzuela I., y Sot-Ramírez M. 2017. Comparación del rendimiento y tamaño de grano de genotipos de garbanzo en dos localidades del estado de Sinaloa. In. Memoria Científica No. 11. INIFAP-CIRNO-CECH. pp 71-75
- Yadav, S.S., N. Longnecker, S. Dusuncell.G. Bejiga, M. Yadav, A.H. Rizvi, M. Manohar, A.A. Reedy, Z. Xaxico and W. Chen. (2007). Uses, consumption and utilization. pp. 72-100, In: Chickpea Breeding and Management. S.S. Yadav, R.J. Reeden, W. Chen, B. Sharma (edts), UK by Cromwell Press, Trowbridge.
- Carrillo, F. J. A. 2010. Manejo de la rabia del garbanzo. En: VII Jornada de transferencia de tecnología del cultivo del garbanzo. Memoria de capacitación. Fundación Produce Sinaloa A.C. pp 31-36

## LA APLICACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE ZNO COMPROMETEN EL DESARROLLO FOLIAR Y LA ABSORCIÓN DE NITRÓGENO EN PLANTAS DE ACELGA

### THE APPLICATION OF ZNO NANOPARTICLES AFFECT LEAF DEVELOPMENT AND NITROGEN ABSORPTION IN CHARD PLANTS

García-López Josué I<sup>1,\*</sup>, Flores-Naveda Antonio<sup>1</sup>, Álvarez-Vázquez Perpetuo<sup>2</sup>, Camposeco-Montejo Neymar<sup>1</sup>, Ruelas-Chacón Xóchitl<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas, Saltillo, Coahuila 25315, México

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Recursos Naturales Renovables, Saltillo, Coahuila 25315, México

<sup>3</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Saltillo, Coahuila 25315, México

\*Autor para correspondencia: [g.lopezi90@gmail.com](mailto:g.lopezi90@gmail.com)

#### RESUMEN

En este estudio, las plantas de espinaca fueron cultivadas en condiciones de invernadero en suelo modificado con nanofertilizantes de zinc para determinar su desarrollo foliar y la absorción de nitrógeno (N) y zinc (Zn) en tejidos de la planta. Las plantas se cultivaron durante 74 días, los fertilizantes aplicados fueron nanopartículas metálicas de óxido de Zn (ZnO NPs), nanopartículas orgánicas de Zn (ZnO GNPs) y sulfato de Zn (ZnSO<sub>4</sub>) a concentraciones de 0 (control, utilizando suelo sin aplicación de fertilizantes de Zn), 25, 50, 75, 100 y 125 mg de Zn/kg de suelo. El desarrollo de área foliar fue superior en 30.58% al aplicar ZnSO<sub>4</sub>, al compararlo con los nanofertilizantes. En cuanto a la absorción de minerales en la raíz, en el tratamiento con ZnSO<sub>4</sub> el % de N aumentó 38.5%, mientras que ambas NPs (ZnO NPs, ZnO GNPs) disminuyeron en 42.6 y 45.3%, comparados al control. En el caso de la absorción del N por la hoja, se presentó la misma tendencia que en la raíz, el % de N aumentó 22.01% en ZnSO<sub>4</sub>, mientras que en ZnO NPs disminuyó 12 y 15.6 % en ZnO GNPs.

**Palabras clave:** nanofertilizantes, desarrollo foriar, absorción de nutrientes.

#### ABSTRACT

In this study, spinach plants were grown under greenhouse conditions in soil amended with zinc nanofertilizers to determine their leaf development and the uptake of nitrogen (N) and zinc (Zn) in plant tissues. The plants were grown for 74 days, the fertilizers applied were metallic Zn oxide nanoparticles (ZnO NPs), organic Zn nanoparticles (ZnO GNPs) and Zn sulfate (ZnSO<sub>4</sub>) at concentrations of 0 (control, using soil without application of Zn fertilizers), 25, 50, 75, 100 and 125 mg of Zn/kg of soil. The development of leaf area was 30.58% higher when applying ZnSO<sub>4</sub>, when compared to nanofertilizers. Regarding the absorption of minerals in the root, in the treatment with ZnSO<sub>4</sub> the % of N increased by 38.5%, while both NPs (ZnO NPs, ZnO GNPs) decreased by 42.6 and 45.3%, compared to the control. In the case of N absorption by the leaf, the same trend was presented as in the root, the %

of N increased 22.01% in ZnSO<sub>4</sub>, while in ZnO NPs it decreased 12 and 15.6% in ZnO GNPs.

**Key words:** nanofertilizers, foliar development, nutrient uptake.

## INTRODUCCIÓN

En México, según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el año 2022 se tuvieron 847,716 defunciones registradas, las tres principales causas de muerte a nivel nacional fueron enfermedades del corazón (24%), diabetes mellitus (14%) y tumores malignos (11%). Estas enfermedades están relacionadas con la falta de micronutrientes como minerales y vitaminas, entre ellos se encuentran el hierro y el Zn. La carencia de Zn es el problema de malnutrición más frecuente en los países en vías de desarrollo que tienen limitaciones al acceso de alimentos ricos en este nutriente, esto por la dependencia de basar su alimentación en cereales (Poudel et al., 2023). La baja disponibilidad de Zn en los cereales se debe a la fijación de fitatos (Gupta et al., 2020). La principal causa de deficiencia de Zn en los países sub-desarrollados es la dependencia de alimentos caracterizados por una alta densidad calórica pero un menor contenido de Zn biodisponible (Kruger et al., 2014).

Además, se considera que la deficiencia de Zn en los suelos agrícolas es la carencia de micronutrientes más extendida geográficamente y que más limita la producción de cultivos (las pérdidas de rendimiento pueden superar el 40%), mientras que su exceso en el suelo puede ser de origen geológico o antropogénico (Noulas et al., 2018). Se han propuesto diferentes enfoques para mitigar problemas ocultos del hambre, como la deficiencia de Zn, dentro los que destacan la proporción y diversidad de verduras en la dieta, el enriquecimiento alimentos, la suplementación con nutrientes y el bioenriquecimiento de los cultivos (Ramapuram et al., 2018). Entre estas estrategias, la biofortificación con Zn se considera el enfoque más sostenible para tratar la deficiencia de Zn en poblaciones susceptibles. Los cultivos pueden biofortificarse mediante distintos enfoques, incluyendo la ingeniería genética, el mejoramiento convencional y manejo agronómico (Marques et al., 2021).

Dentro de los enfoques agronómicos, la fertilización con Zn es rentable para mejorar su concentración en las hortalizas (Farooq et al., 2018). Sin embargo, los fertilizantes de convencionales a base de Zn son altamente solubles y tienen una baja eficiencia de uso debido a la inmovilización del Zn por suelos neutros a alcalinos y su escasa movilidad en las plantas (Adisa et al., 2019). Por lo tanto, es necesario explorar un nuevo fertilizante de Zn más eficiente y de bajo riesgo medioambiental como sustituto del fertilizante convencional. Considerada como una tecnología emergente, la nanotecnología a través del uso de nanopartículas (1-100 nm) aplicadas como nanofertilizantes en cultivos, permite una mejor absorción y asimilación de nutrientes específicos como el Zn, esto en comparación con la fertilización común ya que el suministro de nutrientes se da en forma gradual y controlada con el fin de incrementar el contenido de minerales de manera puntual (García-López et al., 2019).

En cierta medida, las NPs pueden mejorar el crecimiento y la calidad nutricional de las plantas, Kah et al. (2018) indicaron que los nanofertilizantes mejoraban el rendimiento en un 20-30% en comparación con los productos convencionales. Sin embargo, pocos estudios se han centrado en determinar los efectos sobre el contenido de Zn y su potencial agronómico en cultivos hortícolas como la acelga. En atención a lo anterior, el objetivo de este estudio es evaluar el efecto que tendrá el suelo calcáreo modificado con



nanofertilizantes de Zn sobre la absorción de este elemento en la planta, además de evaluar el desarrollo del área foliar.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material genético

Las semillas de acelga fueron proporcionadas por el Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

### Fertilizantes utilizados

Las nanopartículas metálicas de óxido de Zn (NPs ZnO) y el sulfato de zinc ( $\text{ZnSO}_4$ ) se adquirieron en Sigma-Aldrich (San Luis, Misuri, USA), mientras que las nanopartículas orgánicas de ZnO (GNPs ZnO) se sintetizaron por química verde. Las micrografías TEM y HRTEM se procesaron por medio del software de transformación rápida de Fourier (Digital Micrograph 3.7.0, Gatan Software, Pleasanton, CA, USA).

### Condiciones de crecimiento y diseño experimental de siembra

El experimento se estableció en un invernadero de baja tecnología, con una temperatura media diaria de 25.4 °C y una humedad relativa del 73.3%. Las semillas de acelga se sembraron en el suelo modificado con las fuentes de Zn, que fue colocado en macetas de plástico con capacidad de 18 Lts, se asignaron cinco repeticiones por tratamiento en un diseño completamente aleatorio, junto con el control (suelo sin compuestos a base de Zn), colocando cuatro semillas de acelga en cada maceta. El cultivo se desarrolló durante 45 días, y para los riegos se aplicaron 75 mL diarios de solución nutritiva (sin Zn), empleando la formulación comercial de macronutrientes (FertiDrip N11-P02-K42) en agua desionizada DI, con un pH 6.47 y conductividad eléctrica de 0.41  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , en cantidades iguales para cada maceta, siguiendo la recomendación del fabricante (AGROformuladora Delta, Monterrey, NL, Mex).

### Cosecha y análisis de minerales

Las plantas de acelga se cultivaron durante 45 días en los tratamientos señalados anteriormente. El peso seco de raíz (PSR) y área foliar (AF) se registraron para cada planta. El área foliar total se midió con un medidor de área LI-3100C (LICOR Biosciences, Lincoln, NE). De la cantidad total de materia seca acumulada en cada planta, la mitad fue procesada en digestión ácida para llevar a cabo el análisis elemental, y el resto fue congelado a -80 °C para análisis de pigmentos fotosintéticos. Para el análisis de minerales de N, y Zn, 0.2 g tejido vegetal (raíces y brotes) se secaron a 60 °C en un horno Yamato Scientific DX 602C (Santa Clara, California, USA) durante 72 h. El material resultante fue triturado y sometido a digestión ácida en una mezcla de ácido perclórico y ácido nítrico (Alcántar y Sandoval, 1999). El N se cuantificó por el método micro Kjendahl según la metodología de Bremner (1965). Las determinaciones de las concentraciones de Zn se llevaron a cabo utilizando el extracto de digestión ácida mediante un espectrómetro ICP-AES Agilent 725-ES de emisión atómica de inducción de plasma acoplado (Santa Clara, California, USA).

### Análisis estadístico

El cultivo se estableció utilizando un diseño completamente aleatorio, la unidad experimental consistió en una maceta de plástico que contenían cuatro plantas de acelga. Los resultados se informaron como media  $\pm$  desviación estándar, las diferencias

estadísticamente significativas entre las muestras se analizaron con un ANOVA y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) utilizando el paquete estadístico SPSS versión 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Área foliar y absorción de minerales

El desarrollo de área foliar se cuantificó en plantas de acelga tratadas con nanopartículas metálicas de óxido de Zn (ZnO NPs), sulfato de Zn ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) y nanopartículas verdes de óxido de Zn (ZnO GNPs), después de un periodo de 75 días. Los resultados indican que el área foliar de las concentraciones con  $\text{ZnSO}_4$  se obtuvo un valor medio de  $1683.07 \text{ cm}^2$ , que fue significativamente mayor en 11.33, 27.61 y 30.58%, mientras que, en el peso seco de raíz, los incrementos del  $\text{ZnSO}_4$  fueron de 31.75, 52.00 y 54.85% en comparación con el control, ZnO NPs y las ZnO GNPs, respectivamente.

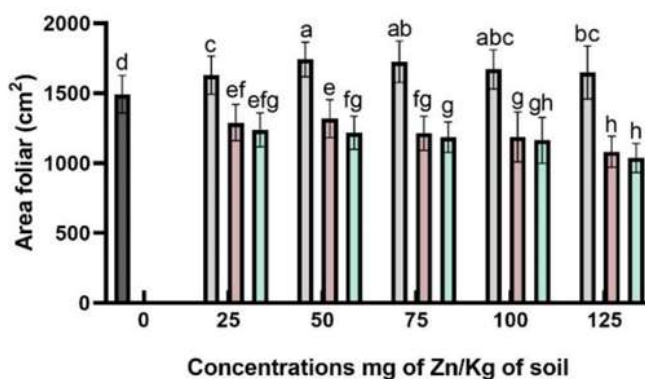


Figura 1. Área foliar (b) de plantas de acelga (*Beta vulgaris* var. cicla) cultivadas durante 74 días en suelo calcáreo modificado con  $\text{ZnSO}_4$ , ZnO NPs y ZnO GNPs a concentraciones de 0, 25, 50, 75, 100 y 125 mg de Zn  $\text{kg}^{-1}$  de suelo. Los valores son el promedio de cinco repeticiones, medias ( $n=5$ ). Las barras representan la desviación estándar de la media. Letras diferentes en cada barra significan que los tratamientos fueron estadísticamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

### Absorción de Zn y nitrógeno por la hoja

En cuanto a la absorción de N y Zn por la hoja, se presentó la misma tendencia que en la raíz (Figura 2). El % de N aumentó 22.01% en  $\text{ZnSO}_4$ , mientras que en ZnO NPs disminuyó 12 y 15.6% en ZnO GNPs. Sin embargo, los niveles de Zn aumentaron en todos los tratamientos, aunque los mayores incrementos fueron con  $\text{ZnSO}_4$  (71.86%), las ZnO NPs y GNPs presentaron incrementos de 35.98 y 38.65% en promedio. El mejor comportamiento 11 de las NPs se mostró a 50 mg de Zn  $\text{kg}^{-1}$  de suelo, mientras que el  $\text{ZnSO}_4$  fue a 125 mg de Zn  $\text{kg}^{-1}$ .

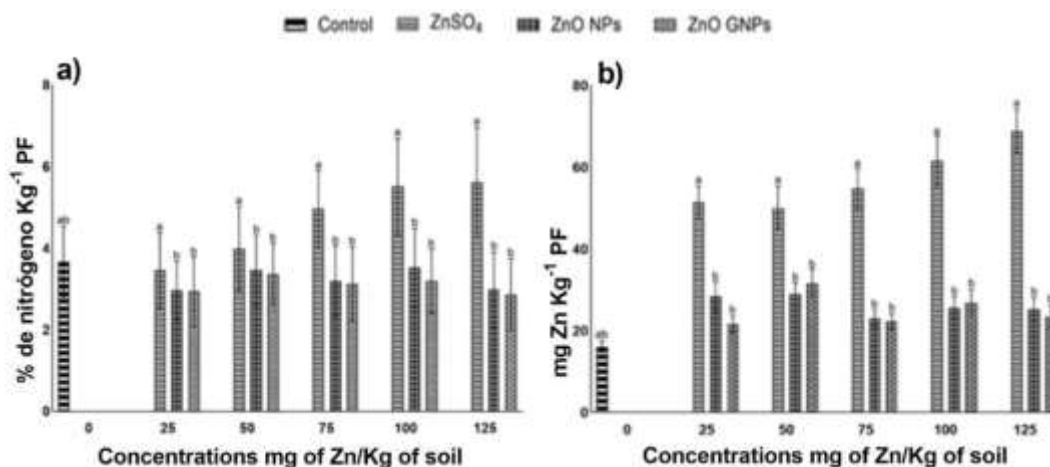


Figura 2. % de N kg<sup>-1</sup> PF (a) y Mg de Z kg<sup>-1</sup> PF (b) en hojas de plantas de acelga (*Beta vulgaris* var. cicla) cultivadas durante 74 días en suelo calcáreo modificado con ZnSO<sub>4</sub>, ZnO NPs y ZnO GNPs a concentraciones de 0, 25, 50, 75, 100 y 125 mg de Zn kg<sup>-1</sup> de suelo. Los valores son el promedio de cinco repeticiones, medias (n = 5). Las barras representan la desviación estándar de la media. Letras diferentes en cada barra significan que los tratamientos fueron estadísticamente diferentes (Tukey, p<0.05).

En cuanto a la explicación de los resultados, podemos mencionar que la mayor translocación de Zn de la raíz al brote con la aplicación de ZnSO<sub>4</sub> (ion Zn<sup>2+</sup>), en comparación con las NPs ZnO, se debe probablemente a la alta solubilidad del ZnSO<sub>4</sub> (aproximadamente 2650 μmol L<sup>-1</sup>), que es mucho mayor que la solubilidad que tienen las NPs ZnO (786 μmol L<sup>-1</sup>), que presentan disponibilidad lenta y gradual del Zn disuelto (Reed et al., 2012; García-López et al., 2019). Por lo tanto, al utilizar ZnSO<sub>4</sub> como fuente de fertilizante, se obtiene una mayor disponibilidad de Zn disponible para las raíces de las plantas a partir de esta fuente. Esto indica que el efecto y la absorción de los fertilizantes a base de Zn depende de la disolución del elemento en la superficie de la raíz, y la utilización del mineral activo disponible para el transporte ascendente en los haces vasculares.

Además del N, el Zn es un micronutriente esencial para las plantas, generalmente se absorbe como un catión divalente (Zn<sup>2+</sup>), que es requerido en la biosíntesis de proteínas y el metabolismo de los carbohidratos (Sadeghzadeh y Rengel, 2011). Por lo tanto, niveles deficientes de Zn y N en plantas pueden generar una reducción del contenido de clorofila y menor potencial agronómico en los cultivos. El contenido de clorofila se ha clasificado como un indicador confiable en relación con el tema de crecimiento y rendimiento en plantas (Tirani et al., 2018). Esto explica, el por qué las plantas sometidas a nanofertilizantes absorbieron menor N y Zn, lo que resultó en menor acumulación de biomasa foliar.

## CONCLUSIONES

Los resultados mostraron diferencias notables en el crecimiento de la planta en función del tipo del compuesto de Zn, las plantas cultivadas en suelo modificado con ZnSO<sub>4</sub> presentaron mayor desarrollo de área foliar en comparación con sus contrapartes. El menor desarrollo de área foliar en las plantas cultivadas con nanofertilizantes, puede deberse a la absorción de N y Zn, los cuáles se absorbieron en menor medida en relación al tipo de fertilizante aplicado al suelo.

## REFERENCIAS

- Adisa, I. O., Pullagurala, V. L. R., Peralta-Videa, J. R., Dimkpa, C. O., Elmer, W. H., Gardea Torresdey, J. L., and White, J. C. 2019. Recent advances in nano-enabled fertilizers and pesticides: a critical review of mechanisms of action. *Environmental Science: Nano*, 6(7), 2002-2030.
- Alcántar, G.G.; Sandoval, V.M. Handbook Chemical Analysis of Vegetal Tissue; Especial Publication, No.10; Mexican Society of Soil Science: Chapingo, Mexico, 1999.
- Farooq, M., Usman, M., Nadeem, F., Rehman, H., Wahid, A., Basra, S. M. A. 2019. Seed priming in field crops: potential benefits, adoption and challenges. *Crop Pasture Sci.* 70, 731-771.
- García-López, J. I., Niño-Medina, G., Olivares-Sáenz, E., Lira-Saldivar, R. H., Barriga Castro, E. D., Vázquez-Alvarado, R., and Zavala-García, F. 2019. Foliar application of zinc oxide nanoparticles and zinc sulfate boosts the content of bioactive compounds in habanero peppers. *Plants*, 8(8), 254.
- Gupta, S., Brazier, A. K. M., Lowe, N. M. 2020. Zinc deficiency in low- and middle-income countries: prevalence and approaches for mitigation. *J. Hum. Nutr. Dietetics* 33, 624–643.
- Kah, M., Kookana, R. S., Gogos, A., and Bucheli, T. D. 2018. A critical evaluation of nanopesticides and nanofertilizers against their conventional analogues. *Nature nanotechnology*, 13(8), 677-684.
- Kruger, D. J., Greenberg, E., Murphy, J. B., DiFazio, L. A., Youra, K. R. 2014. Local concentration of fast-food outlets is associated with poor nutrition and obesity. *Am. J. Health Promotion* 28, 340–343.
- Marques, E., Darby, H. M., Kraft, J. 2021. Benefits and limitations of non-transgenic micronutrient biofortification approaches. *Agronomy* 11, 464.
- Noulas, C., Tziouvalakas, M., and Karyotis, T. 2018. Zinc in soils, water and food crops. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 49, 252-260.
- Poudel, P., Di Gioia, F., Lambert, J. D., and Connolly, E. L. 2023. Zinc biofortification through seed nutri-priming using alternative zinc sources and concentration levels in pea and sunflower crogreens. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1177844.
- Ramapuram, R., Sumathi, V., Prasad, T. N., Sudhakar, P., Chandrika, V., and Ravindra Reddy, B. 2018. Unprecedented synergistic effects of nanoscale nutrients on growth, productivity of sweet sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], and nutrient biofortification. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66(5), 1075-1084.
- Reed, R. B., Ladner, D. A., Higgins, C. P., Westerhoff, P., and Ranville, J. F. 2012. Solubility of nano-zinc oxide in environmentally and biologically important matrices. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 31(1), 93-99.
- Sadeghzadeh, B., and Rengel, Z. 2011. Zinc in soils and crop nutrition. The molecular and physiological basis of nutrient use efficiency in crops, 335-375.
- Tirani, M., Madadkar-Haghjou, M., Sulieman, S., and Ismaili, A. 2018. Comparative evaluation of zinc oxide effects on tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) grown in different media. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 20(4), 787-802.

**CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES EN GERMINADOS DE CEBADA  
(*HORDEUM VULGARE*) SOMETIDOS CON NANOMATERIALES DE ZNO  
CONCENTRATION OF POLYPHENOLS IN BARLEY GERMINATED (*HORDEUM  
VULGARE*) UNDER TO ZNO NANOMATERIALS**

Ramírez-López Rocío M<sup>1</sup>, García-López Josué I<sup>1,\*</sup>, Ruiz-Torres Norma<sup>1</sup>, Vázquez-Badillo Mario E<sup>1</sup>, Ramírez-Barrón Sonia N<sup>2</sup>, Niño-Medina Guillermo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas, Saltillo, Coahuila 25315, México

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Ciencias Básicas, Saltillo, Coahuila 25315, México

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Francisco Villa S/N, Col. Ex-Hacienda el Canadá, C.P. 66050 General Escobedo, Nuevo León, México

\*Autor para correspondencia: [g.lopezi90@gmail.com](mailto:g.lopezi90@gmail.com)

### RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar el impacto de nanopartículas metálicas (NPs ZnO) y orgánicas (GNPs ZnO) de óxido de Zn en germinados de cebada, además, de evaluar las respuestas antioxidantes. EL tiempo de imbibición en las semillas se determinó para aplicar los tratamientos (concentraciones de 5 a 25 mgL<sup>-1</sup>) con los diferentes fertilizantes de Zn. Después de la imbibición de las semillas, se llevó a cabo la siembra entre papel considerando cuatro repeticiones de 25 semillas por tratamiento. Al término del ensayo de germinación (ocho días), la acumulación de biomasa para la plúmula y radícula se separó y se llevó a secado para la extracción y cuantificación de polifenoles y capacidad antioxidante de los germinados. Los resultados indican que se presentó una interacción significativa entre nanopartícula\*concentración, lo que permitió identificar al ZnSO<sub>4</sub> como el tratamiento que generó una mayor concentración de fenoles en la estructura de la plúmula a una concentración de 20 mg L<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** germinados, nanomateriales, polifenoles.

### ABSTRACT

The objective of this research was to determine the impact of metallic (ZnO NPs) and organic (ZnO GNPs) Zn oxide nanoparticles on barley sprouts, as well as to evaluate the antioxidant responses. The imbibition time in the seeds was determined to apply the treatments (concentrations from 5 to 25 mg L<sup>-1</sup>) with the different Zn fertilizers. After seed imbibition, sowing was carried out between paper considering four replicates of 25 seeds per treatment. At the end of the germination trial (eight days), the biomass accumulation for plumule and radicle was separated and dried for the extraction and quantification of polyphenols and antioxidant capacity of the sprouts. The results indicate that there was a significant interaction between nanoparticle\*concentration, which allowed the identification of ZnSO<sub>4</sub> as the treatment that generated a higher concentration of phenols in the plumule structure at a concentration of 20 mg L<sup>-1</sup>.

**Key words:** germinated, nanomaterials, polyphenols.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente alrededor de la tercera parte de la población mundial se ve afectada por carencias de micronutrientes (Fonseca et al., 2022). Las deficiencias de Zn y Fe en la salud humana se manifiestan con retraso en el crecimiento, falta de apetito, dermatitis, alopecia, deterioro de la función inmunológica que puede provocar diarrea frecuente y/o infección del tracto respiratorio superior, entre otras enfermedades (Alvarez-Ariza et al., 2019). Por esto se puede convertir en un problema de salud social. Lamentablemente, en los países en vías de desarrollo que basan su alimentación en el consumo de cereales básicos (arroz, frijol, maíz, trigo y sorgo), la ingesta de micronutrientes como el Zn y el Fe se ve limitada, debido a la baja concentración de estos nutrientes en los granos. En atención a este problema, las investigaciones en agronomía han enfocado sus esfuerzos a la mejora en la concentración de microelementos esenciales para la salud humana a través de la mejora genética y la biofortificación, que se define como el proceso que contribuye al aumento de nutrientes esenciales como el Zn y el Fe biodisponibles en las partes comestibles de las plantas (García López et al., 2019).

Por otra parte, es importante promover la generación de alimentos derivados de cereales básicos, como los germinados, ya que son un alimento fácil de producir, biofortificar y además proporcionan nutrientes como vitaminas, fibra, minerales y antioxidantes como los polifenoles vegetales que pueden ayudar a la salud (Arrieta, 2021). Dentro de las prácticas agrícolas, una fertilización adecuada puede contribuir al incremento de la concentración de micronutrientes en las partes comestibles de las plantas y con esto contrarrestar la deficiencia de Zn en animales, humanos y plantas (Almendros et al., 2014). Ya que, dentro de los sistemas biológicos, el Zn juega un papel importante en procesos como en la síntesis de proteínas, y el ADN, además ayuda al sistema inmunológico a combatir bacterias y virus. Pero además interviene en procesos fisiológicos que se llevan a cabo en las plantas como la fotosíntesis, síntesis proteica y de fitohormonas, integridad de las membranas celulares, vigor de la plántula, formación de azúcares y defensas contra factores de estrés abióticos, como sequías y enfermedades; por lo tanto, la deficiencia de Zn en los cultivos reduce tanto su valor nutrimental como el rendimiento (Almendros et al., 2014).

Por lo anterior, en este estudio el objetivo fue impregnar semillas de cebada con diferentes nanomateriales de Zn a diferentes concentraciones ( $5\text{-}20\text{mgL}^{-1}$ ), para determinar el impacto sobre el contenido de polifenoles y flavonoides en germinados de grano de cebada.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Fuentes de Zn

Las NPsZnO y el sulfato de Zn ( $\text{ZnSO}_4$ ) se compraron en Sigma-Aldrich (San Luis, Misuri, USA). Las hojas de moringa Oleífera que se utilizaron para síntesis verde de GNPsznO se recolectaron en General Escobedo, Nuevo León, en las coordenadas ( $25^{\circ}49'30''\text{N}$   $100^{\circ}21'29''\text{O}$ ).

### Síntesis de GNPsznO mediante química verde

Las hojas de Moringa Oleífera fueron secadas a temperatura ambiente y se molieron en un mortero. Posteriormente, el polvo se tamizó a  $250\ \mu\text{m}$  usando tamices Tyler (Guadalajara, Jalisco, Mex), después se pesaron 6 g que se mezclaron con 600 mL de etanol, esta mezcla se colocó en un matraz de tres bocas provisto con un refrigerante y reflujo durante dos h a

70°C. Finalmente, el extracto se filtró con malla de nailon, seguida de un filtro Millipore y se guardó en refrigeración para su posterior uso.

La síntesis de GNPs ZnO se llevó a cabo en un matraz bola de tres bocas, dónde se colocaron 13.7 g acetato de zinc ( $Zn (AcO)_2$ ) y 600 mL del extracto obtenido en la etapa anterior. Esta solución fue agitada constantemente a una temperatura de 75 °C en reflujo durante 2 h. Después, se adicionó una solución acuosa 0.2 M de NaOH en forma de goteo para ajustar el pH de reacción. Se continuó con agitación constante durante 24 h. Posteriormente, las NPs obtenidas inmersas fueron centrifugadas a 15,000 rpm durante cinco min para recuperarlas. El precipitado fue lavado dos veces con etanol y luego secado en una estufa a 60°C por 24 h. Enseguida, las NPs fueron calcinadas en una mufla y finalmente trituradas en un mortero para obtener un polvo fino (Neira-Vielma et al., 2022).

### **Aplicación de materiales de Zn en la germinación**

Las soluciones/suspensiones a base de zinc se prepararon en una solución madre de 100 mg L<sup>-1</sup> en agua desionizada estéril (DI), y homogeneizada con un sonificador Autoscience AS2060B (Scientific Instrumentation, Bs, As) durante 30 min a 110 voltios-3 amperios y 50 a 60 Ghz. Posteriormente, la suspensión se diluyó para preparar las siguientes concentraciones que fueron aplicadas como tratamientos: control con agua destilada (T1), 5 (T2), 10 (T3), 15 (T4) y 20 mg L<sup>-1</sup> (T5). Una vez preparados los tratamientos, se sometieron las semillas como tratamiento durante la germinación. Al finalizar el período de imbibición, las semillas se germinaron sobre dos hojas de papel previamente humedecidas con agua destilada acomodando las semillas en hileras, dejando espacio suficiente entre ellas y respetando 6 cm del borde superior y de 2 a 3 cm en los costados. Luego se cubrieron las semillas con otra hoja de papel humedecida y se enrollaron en forma de “taco”, después se colocaron los “tacos” en una bolsa de polietileno y se colocaron sobre una bandeja de plástico profunda para llevar a la cámara de prueba EGCHS 301 (Equitec, Madrid, España) a 25°C y 75% de humedad relativa por siete días (Barone et al., 2016).

### **Extracción de compuestos fenólicos**

Los tejidos secos de plúmula y radícula fueron molidos y tamizados para obtener un tamaño de partícula  $\leq 0.5$  mm. Se tomaron 100 miligramos de muestra y se mezclaron con 3 mL de metanol al 80% en un tubo de cultivo de tapón de rosca y se agitaron durante 1 h a 200 rpm. Posteriormente, las muestras se centrifugaron a 4500 rpm, los sobrenadantes se recuperaron y almacenaron en -20 °C hasta que se utilizaron para el análisis fenólico y de capacidad antioxidante (García-López et al., 2019).

### **Contenido total de fenoles**

Se tomaron 0.2 mL del extracto y se añadieron 2.6 mL de agua destilada y 0.2 mL de reactivo Folin Ciocalteu. Se dejó reposar durante cinco min y posteriormente se agregaron 2 mL de carbonato de sodio ( $Na_2CO_3$ ) al 7% a la solución agitando durante 30s. La solución se colocó en la oscuridad durante 90 min, y posteriormente se midió la absorbancia a 750 nm. El contenido total de fenoles se expresó en miligramos de ácido gálico equivalente por kilogramo de muestra (mgGAE kg<sup>-1</sup>), calculado a partir de la curva de calibración del ácido gálico de 0 a 200 mg L<sup>-1</sup> (García-López et al., 2018).

### **Contenido total de flavonoides**

La determinación del contenido de flavonoides totales se basó en la reacción del complejo de cloruro de aluminio e hidróxido de sodio, utilizando como estándar de referencia (+)-catequina a una concentración de 0 a 200 mg L<sup>-1</sup>. La absorbancia de las muestras se midió a 510 nm y el resultado se reportó como miligramos equivalentes de (+)-catequina por 100 gramos de muestra (mg CE/100 g).

### Análisis estadístico

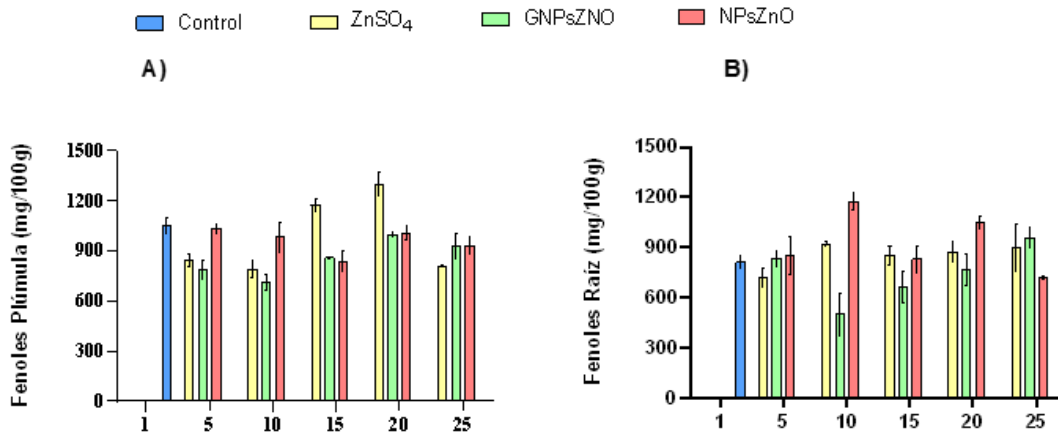
El estudio se estableció bajo un diseño completamente aleatorio 3<sup>5</sup>, considerando al factor "F" como las fuentes de Zn (NPs ZnO, GNPs ZnO y ZnSO<sub>4</sub>), y el factor "C" las diferentes concentraciones (0, 5, 10, 15 y 20 mgL<sup>-1</sup>).

$$y_{ijk} = \mu + F_j + C_k + (FC)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Contenido total de fenoles

Los resultados indican que en plúmula a 15 y 20 mg L<sup>-1</sup> se obtuvo la mayor concentración de fenoles totales, superando en 23.16 % a los germinados sometidos con nanomateriales. En el caso de la raíz, la mayor concentración se presentó a 10 mg L<sup>-1</sup> en el tratamiento con NPsZnO, superando en 21.5 y 57.3 % al ZnSO<sub>4</sub> y a las GNPsZnO, respectivamente.

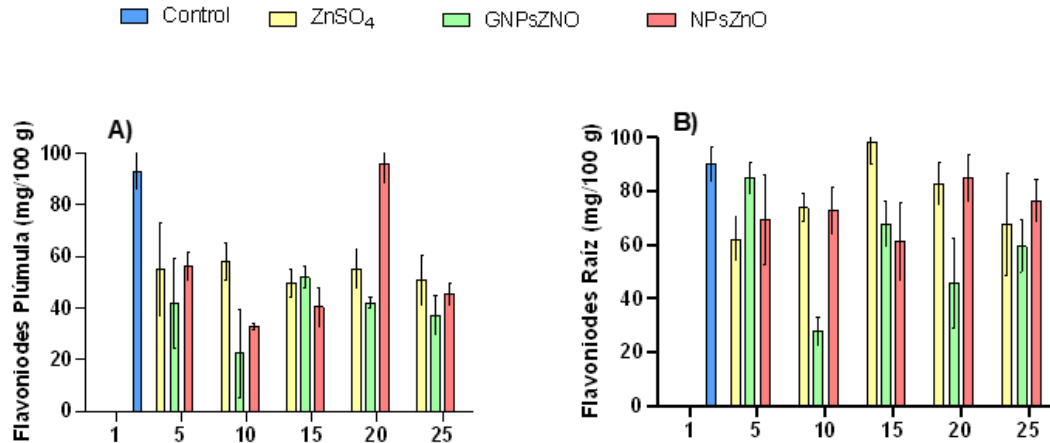


**Figura 1.** Concentración de fenoles en plúmula (A) y raíz (B) de germinados de cebada sometidos a diferentes tratamientos de Zn con concentraciones de 0 a 25 mg L<sup>-1</sup>

### Contenido total de flavonoides

Los resultados muestran que la mayor concentración de flavonoides en plúmula se presentó a 20 mg L<sup>-1</sup> en el tratamiento con NPsZnO, superando en 42.6 % al ZnSO<sub>4</sub>. Por otra parte, en la raíz la mayor concentración de flavonoides se presentó a 15 mg L<sup>-1</sup> con ZnSO<sub>4</sub>, superando en 31.1 % a las GNPsZnO.





**Figura 2.** Concentración de flavonoides en plúmula (A) y raíz (B) de germinados de cebada sometidos a diferentes tratamientos de Zn con concentraciones de 0 a 25 mg L<sup>-1</sup>.

La fitotoxicidad es una de las principales preocupaciones en la aplicación de nanomateriales durante la germinación de semillas y el crecimiento de las plántulas, debido a que la germinación de las semillas es particularmente sensible a las condiciones de estrés (García-López et al., 2018). La aplicación de NPs ZnO como nanofertilizantes puede producir cambios tóxicos en la actividad biológica relacionada con las NPs de base metálica, como la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS), lo que puede generar una mayor acumulación de compuestos antioxidantes como los polifenoles para contrarrestar el estrés oxidativo (Ruiz-Torres et al., 2021).

## REFERENCIAS

- Almendros, P., Obrador, A., Alvarez, J., y Machado, R. (2014). Biofortificación de cereales con micronutrientes. (pp. 686–688). Nutrición y Sanidad Vegetal.
- Alvarez Ariza, A. A., y Cesar Solano, M. E. (2019). Deficit de zinc y desnutrición: La fortificación como solución (Doctoral dissertation, Universidad del Sinú, seccional Cartagena).
- Barone, J., Duarte, E., y Luna, C. (2016). Determinación de la eficacia de métodos de evaluación de calidad de semillas de especies forestales nativas de la Selva Atlántica. *Quebracho (Santiago del Estero)*, 24(2), 70-71.
- García-López, J. I., Niño-Medina, G., Olivares-Sáenz, E., Lira-Saldivar, R. H., Barriga-Castro, E. D., Vázquez-Alvarado, R., and Zavala-García, F. (2019). Foliar application of zinc oxide nanoparticles and zinc sulfate boosts the content of bioactive compounds in habanero peppers. *Plants*, 8(8), 254.
- García-López, J. I., Zavala-García, F., Olivares-Sáenz, E., Lira-Saldivar, R. H., Díaz Barriga-Castro, E., Ruiz-Torres, N. A., and Niño-Medina, G. (2018). Zinc oxide nanoparticles boosts phenolic compounds and antioxidant activity of *Capsicum annuum* L. during germination. *Agronomy*, 8(10), 215.
- González, Z. F., Font, A. J. Q., Ochoa, M. Y. M., Rodríguez, E. C., y Estrada, A. M. B. (2020). La malnutrición; problema de salud pública de escala mundial. *Multimed*, 24(1).

Neira-Vielma, A. A., Meléndez-Ortiz, H. I., García-López, J. I., Sanchez-Valdes, S., Cruz-Hernández, M. A., Rodríguez-González, J. G., & Ramírez-Barrón, S. N. (2022). Green synthesis of silver nanoparticles using pecan nut (*Carya illinoensis*) shell extracts and evaluation of their antimicrobial activity. *Antibiotics*, 11(9), 1150.

**IMPACTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  Y NANOPARTÍCULAS DE CUO EN PARÁMETROS AGRONÓMICOS Y PEROXIDACIÓN DE LÍPIDOS EN *SPINACEA OLERACEA***  
**IMPACT OF FOLIAR APPLICATION OF  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  AND CUO NANOPARTICLES ON AGRONOMIC PARAMETERS AND LIPID PEROXIDATION IN *SPINACEA OLERACEA***

García-López Josué I<sup>1,\*</sup>, Álvarez-Vázquez Perpetuo<sup>2</sup>, Hernández-Juárez Agustín<sup>3</sup>, Ruiz Torres Norma<sup>1</sup>, Ramírez-Barrón Sonia<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas, Saltillo, Coahuila 25315, México

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Recursos Naturales Renovables, Saltillo, Coahuila 25315, México

<sup>3</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de parasitología, Saltillo, Coahuila 25315, México

<sup>3</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Ciencias Básicas, Saltillo, Coahuila 25315, México

\*Autor para correspondencia: [g.lopezi90@gmail.com](mailto:g.lopezi90@gmail.com)

### RESUMEN

En este estudio se evaluó el impacto que tiene la aplicación foliar de  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  y nanopartículas de óxido de cobre (NPsCu) sobre las respuestas agronómicas y bioquímicas de plantas de espinaca cultivadas en invernadero con sustrato inerte. La cosecha se realizó el día 67 después de la siembra, la acumulación de biomasa de las plantas fue utilizada para cuantificar el peso seco de hoja (PSH), peso seco de raíz (PSR) y área foliar (AF), además se determinó la acumulación de radicales libres como el peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) y la concentración de malondialdehído (MDA). La mayor acumulación de PSR y PSD se obtuvo a  $50 \text{ mg L}^{-1}$  con  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , superando en 21.1 y 47.9% al testigo y NPsCu a la misma concentración. En el área foliar se presentó una tendencia similar, a  $50 \text{ mg L}^{-1}$  con  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  se obtuvo el mayor desarrollo superando en 28.1 y 9.6% al testigo y NPsCu a la misma concentración. Para el  $\text{H}_2\text{O}_2$  y MDA la mayor concentración se presentó con NPsCu a una concentración de  $75 \text{ mg L}^{-1}$ , con incrementos del 16.1 y 14.3% en comparación con  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  a la misma concentración.

**Palabras clave:** Acumulación de biomasa, radicales libres, peroxidación de lípidos.

### ABSTRACT

In this study, the impact of foliar application of  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  and copper oxide nanoparticles (CuNPs) on the agronomic and biochemical responses of spinach plants grown in a greenhouse with inert substrate was evaluated. The harvest was carried out on day 67 after sowing, the accumulation of plant biomass was used to quantify the leaf dry weight (LDW), root dry weight (RDW) and leaf area (LA), in addition the accumulation of free radicals such as hydrogen peroxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) and malondialdehyde (MDA) concentration. The highest accumulation of RDW and PSD was obtained at  $50 \text{ mg L}^{-1}$  with  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , exceeding the control and NPsCu by 21.1 and 47.9% at the same concentration. In the leaf area a similar

trend was presented, at 50 mg L<sup>-1</sup> with Cu(OH)<sub>2</sub> the greatest development was obtained, exceeding the control and NPsCu by 28.1 and 9.6% at the same concentration. To H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and MDA, the highest concentration occurred with NPsCu at a concentration of 75 mg L<sup>-1</sup>, with increases of 16.1 and 14.3% compared to Cu(OH)<sub>2</sub> at the same concentration.

**Keywords:** Biomass accumulation, free radicals, lipid peroxidation.

## INTRODUCCIÓN

El cobre (Cu) en bajas concentraciones es un elemento esencial para las plantas y los animales, además se utiliza para controlar enfermedades fúngicas y bacterianas en muchas plantas de cultivo (Lasso-Robledo et al., 2022). Los nanoprodutos de Cu tienen un mercado amplio en la agricultura porque se utilizan como fertilizantes y pesticidas (Rawat et al., 2019). Sin embargo, la aplicación continua de productos de cobre para controlar enfermedades de las plantas ha resultado en una contaminación ambiental que afecta la flora y la fauna (Lasso-Robledo et al., 2022).

Sin embargo, los nanomateriales han demostrado que impactan el medio ambiente de una manera diferente que sus correspondientes materiales de tamaño micro. La principal diferencia probablemente se deba a la liberación de iones (Zuverza-Mena et al., 2015). El Cu se considera un sólido estable no peligroso e insoluble en agua, sin embargo, las NPsCu se consideran inflamables y muy tóxicas para los animales (Zuverza-Mena et al., 2015). Importante es considerar que a pesar de que los nanomateriales se han utilizado ampliamente en diferentes campos, incluidos el cuidado de la salud, la electrónica y la agroindustria, se espera que se acumulen principalmente en suelos agrícolas, como resultado de una liberación antropogénica directa o como subproductos (Cota-Ruiz et al., 2020).

En atención a lo anterior, es necesario realizar estudios sobre los efectos agronómicos, fisiológicos y bioquímicos en los sistemas vegetales y sus microorganismos asociados. Con base en el conocimiento de diversos autores (Pullagurala et al., 2018; Lasso Robledo et al., 2022) y en la revisión de literatura que se ha realizado, no existen otras investigaciones que representen las interacciones de nano-fertilizantes a base de Cu en plantas de espinaca. Por tal motivo, el objetivo de este estudio es determinar el impacto de la aplicación foliar de Cu(OH)<sub>2</sub> y NPsCu en parámetros agronómicos y bioquímicos en plantas de espinaca.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales de cobre y semillas de espinaca

Las NPsCu (27 nm) se adquirieron de Nanomateriales de investigación Inc. (Houston, TX, USA). El Cu(OH)<sub>2</sub> se adquirió en CORTEVA agriscience, destacado como fungicida protector de contacto de amplio espectro y calidad superior que es eficaz contra una amplia gama de hongos, bacterias y algunos basidiomicetos.

### Preparación de soluciones/suspensiones a base de zinc y su aplicación al suelo

Las NPsCu y el Cu(OH)<sub>2</sub> se prepararon a concentraciones de 0, 25, 50 y 75 mg L<sup>-1</sup>. Para asegurar una dispersión uniforme de los compuestos a base de Zn, las soluciones/suspensiones se prepararon en agua desionizada DI y se homogenizaron con un sonicador Autoscience AS2060B (Instrumentación Científica, Bs, As) durante 30 min a

110 voltios-3 amperios y 50 a 60 Ghz. Las plantas del tratamiento de control se trataron con agua destilada con una CE de  $0.37 \text{ mS cm}^{-1}$ .

#### **Aplicación foliar de tratamientos y condiciones de crecimiento**

A los 15 días después de la siembra se rociaron 0.100 L de las suspensiones de Cu para cubrir el follaje de la planta. Para la aplicación foliar, se usó un rociador manual Hudson RL Flomaster de 1.2 L (Lowell, MI, USA). El experimento se realizó en invernadero, con una temperatura media de  $25.4 \text{ }^\circ\text{C}$  y una humedad relativa del 71%. Las semillas se sembraron en bolsas de plástico negro de uso general ( $4.9 \times 4.9 \times 3.6$  pulgadas) que contenían 450 g de sustrato inerte utilizando una mezcla de perlita y vermiculita (relación 1:1 volumen sustrato), material inerte de pH neutro y sin contenido de nutrientes minerales. Para la fertilización del cultivo, se aplicaron 100 mL diarios de solución nutritiva, empleando la formulación comercial de macronutrientes (FertiDrip) N11-P02 K42 en agua desionizada DI, con un pH 6.21 y conductividad eléctrica de  $0.39 \mu\text{S cm}^{-1}$ , en cantidades iguales para cada maceta, siguiendo la recomendación del fabricante (AGROformuladora Delta, Monterrey, NL, Mex).

#### **Cosecha de plantas**

La cosecha se realizó el día 67 después de la siembra, en cuanto a las variables agronómicas se registró el peso seco de hoja (PSH), peso seco de raíz (PSR) y área foliar (AF). El AF total se midió con un medidor de área LI-3100C (LICOR Biosciences, Lincoln, NE). De la cantidad total de materia seca acumulada en cada planta, la mitad fue utilizada para cuantificar la concentración de peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) y Malondialdehído-peroxidación lipídica (MDA), a continuación se describen las metodologías.

#### **Contenido de $\text{H}_2\text{O}_2$**

El contenido de  $\text{H}_2\text{O}_2$  en las hojas utilizando el método descrito por Singh et al. (2006). Para esto se homogenizaron 0.3 g de tejido fresco con 2 mL de ácido tricloroacético (TCA) al 0.1%. Tras centrifugar a 7500 rpm durante 15 min, se añadieron 0.5 mL del sobrenadante a 0.5 mL de tampón de fosfato ( $100 \text{ mmol L}^{-1}$ , pH 7) y 1 mL de KI 1 M. La concentración de  $\text{H}_2\text{O}_2$  fue estimada basado en la absorbancia del sobrenadante a 390 nm con base en la siguiente fórmula:  $(390^*/(\text{mg muestra}/\text{V}))$ . Donde es el volumen del sobrenadante, y corresponde al volumen de TCA empleado en la extracción. El contenido de  $\text{H}_2\text{O}_2$  se expresó como microgramos por gramo de peso fresco ( $\mu\text{g g}^{-1}$  PF).

#### **Contenido de MDA**

El contenido de MDA en los brotes se determinó según Wang et al. (2017). Para ello, 0.3 g de tejido se homogeneizaron en 3 mL de TCA al 10%, la mezcla se sometió a centrifugación durante 10 min a 12,000 rpm. Enseguida, se recuperaron 2 mL de sobrenadante y se agregaron a 4 mL de ácido tiobarbitúrico al 0.6% (TBA, en TCA al 10%), y se incubó a  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  en un baño de agua durante 15 min. Una vez completado el periodo de incubación, el sobrenadante (que contenía MDA) se enfrió a temperatura ambiente y se midió la absorbancia a 450, 532 y 600 nm. El contenido total de MDA se calculó con la siguiente fórmula:  $6.45(532-600) - 0.56(450)$ , y se expresó como nanomole por gramo de peso fresco ( $\text{nmol g}^{-1}$  PF). La determinación del contenido de MDA y  $\text{H}_2\text{O}_2$  se realizaron en un espectrofotómetro Thermo Spectronic BioMate3 (Rochester, NY, USA).

## Análisis estadístico

El cultivo se estableció utilizando un diseño completamente aleatorio, con siete tratamientos y cinco unidades experimentales para cada tratamiento (la unidad experimental consistió de una bolsa de plástico que contenían una planta de espinaca). Los resultados se informaron como media  $\pm$  desviación estándar, las diferencias estadísticamente significativas entre las muestras se analizaron con un ANOVA y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) utilizando el paquete estadístico SPSS versión 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Parámetros agronómicos

La aplicación foliar de los compuestos basados en Cu en concentraciones de 0 a 75 mg L<sup>-1</sup> afectaron significativamente la biomasa de PSR, PSD y el área foliar (Figura 1(A, B y C)). La mayor acumulación de PSR y PSD se obtuvo a 50 mg L<sup>-1</sup> con Cu(OH)<sub>2</sub>, superando en 21.1 y 47.9% al testigo y NPsCu a la misma concentración. Por otra parte, se puede observar que a 75 mg L<sup>-1</sup> se redujo el PSD y PSR en ambos compuestos, la mayor disminución se presentó en NPsCu con 25 y 26.6% menos, respectivamente. Para el área foliar se presentó una tendencia similar, a 50 mg L<sup>-1</sup> con Cu(OH)<sub>2</sub> se obtuvo el mayor desarrollo superando en 28.1 y 9.6% al testigo y NPsCu a la misma concentración, respectivamente.

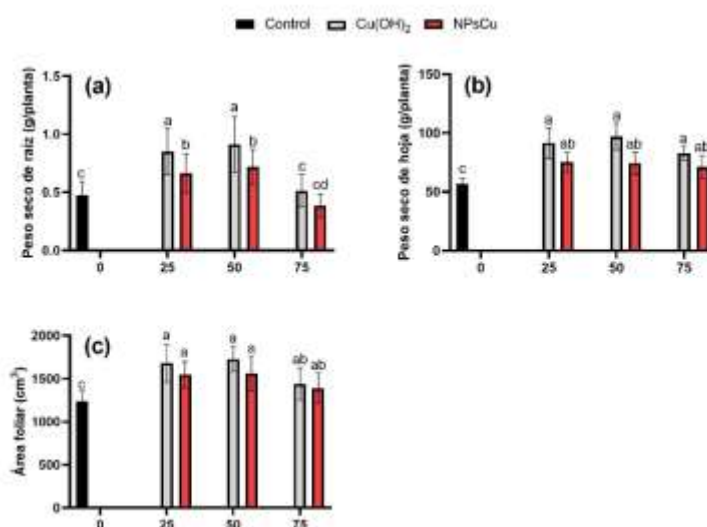


Figura 1. Peso seco de raíz (a), hoja (b) y acumulación de área foliar en plantas de espinaca expuestas a aplicaciones foliares de 0, 25, 50 y 75 mg L<sup>-1</sup> con hidróxido de cobre Cu(OH)<sub>2</sub> y NPsCu. Los valores son el promedio de cinco repeticiones. Medias (n = 5). Letras diferentes en cada barra significan que los tratamientos fueron estadísticamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

Resultados similares fueron reportados por Zhao et al. (2017), quienes mencionaron que la aplicación de compuestos de Cu en concentraciones de 2 a 20 mg no generó cambios

significativos en la tasa de crecimiento, sin embargo, concentraciones más elevadas ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) afectaron negativamente la biomasa acumulada en plantas de pepino. El Cu como micronutriente esencial en las plantas al participar en roles definidos para el transporte fotosintético de electrones, incluidos los fotosistemas I y II, así como en la respiración mitocondrial (Rawat et al., 2021). Sin embargo, el exceso de Cu influye negativamente en la fotosíntesis al inhibir la biosíntesis de lípidos y pigmentos (Julich et al., 2014).

### Acumulación de peróxido de hidrógeno y MDA

La mayor concentración de  $\text{H}_2\text{O}_2$  y MDA se presentó con NPsCu a una concentración de  $75 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 2), con incrementos del 16.1 y 14.3% en comparación con  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  a la misma concentración.

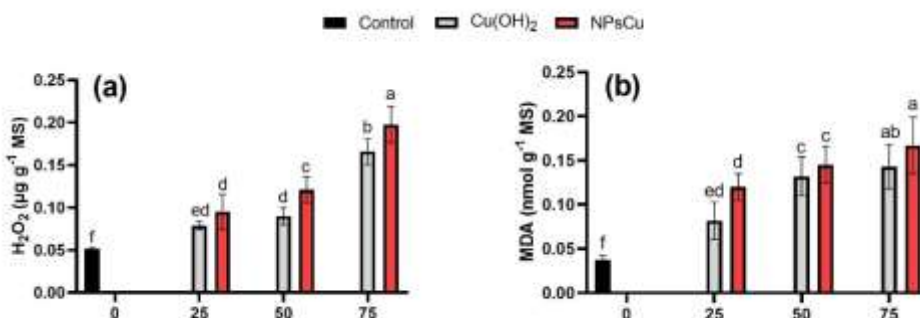


Figura 2. Acumulación de peróxido de hidrógeno (a) y peroxidación de lípidos (b) en plantas de espinaca expuestas a aplicaciones foliares de  $0, 25, 50$  y  $75 \text{ mg L}^{-1}$  con hidróxido de cobre  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  y nanopartículas de cobre (NPsCu). Los valores son el promedio de cinco repeticiones. Medias ( $n = 5$ ). Letras diferentes en cada barra significan que los tratamientos fueron estadísticamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

Los resultados de este estudio revelaron que la aplicación foliar de tratamientos con compuestos de Cu incrementó la acumulación de radicales libres y peroxidación de lípidos. En plantas de cebolla, la aplicación de nanomateriales de Cu aumentó considerablemente la actividad de enzimas antioxidantes (Wang et al., 2020). Diversos estudios han demostrado que los nanomateriales tienen efectos tanto positivos como negativos sobre las respuestas fisiológicas y bioquímicas de las plantas cultivadas (Pullagurula et al., 2018; Li et al., 2020).

El efecto de los nanomateriales de Cu a altas concentraciones en las plantas puede generar daño celular y una mayor actividad del sistema de defensa antioxidante inducido por la acumulación de especies reactivas de oxígeno (ROS). Las ROS son formas parcialmente reducidas de oxígeno atmosférico, como el radical superóxido ( $\text{O}_2^{\bullet-}$ ), peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), oxígeno singlete ( $\text{O}_2$ ) y radical hidroxilo ( $\text{OH}^{\bullet}$ ), que son altamente reactivos y pueden resultar en estrés oxidativo para los organismos (García-Gómez et al., 2018). En este estudio, los niveles de las concentraciones de MDA son el resultado final de la peroxidación de lípidos que es causada por especies ROS dentro de la célula (Tripathi et al., 2017).

## CONCLUSIONES

En este estudio, la aplicación de  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  incrementó significativamente los parámetros agronómicos, mientras que las NPsCu generaron un impacto negativo en el crecimiento de las plantas. Lo anterior, posiblemente se debe a la mayor acumulación de  $\text{H}_2\text{O}_2$  y MDA con la aplicación de NPsCu en altas concentraciones.

## REFERENCIAS

- Cota-Ruiz, K., Hernández-Viezcas, J. A., Varela-Ramírez, A., Valdés, C., Núñez Gastélum, J. A., Martínez-Martínez, A., and Gardea-Torresdey, J. L. 2018. Toxicity of copper hydroxide nanoparticles, bulk copper hydroxide, and ionic copper to alfalfa plants: a spectroscopic and gene expression study. *Environmental pollution*, 243, 703-712.
- García-Gómez, C., Obrador, A., González, D., Babín, M., and Fernández, M. D. 2018. Comparative study of the phytotoxicity of ZnO nanoparticles and Zn accumulation in nine crops grown in a calcareous soil and an acidic soil. *Science of the total environment*, 644, 770-780.
- Julich, D., and Gäth, S. 2014. Sorption behavior of copper nanoparticles in soils compared to copper ions. *Geoderma*, 235, 127-132.
- Lasso-Robledo, J. L., Torres, B., and Peralta-Videa, J. R. 2022. Do all Cu nanoparticles have similar applications in nano-enabled agriculture?. *Plant Nano Biology*, 1, 100006.
- Pullagurala, V. L. R., Adisa, I. O., Rawat, S., Kalagara, S., Hernandez-Viezcas, J. A., Peralta-Videa, J. R., and Gardea-Torresdey, J. L. 2018. ZnO nanoparticles increase photosynthetic pigments and decrease lipid peroxidation in soil grown cilantro (*Coriandrum sativum*). *Plant physiology and biochemistry*, 132, 120-127.
- Rawat, S., Cota-Ruiz, K., Dou, H., Pullagurala, V. L., Zuverza-Mena, N., White, J. C., and Gardea-Torresdey, J. L. 2021. Soil-Weathered CuO Nanoparticles compromise foliar health and pigment production in spinach (*Spinacia oleracea*). *Environmental Science & Technology*, 55(20), 13504-13512.
- Tripathi, D. K., Mishra, R. K., Singh, S., Singh, S., Singh, V. P., Singh, P. K., and Pandey, A. C. 2017. Nitric oxide ameliorates zinc oxide nanoparticles phytotoxicity in wheat seedlings: implication of the ascorbate-glutathione cycle. *Frontiers in plant science*, 8, 1.
- Wang, J., Liu, S., Li, C., Wang, T., Zhang, P., and Chen, K. 2017. PnLRR-RLK27, a novel leucine-rich repeats receptor-like protein kinase from the Antarctic moss *Pohlia nutans*, positively regulates salinity and oxidation-stress tolerance. *PLoS one*, 12(2), e0172869.
- Wang, Y., Deng, C., Cota-Ruiz, K., Peralta-Videa, J. R., Sun, Y., Rawat, S., and Gardea Torresdey, J. L. 2020. Improvement of nutrient elements and allicin content in green onion (*Allium fistulosum*) plants exposed to CuO nanoparticles. *Science of the Total Environment*, 725, 138387.
- Zhao, L., Hu, Q., Huang, Y., Fulton, A. N., Hannah-Bick, C., Adeleye, A. S., and Keller, A. A. 2017. Activation of antioxidant and detoxification gene expression in cucumber plants exposed to a  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  nanopesticide. *Environmental Science: Nano*, 4(8), 1750-1760.
- Zuverza-Mena, N., Medina-Velo, I. A., Barrios, A. C., Tan, W., Peralta-Videa, J. R., and Gardea-Torresdey, J. L. 2015. Copper nanoparticles/compounds impact agronomic and physiological parameters in cilantro (*Coriandrum sativum*). *Environmental Science: Processes & Impacts*, 17(10), 1783-1793.



## PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN LÍNEAS DE TRIGO ÉLITE CON ALTO ÍNDICE DE FLORES FÉRTILES EN TORREÓN, COAHUILA

Quiroz J. M.; Antuna O. G.; Espinoza A. B.; Ortiz L. A. B.

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Periférico y Carretera Santa. Fé S/N, Torreón Coahuila. Correo: [jorge.quirozm@uaaan.edu.mx](mailto:jorge.quirozm@uaaan.edu.mx)

### RESUMEN

La producción de trigo destaca como uno de los cultivos fundamentales a nivel global debido a que satisface una cantidad significativa de los requerimientos alimenticios de la población humana. El rendimiento puede explicarse como el resultado de la biomasa y el índice de cosecha. De igual manera, la biomasa se calcula como el resultado de la cantidad de radiación capturada por el cultivo y la eficiencia con la que esta radiación se convierte en biomasa. El incremento en el rendimiento de trigo ha sido asociado fuertemente al mejoramiento en la partición de asimilados al grano. Por lo anterior, una alternativa para lograr futuras ganancias de rendimiento en variedades modernas requerirá un aumento de biomasa y aprovechamiento de los recursos en ambientes adversos (ej. altas temperaturas, déficit hídrico terminal, etc.). Este trabajo tiene como finalidad la evaluación del rendimiento de grano y la obtención de biomasa en un set de líneas de trigo élite (con alto índice de flores fértiles), en ambientes característicos de la región lagunera. En el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, en Torreón, Coahuila, se estableció un experimento mediante un diseño de bloques al azar durante el ciclo otoño-invierno de 2019, para evaluar 29 líneas de trigo élite, registrando: días desde siembra a antesis, días desde antesis a madurez fisiológica y días desde siembra a madurez fisiológica, porcentaje de captura de radiación, peso seco de tallos, peso seco de hojas, peso seco de espigas y rendimiento de grano. Los resultados obtenidos de los análisis de varianza muestran que hubo diferencias significativas al menos al 0.05 para altura de planta, peso de mil granos, número de granos por  $m^{-2}$  y días desde la siembra a madurez fisiológica. En el rendimiento de grano no se presentaron diferencias significativas ( $p>0.05$ ), sin embargo, los mayores valores de rendimientos de grano lo obtuvieron las líneas L12 ( $6.0 t ha^{-1}$ ), L26 ( $5.8 t ha^{-1}$ ) y L27 ( $5.8 t ha^{-1}$ ). Las líneas más precoces fueron L7, L23 y L26 todas con 114 días y la más tardía fue L6 con 122 días. Por otra parte, hubo relación entre el rendimiento de grano con la producción de biomasa aérea. Los resultados de este trabajo demuestran que la evaluación de nuevos materiales de trigo élite en lugares característicos de Torreón permite describir los alcances y limitaciones del rendimiento y sus componentes numéricos, además de usarse como herramienta en nuevos programas de mejoramiento genético.

**Palabras clave:** líneas de trigo, rendimiento, biomasa, radiación.

### ABSTRACT

Wheat production stands out as one of the fundamental crops globally because it satisfies a significant amount of the nutritional requirements of the human population. Yield can be explained as the result of biomass and harvest index. Similarly, biomass is calculated as the result of the amount of radiation captured by the crop and the efficiency with which this radiation is converted into biomass. The increase in wheat yield has been strongly associated with the improvement in the partitioning of assimilates to the grain. Therefore, an alternative to achieve future yield gains in modern varieties will require an increase in

biomass and use of resources in adverse environments (e.g. high temperatures, terminal water deficit, etc.). The purpose of this work is to evaluate grain yield and obtain biomass in a set of elite wheat lines (with a high index of fertile flowers), in characteristic environments of the lagoon region. In the experimental field of the Antonio Narro Agrarian Autonomous University, Laguna Unit, in Torreón, Coahuila, an experiment was established using a randomized block design during the autumn-winter cycle of 2019, to evaluate 29 lines of elite wheat, recording: days from sowing to anthesis, days from anthesis to physiological maturity and days from sowing to physiological maturity, percentage of radiation capture, dry weight of stems, dry weight of leaves, dry weight of spikes and grain yield. The results obtained from the analysis of variance show that there were significant differences at least at 0.05 for plant height, weight of a thousand grains, number of grains per square meter and days from sowing to physiological maturity. In grain yield, there were no significant differences ( $p>0.05$ ), however, the highest grain yield values were obtained by lines L12 ( $6.0 \text{ t ha}^{-1}$ ), L26 ( $5.8 \text{ t ha}^{-1}$ ) and L27 ( $5.8 \text{ t ha}^{-1}$ ). The earliest lines were L7, L23 and L26, all with 114 days and the latest was L6 with 122 days. On the other hand, there was a relationship between grain yield and aerial biomass production. The results of this work demonstrate that the evaluation of new elite wheat materials in characteristic places of Torreón allows describing the scope and limitations of yield and its numerical components, in addition to being used as a tool in new genetic improvement programs.

**Keywords:** wheat lines, yield, biomass, radiation.

## INTRODUCCION

El cultivo de trigo está entre los tres principales cereales que tienen importante relevancia en la dieta humana a nivel global (además de, maíz y la cebada); su alta adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas ha permitido que pueda ser cultivada en todas partes del mundo. La productividad de este cereal puede ser afectada drásticamente por diversos factores ambientales (ej. altas temperaturas y estrés hídrico), provocadas por los cambios climáticos (Ramírez *et al.*, 2016), y en suma a lo anterior, las proyecciones del aumento en la población mundial ponen en riesgo la seguridad alimentaria en todo el mundo. El crecimiento de una planta se genera mediante la división y extensión de células en los distintos órganos especializados. El estudio del crecimiento de las plantas se fundamenta en la evaluación de la cantidad de biomasa generada a lo largo del ciclo de crecimiento, considerando su habilidad para absorber radiación solar y llevar a cabo la fotosíntesis (García del Moral *et al.*, 1987). La interceptación de radiación puede ser afectada por la arquitectura de la planta (Sadras *et al.*, 1996) y la morfología de las espigas (Motzo *et al.*, 2002), mientras que, la eficiencia en el uso de la radiación varía con la especie vegetal (Sinclair *et al.*, 1999), la ontogenia del cultivo (Calderini *et al.*, 1997), la disponibilidad hídrica (Tesfaye *et al.*, 2006) la presión de vapor (Kemanian *et al.*, 2004), el nitrógeno (Hall *et al.*, 1995), entre otros elementos. La cantidad de biomasa generada desde la emergencia hasta la etapa de madurez fisiológica de un cultivo guarda una estrecha correlación con la energía total capturada a lo largo de su ciclo de crecimiento. (Andrade *et al.*, 1996). Se ha observado que, cuando no hay factores que limiten al cultivo, hay una estrecha relación entre la producción total de biomasa y el rendimiento de grano. (White *et al.*, 2006) por lo cual, un incremento del rendimiento de grano de trigo está relacionado con la una alta producción de biomasa (Donmez *et al.*, 2001). Por lo anterior, el mejoramiento genético ha tomado gran importancia en la producción de cualquier especie de interés agrícola, con la finalidad de generar nueva tecnología que permita obtener variedades con mejores características adaptativas a diferentes regiones. Con relación a lo anterior, el CIMMYT en el año 2009

estableció un consorcio dedicado al rendimiento del trigo, convocando a expertos a nivel mundial en diversos campos relacionados con el trigo (como fisiología, genética y agronomía). El propósito principal fue iniciar la investigación sobre nuevo germoplasma de trigo élite (Reynolds *et al.*, 2011), para conocer la variabilidad en rendimiento de los mejores germoplasmas y de esa manera impulsar a que los mejoradores cuenten con progenitores élite para incluir en nuevos programas de mejoramiento de plantas que ayuden a un incremento en los rendimientos potenciales del trigo en las distintas regiones del mundo.

## MATERIALES Y METODOS

El experimento se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna en Torreón, Coahuila localizada a 25° 32' 40" de latitud norte, y 103° 26' 33" longitud oeste y a 1120 m.s.n.m. El clima que predomina en esta zona es árido y semiárido con fuertes variaciones estacionales y lluvias muy escasas, inviernos con temperaturas cercanas a los 0°C, con precipitaciones anuales de 220 mm (Santamaría *et al.*, 2006). La temperatura media anual va en un rango de 18° a 22°C, cuentan con suelos aluvión profundo y arcillosos. (García *et al.*, 2009). El material genético utilizado en este experimento estuvo conformado por un set de 29 líneas de trigo élite con un alto índice de flores fértiles las cuales fueron proporcionado por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Para la evaluación de las 29 líneas de trigo élite se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones. El trazado del experimento estuvo constituido por 116 parcelas. Cada parcela estuvo constituida por siete surcos de 1.20 m de largo y una distancia de 15 cm entre surcos. La siembra se realizó el día 13 de diciembre del 2019 utilizando una densidad de 350 semillas por metro cuadrado. La fecha de cosecha para todo el experimento fue el 19 de abril de 2020.

Para la fertilización se utilizaron 200 unidades de nitrógeno 180 unidades de fósforo y 0 unidades de potasio, donde las fuentes de fertilización fueron fosfato diamónico (DAP) y urea, respectivamente. Las malezas fueron controladas de manera periódica mediante de forma manual. Para el manejo del riego se realizó mediante cintillas, la aplicación de los riegos se realizó dos veces por semana. Durante el experimento se presentó el pulgón verde (*Schizaphis graminum*) a inicios de la etapa de macollaje el cual fue controlado con un insecticida comercial llamado: ENGEO®, siguiendo las recomendaciones del fabricante. Las variables registradas fueron las siguientes: días de transcurridos de desde la emergencia a la etapa de antesis, también los días transcurrido de antesis a madurez fisiológica y de igual manera los días de emergencia hasta la madurez fisiológica, siguiendo la escala propuesta por Zadoks *et al.* (1974). Una vez concluida el ciclo de vida del trigo se procedió a cosecha un metro lineal del surco central en cada una de las parcelas. Posteriormente se eliminaron las raíces, se realizaron muestreos destructivos para separar a la planta en sus diferentes órganos. Las muestras se secaron a 60°C durante 48 horas en una estufa de secado para determinar el peso seco de los tallos, hojas y espigas. Los granos se separaron de las espigas manualmente y se secaron a 60°C durante 48 horas. Finalmente, se pesaron las muestras utilizando una balanza analítica (modelo: SCIENTECH SG 8000). Al final se pesaron los granos de cada muestra para estimar el rendimiento final de grano en cada parcela. La radiación interceptada solo se midió durante la etapa de antesis, las mediciones se realizaron dos veces a la semana las mediciones se realizaron a las 12 del día cuando el cielo estuviera despejado si los días eran nublados no se realizaba ninguna medición hasta el día siguiente, dichas mediciones se hicieron con un ceptómetro (marca: AccuPAR, modelo LP-80). Se determinó la radiación interceptada mediante mediciones de radiación fotosintéticamente activa

incidente y transmitida, realizadas durante horas de mediodía solar en días despejados. El ceptómetro se colocó sobre el dosel para medir la radiación incidente, y a nivel del suelo por debajo del dosel, se tomaron tres mediciones en forma paralela (derecha, centro e izquierda entre los surcos) esto se hizo con la finalidad de obtener resultados más exactos, promediando estas tres mediciones, lo que equivale a la radiación transmitida tal como explica Calderini *et al.* (1997). La radicación interceptada por el dosel se calculó como la proporción de la diferencia entre las radiaciones incidente y la transmitida. Posteriormente, se calculó el porcentaje de radiación interceptada durante la etapa de antesis. Se emplearon modelos de regresión lineal para examinar la relación entre diversas variables. Utilizando datos sobre producción de biomasa, etapas fenológicas y rendimiento de grano, se llevaron a cabo análisis de varianza siguiendo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, utilizando el software estadístico SAS versión 9.0. Cuando los valores de F de los análisis de varianza resultaron significativos, se realizó una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

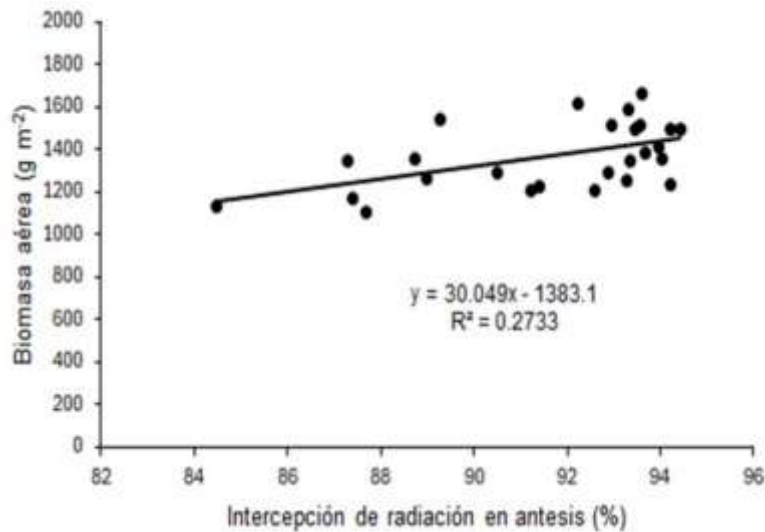
## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de los análisis de varianza arrojaron que para bloques hubo diferencias significativas al menos al 0.05 en las variables días de siembra a antesis, días de antesis a madurez fisiológica, días de siembra a madurez fisiológica e intercepción de radiación. Para el resto de las variables como peso seco de tallo, peso seco de hojas, peso seco de espigas, biomasa aérea y rendimiento de grano no se presentaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). Para el factor líneas no se detectaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en las variables peso seco de hojas, peso seco de espigas, biomasa aérea, intercepción de radiación y rendimiento de grano; estos resultados en producción de biomasa y rendimiento de grano son contrastantes con los resultados obtenidos por Valdés *et al.* (2017), en donde encontraron diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) en las líneas de trigo élite (CIMCOG). Por otra parte, para días de siembra a antesis y peso seco de tallos existieron diferencias significativas al 0.05; y para las variables días de antesis a madurez fisiológica y días de siembra a madurez fisiológica se encontraron diferencias significativas al 0.001 en el factor líneas. Los coeficientes de variación fueron relativamente bajos, tomando valores de 2.01% para días de siembra a antesis, 7.83% para días de antesis a madurez fisiológica, 2.15% para días de siembra a madurez fisiológica, y 4.80 para intercepción de radiación.

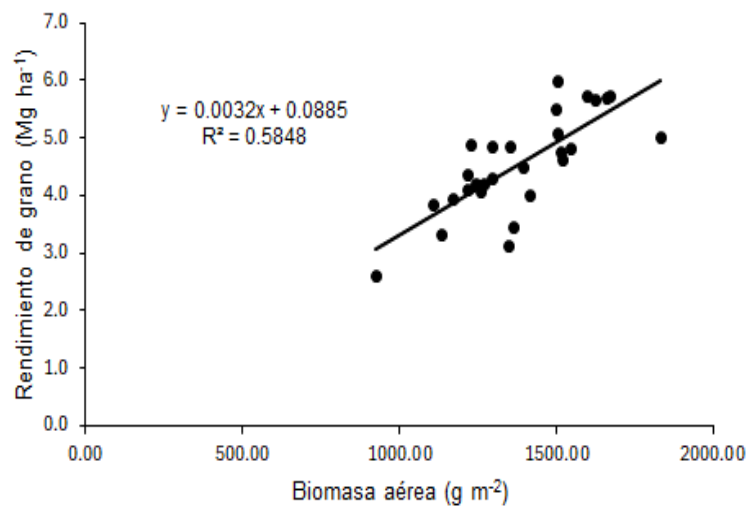
De acuerdo con la comparación de medias, se observó que en promedio la línea de trigo élite más tardías fue L6 con 122 días para llegar a madurez fisiológica, mientras que, las líneas más precoces fueron L23 y L26 ambas con 114 días para llegar a madurez fisiológica. Las líneas de trigo élite se han estudiado por varios años atrás de acuerdo con la etapa de madurez se han encontrado líneas que han alcanzado esa etapa en 100 días y la más tardía de 110 días (Reynolds *et al.*, 2016). La duración del período de pre-antesis para todas las líneas de trigo élite duró en promedio 88 días, mientras que, la duración promedio en período de post-antesis fue de 30 días. Otros estudios realizados con trigo para evaluar la cantidad de flores fértiles en 60 líneas registraron la duración del período de siembra a la etapa de antesis en un rango de 78 días a 95 días (Navarro *et al.*, 2015). Para la variable peso seco de tallo, las líneas de trigo élite con mayores valores fueron las líneas L16 (94.45 mg), L26 (84.40 mg) y L17 (81.88 mg). Por otra parte, las líneas con menores valores en peso seco de tallo fue la línea L2 con 47.65 mg. A pesar de que no hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre líneas de trigo élite para las variables peso seco de hojas (PSH) y peso seco de espigas (PSE), el mayor valor aritmético para peso

seco de hojas lo registro la línea L16 con 45.03 mg y para la variable peso seco de espigas la registró la línea L5 con 142.98 mg.

A pesar de que no hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) para la variable producción de biomasa aérea, los mayores valores alcanzados fue para las líneas L16 ( $1831.8 \text{ g m}^{-2}$ ), L26 ( $1669.5 \text{ g m}^{-2}$ ), L3 ( $1658.8 \text{ g m}^{-2}$ ) y L17 ( $1621.5 \text{ g m}^{-2}$ ) y el valor más bajo fue L03 ( $924.5 \text{ g m}^{-2}$ ) (Cuadro 3). En trabajos realizados por Reynolds *et al.* (2015) con 35 líneas de trigo élite, los resultados obtenidos en producción de biomasa registraron valores de hasta  $1280 \text{ g m}^{-2}$  y  $1268 \text{ g m}^{-2}$ , los cuales son valores bajos en comparación a los resultados de este estudio. Ullah *et al.* (2021), ha mencionado que las líneas de trigo tienden a comportarse de manera diferente en distintos ambientes, si la planta sufre algún estrés por altas temperaturas esto evidentemente afectara en la producción de biomasa, las líneas que son tolerantes a temperaturas altas producirán más biomasa mientras que las que no son tolerantes simplemente disminuirían la producción de biomasa y sobre todo el rendimiento de grano. Para la variable intercepción de radiación, las líneas con mayores valores fueron las líneas L11, L6, L21 y L28, con 94.40, 94.20, 94.20 y 94.02%, respectivamente. Los resultados aquí encontrados son semejantes a los resultados reportados por López *et al.* (2015), donde la intercepción de radiación de las 60 líneas de trigo evaluadas tuvo un promedio del 94.3% en la captura de la radiación. Si bien en este estudio no se realizaron mediciones de eficiencia de uso de la radiación, estudios realizados por Calderini *et al.* (2011), muestran que la eficiencia de uso de la radiación es otro determinante fisiológico de la producción biomasa, y entre mayor sea el aprovechamiento de la radiación se obtendrán mejores rendimientos. A pesar de que no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el rendimiento de grano para todas las líneas de trigo élite. Los valores más altos de rendimiento de grano fue para la línea L12 con  $6 \text{ t ha}^{-1}$ , mientras que, la línea con el menor valor aritmético para esta variable fueron las líneas L2 y L18, ambas con el mismo rendimiento de grano ( $2.62 \text{ t ha}^{-1}$ ) como se muestra en el Cuadro 3. Resultados reportados por Valdés *et al.* (2017) indican que para las líneas CIMCOG se alcanzaron rendimientos máximos de  $5.43 \text{ t ha}^{-1}$  donde también reportan variabilidad genética en las líneas evaluadas ( $p < 0.01$ ). Otros estudios realizados por Solís *et al.* (2014) en 60 líneas de trigo CIMCOG demostraron que el rendimiento varía según el ambiente donde se establecerán los materiales de trigo. En la Figura 2 se muestra que para el rendimiento de grano hay una correlación positiva alta ( $r^2 = 0.6$ ) con la producción de biomasa, mientras que, para el rendimiento de grano y el porcentaje de intercepción de radiación en el momento de anthesis existe una correlación media ( $r^2 = 0.3$ ) (Figura 1). Datos de correlación positiva entre la productividad de un cultivo y la capacidad para interceptar la radiación ha sido reportada en otros trabajos en trigo (Villafaña *et al.*, 2014).



**Figura 1.** Relación entre la biomasa aérea y la intercepción de radiación en anthesis en 29 líneas de trigo élite.



**Figura 2.** Relación entre el rendimiento de grano y la biomasa aérea en 29 líneas de trigo élite.

## CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos en este estudio, se pueden establecer las siguientes conclusiones: a) Las líneas presentaron variación en la duración de todo el ciclo del cultivo, como en la duración de pre-anthesis y post-anthesis, además del peso seco de tallos; b) La línea más tardía fue L6 con 122 días, mientras que la línea más precoz fue L23 con 113 días; c) El rendimiento de grano fue asociado positivamente con la producción de biomasa aérea en las líneas de trigo élite; d) Si bien en este estudio no se pudo realizar el seguimiento de la intercepción de radiación durante todo el ciclo del cultivo, la medición del porcentaje de intercepción de radiación en la etapa de anthesis con relación a la producción de biomasa aérea muestra una asociación positiva entre estas dos variables; e) A pesar de que no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento de grano

para todas las líneas de trigo élite. Los valores más altos de rendimiento de grano fue para la línea L12 con  $6 \text{ t ha}^{-1}$ ; f) Este trabajo puede ser considerado como base para caracterizar nuevas líneas de trigo élite que puedan usarse en nuevos programas de mejoramiento genético para evaluar los alcances y limitaciones del rendimiento de grano en el cultivo de trigo bajo ambientes característicos de la región de la comarca Lagunera.

## REFERENCIAS

- Andrade, F., Cirilo, A., Uhart, S., & Otegui, M. (1996). Ecofisiología del cultivo de maíz. La Barrosa. Balcarce, Buenos Aires, 147-192.
- Calderini, D. F., Dreccer, M. F., Slafer, G. A. (1997). Consequences of breeding on biomass, radiation interception and radiation-use efficiency in wheat. *Field Crops Research*, 271-281.
- Calderini, D., Valle, S., & Lizana, C. (2011). Sistemas de Producción de Trigo y Cebada: Decisiones de manejo en base a conceptos ecofisiológicos para optimizar el rendimiento, la calidad y el uso de los recursos. Doctoral dissertation, Universidad Austral de Chile, 66-80.
- Donmez, E., Sears, R., Shroyer, J., & Paulsen, G. (2001). Genetic gain in yield attributes of winter wheat in the Great Plains. *Crop Science*, 41, 1412-1419.
- García del Moral, L., De la Morena, I., & Ramos, J. (1987). Biomasa, duración del área foliar y proporción grano/hoja en relación con la cosecha y sus componentes en cebada. *Agricultura mediterránea*, 117.
- García, H. J., Orona, C. I., González, C. G., Valdez, C. R., Murillo, A. B., Troyo, D. E., & Segura, C. M. (2009). Interacciones nutrimentales y normas de diagnóstico de nutrimento compuesto en nogal pecanero (*Carya illinoensis*). *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 141-147.
- Kemarian, A. R., Stockle, C. O., Huggins, D. R. (2004). Variability of barley radiation use efficiency. *Crop Science*, 44, 1662-1672.
- López, C. C., Molero, G., & Reynolds, M. (2015). Genetic Diversity of Light Interception Profiles in Modern Wheat Canopies. *Proceedings of the International TRIGO (Wheat) Yield Potential WORKSHOP*, 47-48.
- Motzo, R., Giunta, F. (2002). Awnedness affects grain yield and kernel weight in near-isogenic lines of durum wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 1285-1293.
- Navarro, G. O., Griffiths, S., & G, M. (2015). Dynamics of floret development determining differences in spike fertility in an elite population of wheat. *Elsevier*, 21-31.
- Ramírez, V., Santa, R. R., & Villaseñor, M. H. (2016). Evaluación de variedades y líneas uniformes de trigo harinero de temporal en Valles Altos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2-6.
- Reynolds, M. P., Bonnett, D., Chapman, S. C., Furbank, R. T., Mans, Y., Mather, D. E., & Parry, M. A. (2011). Raising yield potential of wheat. I. Overview of a consortium approach and breeding strategies. *Journal of experimental botany*, 439-452.
- Reynolds, M. P., Pask, A., Torres, A., & Quiche, Y. N. (2015). Pre-Breeding for Yield Potential: Summary of International Data from 2nd WYCYT and Performance of Pipeline Material. *Proceedings of the International TRIGO (Wheat) Yield Potential WORKSHOP*, 16-18.
- Reynolds, M., Molero, G., & Quilligan, E. (2016). *Proceedings of the 2nd International WHEAT Yield Potential WORKSHOP*. 18-20.

- Sadras V.O., Milroy, S. P. (1996). Soil-water thresholds for the responses of leaf expansion and gas exchange. *Field Crops Research*, 253-266.
- Santamaría, C. J., Reta S, D. G., Chávez, G. J., Cueto, W. J., & Romero, P. R. (2006). Caracterización del medio físico en relación a cultivos forrajeros alternativos para la Comarca Lagunera. Libro Técnico Núm. 2. INIFAP- CIRNOC-CELALA.
- Sinclair, T., & Muchow, R. (1999). Radiation use efficiency. *Advances in Agronomy*, 65, 215– 266.
- Solís, E., Figueroa L, P., Molero, G., & Reynolds, M. P. (2014). Evaluation of CIMMYT and INIFAP elite lines in different agroclimatic zones representative of wheat production in Mexico. *Wheat Yield Consortium*, 4-8.
- Tesfaye, K., Walker, S., Tsubo, M. (2006). Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semiarid environment. *European Journal of Agronomy*, 25(1), 60-70.
- Ullah, S., Trethowan, R., Bramley, H. (2021). The Physiological Basis of Improved Heat Tolerance in Selected Emmer-Derived Hexaploid Wheat Genotypes. *Frontiers in Plant Science*, 3-11.
- Valdés V, C., Campuzano, E. G., & Rueda, M. C. (2017). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.8 Núm.1 01 de enero - 14 de febrero, 2017 p. 77-88 Rendimiento de grano en trigo modificado por cambios en la fuente durante el llenado de grano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 77-83.
- Villafaña, A. T., Morales, R. E., & Martínez, R. C. (2014). Determinantes ecofisiológicos del rendimiento en tres cultivares de trigo en función y fraccionamiento del nitrógeno. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 405-419.
- White, E. M., & Wilson, F. E. (2006). Responses of grain yield, biomass and harvest index and their rates of genetic progress to nitrogen availability in ten winter wheat varieties. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 45, 85-101.
- Zadoks, J. C., & Konzak, T. T. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 415-421.



## CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES EN DIFERENTES GENOTIPOS DE CHILE (*Capsicum annuum*)

Herrera M.D.<sup>1</sup>; Santiago L.U.<sup>2</sup>; Ramírez M.M.<sup>3</sup>; Bautista P.C.E.<sup>4</sup>; Ibarra V.G.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIFAP-CEZAC. Carretera Zacatecas-Fresnillo, km. 24.5, Calera de V.R., Zacatecas, México. C.P. 98500. <sup>2</sup>INIFAP-Campo Experimental Villa de Etna. Melchor Ocampo No.7, Sto. Domingo Barrio Bajo, Villa de Etna, Oaxaca, México C.P. 68200 <sup>3</sup>INIFAP-Campo Experimental Las Huastecas. Carretera Tampico-Mante km. 55, Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas, México. C.P. 89610. <sup>4</sup>INIFAP-Sitio Experimental Ébano. Carretera Valles-Tampico, km 67, Ébano, San Luis Potosí, México. C.P. 79293

Email: mayradherrera@gmail.com

### RESUMEN

El chile es ampliamente usado debido a su fuerte potencia de sabor, aroma, color y valor nutricional, sin embargo, su composición química varía entre las diferentes variedades que existen en el mercado. El objetivo de este trabajo fue investigar los cambios en el contenido de polifenoles en frutos de *Capsicum annuum* entre diferentes genotipos. Chiles del tipo Guajillo (Dona Ramón, VR-91 y Don Luis) y Ancho (AM-VR y AP-VR) fueron sometidos a una caracterización de polifenoles mediante la cuantificación de fenoles, flavonoides y antocianinas totales. Los resultados de esta investigación mostraron que los chiles de tipo Guajillo tiene mayor concentración de fenoles totales, mientras que la concentración de flavonoides fue mayor en Don Ramón, Don Luis y AM-VR, no obstante, no se encontró diferencias significativas en la concentración de antocianinas totales. Lo anterior demuestra que es importante incluir la composición fitoquímica del chile como criterio de selección de materiales para la obtención de cruza con el objetivo de mejorar la concentración de este tipo de compuestos antioxidantes.

**Palabras clave:** Chile, polifenoles, genotipo

### ABSTRACT

Chili pepper is widely used due to its strong flavor, aroma, color and nutritional value, however, its chemical composition varies between the different varieties that exist on the market. The aim of this work was to investigate the changes of the content of polyphenols in fruits of *Capsicum annuum* among different genotypes. Guajillo (Dona Ramón, VR-91 and Don Luis) and Ancho (AM-VR and AP-VR) type chili peppers were subjected to a polyphenol

characterization by quantifying total phenols, flavonoids and anthocyanins. The results of this research showed that Guajillo type chili peppers have a higher concentration of total phenols, while the concentration of flavonoids was higher in Don Ramón, Don Luis and AM-VR, however, no significant differences were found in the concentration of total anthocyanins. This shows that it is important to include the phytochemical composition of chili as a criterion for selecting materials for obtaining crosses with the aim of improving the concentration of this type of antioxidant compounds.

**Key words:** Pepper, polyphenols, genotype

## INTRODUCCION

Al ser un cultivo de amplia importancia no solo agrícola y económica, sino nutricional y nutracéutica (Duelund et al., 2016), el chile se ha considerado como un alimento con alto potencial funcional, principalmente por sus propiedades antioxidantes, determinadas por su amplio contenido de moléculas bioactivas, principalmente capsaicinoides, compuestos polifenólicos, carotenoides y ácido ascórbico (Sá Mendes et al., 2019). Por otro lado, los compuestos polifenólicos, han sido ampliamente estudiados en el área de ciencia de alimentos por la inversa correlación entre su ingesta a través de frutas y verduras y la incidencia de padecer enfermedades crónicas no trasmisibles como enfermedades cardiovasculares, cáncer, obesidad y diabetes (de la Rosa et al., 2019). En este contexto, se ha atribuido a los polifenoles del chile (flavonoides y antocianinas) un amplio potencial para reducir las complicaciones de algunas de estas enfermedades (Gambóa-Gómez et al., 2015).

A pesar de la gran importancia que tiene la composición fitoquímica, anteriormente se llevaba a cabo el fitomejoramiento en base a sus características agrícolas, tolerancia a insectos y patógenos causantes de enfermedades, y rendimiento, principalmente, sin embargo, recientemente se ha incluido esta característica para cultivos como *Triticum aestivum* (Fradgley et al., 2022) y *Oryza sativa* (Das et al., 2020). Para *C. annuum*, Paredes-Andrade et al. (2020) publicaron la concentración de polifenoles (fenoles y antocianinas totales) y capsaicinoides de diversos genotipos de chile del banco de germoplasma del Centro Tropical Agrícola de Investigación y Enseñanza Superior (CATIE). Lo anterior demuestra que es importante incluir la composición fitoquímica del chile como criterio de selección de materiales de 'promesa'. El objetivo del presente trabajo fue cuantificar la concentración de polifenoles en diferentes genotipos de chile ancho y guajillo para mercado principalmente seco.

## MATERIALES Y METODOS

Las evaluaciones de concentración de fitoquímicos del material genético se realizaron a partir de genotipos de chile, obtenidos mediante el manejo agronómico recomendado por el Paquete Tecnológico de Chiles, generado por el INIFAP (Ramírez et al., 2015; Mata et al., 2010). La siembra se realizó en charolas bajo invernadero y el trasplante en camas de 1.84 m de ancho con doble hilera, con una separación entre hileras de 50 cm y una densidad de 3.5 plantas/m lineal, esta actividad se realizó en el Campo Experimental Las Huastecas del INIFAP. Para las evaluaciones se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Los genotipos analizados se enlistan en la Tabla 1.

Tabla 1. Genotipos de chile guajillo y ancho.

No.	Tipo de chile	Variedad	Mercado
1	Guajillo	Don Ramón	Seco
2	Guajillo puya	VR-91	Seco
3	Guajillo	Don Luis	Seco
4	Ancho mulato	AM-VR	Seco
5	Ancho poblano	AP-VR	Verde/seco

Las muestras de chile se almacenaron a -70 °C por 24 h y se liofilizaron y molieron en un molino doméstico. Finalmente, las muestras secas se almacenaron en bolsas de polietileno con cierre en un lugar protegido de la luz y de baja humedad hasta su análisis. Los análisis de polifenoles se realizaron en el Campo Experimental Zacatecas del INIFAP.

### Caracterización fitoquímica de los materiales

#### Extracción de polifenoles

Se obtuvo un extracto acetónico de los compuestos fenólicos siguiendo la metodología de Xu et al., (2007), se pesó un gramo de muestra liofilizada y se diluyó con 10 mL de acetona acidificada al 70 % con 0.5 % de ácido acético [(acetona/agua/ácido acético (70:29.5:0.5 v/v/v)], se protegió de la luz y se agitó durante 24 h, posteriormente se centrifugaron a 5000 x g durante 10 min a temperatura ambiente, para obtener el sobrenadante. Este sobrenadante se utilizó para la cuantificación de los compuestos fenólicos totales y flavonoides.

### Cuantificación de polifenoles y flavonoides totales

Los compuestos fenólicos totales se cuantificaron mediante el ensayo de Folin-Cioacalteu (Singleton et al., 1999) y los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra (mg EAG g<sup>-1</sup>) utilizando una curva estándar de ácido gálico con un rango de linealidad de 0 a 0.32 mg/mL ( $R^2 = 0.99$ ). Los flavonoides totales se cuantificaron mediante el ensayo colorimétrico de AlCl<sub>3</sub> (Liu et al., 2002). Los datos de esta determinación se expresaron como mg equivalentes de (+) catequina por gramo de muestra (mg EC g<sup>-1</sup>) con un rango de linealidad de 0 a 0.074 mg/mL ( $R^2 = 0.99$ ).

### Cuantificación de antocianinas totales

Previamente a la cuantificación de antocianinas se realizó la extracción de antocianinas con una solución de extracción de etanol acidificado al 85% con HCl. La determinación de las antocianinas totales se realizó siguiendo el método de Abdel-Aal et al. (1999). El sobrenadante del extracto de antocianinas se llevó a un volumen de 5 ml en un matraz aforado usando etanol acidificado. Posteriormente se midió la absorbancia en un espectrofotómetro con una longitud de onda de 535 nm. El valor de la absorbancia obtenidos se sustituyó en la siguiente fórmula:

$$C = \left( \frac{A}{\epsilon} \right) * PM * \left( \frac{1}{g \text{ de muestra}} * 10^6 \right)$$

Donde:

C= concentración de antocianinas totales (mg/kg)

A= absorbancia a 535

$\epsilon$ = Coeficiente de absortividad molar de Ciadina 3-Glucosido (25965 cm<sup>-1</sup>M<sup>-1</sup>)

V= volumen total del extracto de antocianinas (mL).

PM= peso molecular de la ciadina 3-glucosido (449 g/mol).

Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ciadina 3-glucosido/kg de muestra.

### Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA). Se consideraron diferencias estadísticamente significativas entre los fitoquímicos cuando el valor de probabilidad fue <0.05 con la prueba de Tukey. Los análisis fueron realizados en el programa JMP versión 5.0.1.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Se sabe que los compuestos fenólicos son uno de los antioxidantes más abundantes en la dieta, lo que se asocia a sus efectos benéficos sobre enfermedades crónico degenerativas como el cáncer, las enfermedades cardiovasculares y la diabetes (Xu et al., 2007). Es bien sabido que diferentes condiciones bióticas y abióticas afectarán las vías involucradas en la biosíntesis de compuestos fenólicos al inducir un aumento o reducción en las actividades de enzimas clave. Por ejemplo, la síntesis de compuestos derivados de los ácidos hidroxicinámico (p-hidroxibenzoico y gálico) y cinámico se genera a partir del cinamato, que es un producto de la acción de la fenilalanina amoniaco-liasa (PAL) sobre la fenilalanina (Dixon y Paiva, 1995). Sin embargo, a pesar de que el contenido de polifenoles en el chile se desarrolla debido a diferentes factores, el principal es por el genotipo de la planta (Butcher et al., 2012).

En la Figura 1, se observa que los genotipos del tipo Guajillo tuvieron mayor concentración de fenoles totales, en comparación con los chiles anchos. El genotipo Don Luis tuvo la mayor concentración, mientras que Don Ramón y VR-91 no mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Entre los chiles tipo Ancho, sobresale el chile ancho poblano (AP-VR). En cuanto a la concentración de flavonoides totales, es interesante observar que, a pesar de que los flavonoides son un tipo de compuesto polifenólico, la tendencia es diferenciada. Para esta familia de compuestos, sobresalen los genotipos Don Ramón, Don Luis (Guajillos) y AM-VR (Ancho mulato) sin diferencias estadísticamente significativas entre sí.

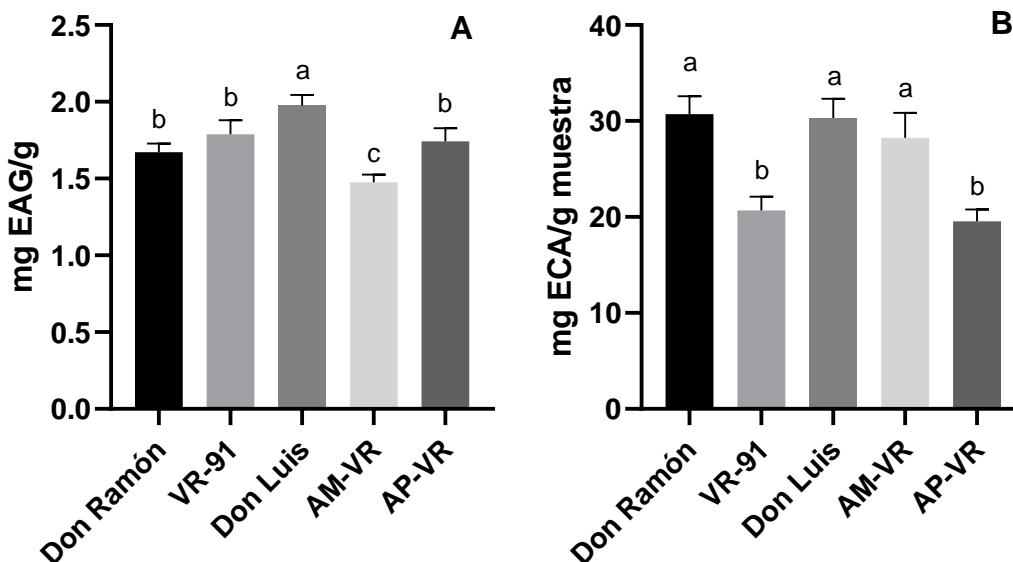


Figura 1. Concentración de fenoles (A) y flavonoides (B) totales en diferentes genotipos de Chile (*C. annuum*). Letras diferentes entre barras indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con la prueba de Tukey.

En este estudio, la concentración de flavonoides se expresa como equivalentes de catequina, en un estudio realizado por Troconis-Torres et al (2012), este compuesto fue el que se reportó en mayor concentración en diversas muestras de Chile; este resultado coincidió con la investigación realizada por Dubey et al. (2015), quienes cuantificaron la composición fitoquímica en chiles autóctonos de la India, encontrando a la catequina como el polifenol predominante en todos los chiles analizados. Estos trabajos previos indican que la catequina es uno de los flavonoides con mayor concentración en *C. annuum* y *C. chinense*. Esta tendencia fue seguida por otros polifenoles, como las antocianinas que han sido reportados en *C. annuum*.

En este estudio, no se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la concentración de antocianinas (Figura 2), lo que indica que una concentración diferenciada de estos compuestos en los genotipos utilizados en este estudio pudiera observarse por efecto de los factores agroclimáticos.

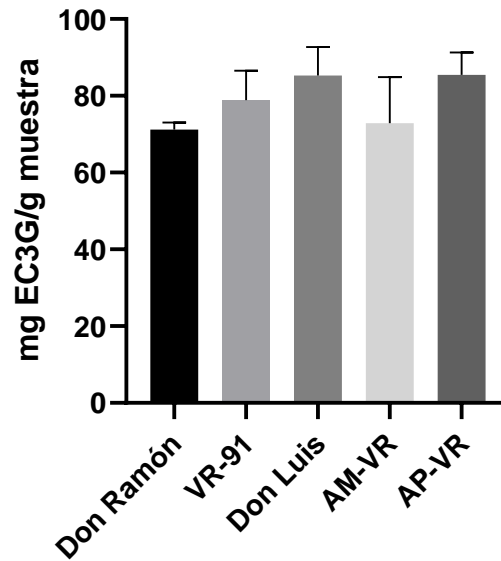


Figura 2. Concentración de antocianinas totales en diferentes genotipos de chile (*C. annuum*). Letras diferentes entre barras indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con la prueba de Tukey.

En el cultivo de chile, investigadores de INIFAP-Zacatecas han evaluado el incremento en la concentración de polifenoles (fenoles, flavonoides, taninos y antocianinas totales) por efecto de la infección de *Candidatus* fitoplasma trifolii (Reveles-Torres et al., 2018), el efecto de la radiación UV y el efecto de altas temperaturas (Herrera, 2022, INIFAP-Zacatecas, datos no publicados). Sin embargo, es de suma importancia mencionar que la síntesis de estos compuestos no solo está determinada por un estímulo biótico o abiótico que desencadena un mecanismo de defensa, sino también por el genotipo del cultivar (Herrera et al., 2019).

### CONCLUSIONES

La concentración de polifenoles depende del genotipo del cultivar, en general, los chiles del tipo Guajillo tuvieron mayor concentración de polifenoles, este es un dato importante, ya que es importante incluir la composición fitoquímica del chile como criterio de selección de materiales de 'promesa' para continuar con el fitomejoramiento del cultivo, y obtener materiales de chile de mayor calidad nutraceutica y funcional.

---

**REFERENCIAS**

- Abdel-Aal, E-SM., Hucl, P. (1999). A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheat. *Cereal Chemistry*. 76: 350-354.
- Butcher JD, Crosby KM, Yoo KS, Patil BS, Ibrahim AMH, Leskovar DI, Jifon JL. (2012). Environmental and genotypic variation of capsaicinoid and flavonoid concentrations in Habanero (*Capsicum chinense*) peppers. *HortScience*. 47, 574–579.
- Das P, Adak S, Majumder AL. (2020). Genetic manipulation for improved nutritional quality in rice. *Frontiers in Genetics*. 11: 19 p.
- de la Rosa LA, Moreno-Escamilla JO, Rodrigo-García J, Alvarez-Parilla E. (2019). Phenolic compounds. In *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*. 254 Pp.
- Dubey RK, Singh V, Upadhyay G, Pandey AK, Prakash D. (2015). Assessment of phytochemical composition and antioxidant potential in some indigenous chilli genotypes from North East India. *Food Chem*. 188, 119–125.
- Duelund L, Mouritsen OG. (2016). Content of capsaicinoides in chillies grown in Denmark. *Food Chemistry*. 6 p.
- Fradgley NS, Gardner K, Kerton M, Swarbreck SM, Bentley AR. (2022). Trade-offs in the genetic control of functional and nutritional quality traits in UK winter wheat. *The genetics society*. 2022: 14 p.
- Gambóa-Gómez CI, Rocha-Guzmán NE, Gallegos-Infante JA, Moreno-Jiménez MR, Velázquez-Cabral BD, González-Laredo RF. (2015). Plants with potential use in obesity and its complication. *Excli Journal*. 23 p.
- Herrera MD, Acosta-Gallegos JA, Reynoso-Camacho R, Pérez-Ramírez IF. (2019) Common bean seeds from plants subjected to severe drought, restricted- and full-irrigation regimes show differential phytochemical fingerprint. *Food Chemistry*. 294:10 p
- Liu M, Qi Li X, Weber C, Yong LC, Brown J, Hai LR. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 5 p.
- Paredes-Andrade NJ, Monteros-Altamirano A, Tapia-Bastidas CG, Sorensen M. (2020). Morphological, sensorial and chemical characterization of chilli peppers (*Capsicum* spp.) from the CATIE Genebank. *Agronomy*. 2020, 18 p.
- Reveles-Torres LR, Velásquez-Valle R, Salas-Muños S, Mauricio-Castillo JA, Esqueda-Dávila KCJ, Herrera MD. (2018). *Candidatus* Phytoplasma trifolii (16SrVI) infection modifies the polyphenols concentration in pepper (*Capsicum annuum*) plant tissues. *Journal of Phytopathology*. 2018: 10 p.
- Sá Mendes N, Santos MCP, Santos MCB, Cameron LC, Ferreira MSL, Gancalves ECB. (2019). Characterization of pepper (*Capsicum baccatum*) - A potential functional Ingredient. *LWT-Food Sciences and Technology*. 112: 9 p
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela RM. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in enzymology*, 299, 10 p.
- Troconis-Torres IG, Rojas-López M, Hernández-Rodríguez C, Villa-Tanaca L, Maldonado-Mendoza IE, Dorantes-Álvarez L, Tellez-Medina D, Jaramillo-Flores ME. (2012) Biochemical and



molecular analysis of some commercial samples of chilli peppers from Mexico. *J. Biomed. Biotechnol.*

Xu BJ, Chang SKC. (2007). A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. *Journal of Food Science.* 2: 7 p

## COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES DE FRIJOL AL TIZÓN COMÚN Y TIZÓN DEL HALO EN EL SUR DE SONORA

### BEHAVIOR OF BEAN VARIETIES TO COMMON BLIGHT AND HALO BLIGHT IN SOUTH OF SONORA

Ramírez A. J. A. y Padilla V. I.

Campo Experimental Norman E. Borlaug INIFAP. Apdo. postal 115, Cd Obregón, Sonora, México. C P 85000. Correo: ramirez.alfonso@inifap.gob.mx.

#### RESUMEN

En el sur de Sonora el cultivo de frijol es afectado por diversas enfermedades entre las que se encuentran los tizones ocasionados por bacterias. En la época cálida predomina el tizón común, causado por la bacteria *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*. Durante la época fría predomina el tizón del halo, es ocasionado por la bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*. En atención a lo anterior se realizaron investigaciones en varios años para conocer el comportamiento de variedades de frijol con el objetivo de encontrar alternativas de control en el principio de resistencia a estas enfermedades, bajo las condiciones naturales del sur de Sonora. El Tizón Común desarrolló en las plantas de frijol a principios del otoño y en primavera, favorecido por condiciones de temperaturas superiores a 27 °C, HR de 90 % y presencia de lluvias. El Tizón del Halo desarrollo en el cultivo de frijol a finales del otoño, favorecido por temperaturas máximas y mínimas de 28.9 y 11.4 °C, humedad relativa de 89.5% y precipitaciones. Las variedades de frijol Pinto con mayor tolerancia al Tizón Común fueron Pinto Max, Pinto Raramuri y Pinto Centauro con severidad de 1.0, 2.1 y 4.9% de área foliar dañada en el tercio medio de las plantas; el rendimiento fue de 2.311, 2.237 y 2.175 t/ha, respectivamente. Las variedades de frijol con mayor tolerancia al Tizón del Halo fueron Azufrado Azufrasin, Pinto Saltillo y Pinto Salinas con severidad de 45.0, 20.0 y 15.0% de área foliar dañada en el tercio medio de las plantas; el rendimiento fue de 2.531, 2.200 y 2.012 t/ha, respectivamente.

**Palabras clave:** Enfermedades, clima, rendimiento.

#### ABSTRACT

In the south of Sonora, the bean crop is affected by various diseases, including blight caused by bacteria. In the warm season, common blight predominates, caused by the bacteria *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*. During the cold season, halo blight predominates, it is caused by the bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*. In response to the above, research was carried out over several years to understand the behavior of bean varieties with the aim of finding control alternatives based on the principle of resistance to these diseases, under the natural conditions of south of Sonora. Common Blight developed in bean plants in early autumn and spring, favored by conditions of temperatures above 27 °C, RH of 90% and presence of rain. Halo blight developed in bean crops in late autumn, favored by maximum and minimum temperatures of 28.9 and 11.4 °C, relative humidity of 89.5% and rain. The Pinto bean varieties with the greatest tolerance to Common Blight were

Pinto Max, Pinto Raramuri and Pinto Centauro with severity of 1.0, 2.1 and 4.9% of damaged leaf area in the middle third of the plants; The yield was 2,311, 2,237 and 2,175 t/ha, respectively. The bean varieties with the greatest tolerance to Halo Blight were Azufrado Azufrasin, Pinto Saltillo, and Pinto Salinas with severity of 45.0, 20.0 and 15.0% of damaged leaf area in the middle third of the plants; The yield was 2,531, 2,200 and 2,012 t/ha, respectively.

**Key words:** Diseases, climate, yield.

## INTRODUCCIÓN

En el Estado de Sonora, México, se cultiva frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en 7092 ha con una producción anual promedio de 1.600 t/ha. El frijol en el sur de Sonora se siembra en condiciones de riego en dos épocas del año: otoño-invierno y primavera-verano contribuye con 70 a 80 % de la superficie estatal sembrada con frijol. Las variedades predominantes son de grano grande (>40 g / 100 semillas) y de color amarillo (azufrado) que ocupan el 90 % del área. El resto de la superficie (10 %) se cubre con las variedades de frijol pinto americano o nacional con las variedades Pinto Bill-Z, Pinto Saltillo y San Rafael (Padilla, Ramírez, Ortiz, Cabrera y Valencia, 2021). El cultivo de frijol en el sur de Sonora es afectado por diversas enfermedades entre las que se encuentran los tizones ocasionados por bacterias. En la época cálida predomina el Tizón Común, causado por la bacteria *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, ocasiona manchas irregulares rodeadas por un halo amarillento delgado, desarrolla generalmente en los márgenes de las hojas. Es favorecida por temperaturas de 27 a 28 °C, humedad relativa alta y lluvias frecuentes (Prudencio et al, 2008; Ramírez y Padilla, 2014). Esta enfermedad se presentó en el sur de Sonora durante el ciclo otoño-invierno 2009-2010 en condiciones de alta humedad debido a precipitaciones que favorecieron su desarrollo y se manifestó con alta severidad en Pinto Bill Z y Pinto Saltillo (Ramírez y Padilla, 2014). Durante la época fría predomina el Tizón del Halo, es ocasionado por la bacteria *Pseudomonas syringae* pv *phaseolicola*, ocasiona manchas circulares con el centro gris oscuro y rodeado por un halo amarillento verdoso que ocasiona una defoliación prematura. La enfermedad es favorecida por temperaturas de 16 a 20 °C, humedad relativa mayor a 80%, lluvia y rocío (Fourie, 2002). Esta enfermedad se presentó a niveles considerables durante el ciclo otoño invierno 2015-2016 (Ramírez y Padilla, 2022); la información sobre estas enfermedades en esta región es limitada. En atención a lo anterior en el INIFAP se realizaron investigaciones en varios años para conocer el comportamiento de variedades de frijol con el objetivo de encontrar alternativas de control en el principio de resistencia a estas enfermedades bajo las condiciones naturales del sur de Sonora.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el sur de Sonora, durante tres ciclos se evaluaron a tizón común y tizón del halo variedades de frijol. Durante el ciclo otoño-invierno 2015-2016 en el campo Navolato coordenadas 27.00284888 latitud norte y 109.558450 longitud oeste, en el Valle del Mayo. Se evaluaron las variedades de frijol: Azufrado Higuera, Azufrado Janasa, Azufrado Peruano y Azufrado Azufrasin. La fecha de siembra fue el 26 de septiembre de 2015. En el ciclo primavera-verano 2021 en un predio del campo La Uva, coordenadas 27.003084

latitud N y 109.458076 longitud oeste en el Valle del Mayo. Se evaluaron a Tizón las variedades de frijol: Pinto Saltillo, Pinto Max, Pinto Centauro, Pinto Raramuri y Pinto Bill Z. La siembra se realizó el 26 de enero de 2021. Durante el ciclo otoño-invierno 2022-2023 en un predio del campo Navolato, coordenadas 27.0318 latitud norte y -109.5568 longitud oeste en el Valle del Mayo. Se evaluaron a Tizón las variedades de frijol: Pinto Saltillo, Pinto Salinas, Pinto Max, Pinto Bill Z y Pinto Chasse. La fecha de siembra fue el 28 de septiembre de 2022. El diseño en todos los ciclos fue en franjas de 4 a 28 surcos a 0.8 m de separación y de 200 a 250 m de longitud. La densidad de siembra fue de 20-22 semillas/metro. En las evaluaciones se consideró el por ciento de follaje dañado (%AFD), para ello el follaje de las plantas se dividió visualmente en tercio inferior, medio y superior. Se utilizó una escala de severidad arbitraria (Ramírez, Padilla, Ochoa y Montoya, 2015; Ramírez y Padilla, 2014) estimando visualmente el porcentaje de área dañada por las lesiones de cada una de las enfermedades en cada hoja muestreada y dando valores en una escala continua de 0 a 100 %. Al final de cada ciclo se obtuvieron los rendimientos por variedad. La información fue analizada con los datos climatológicos de las estaciones meteorológicas automatizadas del Chapote, Chucarit y SEMAY durante el desarrollo del cultivo de frijol. Los análisis de varianza y la prueba de DMS para la separación de medias, se realizó con un paquete estadístico computarizado (Olivares, 2015).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la primera investigación en el ciclo otoño-invierno 2015-2016 se presentaron condiciones de alta precipitación a finales del verano, lo cual favoreció el desarrollo del Tizón Común en el tercio inferior de las plantas, esta enfermedad es favorecida por condiciones de temperaturas superiores a 27 °C, HR de 90 % y presencia de lluvias (Figura 1), las cuales son favorables porque incrementan la diseminación y proporcionan humedad adicional sobre la superficie de las hojas, facilitando la infección (Fitt, McCartney y Walklate, 1989; Ramírez y Padilla, 2014). Los síntomas del Tizón Común fueron manchas de forma irregular de color café oscuro de tamaño de 4-5 cm y generalmente en los márgenes de las hojas, las lesiones coalescieron y ocasionaron necrosis total de los folíolos infectados, esta sintomatología coincide con la descrita en la literatura (Prudencio, Navarrete y Acosta, 2008). Las temperaturas descendieron en la segunda quincena del mes de noviembre (Figura 1) y se manifestó el Tizón del Halo favorecido por temperaturas máximas y mínimas de 28.9 y 11.4 °C, humedad relativa de 89.5% y precipitaciones (Fourie, 2002; Ramírez y Padilla, 2022). Los síntomas del Tizón del Halo fueron manchas de forma circular color café oscuro y de 3-4 mm rodeadas de un anillo color verde claro, las lesiones al unirse formaron lesiones grandes en las hojas, ocasionando su secado (Prudencio, Navarrete y Acosta, 2008), el cual afectó el tercio medio y superior de las plantas. El tizón del halo desarrolló a mayores niveles de severidad en las variedades de frijol Peruano y Azufrazin (Cuadro 1), la variedad de frijol Azufrado Peruano está consignada como susceptible al Tizón del Halo en el altiplano Mexicano (Navarrete y Acosta, 2000); las variedades con menor severidad de Tizón del Halo fueron Higuera y Janasa (Cuadro 1). Casi al final del ciclo el día 27 de diciembre se presentó una helada de -1.6 °C (Figura 1), la variedad Azufrasin por su precocidad alcanzó mayor desarrollo en su ciclo que las otras variedades. La variedad Azufrasin por su precocidad y tolerancia al Tizón del Halo tuvo un rendimiento de 2.531 t/ha y superó a Janasa, Higuera y Peruano que rindieron 1.906, 1.828 y 1.703 t/ha, respectivamente (Cuadro1). Durante el ciclo primavera-verano 2021, el cultivo de frijol

desarrolló su etapa de fructificación en condiciones de temperaturas cálidas con temperaturas mínimas superiores a 10 °C y máximas por arriba de 30 °C, alta humedad relativa debido a neblinas en el mes de abril (Figura 2), estas condiciones favorecieron el desarrollo del Tizón Común que se manifestó en el tercio inferior y medio de las plantas de frijol; los mayores niveles de severidad se encontraron en las variedades Pinto Bill Z y Pinto Saltillo; las variedades con menor severidad del Tizón Común fueron Pinto Max, Pinto Centauro y Pinto Raramuri. El rendimiento fue significativamente igual en todas las variedades (Cuadro 2). Durante el ciclo otoño-invierno 2022-2023 se presentaron condiciones de humedad a finales del mes de noviembre, lo cual favoreció el desarrollo del Tizón Común en las hojas del tercio inferior de las plantas, pero las temperaturas descendieron en el mes de diciembre (Figura 3) y se manifestó el Tizón del Halo, el cual afectó las hojas del tercio medio y superior de las plantas. El Tizón del Halo desarrolló a mayores niveles de severidad en la variedad de frijol Pinto Max (Cuadro 3). La variedad Pinto Max resultó susceptible al tizón del halo que predomina durante los meses fríos del ciclo otoño-invierno pero tiene un comportamiento de tolerancia al Tizón Común que predomina durante los meses cálidos en el ciclo de primavera-verano (Cuadro 2). Las variedades con menor severidad al Tizón del Halo fueron Pinto Chasse y Pinto Salinas (Cuadro 3).

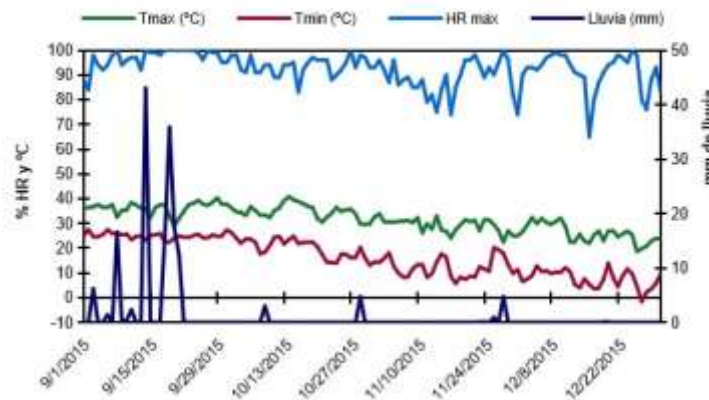


Figura 1. Clima durante el desarrollo del cultivo de frijol en el sur de Sonora. Estación meteorológica El Chapote. Ciclo otoño-invierno, 2015-2016.

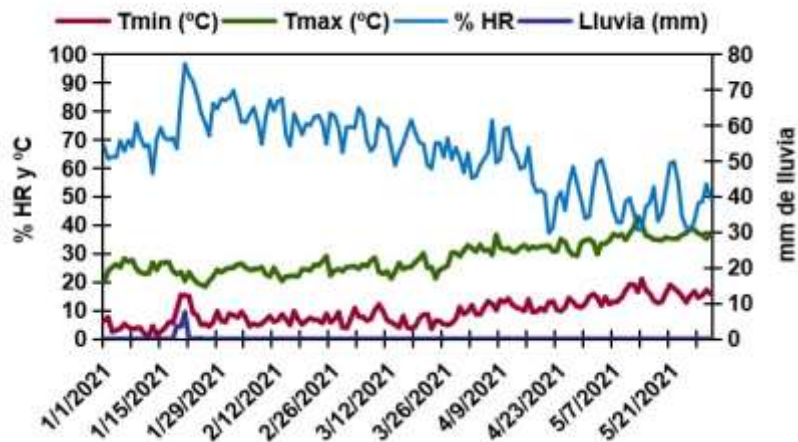


Figura 1. Clima durante el desarrollo del cultivo de frijol en el sur de Sonora. Estación meteorológica SEMAY. Primavera-verano, 2021.

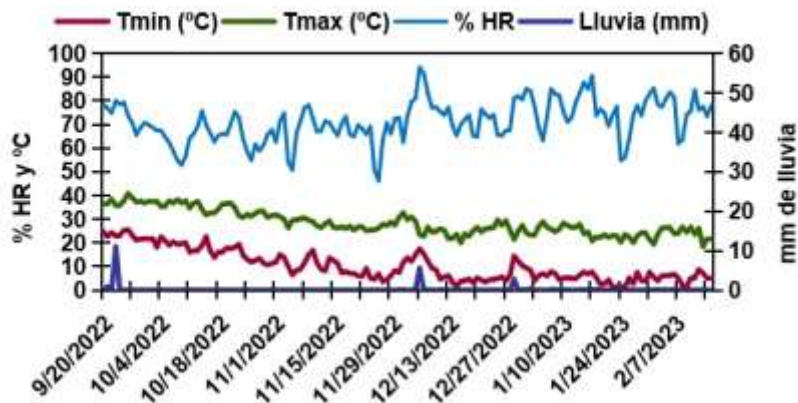


Figura 3. Clima durante el desarrollo del cultivo de frijol en el sur de Sonora. Estación meteorológica Chucarit. Ciclo otoño-invierno, 2022-2023.

Cuadro 1. Severidad del Tizón del Halo y rendimiento de variedades de frijol azufrado en el sur de Sonora. Ciclo otoño-invierno, 2015-2016.

Variedad	Plantas/m	% severidad del Tizón del Halo Tercio medio de las plantas	Rendimiento t/ha
Azufrado Azufrafin	14.4	45.0	2.531 a*
Azufrado Janasa	13.3	5.0	1.906 b
Azufrado Higuera	14.7	10.0	1.828 b
Azufrado Peruano	14.1	44.0	1.703 b

\*Tratamientos con la misma letra entre columnas, son iguales estadísticamente DMS 0.05

Cuadro 2. Severidad del Tizón Común y rendimiento de variedades de frijol Pinto en el sur de Sonora. Ciclo primavera-verano, 2021.

Variedad	Plantas/m	% severidad del Tizón Común Tercio medio de las plantas	Rendimiento t/ha
Pinto Bill Z	16.4	15.5	2.378 a*
Pinto Max	13.9	1.0	2.311 a
Pinto Saltillo	14.7	12.0	2.243 a
Pinto Raramuri	14.2	2.1	2.237 a
Pinto Centauro	15.4	4.9	2.175 a

\*Tratamientos con la misma letra entre columnas, son iguales estadísticamente DMS 0.05

Cuadro 3. Severidad del Tizón del Halo y rendimiento de variedades de frijol Pinto en el sur de Sonora. Ciclo otoño-invierno 2022-2023.

Variedad	% severidad del Tizón del Halo Tercio medio de las plantas	Peso de 100 semillas	Rendimiento Ton/ha
Pinto Saltillo	20	32.0 a*	2.200 a*
Pinto Salinas	15	31.6 a	2.012 a b
Pinto Max	45	33.2 a	1.900 b c
Pinto Bill Z	20	32.6 a	1.875 b c
Pinto Chasse	10	33.0 a	1.750 c

\*Tratamientos con la misma letra entre columnas, son iguales estadísticamente DMS 0.05

### CONCLUSIONES

- Las variedades de frijol Pinto con mayor tolerancia al Tizón Común por menor severidad y rendimiento fueron: Pinto Max, Pinto Raramuri y Pinto Centauro.
- Las variedades de frijol con mayor tolerancia al Tizón del Halo por severidad y rendimiento fueron Azufrado Azufrasin, Pinto Saltillo y Pinto Salinas.

---

**REFERENCIAS**

- Fitt, B.D.L., McCartney, H. A., and Walklate, P.J. 1989. The role of rain in dispersal of pathogen inoculum. *Annual Review of Phytopathology* 27:241-270.
- Fourie, D. 2002. Distribution and severity of bacterial diseases on dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in South Africa. *J. Pathol.*150(4–5):220–226.
- Navarrete, M. R. y Acosta, G. A. 2000. Resistencia del frijol al tizón del halo en el valle de México y progreso de la enfermedad. *Rev. Fitotec. Mex.* 23:17-28.
- Olivares S., E. 2015. Programa de análisis estadístico. Versión 1.6. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey. N. L.
- Padilla V. I., Ramírez A. J. A, Ortiz E. J. E., Cabrera C. F. y Valencia F. P. 2021. Tecnología para la producción de frijol en el sur de Sonora. Folleto para Productores N° 108. CENEB-INIFAP. 32 p.
- Prudencio S. J. M, Navarrete M. R., Navarrete, M. J. y Acosta G. A. 2008. Dinámica de los tizones común y del halo del frijol en el valle de México. *Agricultura Técnica en México* vol 34: 213-223.
- Ramírez, A. J. A. y Padilla V. I. 2014. Condiciones meteorológicas que favorecen el desarrollo del tizón común del frijol (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) en el sur de Sonora. Memoria XVII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, B. C. Pág. 403-408.
- Ramírez, A. J. A. Padilla V. I., Ochoa E. X. M. y Montoya C. L. 2015. Control del tizón común del frijol en el sur de Sonora. Folleto Técnico N° 98. CENEB-CIRNO-INIFAP. 24 p.
- Ramírez, A. J. A. y Padilla V. I. 2022. Epidemiología del tizón del halo en variedades de frijol en el sur de Sonora. Memoria XXV Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, B. C. Pág. 475-479



## COMPLEJO DE ENFERMEDADES FOLIARES DEL MAÍZ EN EL SUR DE SONORA

Ramírez Arredondo José Alfonso y Marroquín Morales José Ángel.

Campo Experimental Norman E. Borlaug INIFAP. Apdo. postal 115, Cd Obregón, Sonora, México. C P 85000. Correo: ramirez.alfonso@inifap.gob.mx.

### RESUMEN

En el sur de Sonora el cultivo de maíz es afectado por un complejo de enfermedades foliares. Esta investigación se realizó durante el ciclo primavera-verano de 2023. El objetivo de este trabajo fue estimar la severidad de las enfermedades foliares presentes en lotes comerciales y experimentales con cultivo de maíz en dos meses de siembra en tres regiones del sur de Sonora. Las enfermedades foliares que se encontraron en el cultivo de maíz fueron: roya común (*Puccinia sorghi*), tizón foliar (*Exserohilum turcicum*), mancha gris (*Cercospora zea-maydis*), mancha blanca (*Phaeosphaeria maydis*) y mancha zonada (*Gloeocercospora sorghi*), con una severidad promedio en el tercio medio de las plantas de maíz en siembras de diciembre de 11.26, 8.78, 0.42, 0.41 y 0.0 % de área foliar dañada, respectivamente y para siembras realizadas en el mes de enero la severidad para estas enfermedades foliares en ese mismo orden fueron de 3.89, 8.51, 1.14, 0.07 y 0.0 % de área foliar dañada, respectivamente. La severidad promedio del complejo en lotes de maíz en el Valle del Mayo, Valle del Yaqui y Fuerte-Mayo fue significativamente diferentes con 24.07, 14.57 y 12.71% de área foliar dañada, respectivamente (DMS 0.05=4.54). La severidad promedio del complejo en el tercio medio de las plantas de maíz en siembras de diciembre fue significativamente mayor a la estimada en siembras de enero con 20.60 y 13.61% de área foliar dañada, respectivamente (DMS 0.05= 4.54). La severidad del complejo en las siembras realizadas en el mes de diciembre, en el Valle del Mayo, Valle del Yaqui y Fuerte-Mayo fue significativamente diferente, con 29.4, 20.7 y 11.7% de área foliar dañada, respectivamente (DMS 0.05= 4.54). En las siembras de maíz realizadas en el mes de enero, la severidad del complejo en el Valle del Mayo, Fuerte-Mayo y Valle del Yaqui también fue significativamente diferente, con 18.8, 13.8 y 8.4% de área foliar dañada, respectivamente (DMS 0.05= 4.54). Los rendimientos promedio estimados en los lotes del Valle del Yaqui, Valle del Mayo y Fuerte-Mayo fueron significativamente diferentes con 13.466, 10.389 y 8.461 t/ha, respectivamente (DMS 0.05= 0.922). El rendimiento promedio de maíz en siembras de diciembre fue significativamente mayor al estimado en siembras de enero con 15.114 y 6.430 t/ha, respectivamente (DMS 0.05=1.191). Los rendimientos en siembras de maíz realizadas en el mes de diciembre en el Valle del Yaqui, Valle del Mayo y Fuerte-Mayo fueron significativamente diferentes con 18.739 14.395 y 12.207 t/ha, respectivamente (DMS 0.05= 1.191). Los rendimientos estimados en siembras de maíz realizadas en el mes de enero en el Valle del Yaqui, Valle del Mayo y Fuerte-Mayo también fueron significativamente diferentes con 8.193, 6.384 y 4.714, t/h, respectivamente (DMS 0.05= 1.191).

**Palabras clave:** *Puccinia sorghi*, *Exserohilum turcicum*, *Phaeosphaeria maydis*, rendimiento.

## ABSTRACT

In the south of Sonora, the corn crop is affected by a complex of foliar diseases. This research was conducted during the spring-summer cycle of 2023. The objective of this work was to estimate the severity of foliar diseases present in commercial and experimental plots with corn crops in two months of planting in three regions of south of Sonora. The foliar diseases that were found in the corn crop were: common rust (*Puccinia sorghi*), leaf blight (*Exserohilum turcicum*), gray spot (*Cercospora zea-maydis*), white spot (*Phaeosphaeria maydis*) and zoned spot (*Gloeocercospora sorghi*), with an average severity in the middle third of the corn plants in December sowings of 11.26, 8.78, 0.42, 0.41 and 0.0% of damaged leaf area, respectively and for sowings carried out in the month of January the severity for these foliar diseases in that same order were 3.89, 8.51, 1.14, 0.07 and 0.0% of damaged leaf area, respectively. The average severity of the complex in corn plots in Mayo Valley, Yaqui Valley and Fuerte-Mayo was significantly different with 24.07, 14.57 and 12.71% of damaged leaf area, respectively (DMS 0.05=4.54). The average severity of the complex in the middle third of the corn plants in December sowings was significantly higher than in January sowings with 20.60 and 13.61% of damaged leaf area, respectively. The severity of the complex in the sowings carried out in the month of December, in Mayo Valley, Yaqui Valley and Fuerte-Mayo was significantly different, with 29.4, 20.7 and 11.7% of damaged leaf area, respectively (DMS 0.05= 4.54). In the corn plantings carried out in the month of January, the severity of the complex in Mayo Valley, Fuerte-Mayo and Yaqui Valley was also significantly different, with 18.8, 13.8 and 8.4% of damaged leaf area, respectively (DMS 0.05 = 4.54). The estimated average yields in the Yaqui Valley, Mayo Valley and Fuerte-Mayo plots were significantly different with 13,466, 10,389 and 8,461 t/ha, respectively (DMS 0.05= 0.922). The average corn yield in December sowings was significantly higher than that estimated in January sowings with 15,114 and 6,430 t/ha, respectively (DMS 0.05=1.191). The yields in corn sowing carried out in the month of December in the Yaqui Valley, Mayo Valley and Fuerte-Mayo were significantly different with 18,739, 14,395 and 12,207 t/ha, respectively (DMS 0.05= 1.191). The estimated yields in corn plantings carried out in the month of January in the Yaqui Valley, Mayo Valley and Fuerte-Mayo were also significantly different with 8,193, 6,384 and 4,714, t/h, respectively (DMS 0.05= 1.191).

**Key words:** *Puccinia sorghi*, *Exserohilum turcicum*, *Phaeosphaeria maydis*, yield.

## INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los principales granos en nuestro país y constituye uno de los alimentos básicos para la población. En el Estado de Sonora, el cultivo de maíz se siembra en una superficie promedio de 30,966 ha con una producción de 320,329 t en los últimos cinco años; la superficie y producción ha venido en ascenso, y en 2019 se sembró en una superficie Estatal de 56,979 ha con una producción de 666,728 t, lo cual lo colocó durante ese año en el sexto lugar en superficie cultivada y tercero en la producción nacional; en el año 2020 se sembró en el Estado de Sonora una superficie de 54,277 ha con este cultivo, pero la escases de agua en las presas ha ocasionado que la superficie cultivada con maíz se haya reducido a 15,093 ha en el año 2022 y recuperado en 2023 con 42,851 (SIAP-

SADER, 2013-2023). Entre los factores que afectan el desarrollo de este cultivo se encuentran las enfermedades. Actualmente la información en esta región sobre las enfermedades en maíz es limitada (Ramírez, 2022; Ramírez y Marroquín, 2023). En atención a lo anterior, en el INIFAP, se realizó esta investigación sobre la identificación de enfermedades foliares presentes en el cultivo de maíz y sus niveles de severidad en siembras de maíz realizadas en el mes de diciembre y en el mes de enero, en las condiciones naturales de tres regiones en el sur de Sonora.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó durante el año 2023. Se llevaron a cabo muestreos en lotes de maíz en el sur de Sonora. En los recorridos se colectaron 82 muestras temporales de hojas de maíz con diferentes síntomas, de enfermedades ocasionadas por hongos, las cuales se transportaron en una hielera para su identificación, las cuales se revisaron en el microscopio compuesto; la identificación se realizó con la ayuda de la información morfológica de los hongos fitopatógenos reportados en maíz (CIMMYT, 2004; Shurtleff, 1980). También durante 2023 se tomaron datos en 17 lotes comerciales y experimentales de maíz en el sur de Sonora. Se muestrearon 3 lotes en la región Fuerte-Mayo, uno con fecha de siembra de diciembre y dos lotes con fecha de siembra de enero, en el Valle del Mayo se tomaron muestras de 6 lotes, 4 sembrados en diciembre y 2 en enero, en el Valle del Yaqui se muestrearon 8 lotes, 6 con fecha de siembra de diciembre y dos sembrados en el mes de enero. Se realizaron muestreos de severidad de las enfermedades foliares en la etapa de elote. La severidad se estimó en 12 plantas por lote revisado con una escala del 0 al 100% (Ramírez, 2022). Considerando la densidad de plantas/m de cada una de las plantas muestreadas, se estimó el rendimiento en t/ha en cada uno de los lotes muestreados. La información fue analizada con los datos climatológicos de una estación meteorológica automatizada de cada una de las tres regiones en estudio durante el desarrollo del cultivo de maíz; en la región Fuerte-Mayo (Estación Totoliboqui), Valle del Mayo (Estación SEMAY) y Valle del Yaqui (Estación CIANO). Los análisis de varianza y la prueba de DMS para la separación de medias, se realizó con un paquete estadístico computarizado (Olivares, 2015).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desarrollo de las enfermedades foliares del maíz en los meses de abril y mayo en el sur de Sonora, en la región Fuerte-Mayo fueron con temperaturas mínimas y máximas promedio de 14.2 y 32.1 °C, humedad relativa promedio de 59.3% y sin lluvia (Figura 1); en el área del Valle del Mayo se presentaron temperaturas mínimas y máximas promedio de 11.3 y 33.7 °C, humedad relativa promedio de 59.9% y sin precipitaciones (Figura 2); las condiciones en el área del Valle del Yaqui fueron con temperaturas mínimas y máximas promedio de 11.2 y 32.3 °C, humedad relativa promedio de 56.7% y tres lloviznas ligeras que acumularon 0.6 mm (Figura 3). Las enfermedades foliares que se encontraron en el cultivo de maíz fueron: roya común (*Puccinia sorghi*), tizón foliar (*Exserohilum turcicum*), mancha gris (*Cercospora zea-maydis*), mancha blanca (*Phaeosphaeria maydis*) y mancha zonada (*Gloeocercospora sorghi*), con una severidad promedio en el tercio medio de las plantas de maíz en siembras de diciembre de 11.26, 8.78, 0.42, 0.41 y 0.0 % de área foliar

dañada, respectivamente y para siembras realizadas en el mes de enero la severidad para estas enfermedades foliares en ese mismo orden fueron de 3.89, 8.51, 1.14, 0.07 y 0.0 % de área foliar dañada, respectivamente. La severidad promedio del complejo en lotes de maíz en el Valle del Mayo, Valle del Yaqui y Fuerte-Mayo fue significativamente diferentes con 24.07, 14.57 y 12.71% de área foliar dañada, respectivamente (DMS 0.05=4.54) (Cuadro 1). La severidad promedio del complejo en el tercio medio de las plantas de maíz en siembras de diciembre fue significativamente mayor a las siembras de enero con 20.60 y 13.61% de área foliar dañada, respectivamente (DMS 0.05= 4.54). La severidad del complejo en el tercio medio de las plantas de maíz en las siembras realizadas en el mes de diciembre, en el Valle del Mayo, Valle del Yaqui y Región Fuerte-Mayo fue significativamente diferente con 29.4, 20.7 y 11.7% de área foliar dañada, respectivamente (DMS 0.05= 4.54). En las siembras de maíz realizadas en el mes de enero, la severidad de las enfermedades foliares en el Valle del Mayo, Región Fuerte-Mayo y Valle del Yaqui también fue significativamente diferente, con 18.8, 13.8 y 8.4% de área foliar dañada, respectivamente (DMS 0.05= 4.54). En siembras realizadas en el mes de enero la severidad del complejo en la región Fuerte-Mayo fue mayor a la severidad estimada en el Valle del Yaqui, debido a un incremento de la mancha blanca, favorecida por temperaturas mínimas mayores a 14 °C y mayor humedad relativa con 59.34% durante los meses de abril y mayo (Ramírez, Cabrera y Borbón, 2021; Ramírez y Marroquín, 2023). Los rendimientos promedio estimados en los lotes de la región Valle del Yaqui, Valle del Mayo y Fuerte-Mayo fueron significativamente diferentes con 13.466, 10.389 y 8.461 t/ha, respectivamente (DMS 0.05= 0.922). El rendimiento promedio de maíz en siembras de diciembre fue significativamente mayor al estimado en siembras de enero con 15.114 y 6.430 t/ha, respectivamente (DMS 0.05=1.191). Los rendimientos en siembras de maíz realizadas en el mes de diciembre en el Valle del Yaqui, Valle del Mayo y Fuerte-Mayo fueron significativamente diferentes con 18.739 14.395 y 12.207 t/ha, respectivamente (DMS 0.05= 1.191). Los rendimientos estimados en siembras de maíz realizadas en el mes de enero en el Valle del Yaqui, Valle del Mayo y Fuerte-Mayo también fueron significativamente diferentes con 8.193, 6.384 y 4.714, t/h, respectivamente (DMS 0.05= 1.191). Los mayores rendimientos obtenidos en el Valle del Yaqui coinciden con los resultados obtenidos durante primavera-verano 2020 y 2022 (Ramírez, 2022; Ramírez y Marroquín, 2023).

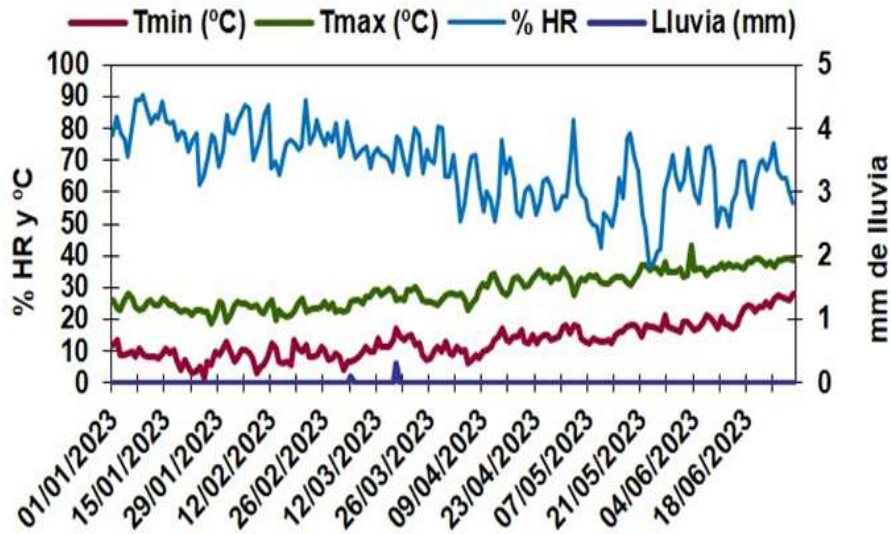


Figura 1. Condiciones meteorológicas durante el desarrollo del cultivo de maíz en la región Fuerte-Mayo en el sur de Sonora. Estación meteorológica Totoliboqui, 2023.

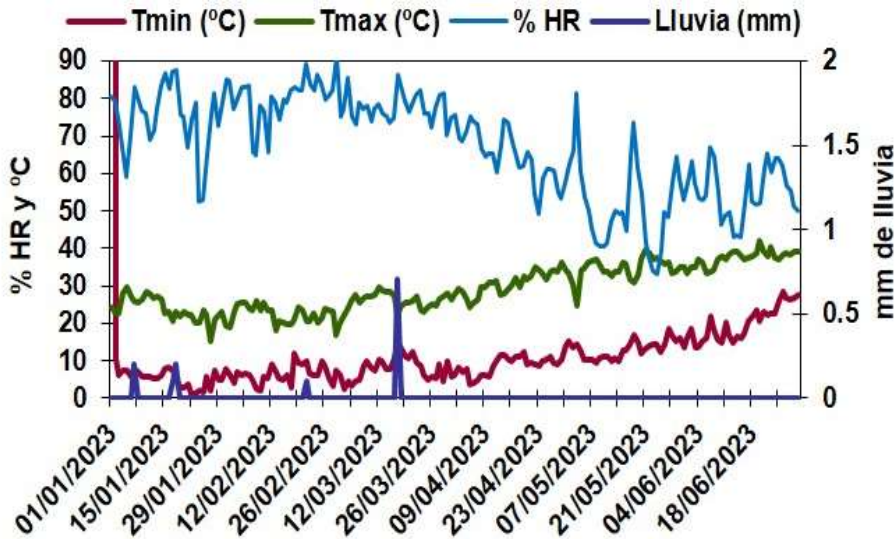


Figura 2. Condiciones meteorológicas durante el desarrollo del cultivo de maíz en el Valle del Mayo en el sur de Sonora. Estación meteorológica SEMAY, 2023.

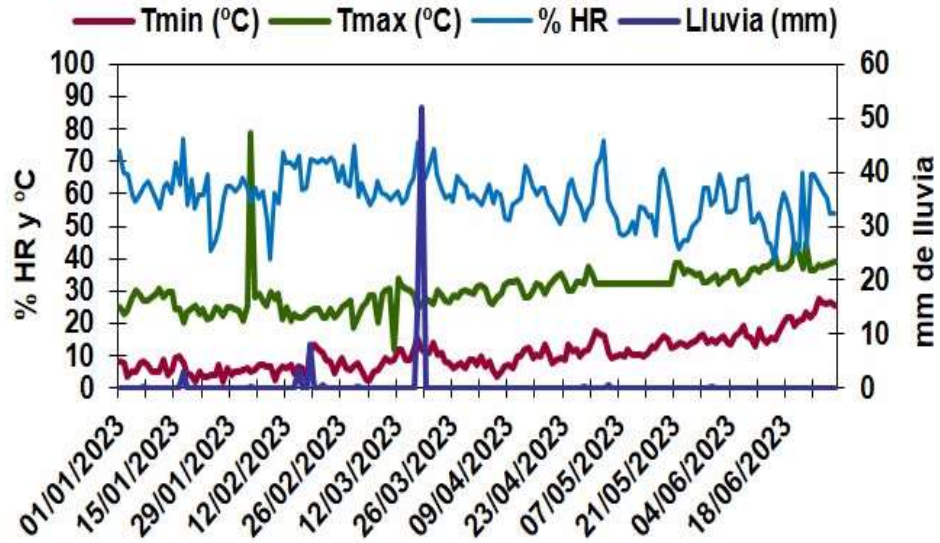


Figura 3. Condiciones meteorológicas durante el desarrollo del cultivo de maíz en el Valle del Yaqui en el sur de Sonora. Estación meteorológica CENEB, 2023.

Cuadro 1. Severidad de cinco enfermedades foliares en el cultivo de maíz en el sur de Sonora. 2023.

Región	Severidad de enfermedades en tercio medio <sup>1</sup>					Total %AFD TM
	Tizón foliar	Roya común	Mancha blanca	Mancha gris	Mancha zonada	
Valle del Mayo	7.72	16.10	0.09	0.16	0.0	24.07
Valle del Yaqui	9.11	4.86	0.17	0.39	0.0	14.57
Fuerte-Mayo	7.46	1.77	3.49	0.00	0.0	12.71
Promedio	8.10	7.58	1.25	0.18	0.0	17.12

<sup>1</sup>Tercio medio= primera hoja superior al elote.

Cuadro 2. Severidad del complejo de enfermedades foliares del maíz y rendimiento en el sur de Sonora. 2023.

Región	Plantas/m	%AFD en tercio medio <sup>1</sup>	Rendimiento	
			Mazorca (gr)	t/ha
Valle del Yaqui	8.8	14.57 b*	122.9 a*	13.466 a*
Valle del Mayo	8.6	24.07 a	77.8 c	10.389 b
Fuerte-Mayo	8.1	12.71 b	88.3 b	8.461 c
Promedio	8.5	17.12	96.3	9.014

\*Tratamientos con la misma letra entre columnas, son iguales DMS 0.05

### CONCLUSIONES

- La severidad promedio del complejo de enfermedades foliares en el tercio medio de las plantas de maíz en siembras de diciembre fue mayor al estimado en las siembras de enero con 20.60 y 13.61% de área foliar dañada, respectivamente.
- El rendimiento de maíz en siembras de diciembre fue mayor al estimado en siembras de enero con 15.114 y 6.430 t/ha, respectivamente

### REFERENCIAS

- CIMMYT. 2004. Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. Cuarta Edición. México, D. F. 118 p.
- Olivares, S. E. 2015. Programa de análisis estadístico. Versión 1.6. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey. N. L.
- Ramírez, A. J. A., Cabrera, C. F. y Borbón, G. A. 2021. Epidemiología del complejo de enfermedades foliares del maíz en el sur de Sonora. Memorias XXIV Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. Pág. 294-300.
- Ramírez, A. J. A. 2022. Severidad de enfermedades foliares del maíz en el sur de Sonora. Memoria de XXXIV Semana Internacional de Agronomía. Venecia, Durango. Pág. 722-730.
- Ramírez, A. J. A. y Marroquín, M. J. A. 2023. Severidad del complejo de enfermedades foliares del maíz en el sur de Sonora. Memoria de XXXV Semana Internacional de Agronomía. Venecia, Durango. Pág. 1356 - 1363.

- Shurtleff, M. C. 1980. Compendium of corn diseases. The American Phytopathology Society. pp.
- SIAP-SADER, 2013-2023. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) Anuario estadístico de la producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos.



## COMPORTAMIENTO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ AL COMPLEJO DE ENFERMEDADES FOLIARES EN TRES NIVELES DE RIEGO EN EL SUR DE SONORA

### BEHAVIOR OF CORN HYBRIDS TO THE COMPLEX OF FOLIAR DISEASES IN THREE IRRIGATION LEVELS IN THE SOUTH OF SONORA

Ramírez Arredondo José Alfonso y Marroquín Morales José Ángel.

Campo Experimental Norman E. Borlaug INIFAP. Apdo. postal 115, Cd Obregón, Sonora, México. C P 85000. Correo: ramirez.alfonso@inifap.gob.mx.

#### RESUMEN

En el sur de Sonora el cultivo de maíz es afectado por un complejo de enfermedades foliares. Esta investigación se realizó durante el ciclo primavera-verano de 2023. El objetivo fue conocer el comportamiento de dos híbridos de maíz bajo tres niveles de riego al complejo de enfermedades foliares en el sur de Sonora. Las enfermedades que se presentaron en los híbridos de maíz fueron: tizón foliar (*Exserohilum turcicum*), roya común (*Puccinia sorghi*) y mancha blanca (*Phaeosphaeria maydis*). La severidad promedio del complejo de enfermedades foliares en el tercio medio de las plantas en los dos híbridos con tratamientos de 3, 4 y 5 riegos de auxilio fue significativamente diferente con 21.87, 16.57 y 8.22%, respectivamente (DMS 0.05= 4.62). La severidad promedio del complejo en los tres tratamientos de riego en el híbrido Hipopótamo y DK 4050 fue significativamente diferente con 17.93 y 13.18% de área foliar dañada, respectivamente (DMS 0.05= 4.62). Se obtuvo una interacción de la severidad del complejo en el híbrido DK 4050 con los tratamientos de riego: en el tratamiento con 3, 4 y 5 riegos, la severidad en el híbrido DK 4050 fue de 22.18, 13.45 y 3.91%, respectivamente (DMS 0.05= 4.62). El rendimiento promedio de los dos híbridos de maíz en los tratamientos con 3, 4 y 5 riegos de auxilio fue significativamente diferente con 9.454, 12.098 y 10.936 t/ha, respectivamente (DMS 0.05= 0.964). El rendimiento promedio del híbrido Hipopótamo y DK 4050 en los tres tratamientos de riego fue significativamente igual con 10.603 y 11.056 t/ha, respectivamente. El rendimiento del híbrido Hipopótamo fue significativamente igual en los tres tratamientos de riego, pero el rendimiento del híbrido DK 4050 fue significativamente diferente con 3, 4 y 5 riegos con 8.791, 13.371 y 11.005 t/ha, respectivamente (DMS 0.05= 0.964). El mejor tratamiento de riego fue el de cuatro auxilios, el híbrido DK 4050 presentó menor severidad y fue significativamente superior en rendimiento al híbrido Hipopótamo con 13.371 y 10.826 t/ha, respectivamente. Los resultados obtenidos indican que las condiciones de sequía con solo tres riegos de auxilio incrementan la susceptibilidad de las plantas a la infección y desarrollo de las enfermedades foliares. Además, con cuatro y cinco riegos de auxilio las plantas de maíz prolongan su ciclo vegetativo, haciendo posible que escapen al mayor periodo de infección por las enfermedades foliares en su etapa de mayor susceptibilidad que se presenta al inicio de fructificación, las cuales son favorecidas por las condiciones meteorológicas en el mes de abril en el sur de Sonora.

**Palabras clave:** tizón foliar, roya común, riegos

## ABSTRACT

In south of Sonora, corn cultivation is affected by a complex of foliar diseases. This research was carried out during the spring-summer cycle of 2023. The objective was to know the behavior of two corn hybrids under three levels of irrigation to the complex of foliar diseases in south of Sonora.

The diseases that occurred in corn hybrids were: leaf blight (*Exserohilum turcicum*), common rust (*Puccinia sorghi*) and white spot (*Phaeosphaeria maydis*). The average severity of the foliar disease complex in the middle third of the plants in the two hybrids with treatments of 3, 4 and 5 relief irrigations was significantly different with 21.87, 16.57 and 8.22%, respectively (DMS 0.05= 4.62). The average severity of the complex in the three irrigation treatments in the Hipopótamo hybrid and DK 4050 was significantly different with 17.93 and 13.18% of damaged leaf area, respectively (DMS 0.05= 4.62). An interaction of the severity of the complex in the DK 4050 hybrid with the irrigation treatments was obtained: in the treatment with 3, 4 and 5 irrigations, the severity in the DK 4050 hybrid was 22.18, 13.45 and 3.91%, respectively (DMS 0.05= 4.62). The average yield of the two corn hybrids in the treatments with 3, 4 and 5 auxiliary irrigations was significantly different with 9,454, 12,098 and 10,936 t/ha, respectively (DMS 0.05= 0.964). The average yield of the hybrid Hipopótamo and DK 4050 in the three irrigation treatments was significantly the same with 10,603 and 11,056 t/ha, respectively. The yield of the Hipopótamo hybrid was significantly the same in the three irrigation treatments, but the yield of the DK 4050 hybrid was significantly different with 3, 4 and 5 irrigations with 8,791, 13,371 and 11,005 t/ha, respectively (DMS 0.05= 0.964). The best irrigation treatment was four aids, the DK 4050 hybrid presented less severity and was significantly superior in yield to the Hipopótamo hybrid with 13,371 and 10,826 t/ha, respectively. The results obtained indicate that drought conditions with only three relief irrigations increase the susceptibility of plants to infection and development of foliar diseases.

Furthermore, with four or five relief irrigations, corn plants prolong their vegetative cycle, making it possible for them to escape the longest period of infection by foliar diseases in their stage of greatest susceptibility that occurs at the beginning of fruiting, which are favored by the meteorological conditions in the month of April in south of Sonora.

**Keywords:** leaf blight, common rust, irrigation

## INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los principales granos en nuestro país y constituye uno de los alimentos básicos para la población. En México el cultivo de maíz ocupa el primer lugar en superficie cultivada con 7,481,136 hectáreas y en el estado de Sonora se sembraron 54,277 hectáreas en el año 2020; pero la escasa agua en las presas ha ocasionado que la superficie cultivada con maíz se haya reducido a 15,093 ha en el año 2022 (SIAP-SADER, 2013-2022). Entre los factores que afectan el desarrollo de este cultivo se encuentran las enfermedades (CIMMYT, 2004; Shurtleff, 1980) y las que se tiene reportadas en esta región son: roya común (*Puccinia sorghi*), tizón foliar (*Exserohilum turcicum*), mancha gris (*Cercospora zae-maydis*), mancha blanca (*Phaeosphaeria maydis*) mancha zonada (*Gloeocercospora sorghi*) y antracnosis (*Colletotrichum graminicola*) (Ramírez, 2022). La información regional de tolerancia de híbridos y riegos como alternativas para el manejo de estas enfermedades es limitada (Ramírez, Valenzuela y Armenta, 2022). El objetivo de esta investigación fue

conocer el comportamiento de dos híbridos de maíz bajo tres niveles de riego al complejo de enfermedades foliares en las condiciones naturales del sur de Sonora.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó durante el ciclo de primavera-verano 2023, en terrenos del Campo Experimental Norman E. Borlaug, en el sur de Sonora (27.370916967407904 Latitud N, -109.92484263163874 Longitud W). Se evaluó el comportamiento de los híbridos de maíz Hipopótamo (Susceptible a enfermedades foliares) y DK 4050 (Tolerante a enfermedades foliares) (Ramírez y Valenzuela, 2021; Ramírez, Valenzuela y Armenta, 2022) bajo tres niveles de riego por gravedad (3, 4 y 5 riegos de auxilio) al complejo de enfermedades foliares en fecha de siembra óptima del 03 de diciembre de 2022. El diseño experimental fue en franjas de ocho surcos de 20 m de longitud y a 0.8 m de separación con cuatro repeticiones. No se realizaron aplicaciones de fungicidas. Se tomaron datos del por ciento de área foliar dañada (%AFD) en tres estratos de 20 plantas por híbrido en cada uno de los tratamientos de riego: hoja bandera, una hoja de la parte media (inmediatamente superior al elote) y una hoja de la parte media del tercio inferior. Para evaluar la severidad se utilizó una escala, estimando visualmente el porcentaje de área dañada por las lesiones de cada una de las enfermedades presentes en cada hoja muestreada y dando valores en una escala continua de 0 a 100 % (Ramírez, Morales y López, 2009; Ramírez, Valenzuela y Cabrera, 2019). Se cosechó por separado cada una de las 20 plantas muestreadas por híbrido en cada uno de los tratamientos de riego. Se obtuvo el rendimiento de mazorca y se estimó el rendimiento en t/ha, para ello, se consideró la densidad de plantas/m en la que se encontró cada una de las plantas muestreadas en cada uno de los híbridos. La información fue analizada con los datos climatológicos de la estación meteorológica automatizada del CENEB-INIFAP ubicada a 150 m del sitio de estudio. Los análisis y la prueba de DMS para la separación de medias, se realizó con un paquete estadístico computarizado (Olivares, 2015).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el sur de Sonora el desarrollo de las enfermedades foliares del maíz en 2023 inició en los meses de abril y mayo, en la región del valle del Yaqui fueron con temperaturas mínimas y máximas promedio de 11.2 y 32.3 °C, humedad relativa promedio de 56.7% y 3 lloviznas ligeras que acumularon 0.6 mm (Figura 1). Las enfermedades que se presentaron en los híbridos de maíz fueron: tizón foliar (*Exserohilum turcicum*), roya común (*Puccinia sorghi*) y mancha blanca (*Phaeosphaeria maydis*). La severidad promedio del complejo de enfermedades foliares en el tercio medio de las plantas en los dos híbridos con tratamientos de 3, 4 y 5 riegos de auxilio fue significativamente diferente con 21.87, 16.57 y 8.22%, respectivamente (DMS 0.05= 4.62). La severidad promedio del complejo en los tres tratamientos de riego en el híbrido Hipopótamo y DK 4050 fue significativamente diferente con 17.93 y 13.18% de área foliar dañada, respectivamente (DMS 0.05= 4.62). Se obtuvo una interacción de la severidad del complejo en el híbrido DK 4050 con los tratamientos de riego: en el tratamiento con 3, 4 y 5 riegos, la severidad en el híbrido DK 4050 fue de 22.18, 13.45 y 3.91%, respectivamente (DMS 0.05= 4.62). Los valores de severidad en el tercio medio superiores a 20%, son considerados importantes en la reducción de rendimiento en

el cultivo de maíz, en los híbridos Hipopótamo y DK 4050 se encontró el 60 y 20% de plantas que superaron el promedio de 20% de follaje dañado por el complejo, respectivamente. El rendimiento promedio de los dos híbridos de maíz en los tratamientos con 3, 4 y 5 riegos de auxilio fue significativamente diferente con 9.454, 12.098 y 10.936 t/ha, respectivamente (DMS 0.05= 0.964). El rendimiento promedio del híbrido Hipopótamo y DK 4050 en los tres tratamientos de riego fue significativamente igual con 10.603 y 11.056 t/ha, respectivamente. El rendimiento del híbrido Hipopótamo fue significativamente igual en los tres tratamientos de riego, pero el rendimiento del híbrido DK 4050 fue significativamente diferente con 3, 4 y 5 riegos con 8.791, 13.371 y 11.005 t/ha, respectivamente (DMS 0.05= 0.964). El mejor tratamiento de riego fue el de cuatro auxilios, el híbrido DK 4050 presentó menor severidad con 13.45% y fue significativamente superior en rendimiento al híbrido Hipopótamo con 13.371 y 10.826 t/ha, respectivamente (Cuadro 1 y 2). Los resultados obtenidos indican que las condiciones de sequía con solo tres riegos de auxilio incrementan la susceptibilidad de las plantas a la infección y desarrollo de las enfermedades foliares. Además, en tratamientos con cuatro y cinco riegos de auxilio las plantas de maíz prolongan su ciclo vegetativo, haciendo posible que escapen al mayor periodo de infección por las enfermedades foliares en su etapa de mayor susceptibilidad que se presenta al inicio de fructificación, las cuales son favorecidas por las condiciones meteorológicas en el mes de abril en el sur de Sonora (Ramírez, Valenzuela y Cabrera, 2019, Ramírez y Valenzuela, 2021; Ramírez, 2022). El mayor rendimiento del híbrido DK 4050 durante la presente investigación coincide con los resultados obtenidos en ciclos anteriores (Ramírez, Valenzuela y Cabrera, 2019; Ramírez, Valenzuela y Armenta, 2022).

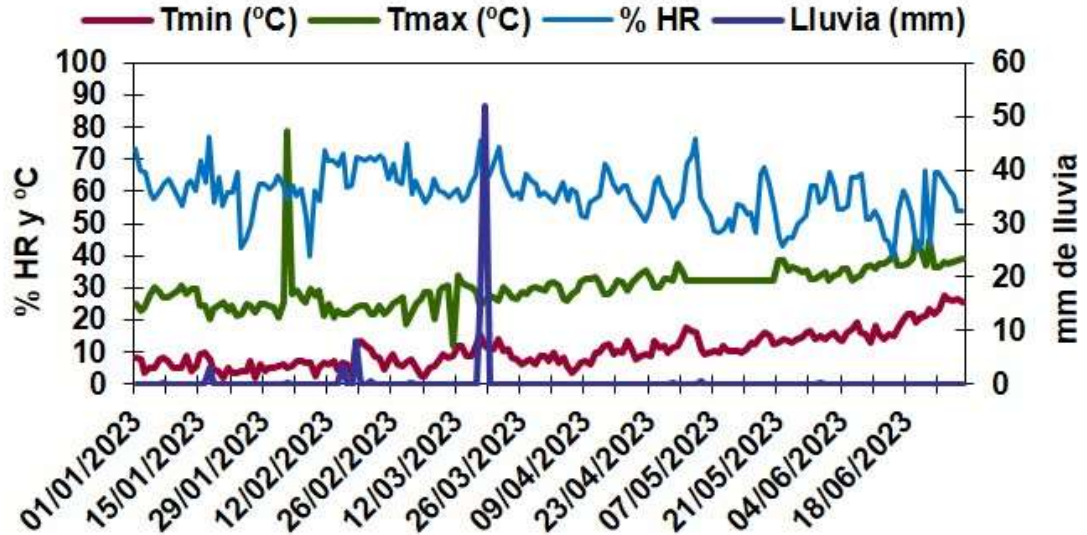


Figura 1. Condiciones meteorológicas durante el desarrollo del cultivo de maíz en la región Valle del Yaqui, en el sur de Sonora. Estación meteorológica CENEB, 2023.

Cuadro 1.- Severidad de enfermedades foliares en el tercio medio de plantas de dos híbridos de maíz con tres niveles de riego por gravedad en el sur de Sonora. 2023.

Híbridos de maíz y N° de Riegos	% Severidad de Enfermedades Foliares del maíz en el tercio medio de las plantas <sup>1</sup>					Total %AFD
	Tizón foliar	Roya común	Mancha blanca	Mancha gris	Mancha zonada	
DK 4050 3R	18.6	3.5	0.1	0.0	0.0	22.2 a*
Hipopótamo 3 R	15.2	6.0	0.3	0.0	0.0	21.6 a
Hipopótamo 4 R	12.1	6.5	1.0	0.0	0.0	19.7 a
DK 4050 4R	3.8	8.4	1.3	0.0	0.0	13.5 b
Hipopótamo 5 R	2.3	4.8	5.4	0.0	0.0	12.5 b
DK 4050 5R	1.7	1.0	1.3	0.0	0.0	3.9 c
Promedio	10.7	6.0	1.9	0.0	0.0	18.7

\*Tratamientos con la misma letra entre columnas, son iguales DMS 0.05

<sup>1</sup> Tercio medio= Hoja inmediatamente superior al elote.

Tratamientos de riego 3, 4 y 5 auxilios

Cuadro 2.- Severidad del complejo de enfermedades foliares y rendimiento de dos híbridos de maíz con tres niveles de riego por gravedad en el sur de Sonora. 2023.

Híbridos de maíz y N° de Riegos	% Severidad de Enfermedades Foliares			Rendimiento	
	T. inferior	T. medio	Hoja Bandera	gr/mazorca	(t/ha)
DK 4050 4 R	15.3	13.5 b*	13.1 a*	116.3 a*	13.371 a*
DK 4050 5 R	10.0	3.9 c	5.9 a	99.3 b	11.005 b
Hipopótamo 5 R	11.3	12.5 b	9.1 a	94.6 b	10.866 b
Hipopótamo 4 R	23.3	19.7 a	16.6 a	96.7 b	10.826 b
Hipopótamo 3 R	26.5	21.6 a	15.7 a	98.6 b	10.118 b
DK 4050 3R	22.7	22.2 a	17.8 a	80.7 c	8.791 c
Promedio	18.2	15.5	13.0	97.7	10.829

\*Tratamientos con la misma letra entre columnas, son iguales DMS 0.

Tratamientos de riego 3, 4 y 5 auxilios

## CONCLUSIONES

- Con tratamientos de cuatro y cinco riegos de auxilio se prolonga el ciclo del cultivo de maíz y escapa al mayor periodo de infección en el mes de abril.
- El mejor tratamiento de riego fue el de cuatro auxilios, el híbrido DK 4050 presentó menor severidad y fue significativamente superior en rendimiento al híbrido Hipopótamo con 13.371 y 10.826 t/ha.

## REFERENCIAS

- CIMMYT. 2004. Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. Cuarta Edición. México, D. F. 118 p.
- Olivares, S. E. 2015. Programa de análisis estadístico. Versión 1.6. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey. N. L.
- Ramírez, A. J. A., Morales, C. A. y López, R. M. 2009. Comportamiento de híbridos de sorgo para grano (*Sorghum bicolor*) a un complejo de enfermedades foliares en el sur de Sonora. Memorias XII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México.
- Ramírez, A. J. A., Valenzuela, B. J. R. y Cabrera, C. F. 2019. Comportamiento de dos híbridos de maíz a un complejo de enfermedades foliares en tres fechas de siembra en el sur de Sonora. Memorias XXII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. Pág. 535-540.
- Ramírez, A. J. A., Valenzuela, B. J. R. 2021. Comportamiento de híbridos de maíz a enfermedades foliares en siembra tardía en el sur de Sonora. Memorias XXIII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. Pag. 470-474.
- Ramírez, A. J. A. 2022. Severidad de enfermedades foliares del maíz en el sur de Sonora. Memoria de XXXIV Semana Internacional de Agronomía. Venecia, Durango. Pág. 65-69.
- Ramírez, A. J. A., Valenzuela, B. J. R. y Armenta, C. R. A. 2022. Comportamiento de híbridos de maíz a enfermedades foliares en el sur de Sonora. Memoria de XXXIV Semana Internacional de Agronomía. Venecia, Durango. Pág. 70-74.
- Shurtleff, M. C. 1980. Compendium of corn diseases. The American Phytopathology Society. pp.
- SIAP-SADER, 2013-2022. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) Anuario estadístico de la producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos.

## EFECTO DE LA APLICACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE HIDROXIAPATITA DE CALCIO EN AVENA FORRAJERA

Nahle-M., A.<sup>1</sup>; Rocha-Q. J. L.<sup>1</sup>; Buendía-G. A.<sup>1</sup>; Castañeda-E. L. Y.<sup>1</sup>; Ramírez-G. R. I.<sup>1\*</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez s/n colonia valle verde. Torreón, Coahuila. México.  
\*gottfried\_ricardo@hotmail.com

### RESUMEN

En esta investigación se evaluó el impacto de la aplicación de nanopartículas de hidroxapatita de calcio en el rendimiento, materia seca, fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente acida (FDA) en el cultivo de avena forrajera. Se aplicaron 4 tratamientos que consistieron en diferentes concentraciones de la nanopartícula, T1= 0 mg L<sup>-1</sup>, T2= 100 mg L<sup>-1</sup>, T3= 200 mg L<sup>-1</sup> y T4=300 mg L<sup>-1</sup>. Los resultados indican que la aplicación de nanopartículas en diferentes concentraciones afectó de manera positiva las variables rendimiento, % de MS y FDN, obteniendo valores máximos en el T4 de 16.02 ton ha<sup>-1</sup>, 23.36 % y 66.74 respectivamente. En la variable FDA se presentó una tendencia inversa, el aumento de la concentración de la nanopartícula provocó una disminución.

**Palabras clave:** *Avena sativa* L., biofortificación, fibra, materia seca

### ABSTRACT

In this research, the impact of calcium hydroxyapatite nanoparticles on yield, dry matter, neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) in forage oats was evaluated. Four treatments consisting of different concentrations of the nanoparticle were applied, T1= 0 mg L<sup>-1</sup>, T2= 100 mg L<sup>-1</sup>, T3= 200 mg L<sup>-1</sup> and T4=300 mg L<sup>-1</sup>. The results indicate that the application of nanoparticles at different concentrations positively affected the variables yield, % DM and NDF, obtaining maximum values at T4 of 16.02 ton ha<sup>-1</sup>, 23.36 % and 66.74 respectively. An inverse trend was observed in the FDA variable; the increase in nanoparticle concentration caused a decrease.

**Key words.** *Avena sativa* L., biofortification, fiber, dry matter

### INTRODUCCION

En la Comarca Lagunera, la producción de leche y carne de ganado bovino es una de las principales actividades económicas del sector agropecuario (Reta-Sánchez et al., 2018). La falta de forraje durante el invierno es uno de los problemas más severos de los productores de leche y carne a nivel nacional e internacional (Sosa-Montes et al., 2020). La avena (*Avena sativa* L.) es un importante cultivo que produce grano a nivel mundial y también se utiliza como forraje para la alimentación de diferentes tipos de ganado. Su siembra representa 76% de superficie en México y el 69% como forraje (Ramírez-Ordóñez et al., 2013).

La biofortificación es el proceso por el cual se aumentan los micros y macro nutrientes en las partes comestibles de los cultivos, (Guillen-Molina et al 2007). Utilizando esta técnica se ha demostrado aumento en germinación, nutrientes, compuestos orgánicos, clorofila, fenoles, proteína, carotenos y actividad antioxidante. (Ortiz et al 2019). El uso y aplicación de nanopartículas en la agricultura ha sido exitosa, sobre todo en cultivos que se producen en climas secos, ya que estimulan su crecimiento, incrementan el rendimiento y la calidad comercial (Rivera-Gutierrez et al 2021). La hidroxiapatita  $\text{Co}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  es una forma de fosfato que tiene una gran cantidad de aplicaciones, es un compuesto cristalino integrado por tres moléculas de fosfato de calcio y de una molécula de hidróxido de calcio (Gómez-Ortega et al., 2004). Esta molécula rica en P y Ca se obtiene de manera natural de esqueletos de animales, mediante minerales o de manera sintética mediante diferentes síntesis químicas; esta última forma puede realizarse a partir de características físico-químicas y morfologías controladas, entre sus ventajas se encuentra la alta pureza y composición homogénea (Martínez-Valencia et al., 2008).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de nanopartículas de hidroxiapatita de calcio en el rendimiento, materia seca, fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) en la avena forrajera.

### MATERIALES Y METODOS

Este trabajo de investigación se realizó en un invernadero ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. La siembra se realizó en macetas con un sustrato elaborado a base de arena de río, peat moss y perlita en partes iguales, este sustrato se esterilizo en auto-clave para eliminar cualquier tipo de contaminación. El material vegetal utilizado fue avena variedad Chihuahua. Se estimo la cantidad de semilla por maceta a una densidad de siembra de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ . La fertilización se realizo por medio de solución Steiner. El diseño experimental fue completamente al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones, los tratamientos establecidos fueron  $T_1= 0 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $T_2= 100 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $T_3= 200 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $T_4=300 \text{ mg L}^{-1}$  de nanopartículas de hidroxiapatita de calcio respectivamente. Los tratamientos se aplicaron con un atomizador en una dilución de 250 ml de agua destilada, cada 20 días, se realizaron 4 aplicaciones, al terminarlas se procedió a cosechar el cultivo. El rendimiento en verde de la avena fue determinado pesando el contenido total del material vegetal de cada maceta, este resultado se extrapolo a una hectárea. La determinación del porcentaje de materia seca (%MS) se realizó mediante análisis proximal, esta es una técnica utilizada para determinar la composición de los alimentos. La FDN y FDA se determinaron mediante la metodología de Van Soest y por duplicado.



## RESULTADOS Y DISCUSION

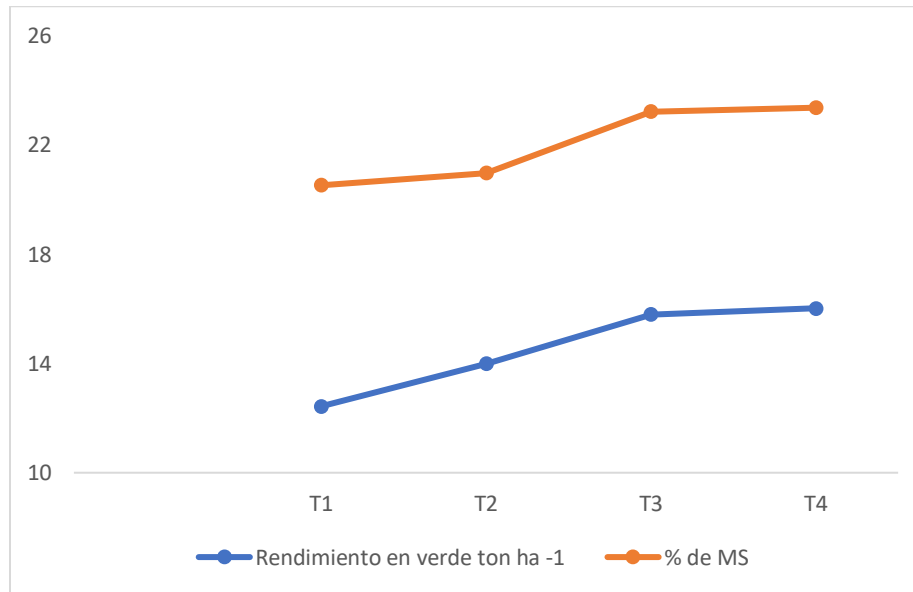
Al obtener los resultados de las variables analizadas en los tratamientos aplicados al cultivo de avena, se puede definir que la aplicación de nanopartículas de hidroxiapatita de calcio influye de manera directa en algunas características del cultivo. Los resultados se presentan el Cuadro 1.

**Cuadro 1:** Promedios encontrados en diferentes variables analizadas en el cultivo de avena.

Tratamientos	Variables			
	Rendimiento en verde ton ha <sup>-1</sup>	% de MS	FDN	FDA
T1	12.43	20.52	60.96	29.87
T2	13.99	20.97	63.47	28.3
T3	15.79	23.22	64.5	24.69
T4	16.02	23.36	66.74	18.88

### Rendimiento y % de MS

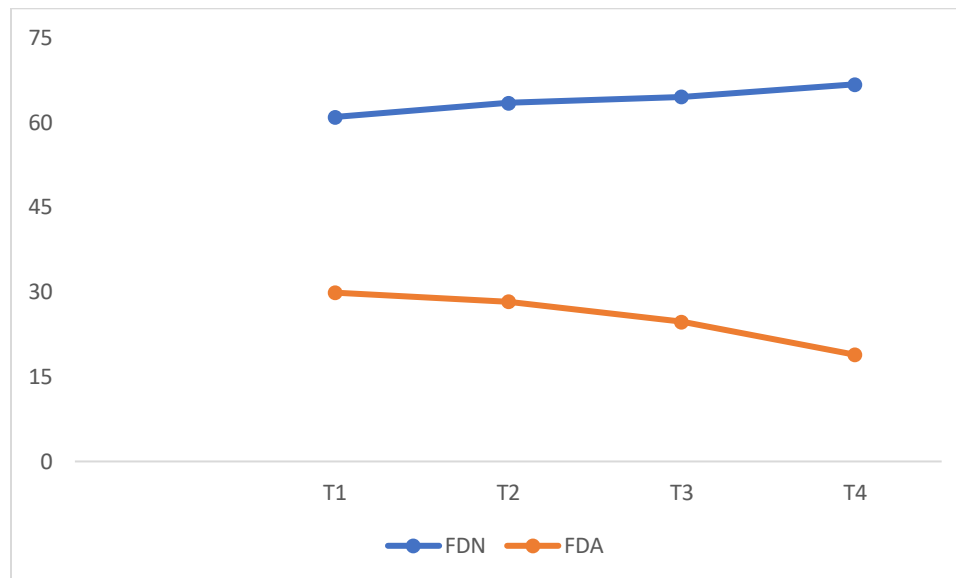
En la Figura 1 podemos observar el comportamiento mostrado en el rendimiento en verde y MS en el cultivo de avena. Podemos apreciar en las dos variables una tendencia ascendente, la cual se relaciona de manera directa con el aumento en la concentración de las nanopartículas de hidroxiapatita de calcio, el mejor rendimiento y MS se obtuvo en el T4, este tratamiento supero al testigo en un 28.88 y 13.84 % respectivamente.



**Figura 1:** Rendimiento en verde (ton ha<sup>-1</sup>) y % de materia seca por tratamiento.

## FDN y FDA

En la Figura 1 podemos observar el comportamiento mostrado en FDN y FDA para el cultivo de avena. Podemos apreciar que en la FDN se presenta una tendencia ascendente que se relaciona de manera directa con el aumento de la concentración de las nanopartículas, el T4 supero al tratamiento testigo en un 9.48 %. En la FDA se observa una tendencia inversa, en esta variable el testigo resulto superior a los tratamientos que contienen nanopartículas.



**Figura 2:** Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Acida (FDA)

## CONCLUSIONES

La aplicación de nanopartículas de hidroxapatita de calcio impacto de manera directa todas las variables evaluadas. A medida que la concentración de nanopartículas se incrementó se observó un aumento en rendimiento en verde, % de MS y FDN; en la FDA se presentó una tendencia inversa.

## REFERENCIAS

- Gómez-Ortega, J. L., Elizondo Villarreal, N., & Guerrero Villa, H. M. (2004). Visualización cristalográfica de la hidroxapatita. *Ingenierías*, 46-50.
- Guillen-Molina, M., Márquez-Quiroz, C., de la Cruz-Lázaro, E., Velazquez-Martinez, J. R., Soto Parra, J. M., García Carrillo, M., & Orozco Vidal, J. A. (2007). Biofortificación de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) con hierro y zinc. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícola*(17), 3427-3438.
- Martínez-Valencia, A., & Esparza-Ponce, H. (2008). Caracterización estructural y morfológica de hidroxapatita nanoestructurada: estudio comparativo de diferentes métodos de síntesis. *Superficies y Vacío*, 21(4), 18-21.
- Ortiz López, J. A., Fortis Hernández, M., Ortega Ortiz, H., Preciado Rangel, P., & Zermeño González, H. (2019). IV Congreso Internacional y XV Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas. Aplicación de nanopartículas de cobre y su efecto en el rendimiento de melón hidropónico, 212-214.

- Ramírez-Ordoñez, S., Domínguez-Díaz, D., Salmerón-Zamora, J., Villalobos-Villalobos, G., & Ortega-Gutiérrez, J. (2013). Producción y calidad del forraje de variedades de avena en función del sistema de siembra y de la etapa de madurez al corte. *Revista fitotecnia mexicana*.
- Reta-Sánchez, D. G., Sánchez-Duarte, J. I., Ochoa-Martínez, E., Reyes-González, A., Cueto-Wong, J. A., Rodríguez-Hernández, K., & Gaytán-Mascorro, A. (2018). Rendimiento y composición química de canola y avena para forraje en cuatro fechas de siembra tempranas en la comarca lagunera. *Hacia el Uso Sustentable de los Recursos Naturales de Zonas Áridas. México*.
- Rivera-Gutiérrez, R. G., Preciado-Rangel, P., Fortis-Hernández, M., Yescas-Coronado, P., & Orozco-Vidal, J. A. (2021). Nanopartículas de óxido de zinc y su efecto en el rendimiento y calidad de melón. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(5), 791-803.
- Sosa-Montes, E., Alejos-de la Fuente, J., González-Cerón, F., Enríquez-Quiroz, J. F., & Torres-Cardona, M. G. (2020). Composición química y digestibilidad de cuatro leguminosas tropicales mexicanas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* (24), 211-220.

## CARACTERIZACIÓN Y DIVERSIDAD GENÉTICA DE CULTIVARES DE MANDARINA, TORONJA Y LIMÓN

### CHARACTERIZATION AND GENETIC DIVERSITY OF MANDARIN, GRAPEFRUIT AND LEMON CULTIVARS

Almeyda L. I. H.<sup>1\*</sup>, Álvarez O. M. G.<sup>2</sup>, Pecina Q. V.<sup>3</sup>, Rodríguez G. R.<sup>1</sup>, Nuñez C. C. A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>INIFAP-CIRNE-Campo Experimental General Terán, Km. 31 Carretera Montemorelos-China, General Terán, N.L., C.P. 67400. <sup>2</sup>INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Río Bravo, km 61 Carretera Matamoros-Reynosa, Cd. Río Bravo, Tams., C.P. 88900. <sup>3</sup>Campo Experimental Bajío, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km 6.5 Carr. Celaya-San Miguel de Allende, C.P. 38010, Celaya, Guanajuato, México. <sup>4</sup>Programa de Ingeniero en Biotecnología, Departamento de Ingeniería, División de Ciencias de la Salud e Ingenierías, Campus Celaya-Salvatierra, Universidad de Guanajuato  
\*halmeyda30@hotmail.com

#### RESUMEN

En México, la citricultura representa un segmento económico muy importante en la agricultura, ya que genera una derrama económica superior a los 375 millones de dólares y en los últimos años la superficie cultivada con cítricos en el país se ha incrementado en 8.8 % al registrarse 620,000 ha en 2021 con respecto a las 569,914 ha registradas en 2010. Como todos los cultivos, los cítricos no están exentos de diversos problemas, donde destacan los parasitológicos, así como una baja oferta de variedades a los productores que les permitan ser más competitivos y favorecer mayor sostenibilidad a la actividad cítrica en el país. Una alternativa, es la generación de nuevos materiales con características de importancia agronómica o industrial, para lo cual se puede utilizar el germoplasma resguardado en los bancos de germoplasma. El objetivo de este estudio fue caracterizar y conocer la diversidad genética que existe entre los materiales de mandarina, toronja y limón resguardados en el banco de germoplasma del Campo Experimental General Terán perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. En total, se evaluaron 35 variedades de cítricos; 20 de mandarina, ocho de toronja y siete de limón. La caracterización genética se realizó mediante la técnica de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs) utilizando cinco marcadores. El nivel de polimorfismo registrado fue alto y la diversidad genética detectada, permite inferir la existencia de una amplia base genética en el germoplasma de mandarina, toronja y limón incluidos en el presente estudio, misma que puede ser utilizada en programas de mejoramiento genético para la generación de nuevas variedades con características de interés agronómico y agroindustrial.

**Palabras clave:** Cítricos, [marcadores](#), [polimorfismo](#), [diversidad](#).

#### ABSTRACT

In Mexico, citrus farming represents a very important economic segment in agriculture, since it generates an economic benefit of more than 375 million dollars and in recent years, the area cultivated with citrus in the country has increased by 8.8 %, registering 620,000 ha in 2021 compared to the 569,914 ha registered in 2010. Like all crops, citrus is not exempt from various problems, where parasitological problems stand out, as well as a low supply of varieties to producers that allow them to be more competitive and promote greater

sustainability of citrus activity in the country. An alternative is the generation of new materials with characteristics of agronomic or industrial importance, for which the germplasm stored in germplasm banks, can be used. The objective of this study was to characterize and understand the genetic diversity that exists among the mandarin, grapefruit and lemon materials stored in the germplasm bank of the General Teran Experimental Station belonging to the National Institute of Forestry, Agricultural and Livestock Research (INIFAP-Mexico). In total, 35 citrus varieties were evaluated; 20 of mandarin, eight of grapefruit and seven of lemon. Genetic characterization was carried out using the Random Amplified Microsatellite (RAMs) technique and five markers were used. The level of polymorphism recorded was high and the genetic diversity detected allows us to infer the existence of a broad genetic base in the germplasm of mandarin, grapefruit and lemon included in the present study, which can be used in genetic improvement programs for the generation of new varieties with characteristics of agronomic and agroindustrial interest.

**Keywords:** Citrus, markers, polymorphism, diversity.

## INTRODUCCION

Los cítricos forman parte de la familia Rutaceae, una de las 21 familias que forman el orden Geraniales y son uno de los cultivos frutales más populares, con una producción mundial de más de 157 millones de toneladas de fruta al año. Se conoce que alrededor del 75% de la producción total de cítricos, se utiliza principalmente en fresco y el 25% restante se utiliza para el desarrollo de productos comerciales. Una amplia variedad de especies (aproximadamente 1300) se integran bajo el género *Citrus*, entre ellas, *C. limon* (limón), *C. sinensis* (naranja), *C. reticulata* (mandarina), especies que son las más consumidas en todo el mundo (Vikas, 2022). A pesar de que se cultivan en más de 130 países, cerca del 70 % de la producción se concentra solo en cinco (China, Brasil, Estados Unidos, India y México), lo que pone en evidencia claros contrastes en la escala productiva (Maya, 2017; Gómez *et al.*, 2020). En México, la citricultura representa un segmento económico muy importante en la agricultura mexicana, ya que genera una derrama económica superior a los 375 millones de dólares (González *et al.*, 2020). En los últimos años, la superficie cultivada con cítricos en el país se ha incrementado en 8.8 % al registrarse 620,000 ha en 2021 con respecto a las 569,914 ha existentes en 2010. La mandarina se siembra en 19 estados, con una producción anual de 300 mil 065 toneladas, teniendo como principales estados productores a: Veracruz con más de 149 mil toneladas, Puebla con más de 55 mil toneladas y Nuevo León con más de 52 mil toneladas El valor anual de la producción de mandarina se estima en más de 813 millones de pesos (SADER, 2022). La toronja se siembra en 22 mil hectáreas y su producción depende principalmente del estado de Veracruz ya que de las 488 mil 380 toneladas que se producen a nivel nacional con un valor 1,898 millones de pesos, la entidad aporta 284 mil 380 toneladas, más del cincuenta por ciento; por su parte Michoacán se coloca en el segundo sitio con 74 mil 482 toneladas y Tamaulipas aporta 39 mil 565 toneladas (SADER, 2022). El limón se siembra en más de 10 estados del país, abarcando una superficie de 219 mil hectáreas, con una producción anual de 3 millones 101 mil toneladas y un valor de 28,141 millones de pesos, destacando los estados de Veracruz, Michoacán, Colima, Oaxaca y Tamaulipas (SADER 2022). Los materiales albergados en los bancos de germoplasma, requieren ser caracterizados, documentar la introducción y su existencia como parte de la colección, esta información es fundamental para evitar duplicidad y confusión en el acervo, así como para identificar introducciones promisorias para procesos de selección, mejoramiento genético o procesos agroindustriales (Ganopoulos *et al.*, 2015). Los marcadores basados en ADN han ganado popularidad

recientemente en estudios genéticos entre especies y cultivares. Particularmente en cítricos, se han implementado marcadores moleculares a gran escala para la caracterización genómica, mapeo genético, estudios de germoplasma y evaluación de la variabilidad genética entre especies y dentro de una misma especie (Higashi *et al.*, 2000). Las repeticiones de secuencias simples o microsatélites (SSR), se consideran marcadores ideales para la discriminación de genotipos; éstos en su modalidad de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs) son útiles para medir la diversidad genética en plantas y animales, con poder discriminatorio entre familias y especies e igualmente de manera intraespecífica (Muñoz *et al.*, 2008; Morillo *et al.* 2010). El objetivo del presente estudio, fue caracterizar y conocer la diversidad genética de las accesiones de mandarina, toronja y limón del banco de germoplasma del Campo Experimental General Terán perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP-México), utilizando la técnica de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs).

## MATERIALES Y METODOS

Se colectaron hojas jóvenes y sanas de 20 accesiones (dos árboles por accesión) de mandarina (*Citrus reticulata* L.), ocho accesiones de toronja (*Citrus paradisi* L.) y siete accesiones de limón utilizados como patrones (*Citrus limon* L.) del banco de germoplasma del Campo Experimental General Terán (INIFAP-México) (Cuadro 1), ubicado en el Km 31 Carretera Montemorelos-China, General Terán, Nuevo León, México, localizado en las coordenadas 25° 02' y 25° 30' de latitud norte; los meridianos 99° 00' y 99° 48' de longitud oeste, a una altitud de 267 msnm.

Cuadro 1. Accesiones de variedades de mandarina, limón y toronjo del banco de germoplasma del Campo Experimental General Terán, N.L (INIFAP-México).

No. de accesión	Variedad	Nombre científico
1	Lee	<i>Citrus reticulata</i> L.
2	Frua	<i>Citrus reticulata</i> L.
3	Algerian	<i>Citrus reticulata</i> L.
4	Dweet	<i>Citrus reticulata</i> L.
5	Ortanique	<i>Citrus reticulata</i> L.
6	Ponkan	<i>Citrus reticulata</i> L.
7	Murcott	<i>Citrus reticulata</i> L.
8	Clementina O.L.	<i>Citrus reticulata</i> L.
9	Minneola	<i>Citrus reticulata</i> L.
10	Fairchild	<i>Citrus reticulata</i> L.
11	Orlando	<i>Citrus reticulata</i> L.
12	Dancy	<i>Citrus reticulata</i> L.
13	Osceola	<i>Citrus reticulata</i> L.
14	Temple	<i>Citrus reticulata</i> L.
15	Wilking	<i>Citrus reticulata</i> L.
16	Sunburst	<i>Citrus reticulata</i> L.
23	Encore	<i>Citrus reticulata</i> L.
24	Clementina Monrreal	<i>Citrus reticulata</i> L.
25	Nova	<i>Citrus reticulata</i> L.
26	Clemenules	<i>Citrus reticulata</i> L.
17	Duncan	<i>Citrus paradisi</i> L.
18	Marsh Kelly	<i>Citrus paradisi</i> L.
19	Redblush	<i>Citrus paradisi</i> L.
20	Shambar	<i>Citrus paradisi</i> L.
21	Henderson Ruby	<i>Citrus paradisi</i> L.
22	Redblush Nuc.	<i>Citrus paradisi</i> L.

32	Chinesse Shaddock	<i>Citrus paradisi</i> L.
35	Río red	<i>Citrus paradisi</i> L.
27	Limón sin espinas	<i>Citrus limon</i> L.
28	Eureka Ross	<i>Citrus limon</i> L.
29	Nicaragua Sweet Lime	<i>Citrus limon</i> L.
30	Eureka Frost	<i>Citrus limon</i> L.
31	Eureka	<i>Citrus limon</i> L.
33	Villafranca	<i>Citrus limon</i> L.
34	Limón sin espinas 1	<i>Citrus limon</i> L.

La extracción del ADN de los materiales colectados se realizó a partir de la metodología reportada por Almeyda *et al.* (2001). Para la amplificación se utilizaron cinco marcadores RAMs (Cuadro 2). Las reacciones de PCR se realizaron en un volumen final de 25 µl conteniendo: Buffer de PCR (1X), MgCl<sub>2</sub> (4.0 mM), dNTP's (0.2 mM), Iniciador (0.4 µM), Taq™ DNA-polimerasa (1 U) y ADN (50 ng). Las amplificaciones se llevaron a cabo en un termociclador (BioRad Thermal Cycler) y el programa utilizado fue: Un ciclo a 95 °C por 5 minutos, seguido de 37 ciclos de 95 °C por 30 segundos, 50-58 °C (de acuerdo al iniciador utilizado) por 30 segundos, 72 °C por 2 minutos y una extensión final a 72 °C por 10 minutos. Los fragmentos amplificados en las PCR's se fraccionaron en geles de acrilamida al 6 % durante cuatro horas a 110 V. Los geles fueron teñidos con bromuro de etidio y analizados en un transiluminador de luz ultravioleta.

Cuadro 2. Marcadores utilizados en la técnica de Microsatélites Amplificados al Azar.

Marcador	Secuencia (5'-3')	Temperatura de alineamiento
CA	DBDACACACACACACA	50 °C
CCA	DDBCCACCACCACCA	55 °C
CT	DYDCTCTCTCTCTCTC	55 °C
TG	HVHTGTGTGTGTGTGTGT	55 °C
GT	VHVGTTGTGTGTGTA	58 °C

A partir del perfil electroforético se obtuvieron matrices binarias de presencia/ausencia de fragmentos, a esta matriz se le calculó el índice de similitud de Nei y Li (1979) y con este se construyó un dendrograma utilizando el método de aglomeración UPGMA y el método Bootstrap con 1000 remuestreos de acuerdo con recomendaciones de Núñez-Colín y Escobedo-López (2014), utilizando FreeTree (Hampl *et al.*, 2001). A los marcadores se les calcularon los parámetros número de fragmentos, fragmentos únicos, así como los índices del Contenido de Información Polimórfica (PIC). El valor de PIC para cada marcador se calculó con la fórmula  $PIC = 2fi(1-fi)$ , propuesta por Roldán-Ruiz *et al.* (2000). Dónde: PIC es el contenido de información polimórfica del marcador *i*, *fi* la frecuencia de los fragmentos del marcador que estaban presentes y  $1-fi$  la frecuencia de los fragmentos del marcador que estaban ausentes. El PIC fue un promedio de los fragmentos para cada marcador. Para cada fragmento se calculó el índice de Shannon (Shannon, 1948) y se promediaron los valores de cada fragmento para cada iniciador para calcular el valor promedio por iniciador.

El índice de Shannon se calculó mediante la fórmula:

$$SI = -1 * [p * \log_2(p) + (1 - p) * \log_2(1 - p)]$$

Donde *p* es la proporción de presencia del fragmento en los cultivares.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Se generaron 140 fragmentos, 42 correspondieron al marcador CA, 37 al marcador CT, 25 al marcador CCA, 22 al marcador TG y 14 al marcador GT (Cuadro 3). En el análisis de frecuencia y distribución de los fragmentos polimórficos se observó que 12 fragmentos fueron específicos o únicos para una accesión en particular (Cuadro 3). Los genotipos Lee y Wilking presentaron 3 fragmentos únicos, el primero de ellos presentó dos fragmentos con el iniciador CA y uno con el CCA, mientras que el genotipo Wilking dos con el iniciador GT y uno con el iniciador CT. También se observaron tres genotipos con dos fragmentos únicos, la mandarina Clementina Monreal con el iniciador CT, en tanto la toronja Chinesse Shaddock uno con el iniciador CA y el otro con el iniciador CCA, la toronja Rio Red presentó los dos fragmentos únicos con el iniciador CA.

Cuadro 3. Análisis de comparación de iniciadores con base en el número de fragmentos amplificados y fragmentos únicos.

Marcador	Número de fragmentos	Fragmentos únicos
CA	42	5
CT	37	3
CCA	25	2
TG	22	0
GT	14	2

El valor de PIC varió entre 0.200 (GT) y 0.332 (CA) con un promedio de 0.285. La proporción múltiple efectiva (EMR) presentó valores de 4.46 (GT) a 12.2 (CCA) con promedio de 9.2. El índice de marcador (MI) presentó valores de 0.89 (GT) a 3.96 (CCA) con un promedio por combinación de 2.75. Mientras que el índice de diversidad (DI) varió de 49 a 72% con promedio de 64% (Cuadro 4). De esta manera, con los valores obtenidos, se considera a los marcadores CA y CCA como los más resolutivos y al marcador GT como el menos resolutivo.

Cuadro 4. Atributos de los iniciadores microsatélites utilizados en el estudio de diversidad genética.

Marcador	PIC <sup>a</sup>	EMR <sup>b</sup>	MI <sup>c</sup>	DI <sup>d</sup>
CA	0.332	10.14	3.37	0.72
CCA	0.325	12.20	3.96	0.71
CT	0.274	7.78	2.13	0.62
TG	0.296	11.45	3.39	0.66
GT	0.200	4.46	0.89	0.49
<b>Media</b>	0.285	9.20	2.75	0.64

<sup>a</sup>Contenido de información polimórfica; <sup>b</sup>Proporción múltiple efectiva; <sup>c</sup>Índice de marcador; <sup>d</sup>Índice de diversidad de Shannon.



A partir de la matriz de similitud (Dice) se obtuvo la formación de tres grupos principales de genotipos, lo cual sugiere la existencia de una amplia base genética en el germoplasma analizado. El Grupo 1 lo componen 18 genotipos, aunque se observan pequeños subgrupos con base a su origen genético, un subgrupo lo forman las mandarinas Dancy, Fairchild, Orlando, Ponkan, Ortanique, Clementina O.L., Murcott, Algerian, Dweet, Osceola, Temple, Minneola, Frua y Lee y se entremezclan dos genotipos de toronja Duncan y Marsh Kelly seguido por dos de mandarina Sunburst y Wilking. El Grupo 2 lo componen cuatro genotipos de mandarina Clementina Monrreal, Nova, Encore y Clemenules, y seis de toronja Chinesse Shaddock, Henderson Ruby, Sambar, Redblush Nuc, Red Blush y Rio Red. El Grupo 3 está constituido solo por limones, Eureka, Eureka Frost, Eureka Ross, Limón sin espinas, Limón sin espinas 1, Villafranca y Nicaragua Sweet Lime, siendo esta última variedad es la más divergente entre las variedades de limón. Los cinco marcadores evaluados generaron un alto porcentaje de polimorfismo y se pudieron diferenciar casi todos los materiales involucrados en el estudio, menos las variedades de limón Eureka y Eureka Frost, así como el Limón sin espinas 1 y Villafranca, que presentaron un 100% de homología entre ellos con los marcadores utilizados, lo que determina su alto nivel de parentesco, esta característica puede estar dada por la forma en que fueron originadas (mutación, poliembrionía, propagación vegetativa, origen somático o nuclear), como lo sugieren Morillo *et al.* (2010). La variabilidad genética determinada entre el germoplasma evaluado en este estudio, permite inferir la existencia de modificación en su estructura genética que puede ser aprovechada en programas de mejoramiento genético para la generación de nuevas variedades con características de interés fitosanitario, agronómico e industrial. La modificación en la estructura genética puede estar asociada a mutación que ocasiona cambios o modificaciones en la secuencia genómica de los organismos vivos, en donde dichos cambios ocurren por errores en la división celular o exposición a ciertas condiciones del medio ambiente. Las mutaciones son comunes en el género *Citrus*, por esta razón, la mayoría de los genotipos comerciales que se conocen en la actualidad de *C. sinensis*, *C. paradisi* y *C. limon*, no constituyen especies biológicamente definidas debido a que la mayoría de los cultivares de estas especies se originaron a partir de mutaciones somáticas (Gómez *et al.*, 2020), las cuales se propagaron asexualmente en virtud de que los cítricos presentan apomixis (**mecanismo reproductivo que permite a la planta clonarse**), una característica excepcional en el reino vegetal, cuyo origen fue una mutación de hace 1,6 millones de años, y que pasó de especie a especie (Wu *et al.*, 2018).

## CONCLUSIONES

Los altos valores registrados en el nivel de polimorfismo y la diversidad genética, permite inferir la existencia de una amplia base genética en el germoplasma de mandarina, toronja y limón incluidos en el presente estudio. Los marcadores utilizados en la técnica de RAMs se consideran eficientes para conocer la diversidad genética en cítricos, ya que presentan una amplia capacidad resolutoria y permitieron diferenciar a prácticamente todas las variedades evaluadas, además de que se registraron fragmentos únicos que pueden ser útiles en la detección de alguna característica o genotipo en particular.

## REFERENCIAS

- Almeyda, L.I.H., Rocha, P.M.A., Piña, R.J. and Martínez, S.J.P. 2001. The use of polymerase chain reaction and molecular hybridization in different plant species in México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19(1): 1-9.
- Ganopoulos, I., Xanthopoulou, A., Mastrogianni, A., Drouzas, A., Kalivas, A., Bletsos, F., Krommydas, K., Ralli, P., Tsaftaris, A. and Madesis, P. 2015. High Resolution Melting (HRM) analysis in eggplant (*Solanum melongena* L.): A tool for microsatellite genotyping and molecular characterization of a Greek Genebank collection. *Biochemical Systematics and Ecology* 58: 64-71. [doi.org/10.1016/j.bse.2014.11.003](https://doi.org/10.1016/j.bse.2014.11.003)
- Gómez, R.L., Sendín, L.S., Ledesma, V.A., Romero L.A. and Filippone, M.P. 2020. Mejoramiento genético de los cítricos: millones de años de evolución. *Rev. Agron. Noroeste Argentina* 40(2): 71-90. <https://ranar.faz.unt.edu.ar/index.php/ranar/article/view/74>.
- González, Á, Guillén, D, Alía, I, López, V, Juárez, P, and Bárcenas, D. 2020. Comportamiento de variedades de naranja injertadas en diferentes portainjertos en Xalostoc, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11(5): 1123-1134. [doi.org/10.29312/remexca.v11i5.2316](https://doi.org/10.29312/remexca.v11i5.2316).
- Hapl, V., Pavlíček, A. and Flegr, J. 2001. Construction and bootstrap analysis of DNA fingerprinting-based phylogenetic trees with the freeware program FreeTree: application to trichomonad parasites. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 51: 731-735.
- Higashi, h., Hironaga, T., Sennenbara, T., Kunitake, H. and Komatsu, H. 2000. Phylogenetic classification of *Fortunella* species using RAPD method. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 69:288.
- Maya, C.J. 2017. "Cítricos mexicanos en el mercado japonés: experiencias y oportunidades para Sinaloa". *México y la cuenca del pacífico*. Vol. 6, no. 16, enero-abril, pp. 107-142.
- Morillo, C.Y., Morillo, C.A.C., Chagüeza, Y., Caicedo, A. and Muñoz, J.E. 2010. Caracterización mediante microsatélites de 34 introducciones de naranja *Citrus sinensis* L. Osbeck del Banco de Germoplasma de Corpoica-Palmira. *Acta Agronómica* 59(1): 9-19. [www.redalyc.org/articulo.oa?id=169916223002](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169916223002).
- Muñoz, J.E., Morillo, A.C. and Morillo, Y. 2008. Microsatélites amplificados al azar (RAM) en estudios de diversidad genética vegetal. *Acta Agronómica* 57(4): 219-226.
- Nei, M. and Li, W.H. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. *Proceedings of the National Academy of Science (USA)* 76: 5269-5273. [doi: 10.1073/pnas.76.10.5269](https://doi.org/10.1073/pnas.76.10.5269)
- Núñez-Colín, C.A. and Escobedo-López, D. 2014. Caracterización de germoplasma vegetal: La piedra angular en el estudio de los recursos fitogenéticos. *Acta Agrícola y Pecuaria* 1(1): 1-6.
- Roldán-Ruiz, I., Dendaum, J., Van Bockstaele, E., Depicker, A., and De Loose, M. 2000. AFLP markers reveal high polymorphic rates in ryegrasses (*Lolium ssp.*). *Molecular Breeding* 6: 125-134. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1009680614564>.
- SADER. 2022. Mandarina, fruto que alegra la vida. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/mandarina>.
- Shannon, C.E. 1948. A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal* 27: 379-423, 623-656. [doi: 10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x](https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x)
- Vikas, K., Ramandeep, K., Poonam, A. and Gurvinder, S. 2022. Underutilized citrus species: An insight of their nutraceutical potential and importance for the development of functional food. *Scientia Horticulturae*. Volume 296.
- Wu, G.A., Terol, J., Ibanez, V., López, G.A., Pérez, R.E., Borredá, C., Domingo, C., Tadeo, F.R., Carbonell, C.J., Alonso, R., Curk, F., Du, D., Ollitrault, P., Mikeal, L., Roose, M.L., Dopazo, J., Gmitter, Jr.F.G., Rokhsar, D.S. and Talon, M. 2018. Genomics of the origin and evolution of Citrus. *Nature* 554: 311-316. [doi:10.1038/nature25447](https://doi.org/10.1038/nature25447).

## SELECCIÓN DE GERMOPLASMA DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) CON CARACTERÍSTICAS DE TOLERANCIA AL SÍNDROME PUNTA MORADA DE LA PAPA

Isidro Humberto Almeyda León<sup>1\*</sup>, Margarita Díaz Valasis<sup>2</sup>, María Genoveva Álvarez Ojeda<sup>3</sup>

<sup>1</sup>INIFAP-CIRNE-Campo Experimental General Terán, Km. 31 Carretera Montemorelos-China, General Terán, N.L., C.P. 67400. <sup>2</sup>INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Valle de México, Km. 13.5 Carretera Los Reyes-Textcoco, Textcoco, Edo. de México, C.P. 56250. <sup>3</sup>INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Río Bravo, km 61 Carretera Matamoros-Reynosa, Cd. Río Bravo, Tams., C.P. 88900. \*halmeyda30@hotmail.com

### RESUMEN

Actualmente el manejo y control del síndrome de la Punta Morada de la Papa se realiza mediante el control químico del vector con aplicaciones masivas de pesticidas con un gran efecto adverso al ambiente y a la salud humana. Por lo tanto, es indispensable generar alternativas que permitan obtener una producción rentable y sustentable para el productor, como es el uso de variedades con características de tolerancia o resistencia a la enfermedad. El objetivo de este estudio fue seleccionar germoplasma con características de tolerancia al síndrome Punta Morada de la Papa, ocasionado principalmente por la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum*. Se evaluaron 10 genotipos de papa (ocho clones y las variedades comerciales Gigant y Mondial). Las variables evaluadas para la selección del germoplasma con características de tolerancia al síndrome Punta Morada de la Papa fue el porcentaje de pardeamiento y brotación de los tubérculos. Los valores de daño registrados con base en el pardeamiento del tubérculo fluctuaron de leve (L) a muy fuerte (F+), sobre todo cuando no se realizó la aplicación de insecticidas. Así mismo el porcentaje de brotación de los tubérculos fue variable entre los diferentes materiales evaluados destacando los clones 1-6-1, 1-13-1, 4-5-6, 4 y la variedad comercial Gigant. La bacteria se detectó en todos los materiales a partir del ADN extraído de la pulpa de los tubérculos. Sin embargo, este patógeno no se detectó cuando se utilizó el ADN extraído de brotes provenientes de los mismos tubérculos que resultaron positivos. Con estos resultados, los clones que presentaron el menor daño de pardeamiento del tubérculo y mayor porcentaje de brotación, se constituyen como una alternativa para la selección de materiales con tolerancia al síndrome Punta Morada de la Papa.

**Palabras clave:** Papa, syndrome ZC - PMP, tubérculo, pardeamiento

### ABSTRACT

Currently, the management and control of Potato Purple Top syndrome is carried out through chemical control of the vector with massive applications of pesticides with a great adverse effect on the environment and human health. Therefore, it is essential to generate alternatives that allow profitable and sustainable production for the producer, such as the use of varieties with characteristics of tolerance or resistance to the disease. The objective of this study was to select germplasm with characteristics of tolerance to Potato Purple Top syndrome, caused mainly by the bacterium *Candidatus Liberibacter solanacearum*. Ten potato genotypes were evaluated (eight clones and the commercial varieties Gigant and Mondial). The variables evaluated for the selection of germplasm with characteristics of tolerance to Potato Purple Top syndrome were the percentage of browning and sprouting of

the tubers. The damage values recorded based on tuber browning fluctuated from mild (L) to very strong (F+), especially when insecticides were not applied. Likewise, the percentage of tuber sprouting was variable between the different materials evaluated, highlighting clones 1-6-1, 1-13-1, 4-5-6, 4 and the commercial variety Gigant. The bacteria was detected in all materials from the DNA extracted from the pulp of the tubers. However, this pathogen was not detected when DNA extracted from sprouts from the same tubers that were positive was used. With these results, the clones that presented the least tuber browning damage and the highest percentage of sprouting are constituted as an alternative for the selection of materials with tolerance to Potato Purple Top syndrome.

**Key words:** Potato, syndrome ZC - PMP, tuber, browning

## INTRODUCCION

En México, la papa (*Solanum tuberosum* L.) se siembra en una superficie aproximada de 60,000 ha bajo condiciones de riego y temporal, con una producción anual de 1 784,000 t (SIAP, 2020). La producción es afectada por diversos problemas fitosanitarios, el más importante es el complejo Zebra Chip (ZC) - Punta Morada de la Papa (PMP), el cual está asociado a *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CaLso) y *Candidatus Phytoplasma* spp. (CaPhy) (Munyaneza, 2012). CaLso es una bacteria  $\alpha$ -proteobacteria gram-negativa, no cultivable in vitro, limitada al sistema vascular del floema, es un parásito obligado de plantas e insectos, y presenta transmisión horizontal y vertical (Munyaneza *et al.*, 2008; Secor *et al.*, 2009; Munyaneza, 2012; Bertolini *et al.*, 2015). Esta bacteria es un bacilo de entre 2 y 3  $\mu\text{m}$  de largo y 0.2 a 0.3  $\mu\text{m}$  de ancho. CaPhy tampoco se ha podido cultivar en laboratorio, carece de varias funciones biosintéticas, y en general tienen un diámetro medio de entre 200 y 800 nm (Marccone *et al.*, 1999; Davis *et al.*, 2005; Bai *et al.*, 2006; Oshima *et al.*, 2013). CaLso y CaPhy son transmitidos principalmente por el psílido *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Psyllidae) (Almeyda-León *et al.*, 2008; Butler y Trumble, 2012; Munyaneza, 2012; Ciubotaru *et al.* 2018), aunque también se encuentran implicadas en la transmisión de CaPhy algunas especies de chicharritas de los géneros *Empoasca* y *Aceratagallia* (Almeyda-León *et al.*, 2008). La bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* se encuentra distribuida en América Central, México, Estados Unidos y Nueva Zelanda (Munyaneza *et al.*, 2007, Munyaneza, 2012). En México las pérdidas ocasionadas por este patógeno, oscilan entre el 30 y 95%; en la mayoría de las regiones productoras de papa de Coahuila, Nuevo León y Guanajuato, se tiene hasta un 95% de incidencia de la bacteria, ya sea como una infección simple y/o asociada con CaPhy (Flores-Olivas, 2013; González *et al.*, 2014; Melgoza *et al.*, 2018). En México se ha reportado un incremento del 50% en el uso de insecticidas para el control del psílido *B. cockerelli* Sulc, realizando hasta 70 aplicaciones por ciclo, lo cual afecta características fisicoquímicas y bromatológicas del producto, las características edafológicas, el medio ambiente, la resistencia del insecto y la reducción considerable de enemigos naturales, lo cual ocasiona incremento de los costos de producción (Hernández *et al.*, 2018). Por lo tanto, es indispensable generar alternativas que permitan obtener una producción rentable y sustentable para el productor, como es el uso de variedades con características de tolerancia o resistencia a la enfermedad. Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue seleccionar germoplasma de papa con características de tolerancia al síndrome Punta Morada de la Papa.

## MATERIALES Y METODOS

Se colectaron en el Estado de México tubérculos de 9 clones de papa y las variedades comerciales, los cuales presentaban brotes normales, sin síntomas de infección por la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* (Figura 1). Estos materiales se cultivaron bajo condiciones de campo con aplicación y sin aplicación de insecticidas y se registró el grado de pardeamiento y porcentaje de brotación. La extracción de ADN genómico se realizó mediante el método del CTAB reportado por Almeyda *et al.* (2001), utilizando nervaduras de hojas de papa con y sin síntomas de infección por el síndrome PMP. La detección de la bacteria se realizó mediante la técnica de la Reacción en Cadena de la Polimerasa-Punto final y se utilizaron los iniciadores Lp16S-2F/Lp16S-2R, diseñados sobre la secuencia del gen que codifica para el ARN ribosomal 16S de la bacteria y que amplifican un fragmento de aproximadamente 872 pb (Hansen *et al.*, 2008). Las reacciones de PCR se realizaron en un volumen final de 25  $\mu$ L conteniendo: 5.0  $\mu$ L de Buffer PCR (1X) que incluye a los dNTP's y el  $\text{NaCl}_2$ , 2.0  $\mu$ L de cada indicador (25 pMoles), 100 ng de ADN y 0.3 Unidades de la DNA Taq Polimerasa y 13.7  $\mu$ L de  $\text{H}_2\text{O}$  estéril. El programa de amplificación fue: Un ciclo de desnaturalización inicial a 95 °C por 5 min, seguido de 35 ciclos a 95 °C por 1 min, 60 °C por 30 s y 72 °C por 1 min, y un ciclo de extensión final a 72 °C por 10 min. Los fragmentos amplificados fueron fraccionados en geles de agarosa al 1.5 %, se tiñeron con el colorante Gel-Red y se visualizaron en un transiluminador de luz ultravioleta.



Figura 1. Tubérculos de papa sin síntomas aparentes de infección por PMP.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El grado de pardeamiento registrado varió de leve (L) hasta muy fuerte (F+), en los clones y variedades evaluadas, los mayores valores de pardeamiento se observaron cuando no se realizó la aplicación de insecticidas. El clon 1-13-1 y la variedad Gigant registraron valores de pardeamiento del tubérculo de moderado (M) a moderado-fuerte (M-F) sin aplicación de insecticidas e incluso el porcentaje de brotación fue mayor bajo esta condición de manejo (Cuadro 1). Sin embargo, es importante destacar que la brotación de los tubérculos de todos los clones y de las dos variedades fue del tipo conocido como tallo de hilo, lo cual no es deseable si se quiere utilizar este material como semilla en un siguiente ciclo de cultivo. La bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* fue detectada a partir del ADN extraído de los tubérculos colectados en todos los materiales evaluados. Sin embargo, la bacteria no

se detectó cuando se utilizó el ADN extraído de los brotes provenientes de los mismos tubérculos que resultaron positivos (en el cuadro 2, se muestran los resultados obtenidos en 10 tubérculos y sus brotes).

Cuadro 1. Grado de pardeamiento y porcentaje de brotación de los tubérculos de 11 clones y dos variedades de papa con y sin aplicación de insecticidas.

Clon	Tratamiento		Grado de pardeamiento	Porcentaje de brotación	Tipo de brotación
	Con aplicación	Sin aplicación			
1-6-1	X		M, F	73.8	Brote fino
1-6-1		X	F	56.2	Brote fino
8-29	X		M-F	30.0	Brote fino
8-29		X	F	0.0	-----
1-13-1	X		L, M-F, F	51.5	Brote fino
1-13-1		X	M, M-F	71.4	Brote fino
3-7-8	X		M, M-F	71.8	Brote fino
3-7-8		X	F	27.5	Brote fino
4-5-6	X		M, M-F	72.7	Brote fino
4-5-6		X	F	42.8	Brote fino
01-8	X		M	40	Brote fino
01-8		X	F	6.8	Brote fino
4-6-7	X		M-F	44.1	Brote fino
4-6-7		X	M	10.0	Brote fino
4	X		F+	79.1	Brote fino
4		X	M-F	38.7	Brote fino
Gigant	X		M-F	92.3	Brote fino
Gigant		X	M	100.0	Brote fino
Mondial	X		F+	77.5	Brote fino
Mondial		X	F+	50.0	Brote fino

L= Leve M= Moderado M-F= Moderado a fuerte F= Fuerte F+= Muy fuerte

Cuadro 2. Resultados del análisis para la detección de *Ca. Liberibacter solanacearum* en tubérculos y sus brotes.

Muestra	Resultado	Muestra	Resultado
Tubérculo 1	+	Tubérculo 6	+
Brote 1	-	Brote 6	-
Tubérculo 2	+	Tubérculo 7	+
Brote 2	-	Brote 7	-
Tubérculo 3	+	Tubérculo 8	+
Brote 3	-	Brote 8	-
Tubérculo 4	+	Tubérculo 9	+
Brote 4	-	Brote 9	-
Tubérculo 5	+	Tubérculo 10	+
Brote 5	-	Brote 10	-

Con base en la detección de *CaLso* por PCR, se puede inferir que el grado de pardeamiento está relacionado con la concentración de la bacteria, ya que este patógeno fue detectado con mayor sensibilidad en los tubérculos procedentes de plantas sin aplicación de insecticidas, es decir donde la presión del inóculo fue mayor debido a la presencia del vector. Es importante señalar que la infección y aparición de síntomas del síndrome PMP, puede estar asociado al ciclo de cultivo, ya que los materiales de ciclo tardío están sujetos durante un mayor periodo de tiempo a la presencia del vector y a la presión de una mayor

cantidad de inóculo (Hernández *et al.*, 2018). Por otra parte, cuando no se observan síntomas de infección de la bacteria en los tubérculos y se tienen brotes sanos, eso no quiere decir que dicho material se deba utilizar como semilla ya que como señalan Pitman *et al.* (2011), la transmisión de CaLso de semilla tubérculo a planta es factible y se constituye como el inóculo inicial para un siguiente ciclo de cultivo, teniendo mayor impacto en la presencia y diseminación de la enfermedad que los propios vectores como lo mencionan Hernández *et al.* (2018).

## CONCLUSIONES

Todos los materiales de papa evaluados en este trabajo en mayor o menor grado presentan daño de pardeamiento del tubérculo, sobre todo cuando no se realiza el control químico del vector de la bacteria, el psílido *Paratrioza cockerelli*. Sin embargo, los materiales mexicanos como los clones 1-6-1, 1-13-1, 4-5-6, 4, se constituyen como una opción en la selección de materiales tolerantes al síndrome de PMP, ya que presentaron los valores más bajos del pardeamiento y mayor porcentaje de brotación de tubérculos.

## REFERENCIAS

- Almeyda, L. I.H., Rocha, P. M.A., Piña, R. J. and Martínez, S. J.P. 2001. The use of polymerase chain reaction and molecular hybridization for detection of *Phytoplasma* sp. in different plant species in México. 2001. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19: 1-9.
- Almeyda-León I.H., Sánchez-Salas, J.A. and Garzón-Tiznado, J.A. 2008. Vectores causantes de punta morada de la papa en Coahuila y Nuevo León, México. *Agricultura Técnica en México* 34: 141-150.
- Bai, X., Zhang, J., Ewing, A., Miller, S.A., Jancso, R.A. and Shevchenko, D.V. 2006. Living with genome instability: The adaptation of phytoplasmas to diverse environments of their insect and plant hosts. *Journal of Bacteriology* 188: 3682–3696.
- Bertolini, E., Teresani, G.R., Loiseau, M., Tanaka, FAO, Barbé, S. and Martínez, C. 2015. Transmission of ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’ in carrot seeds. *Plant Pathology* 64: 276-285.
- Butler, C.D. and Trumble, J.T. 2012. The potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae): life history, relationship to plant diseases, and management strategies. *Terrestrial Arthropod Reviews* 5: 87–111.
- Ciubotaru, R.M., Cortiñas, A.J., Oyedele, J., Parnell, S., Schrader, G. and Zancanaro, G. 2018. Work-plan and methodology for EFSA to develop plant pest survey guidelines for EU Member States. *EFSA Support Publ.* 15(3): 1399E.
- Davis, R.E., Jomantiene, R. and Zhao, Y. 2005. Lineagespecific decay of folate biosynthesis genes suggests ongoing host adaptation in phytoplasmas. *ADN Cell Biology* 24: 832–840.
- Flores-Olivas, A. 2013. Etiología, detección molecular y manejo integrado del síndrome de la punta morada de la papa en México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 31: 8-9.
- González, C.A., Villavicencio, G.E.E., Torres, T.M.A., Zamora, V.V.M. and Almeyda, L.I.H. 2014. Efecto de antioxidantes y señalizadores en plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) infectadas con *Candidatus Liberibacter solanacearum* bajo condiciones de invernadero. *Revista Colombiana de Biotecnología* 16: 114-121.
- Hansen, A.K., Trumble, J.T., Stouthamer, R., and Paine, T.D. 2008. New Huanglongbing (HLB) *Candidatus* species, “*C. Liberibacter psyllaurosus*”, found to infect tomato and

- potato is vectored by the psyllid *Bactericerca cockerelli* (Sulc). Applied and environmental microbiology 74(18): 5862–5865.
- Hernández, G.V., Salas, M.M.A., Frías T.G.A., Aguirre, U.L.A., Flores, O.A. and Almeyda, L.I.H. 2018. Importance of the Seed-tuber and the Overgrowth *Lycium berlandieri* (Dunal) for the Potato Purple Top/Zebra Chip Epidemic Rev. Bio-Cien. 5(nesp), e442. doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.05.nesp.e442>.
- Marcone, C., Neimark, H., Ragozzino, A., Lauer, U. and Seemüller, E. 1999. Chromosome sizes of phytoplasmas comparing major phylogenetic groups and subgroups. Phytopathology 89: 805–810.
- Melgoza, V.C.M., León, S.C.R., López, V.J.A., Hernández, E.L.A., Velarde, F.S. and Garzón, T.J.A. 2018. Presencia de *Candidatus Liberibacter solanacearum* en *Bactericerca cockerelli* Sulc asociada con enfermedades en tomate, chile y papa. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 9(3): 499-509.
- Munyaneza, J.E., Crosslin, J.M. and Upton, J.E. 2007. Association of *Bactericerca cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) with “Zebra Chip,” a New Potato Disease in Southwestern United States and Mexico. Journal Economic Entomology 100(3): 656-663.
- Munyaneza, J.E., Buchman, J.L., Upton, J.E., Goolsby, J.A., Crosslin, J.M., Bester, G., Miles, G.P. and Sengoda, V.G. 2008. Impact of Different Potato Psyllid Populations on Zebra Chip Disease Incidence, Severity, and Potato Yield. Subtropical Plant Science 60: 27-37.
- Munyaneza, J.E. 2012. Zebra Chip Disease of Potato: Biology, Epidemiology, and management. American Journal Potato Research 89: 329–350.
- Oshima, K., Maejima, K. and Namba, S. 2013. Genomic and evolutionary aspects of phytoplasmas. Frontiers in Microbiology 4: 230. doi: 103389/fmicb.2013.00230.
- Pitman, A.R., Drayton, G.M., Kraberger, S.J., Gent, R.A. and Scott, A. 2011. Tuber transmission of *Candidatus Liberibacter solanacearum* and its association with zebra chip on potatoe in New Zealand. European Journal of Plant Pathology 129: 389.
- Secor, G.A., Rivera, V.V., Abad, J.A., Lee, M., Clover, G. R.G., Liefting, L.W., Li, X. and De Boer, S.H. 2009. Association of ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’ with Zebra Chip Disease of Potato Established by Graft and Psyllid Transmission, Electron Microscopy, and PCR. Plant Disease (93)6: 574-586.
- SIAP. 2020. Panorama Agroalimentario. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Ciudad de México, México. 200 p. <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2020/11/Atlas-Agroalimentario-2020.pdf>.



## PREDICCIÓN DE EPÍTOPOS EN LA PROTEÍNA DE MEMBRANA EXTERNA DR-7 DE *Candidatus Liberibacter asiaticus*

Isidro Humberto Almeyda León<sup>1\*</sup>, Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera<sup>2</sup>, María Genoveva Álvarez Ojeda<sup>3</sup>

<sup>1</sup>INIFAP-CIRNE-Campo Experimental General Terán, Km. 31 Carretera Montemorelos-China, General Terán, N.L., C.P. 67400. <sup>2</sup>INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Xtacuaco, Km 4.5, Carretera Martínez de la Torre-Tlapacoyan, Martínez de la Torre, Ver., C.P. 93655. <sup>3</sup>INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Río Bravo, km 61 Carretera Matamoros-Reynosa, Cd. Río Bravo, Tams., C.P. 88900. \*halmeyda30@hotmail.com

### RESUMEN

Debido a la rápida diseminación de la enfermedad más devastadora de los cítricos a nivel mundial conocida como Huanglongbing (HLB), es necesario desarrollar tecnologías alternativas para su diagnóstico oportuno. En este trabajo se realizó la predicción de epítomos en la proteína DR-7, localizada en la membrana externa de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* que afecta al limón Mexicano, la cual fue caracterizada con capacidad antigénica. Mediante el uso de la base de datos IEDB Analysis Resource y utilizando los métodos Bepipred Predicción de Epítomos Lineales y Escala de antigenicidad de Kolaskar y Tongaonkar epítomos, se identificaron 24 epítomos en la proteína. Con la base de datos Inmune Epitope and Analysis Resource se seleccionaron siete de estos epítomos validados experimentalmente. Además, la proteína DR-7, presentó un 91% de antigenicidad en la Escala de Kolaskar y Tongaonkar, lo cual la constituye como un excelente candidato para el desarrollo de un método de diagnóstico temprano del HLB.

**Palabras clave:** HLB, membrana externa, proteína, epítomo

### ABSTRACT

Due to the rapid spread of the most devastating citrus disease worldwide known as Huanglongbing (HLB), it is necessary to develop alternative technologies for its timely diagnosis. In this work, the prediction of epitopes in the DR-7 protein, located in the outer membrane of the bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* that affects Mexican lemon, was carried out, which was characterized with antigenic capacity. Using the IEDB Analysis Resource database and using the Bepipred Linear Epitope Prediction and Kolaskar and Tongaonkar Epitope Antigenicity Scale methods, 24 epitopes were identified in the protein. Seven of these experimentally validated epitopes were selected using the Immune Epitope and Analysis Resource database. Furthermore, the DR-7 protein presented 91% antigenicity on the Kolaskar and Tongaonkar Scale, which constitutes it as an excellent candidate for the development of an early diagnosis method for HLB.

**Key words:** HLB, outer membrane, protein, epitope

## INTRODUCCION

El HLB es una enfermedad causada por la  $\alpha$ -protoproteobacteria Gram negativa “*Candidatus Liberibacter spp.*”, que se desplaza a través de los poros de los tubos cribosos (Mora, 2012), limitando el flujo de los productos fotosintéticos transportados por el floema (Lin *et al.*, 2008). Hasta el momento esta bacteria no ha sido posible cultivarla en medios artificiales, por lo cual durante muchos años se creyó que era un virus (Romero, 2005). Actualmente se conocen tres especies: *Candidatus Liberibacter africanus*, *Candidatus Liberibacter americanus* y *Candidatus Liberibacter asiaticus*. Esta última es la más distribuida a nivel mundial y es la que se encuentra presente en México y es transmitida principalmente por el insecto vector *Diaphorina citri* (Kuwayama) (Robles *et al.*, 2010). Los cítricos más susceptibles son la naranja dulce, la mandarina y sus híbridos (Halbert *et al.*, 2004). En México se reporta mayor severidad de síntomas fisiológicos e histológicos en limón mexicano (*Citrus aurantifolia*) y limón persa (*Citrus latifolia*) en comparación con la naranja dulce (*Citrus sinensis*) (Esquivel *et al.*, 2010; Flores-Sánchez *et al.*, 2011). Actualmente no existe una cura para el HLB, su manejo se realiza mediante el control de su vector y la detección de la bacteria *Candidatus Liberibacter spp.* mediante la técnica molecular de la Reacción en Cadena de la Polimerasa en Tiempo Real (QT-PCR) (Li *et al.*, 2007). En virtud de que es un método muy sensible la QT-PCR podría considerarse como una herramienta eficiente para la detección “temprana” de *Candidatus Liberibacter spp.* Sin embargo, resulta muy costosa e impráctica para condiciones en campo. Se conocen proteínas de patógenos como las bacterias que están implicadas en diversas funciones. Participan en el intercambio con el ambiente externo, y en algunos casos pueden estar implicadas en la patogenicidad (Bastianel, *et al.*, 2005), presentando epítomos, que son regiones inmunológicamente activas y son reconocidos por el correspondiente receptor presente en las células B o T (Abbas and Litchman, 2004). La identificación de epítomos es un paso en la obtención de un candidato para el desarrollo de un método inmunológico a partir del cual se pueda lograr la detección temprana y de bajo costo del agente causal del HLB. Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue la predicción de epítomos en la proteína DR-7 que tiene capacidad antigénica y que codifica para el gen *Omp* presente en la membrana externa de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* que afecta al limón Mexicano.

## MATERIALES Y METODOS

La extracción de ADN de *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas) se realizó mediante el método del CTAB optimizado por Rodríguez *et al.*, 2010, utilizando nervaduras de hojas de limón Mexicano infectadas con la enfermedad HLB. Se seleccionaron concentraciones entre 150 a 200 ng/ $\mu$ l, con calidad y pureza aceptable para llevar a cabo los análisis posteriores. La amplificación de un fragmento del gen *Omp* que codifica para la proteína DR-7 de CLas, se realizó mediante la técnica de PCR punto final y se utilizó el par de iniciadores F-BY8674 y R-BY8674 (Rodríguez, 2015) a una concentración de 0.8  $\mu$ M, que amplifican un fragmento aproximado de 1120 pb. Las condiciones de reacción y de amplificación fueron las descritas por Rodríguez, 2015. Los productos de PCR se fragmentaron en un gel de agarosa Low Melt al 1% teñido con SYBER Green (Invitrogen), sometidos a 95 Volts por 90 min, y posteriormente se visualizaron en un fotodocumentador Kodak. Para corroborar el tamaño molecular de los fragmentos amplificados se empleó el marcador de peso molecular HyperLadder™ 1 Kb (BIOLINE). Los productos de PCR purificados se clonaron en el plásmido pCR-XL-TOPO de 3.5 utilizando el estuche comercial TOPO® XL PCR Cloning siguiendo las condiciones del fabricante Invitrogen. La selección de colonias transformadas se realizó cultivando las células durante 24 h a 37°C en cajas

Petri con LBK (LB más kanamicina 50 µg/ml). La extracción de ADN plasmídico se realizó mediante el estuche comercial Wizard Minipreps Plus DNA Purification System siguiendo las condiciones del fabricante Promega. La presencia del inserto se comprobó mediante digestión enzimática con la endonucleasa EcoR1. La purificación y secuenciación ABI del ADN plasmídico que presentó el inserto se realizó utilizando el estuche comercial BigDye® Terminator v3.1 Cycle Sequencing, de Applied Biosystems® bajo las condiciones del fabricante. El análisis se realizó en línea mediante la base de datos del NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) en el apartado de BLAST. La traducción de las secuencias a aminoácidos se realizó mediante la base de datos Expasy (<http://web.expasy.org/translate>). La predicción de epítomos se realizó mediante la base de datos IEDB Analysis Resource ([http://tools.immuneepitope.org/tols/bcell/iedb\\_input](http://tools.immuneepitope.org/tols/bcell/iedb_input)), utilizando los métodos: Bepipred Predicción de Epítomos Lineales y Escala de antigenicidad de Kolaskar y Tongaonkar epítomos. Cada uno de los epítomos obtenidos se analizaron mediante la base de datos Inmune Epitope and Analysis Resource (<http://www.iedb.org/>), para definir cuáles han sido validados experimentalmente.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Se amplificaron fragmentos de 1120 pb aproximadamente que corresponden a una región del gen *Omp* que codifica para la proteína DR-7 localizada en la membrana externa de CLas y que se caracteriza por su predicción de tener alta capacidad antigénica (Figura 1).

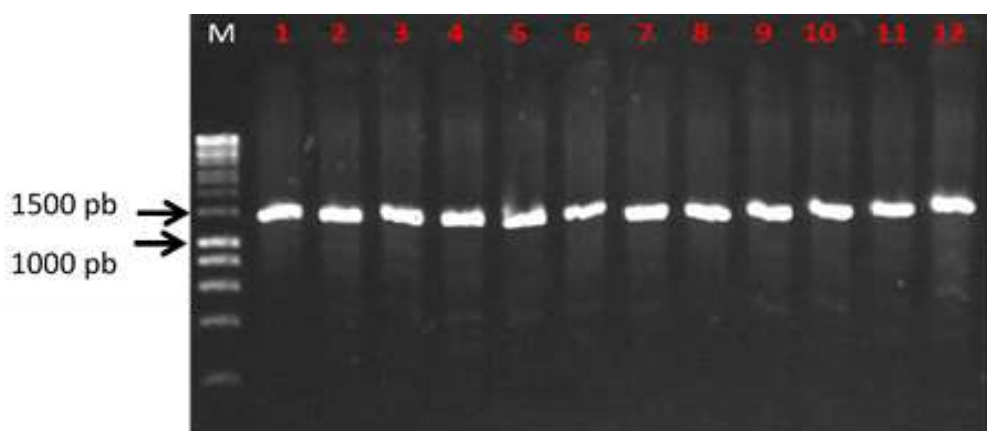


Figura 1.

Amplificación de fragmentos del gen que codifica para la proteína DR-7 a partir del ADN extraído de diferentes muestras de limón Mexicano con síntomas típicos de HLB. Carril M= Marcador de peso molecular HyperLadder™ 1Kb (Bioline). Carriles 1-12= Muestras de limón Mexicano.

La secuencia de nucleótidos de la clona obtenida presentó un 98% de identidad con las secuencias previamente reportadas para CLas. Es importante señalar que las secuencias reportadas en el GenBank han sido obtenidas de cítricos dulces infectados con *Candidatus Liberibacter asiaticus*, a diferencia de la secuencia obtenida en este estudio, la cual se obtuvo a partir de material vegetal de limón Mexicano infectado con esta bacteria. La comparación de la secuencia obtenida en este trabajo con la secuencia de referencia obtenida del GenBank, y que se realizó mediante BLAST, permitió encontrar pequeñas variaciones de nucleótidos (cinco en total), entre estas dos secuencias (datos no mostrados). Kenta *et al* (2009), mencionan que el gen que codifica para la proteína de membrana externa posee variaciones de nucleótidos que permite diferenciarlas entre ellas.

Por ejemplo, las cepas obtenidas de toronja fueron homogéneas entre ellas, pero con varias diferencias con respecto a cepas de otras variedades de cítricos. Chen *et al* en el 2010 señalaron que en el locus OMP la variación se limita a unos pocos SNPs, validando nuestros resultados. Con la secuencia de aminoácidos resuelta, se procedió a la predicción de los epítopes. Existen diversos métodos computacionales que permiten identificar la presencia de epítopes en una proteína y constituyen una herramienta muy útil que permite reducir el trabajo experimental (Tomar, 2010). Mediante el método Bepipred Predicción de Epítomos Lineales se obtuvieron 16 epítomos B o T del tipo peptídico, con una especificidad del 75% (Cuadro 1). Por otra parte, con el método de Escala de antigenicidad de Kolaskar y Tongaonkar permito obtener 8 epítomos B o T, con una especificidad del 91% (Cuadro 2).

Cuadro 1. Predicción de Epítomos mediante el Método: Bepipred Predicción de Epítomos Lineales

No.	Posición Inicial	Posición Final	Epítomo	Longitud
1	4	13	IEGNDQDDSV	10
2	20	27	LSEGDPIN	8
3	50	57	LPANDV	6
4	72	72	A	1
5	75	78	VGIA	4
6	80	94	NYEVDKGMGVEGHID	15
7	98	99	FF	2
8	121	122	LS	2
9	127	128	YF	2
10	134	134	S	1
11	144	146	LED	3
12	148	156	SLDINDESA	9
13	167	167	S	1
14	169	169	S	1
15	184	191	ISEKEKIP	8
16	203	203	F	1

Cuadro 2. Predicción de Epítomos mediante el Método: Escala de antigenicidad de Kolaskar y Tongaonkar

No	Posición Inicial	Posición Final	Epítomo	Longitud
1	11	17	DSVIRRE	7
2	44	78	FSEVNISQLPANDVSDYVILRVSVKQLSAGSVGIA	35
3	104	110	RARLAAG	7
4	113	138	RHAVQNYTLSVEDPYFLGSPISAGFD	26
5	155	166	SAAVRMIVPITE	12
6	173	184	KYDLRFLQYGAI	12
7	190	201	IPSIYTTLIEHG	12
8	203	216	FSSHISISQSIINY	14

La base de datos Immune Epitope y el Analysis Resource determinaron que los epítomos FSEVNISQLPANDVSDYVILRVSVKQLSAGSVGIA, RHAVQNYTLSVEDPYFLGSPISAFD, IPSIYTTLIEHG, FSSHISISQSIINY, NYEVDKGMGVEGHID, SLDINDESA y ISEKEKIP han sido evaluados experimentalmente con identidades de 90, 80, 80, 80, 80, 70 y 70% respectivamente. Además, reveló que el tipo de célula implicada en la mayoría de los casos fue la célula B. Los experimentos realizados se basan principalmente en estudios de antigenicidad para el desarrollo de vacunas, y se ha visto la respuesta protectora en modelos animales. Los métodos que se han utilizado en estos experimentos son la prueba de ELISA, ELISPOT Y WESTERNBLOT. Estos datos resaltan el potencial de los hallazgos de este estudio en el desarrollo de un método inmunológico para la detección temprana del agente causal y el diagnóstico oportuno de la enfermedad del HLB de los cítricos.

### CONCLUSIONES

Mediante el empleo de herramientas bioinformáticas se predijeron siete epítomos en la proteína de membrana externa DR-7 de *Candidatus Liberibacter solanacearum*, por lo cual se determinó que presenta alta capacidad antigénica. De esta manera, se considera a la proteína DR-7 como un antígeno potencial en el desarrollo futuro de un método inmunológico para la detección temprana del agente causal del HLB.

### REFERENCIAS

- Abbas, A.K. and Lichtman, A.H. 2004. Inmunología celular y molecular. 5 th ed. Madrid, España: Elsevier Science, Grafos SA. <https://doi.org/10.1002/bmb.2004.494032019997>.
- Bastianel, C., Garnier-Semancik, M., Renaudin, J. and Bové, J.M. 2005. Diversity of “*Candidatus Liberibacter asiaticus*,” based on the *omp* Gene Sequence. Appl. Environ. Microbiol. 71(11): 6473-6478. doi: [10.1128/AEM.71.11.6473-6478.2005](https://doi.org/10.1128/AEM.71.11.6473-6478.2005).
- Chen, J., Deng, X., Sun, X., Jones, D., Irey, M., and Civerolo, E. 2010. Guangdong and Florida populations of ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ distinguished by a genomic locus with short tandem repeats. Phytopathology. 100: 567-572. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-100-6-0567>.

- Esquivel, C.F.L., Valdovinos, P., Mora, A.G., Gómez, R.J., Velázquez, M.J.J. y López, A.J.I. 2010. Análisis histológico y epidemiológico del limón mexicano y limón persa a síntomas del HLB (Huanglongbing). Investigación para el manejo del psílido asiático de los cítricos y el Huanglongbing en México. 8 y 9 de diciembre. Monterrey, Nuevo León. Pp. 99
- Flores-Sánchez, J.L., Mora-Aguilera, G., Loeza-Kuk, E., Domínguez-Monge, S., Acevedo-Sánchez, G., Sandoval-Luna, R., López-Arrollo, J.I., Hernández-Chan, E., Munguía-Rosales, R., Velázquez-Toledo, J. y Escalante-Márquez, F. 2011. Influencia de *Candidatus Liberibacter asiaticus* en variedades de morfológicas y organolépticas en frutos de limón persa. 2° Simposio Nacional sobre investigación para el manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México. Pp.88-100
- Halbert, S.E. and Manjunath, K.L. 2004. Asian citrus psyllids (*Sternorrhyncha: Psyllidae*) and greening disease of citrus: A literature review and assessment of risk in Florida. Florida Entomologist. 87(3): 330-353. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2004\)087\[0330:ACPSPA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2004)087[0330:ACPSPA]2.0.CO;2)
- Kenta, T., Shin-ichi, M., Noriko, F., Kenji, K., Mitsuru, O., Siti, S., Ting-Hsuan, H., Hong-Ji, S. and Toru, I. 2009. Evaluation of Genetic Diversity Among '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' Isolates Collected in Southeast Asia. Phytopathology. 9(9): 1062-1069. doi:10.1094/PHYTO-99-9-1062.
- Li, W.B., Hartung, J.S. and Levy, L. 2007. Evaluation of DNA amplification methods for improved detection of "*Candidatus Liberibacter species*" associated with citrus Huanglongbing. Plant Disease. 91: 51-58. doi: 10.1094/PD-91-0051.
- Lin, H., Doddapaneni, H., Bai, X., Yao, J., Zhao, X. and Civerolo, E. 2008. Acquisition of uncharacterized sequences from *Candidatus Liberibacter*, an unculturable bacterium, using an improved genomic walking method. Molecular and Cellular Probes. 22: 30-37. doi:10.1016/j.mcp.2007.06.006.
- Mora, A.G. 2012. Huanglongbing. Ficha técnica. Colegio de postgraduados. SENASICA. SAGARPA.
- Robles, G.M.M., Velázquez, M.J.J., Manzanilla, R.M.A., Orozco, S., Flores, V.R, y Medina, U.V.M. 2010. Síntomas del Huanglongbing en Limón Mexicano. Primeras observaciones. En: Memoria del 1er. Simposio Nacional sobre investigación para el manejo de Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México. 8 y 9 de diciembre. Monterrey, Nuevo León. Pp.141- 149.
- Rodríguez, Q.C.G. 2015. Identificación de proteínas con función antigénica en *Candidatus Liberibacter asiaticus* relacionadas con el huanglongbing y su posible interacción en limón mexicano. Tesis de Maestría. Centro de Biotecnología Genómica del Instituto Politécnico Nacional.
- Rodríguez, Q.C.G., Alanís, M.E.I, Velázquez, M.J.J. y Almeyda, L.I.H. 2010. Optimización de la Técnica de Extracción del DNA de plantas de cítricos para el diagnóstico del HLB. En Memoria electrónica del 1er Simposio Nacional sobre Investigación sobre el Manejo del Psílido asiático de los cítricos y el Huanglongbing en México, Monterrey, Nuevo León. Diciembre 2010.
- Romero, A.M. 2005. Greening: ¿Una amenaza para la citricultura Argentina? Agronomía Informa. Facultad de agronomía-Universidad de buenos Aires. <http://agro.faua.info/node/142>
- Tomar, N. De R.K. 2010. Immunoinformatics: an integrated scenario. Immunology 131(2):153-68. doi: [10.1111/j.1365-2567.2010.03330.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2567.2010.03330.x).

## FERTILIZACION FOLIAR CON NANOPARTÍCULAS DE POTASIO EN EL CULTIVO DE DE MELÓN

Zoraida M. Galván-Cardona<sup>1,2</sup>, Alain Buendía-García<sup>2</sup>, Bernardo Espinosa-Palomeque<sup>3</sup>, María de los Ángeles Sariñana-Navarrete<sup>4</sup>, Pablo Preciado-Rangel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México – Campus Instituto Tecnológico de Torreón. Antigua Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Torreón, Coahuila, México. CP 27170. México

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez y Carretera Santa Fe s/n, Torreón, Coahuila, México, CP. 27010.

<sup>3</sup> Universidad Tecnológica de Escuinapa. Escuinapa de Hidalgo, Sinaloa, México.

<sup>4</sup> Universidad Tecnológica de Rodeo, Carretera Panamericana, Km. 159.4, Col. ETA, Rodeo 37560, Durango, México.

Autor para correspondencia: zoga\_7001@hotmail.com

### RESUMEN

El potasio es considerado uno de los macronutrientes que determinan la calidad de los cultivos. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la fertilización foliar de nanopartículas de potasio (NPs K) en el cultivo de melón y su efecto en el rendimiento, para ello en campo se estableció un trabajo de investigación en el cual se aplicaron de manera foliar cinco dosis crecientes de NPsK (0, 100, 200, 300 y 400 mg L<sup>-1</sup>). Los resultados obtenidos mostraron que la aspersión foliar de 400 mg L<sup>-1</sup> NPs K mejoró el rendimiento del cultivo de melón, aunque las diferencias no fueron significativas. Es necesario aumentar más las dosis para conocer con exactitud la dosis óptima que permita incrementar la productividad del cultivo.

**Palabras clave:** *Cucumis melo* L, fertilización foliar rendimiento.

### ABSTRACT

Potassium is considered one of the macronutrients that determine crop quality. This study aimed to evaluate foliar fertilization with potassium nanoparticles (NPs K) in melon crops and its effect on yield. To do this, a field research work was established in which five increasing doses of NPsK were applied foliarly (0, 100, 200, 300 and 400 mg L<sup>-1</sup>). The results obtained showed that foliar spraying of 400 mg L<sup>-1</sup> NPs K improved melon crop yield, although the differences were not significant. It is necessary to increase the doses further to know exactly the optimal dose that allows increasing crop productivity.

**Keywords:** *Cucumis melo* L, foliar fertilization yield

## INTRODUCCIÓN

El potasio (K) es uno de los macronutrientes más importantes y se considera el elemento de calidad de los cultivos (Lester *et al.*, 2010), desempeña diversos procesos bioquímicos en las plantas (Akhtyamova *et al.*, 2023), como la síntesis de proteínas, transporte de azúcares, conductancia estomática, fotosíntesis, respiración, transducción de señales y homeostasis iónica (Shen *et al.*, 2017). La absorción y transporte de K dentro de la planta depende de la disponibilidad de K en el suelo (Rogiers *et al.*, 2017); sin embargo, a pesar de la alta disponibilidad de K en el suelo, especialmente en suelos calcáreos, muchos factores pueden limitar su absorción adecuada por parte de las plantas, impactando en la mala calidad y rendimiento de los frutos (Jifon y Lester, 2011). Entre los factores del suelo destaca la competencia iónica entre cationes (Ca, Mg) (Brady, 2008), y en la planta, los estados fenológicos del cultivo (Ho, 1988). Ante esta situación, la fertilización foliar con potasio es una alternativa para mejorar el rendimiento y el rendimiento del cultivo (Ho, 1988). Ante esta situación, la fertilización foliar con potasio es una alternativa para mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos (Lo'ay *et al.*, 2021). La aplicación foliar de nanofertilizantes se está volviendo más importante que la de los fertilizantes tradicionales debido a su menor impacto ambiental debido a una mayor absorción por las plantas y una mayor efectividad en bajas concentraciones.

Dada su importancia económica y el continuo crecimiento de la producción, el objetivo del presente estudio fue evaluar la aplicación foliar de nano fertilizante K sobre el rendimiento, la calidad nutracéutica y la bioacumulación en frutos de melón.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental fue realizado en el ejido Concordia, Coahuila, México. El cultivo de melón utilizado fue de la cv Crucier y su manejo fue de acuerdo a las prácticas comerciales de los productores de la región, la fertilización base fue la recomendada por el INIFAP (120-60-00 (NP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O)); aplicando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno en la plantación y el resto del nitrógeno en la floración.

En presembrado se aplicó un riego con lámina de 30 cm; posteriormente se aplicaron seis riegos auxiliares con láminas de 15 cm cada una; se aplicó un total de 120 cm durante el ciclo del cultivo. El nanofertilizante utilizado fue el producto comercial PHC\* NANO K, los



tratamientos consistieron en cinco dosis de NPs K: 100, 200, 300 y 400 mg L<sup>-1</sup> y un tratamiento control (agua destilada). Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con seis repeticiones, resultando un total de 30 unidades experimentales.

Cada unidad experimental midió 4 metros de largo por 10 m de ancho, totalizando un área de 40 m<sup>2</sup>. La aplicación de los tratamientos se realizó directamente sobre la planta mediante un pulverizador manual de 5.0 L. Se realizaron cuatro aplicaciones, la primera a los 30 días después de la siembra y las siguientes tres aplicaciones cada 15 días.

En la cosecha se utilizaron todos los frutos de cada unidad experimental. Para la cosecha se consideraron todos los frutos en madurez comercial (malla bien formada y cuando el pedúnculo se desprendía fácilmente). Los frutos cosechados se pesaron utilizando una báscula digital (. El rendimiento se estimó por hectárea considerando el peso total de frutos en cada unidad experimental. El diámetro polar y ecuatorial se midió utilizando un vernier digital y el resultado se reportó en cm.

Los datos obtenidos se sometieron a la prueba de Bartlett para evaluar la homogeneidad de la varianza y la normalidad se examinó mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk W. Posterior a estas pruebas se realizó un análisis de varianza (ANOVA), identificando diferencias entre tratamientos mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación foliar de K NPs no mostró diferencias significativas en las variables rendimiento, peso y diámetro ecuatorial de frutos de melón (Cuadro 1). Los rendimientos obtenidos en los tratamientos evaluados oscilaron entre 11.58 y 15.54 ton ha<sup>-1</sup>, el tratamiento 400 mg L<sup>-1</sup> registró el mayor rendimiento y el testigo el menor rendimiento.

Además, en peso de fruto, el tratamiento 400 mg L<sup>-1</sup> presentó los valores más altos con 1.58 kg, seguido de los tratamientos 200, 300 y 100 mg L<sup>-1</sup> y el testigo. Estos resultados coinciden con Márquez-Prieto et al. (2021) quienes indican que no existe diferencia significativa en la biomasa y rendimiento de frijol cv Strike desarrollado con aplicaciones foliares de dosis de nanofertilizantes a base de K.

La baja respuesta del rendimiento, peso y tamaño de fruto a la aplicación foliar de K NPs probablemente se deba al alto contenido de K en el suelo, el nivel de K en el suelo del sitio

de estudio del presente trabajo fue de 603.93 mg kg<sup>-1</sup>. Jifon y Lester, (2011), mencionan que cuando hay un alto contenido de potasio en el suelo no hay respuesta de rendimiento a la aplicación foliar con este elemento, pero sí hay una mejora en la calidad del fruto, debido a su papel en el transporte de azúcares, biosíntesis de metabolitos y activación enzimática (Javaira et al., 2012).

**Cuadro 1.** Efecto del nanofertilizante potásico sobre el rendimiento, peso de fruto, diámetro polar y ecuatorial de frutos de melon.

K (mg L <sup>-1</sup> )	Producir (toneladas ha <sup>-1</sup> )	Peso del fruto (kg)	Diámetro polar (cm)	Diámetro Ecuatorial (cm)
Control	11.58*	1.43	14.92 b	13.90
100	13.501	1.44	15.12 ab	14.06
200	13.857	1,53	15.15 ab	14.05
300	14.388	1,53	15.40 a	14.19
400	15.51	1.58	15.14 ab	14.00

\* Medias con letras diferentes en una misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey  $p \leq 0.05$ ).

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos no mostraron que las dosis de NPsK afectara el rendimiento del cultivo de melon. Es necesario aumentar más las dosis para conocer con exactitud la dosis óptima que permita incrementar la productividad del cultivo.

## REFERENCIAS

- Akhtyamova Z, Martynenko E, Arkhipova T, Seldimirova O, Galin I, Belimov A, Vysotskaya L, Kudoyarova G (2023). Influence of plant growth-promoting rhizobacteria on the formation of apoplastic barriers and uptake of water and potassium by wheat plants. *Microorganisms* 11: 1-13. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11051227>
- Brady, N. C., Weil, R. R., & Weil, R. R. (2008). *The nature and properties of soils*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

- Ho LC (1988) Metabolism and compartmentation of imported sugars in sink organs about sink strength. *AnnRevPlantPhysiol* 39:355–378.
- Javaira S, Khan MQ, Bakhsh I (2012). Effect of potassium on chemical and sensory attributes of tomato fruit. *J. Anim. Plant Sci.* 22: 1081–1085.
- Jifon, JL, Lester GE (2011). Effect of foliar potassium fertilization and source on cantaloupe yield and quality, *Better Crops*, 95: 13-15.
- Lester, GE; Jifon, JL; Makus, DJ. 2010. Impact of potassium nutrition on postharvest fruit quality: Melon (*Cucumis melo* L.) case study. *Plant and Soil* 335: 117-131.
- Lo'ay AA, EL-Ezz SFA, Awadeen AA (2021). Effect of different foliar potassium fertilization forms on vegetative growth, yield, and fruit quality of kaki trees grown in sandy soil. *Scientia Horticulturae*, 288: 110420.
- Marquez-Prieto AK, Palacio-Marquez A, Sanchez E, Macias-Lopez BC, Perez-Álvarez S, Villalobos-Cano O, Preciado-Rangel P (2021). Impact of the foliar application of potassium nanofertilizer on biomass, yield, nitrogen assimilation and photosynthetic activity in green beans. *Notulae Botanicae Nordi Agrobotanici Cluj-Napoca*. 50(1): 1-12.
- Rogiers SY, Coetzee ZA, Walker RR, Deloire A, Tyerman SD (2017). Potassium in the grape (*Vitis vinifera* L.) Berry: Transport and function. *Front. Plant Sci.* 8. doi: 10.3389/fpls.2017.01629.
- Shen C, Wang J, Jin X, Liu N, Fan X, Dong C, Shen Q, Xu Y (2017). Potassium enhances the sugar assimilation in leaves and fruit by regulating the expression of key genes involved in sugar metabolism of Asian pears. *Plant Growth Regul* 83: 287–300. <https://doi.org/10.1007/s10725-017-0294-z>

## CONTENIDO NUTRIMENTAL DE GRANOS DE MAÍZ BLANCO EN TRES MUNICIPIOS DE TAMAULIPAS

Ortiz C. F.E.<sup>1\*</sup>; Rodríguez F. R.<sup>1</sup>; Vicente H. E.<sup>2</sup>; Reséndiz R. Z.<sup>1</sup>; Hernández M. R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Río Bravo Tamaulipas-INIFAP. Carretera Matamoros-Reynosa km 61 Cd. Río Bravo, Tamaulipas.

<sup>2</sup>Técnico independiente. \*Autor de correspondencia: ortiz.flor@inifap.gob.mx

### RESUMEN

El objetivo fue evaluar el contenido de nutrientes de los granos de maíz blanco en tres municipios de Tamaulipas. Fueron 10 colectas en total, en los municipios de Abasolo (AB), Gustavo Díaz Ordaz (GDO) y Río Bravo (RB) Tamaulipas. Se analizó: proteína cruda (PRO), calcio, magnesio, potasio, nitrógeno, fósforo, fibra cruda (FC), grasa, cenizas y micronutrientes: cobre, zinc, manganeso e hierro en mg Kg<sup>-1</sup>. Se analizó estadísticamente con MINITAB 14.0, realizando una prueba de varianza de una vía y una comparación de medias por el método de Tukey. Las colectas GDO (B-6) y RB (B-10) presentaron mayor porcentaje de cenizas, entre el 1.29 a 1.50 %. Para FC el B-6, tuvo mayor valor del 2.26 %. Mientras que para grasa no hubo diferencia significativa. Asimismo, para el contenido de proteína cruda: B-5 (33.27 %) y B10 (33.43 %) fueron superiores al resto. Para el nitrógeno las colectas B-5 (8517 mg kg<sup>-1</sup>) y B-10 (8560 mg kg<sup>-1</sup>) fueron las mejores. Para el contenido mineral de fósforo, potasio, calcio y magnesio, la colecta identificada B-8 (GDO) presentó mayor contenido de estos elementos, con valores de 2117.2, 3087, 1786.1 y 1398.1 mg kg<sup>-1</sup> cada uno. Mientras que, para el hierro, la colecta B-10 tuvo un contenido de 1199.11 mg kg<sup>-1</sup> mayor cantidad que el resto. De manera general en las tres localidades muestreadas hubo alta cantidad de nutrientes en el grano que se analizó.

**Palabras clave:** nutrición, maíz, grano blanco, micronutrientes

### ABSTRACT

The objective was to evaluate the nutrient content of white corn grains in three municipalities of Tamaulipas. There were 10 collections in total, in the municipalities of Abasolo (AB), Gustavo Díaz Ordaz (GDO) and Río Bravo (RB) Tamaulipas. The following were analyzed: crude protein (PRO), calcium, magnesium, potassium, nitrogen, phosphorus, crude fiber (CF), fat, ash and micronutrients: copper, zinc, manganese and iron in mg Kg<sup>-1</sup>. It was statistically analyzed with MINITAB 14.0, performing a one-way variance test, and a comparison of means using the Tukey method. The GDO (B-6) and RB (B-10) collections presented a higher percentage of ashes, between 1.29 to 1.50 %. For FC, B-6 had a higher value of 2.26 %. While for fat there was no significant difference. Likewise, for crude protein content: B-5 (33.27 %) and B10 (33.43 %) were higher than the rest. For nitrogen, collections B-5 (8517 mg kg<sup>-1</sup>) and B-10 (8560 mg kg<sup>-1</sup>) were the best. For the mineral content of phosphorus, potassium, calcium and magnesium, the collection identified B-8 (GDO) presented the highest content of these elements, with values of 2117.2, 3087, 1786.1 and 1398.1 mg kg<sup>-1</sup> each. While, for iron, collection B-10 had a content of 1199.11 mg kg<sup>-1</sup>, a greater amount than the rest. In general, in the three sampled locations there was a high amount of nutrients in the grain that was analyzed.

**Keywords:** nutrition, corn, white grain, micronutrients

## INTRODUCCIÓN

En la región Norte del estado de Tamaulipas se cultivan híbridos de grano blanco y amarillo, bajo condiciones de riego, que comprende municipios como Díaz Ordaz, Reynosa, Río Bravo y Abasolo, ubicado en el centro norte del estado (Reséndiz *et al.*, 2014). Los precios de los granos dependen no sólo de la oferta y demanda sino también están en función de la calidad (Valencia *et al.*, 2019), por lo anterior, es importante tener en cuenta la calidad de grano de maíz y su valor nutrimental, la calidad física, humedad del grano, impurezas, daño mecánico, o la contaminación por micotoxinas, es decir, si el grano está en condiciones para el consumo humano, animal o para un proceso industrial (Palacios *et al.*, 2017). La composición proximal del maíz y sus productos contienen un porcentaje de carbohidratos en un rango de 44.8 a 69.6 %, 11.6 a 20 % de humedad y de 4 a 10 % de proteína (Lafiandra y Riccardi, 2014). El contenido de cenizas es una medida del contenido de minerales y otra materia inorgánica en la biomasa y es utilizada junto con otros elementos para determinar la composición total de una muestra (Palacios-Rojas, 2018). Al respecto, la calidad de grano se puede definir en función del uso final, el término calidad implica sanidad del grano, composición física, que determina la textura y dureza, sin embargo, su composición química, define el valor nutricional y las propiedades tecnológicas de procesamiento (Palacios *et al.*, 2017). En la región norte de Tamaulipas, el objetivo principal del maíz es para la comercialización en industrias de elaboración de alimentos para ganado (Fernández *et al.*, 2013). Por lo tanto, es indispensable conocer la calidad del grano de la región, lo anterior, para tener conocimiento sobre el aporte nutricional que se está brindando al consumidor final, en ese sentido, el objetivo fue evaluar el contenido nutrimental de granos de maíz blanco de tres municipios de Tamaulipas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en colectas de maíces en los municipios de Abasolo, Gustavo Díaz Ordaz y Río Bravo, Tamaulipas. El muestreo fue del 28 de julio al 03 de agosto del 2023, esta actividad consistió en tres muestras por cada híbrido y estas se manejaron en tres repeticiones de acuerdo a NMX-Z-012/1-1987 (SECOFI 1987). Una vez colectada los híbridos se trasladaron al laboratorio del Campo Experimental Río Bravo. Las muestras de grano se secaron a 60 °C en estufa, hasta obtener un porcentaje de humedad por debajo del 14 % y posteriormente se molieron para obtener la harina, con la ayuda del molino pulverizador eléctrico trifásico (MOD-3HP-P150/AC-INOX-304) (Cuadro 1). Se procedió al análisis nutrimental conforme a la metodología usada por Chan *et al* (2021), el contenido de N fue por el método de Kjeldahl; para Cu, Zn, Mg y Fe, se determinaron por espectroscopia (Espectrofotómetro de absorción atómica modelo Buck Scientific). Para la determinación de P por digestión ácida y luz visible, y para las proteínas fue por el método de Kjeldahl, las variables proximales son reportados en por ciento (%) y para el contenido mineral en mg·kg<sup>-1</sup>. Las determinaciones fueron: % grasa cruda por el método soxlet, % de fibra cruda por Van soest, % de ceniza mediante mufla, % de proteína por Kjeldahl. Una vez realizada las determinaciones de laboratorio, los datos fueron capturados para ser procesada con la ayuda del paquete estadístico MINITAB 14.0, realizando una prueba de varianza de una vía, empleando comparación de medias por el método de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) (Montgomery, 2008).

**Cuadro 1. Ubicación de las colectas y municipios donde se obtuvieron las muestras.**

COLECTA	MUNICIPIO	UBICACIÓN	
		LAT	LON
B-1	Abasolo	24.0627	-98.3830
B-2	Abasolo	24.0573	-98.3660
B-3	Abasolo	24.0573	-98.3590
B-4	Abasolo	24.0573	-98.3540
B-5	Abasolo	24.0517	-98.3420
B-6	Gustavo Díaz Ordaz	26.1981	-98.4950
B-7	Gustavo Díaz Ordaz	26.2067	-98.5740
B-8	Gustavo Díaz Ordaz	26.2249	-98.6400
B-9	Gustavo Díaz Ordaz	26.2050	-98.5040
B-10	Río Bravo	25.9408	-98.0480

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se muestran los resultados del análisis proximal realizado a los granos de maíz, donde se observó que una muestra tomada en Gustavo Díaz Ordaz (B-6) y otra de Río Bravo (B-10) con valores de 1.23 % de cenizas, mientras que el resto son semejantes, los valores obtenidos son similares a lo reportado por Chan *et al.*, (2021), dichos valores se encuentran entre el rango 1.29 a 1.50 %, por otro lado, Gutiérrez-Coronado *et al.* (2009), reportaron valores de 1.3 a 1.7 % de cenizas. Para la variable fibra se observa que B-6, presento mayor valor (2.26), mientras B-7 con el valor más bajo (1.76 %), ambas colectas provienen del municipio de Gustavo Díaz Ordaz. Al respecto, De Peña (2003), encontró que la fibra bruta del grano de maíz es 2.2 %, sin embargo, Valdés (2006), reportó un valor de 0.8 % de fibra cruda. Aunque la fibra no puede ser aprovechada metabólicamente por el cuerpo humano, sin embargo, juega un papel de importancia en la salud por lo que es necesario conocer su contenido. En cuanto al contenido de grasa no fue significativo entre las muestras, los lípidos en cereales se encuentran en baja cantidad alrededor del 2 al 3 % incluyendo el maíz (De Peña, 2003). Así mismo, se ha reportado valores mayores en maíces de alta calidad proteicas. En un estudio realizado por Gutiérrez-Coronado *et al.* (2009), obtuvieron 5 % para dos híbridos de grano blanco y 4.39 % para un híbrido de grano amarillo; mientras Chan *et al.* (2020), reportaron valores de 5.01 a 7.07 % en híbridos. El contenido de grasas en el grano de maíz disminuye durante el almacenaje y molienda debido que se oxidan, pueden tomar sabor y olor desagradable por el proceso de oxidación de los lípidos (Gutiérrez-Coronado *et al.*, 2009). En cuanto al contenido de proteína hubo diferencia significativa entre las muestras, en ese sentido, B-5 (33.27 %) y B10 (33.43 %) son los que presentan mayor contenido de proteína, sin embargo, las de menor cantidad fueron B3, B-8 y B-9. Comparando los resultados con otros estudios el contenido de proteína de los maíces muestreados en las diferentes colectas es mucho más altos, por ejemplo, Cazares *et al.* (2015), el contenido de proteína cruda en maíces nativos en Yucatán fluctuó entre 9.35 a 12.50 %. Así mismo, se ha encontrado en 20 variedades de maíz cultivadas en México el contenido de proteína oscila entre 8 a 11 % (Méndez-Montealvo *et al.*, 2005).

**Cuadro 2.** Prueba de medias de la composición química proximal del grano de maíz de las diferentes colectas muestreadas en Tamaulipas.

COLECTA	CENIZAS	FIBRA	GRASA	PROTEINA
(%)				
B-1	1.10 <sup>ab</sup>	2.03 <sup>b</sup>	1.53 <sup>a</sup>	22.12 <sup>ab</sup>
B-2	1.20 <sup>ab</sup>	2.13 <sup>ab</sup>	1.63 <sup>a</sup>	22.29 <sup>ab</sup>
B-3	1.13 <sup>ab</sup>	2.06 <sup>ab</sup>	1.63 <sup>a</sup>	17.69 <sup>b</sup>
B-4	1.20 <sup>ab</sup>	2.13 <sup>ab</sup>	1.60 <sup>a</sup>	24.50 <sup>ab</sup>
B-5	1.06 <sup>ab</sup>	2.20 <sup>ab</sup>	1.56 <sup>a</sup>	33.27 <sup>a</sup>
B-6	1.23 <sup>a</sup>	2.26 <sup>a</sup>	1.53 <sup>a</sup>	25.43 <sup>ab</sup>
B-7	1.20 <sup>ab</sup>	1.76 <sup>d</sup>	1.60 <sup>a</sup>	23.63 <sup>ab</sup>
B-8	1.20 <sup>ab</sup>	1.80 <sup>cd</sup>	1.63 <sup>a</sup>	20.64 <sup>b</sup>
B-9	1.10 <sup>ab</sup>	2.06 <sup>ab</sup>	1.60 <sup>a</sup>	20.10 <sup>b</sup>
B-10	1.23 <sup>a</sup>	2.00 <sup>bc</sup>	1.63 <sup>a</sup>	33.43 <sup>a</sup>

Literales diferentes significa que hay diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ).

El contenido de nitrógeno (Cuadro 3) B-5 y B-10 (colectas de los municipios de Abasolo y Río Bravo) fueron los que presentaron mayor contenido de este elemento con 8517 y 8560 mg kg<sup>-1</sup>, mientras B-9, B-8 y B-3 (colectas de Gustavo Díaz Ordaz y Abasolo) con 5157, 5285 y 4528 mg kg<sup>-1</sup>. Al respecto, se han encontrado valores de N en grano de maíz de 85.62 kg ha<sup>-1</sup> (González-Cortés *et al.*, 2016). Para el contenido mineral de P y K, la colecta B-8 ubicada en el municipio de Gustavo Díaz Ordaz presentó mayor contenido de estos elementos, por otro lado, la muestra B3 y B5, con valores altos de Ca y Mg, esto puede ser por el manejo agronómico realizado al cultivo, fertilización y principalmente a las condiciones climáticas presentada de cada región de muestreo (Witt *et al.*, 2006; De la Cruz *et al.*, 2009; Kibet *et al.*, 2009). El contenido de cobre para las muestras tomadas no presentó diferencia significativa entre ellas, la importancia de este micro elemento se debe que facilita la asimilación y distribución del Fe en todo el cuerpo a través del sistema circulatorio, además, regula las reacciones enzimáticas y la producción de ATP. El cobre es benéfico en cantidades mínimas ya que su presencia en cantidades elevadas puede ser toxico para el cuerpo humano (Badui, 2006). En cuanto al contenido de Zn en las colectas analizadas presento variabilidad entre ellas, siendo B-5 que presentó 154.75 mg kg<sup>-1</sup>, sin embargo, B-1 y B-8 son las que presentaron menor contenido de este mineral, con valores de 24.85 y 45.36 mg kg<sup>-1</sup>. Este resultado contrasta a Martínez *et al.* (2017), lo cual reportaron valores que fluctuaron entre 1400 a 5690 mg kg<sup>-1</sup> en 50 accesiones de cultivo de maíz. Por otro lado, se encontraron diferencias significativas entre las colectas en el contenido de Fe, siendo B-10 el que presento mayor contenido de 1199.11 mg kg<sup>-1</sup>, seguida de B-5 con 1134.11 mg kg<sup>-1</sup>. En un estudio realizado por Salinas *et al.* (2017), reportaron que los valores de Fe en tortillas de maíz fueron de 204.99 ±22.9 mg kg<sup>-1</sup>, en otro estudio se reportan valores que oscilan 28 a 81.3 mg kg<sup>-1</sup> del contenido de Fe (Gonzales-Cortés *et al.*, 2016).

**Cuadro 3.** Prueba de medias de la composición mineral de las muestras de grano de maíz de las diferentes colectas en Tamaulipas.

COLECTA	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe
A	(mg-Kg <sup>-1</sup> )							
B-1	5664.00 <sup>ab</sup>	1006.00 <sup>c</sup>	1519.30 <sup>d</sup>	1417.40 <sup>d</sup>	927.50 <sup>c</sup>	2.85 <sup>a</sup>	24.85 <sup>b</sup>	119.11 <sup>c</sup>
B-2	5707.00 <sup>ab</sup>	1178.00 <sup>b</sup>	2559.00 <sup>ab</sup>	1550.10 <sup>cd</sup>	1009.00 <sup>bc</sup>	1.61 <sup>a</sup>	51.31 <sup>ab</sup>	132.44 <sup>c</sup>
B-3	4528.00 <sup>b</sup>	1541.40 <sup>ab</sup>	2250.80 <sup>bc</sup>	1904.13 <sup>a</sup>	1351.20 <sup>ab</sup>	0.99 <sup>a</sup>	73.01 <sup>ab</sup>	165.78 <sup>c</sup>
B-4	6272.00 <sup>ab</sup>	1561.60 <sup>ab</sup>	2052.20 <sup>cd</sup>	1859.90 <sup>b</sup>	1394.20 <sup>ab</sup>	2.23 <sup>a</sup>	57.55 <sup>ab</sup>	208.00 <sup>c</sup>
B-5	8517.00 <sup>a</sup>	1481.00 <sup>ab</sup>	2852.00 <sup>ab</sup>	1638.60 <sup>bc</sup>	1553.00 <sup>a</sup>	3.46 <sup>a</sup>	154.75 <sup>a</sup>	1134.11 <sup>a</sup>
B-6	6512.00 <sup>ab</sup>	1552.00 <sup>ab</sup>	2543.40 <sup>ab</sup>	1594.40 <sup>bc</sup>	1199.40 <sup>ab</sup>	1.61 <sup>a</sup>	67.06 <sup>ab</sup>	279.11 <sup>bc</sup>
B-7	6048.00 <sup>ab</sup>	1804.04 <sup>ab</sup>	2428.40 <sup>bc</sup>	1741.90 <sup>bc</sup>	1287.72 <sup>ab</sup>	0.99 <sup>a</sup>	78.95 <sup>ab</sup>	183.55 <sup>c</sup>
B-8	5285.00 <sup>b</sup>	2117.20 <sup>a</sup>	3087.00 <sup>a</sup>	1786.10 <sup>ab</sup>	1398.70 <sup>ab</sup>	1.61 <sup>a</sup>	45.36 <sup>b</sup>	156.88 <sup>c</sup>
B-9	5147.00 <sup>b</sup>	1773.70 <sup>ab</sup>	2569.50 <sup>ab</sup>	1771.00 <sup>ab</sup>	1222.00 <sup>ab</sup>	0.99 <sup>a</sup>	49.23 <sup>ab</sup>	183.55 <sup>c</sup>
B-10	8560.00 <sup>a</sup>	1531.00 <sup>ab</sup>	2517.00 <sup>ab</sup>	1756.60 <sup>bc</sup>	1365.00 <sup>ab</sup>	2.23 <sup>a</sup>	108.68 <sup>a</sup>	1199.11 <sup>a</sup>

Literales diferentes significa que hay diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ).

## CONCLUSIONES

La calidad nutricional del grano depende del híbrido, ambiente y manejo agronómico de cada región. Los municipios de muestreo son competitivos en calidad del grano para ser utilizados como consumo humano, animal e industrial.

## REFERENCIAS

- Badui, D. S. (2006). Vitaminas y nutrimentos inorgánicos. En: Badui Dergal Salvador (Ed). Química de los alimentos 4º ed. pp. 363-400-
- Cázares-Sánchez, E., Chávez-Servia, J. L., Salinas-Moreno, Y., Castillo-González, F., & Ramírez-Vallejo, P. (2015). Variación en la composición del grano entre poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) nativas de Yucatán, México. *Agrociencia*, 49(1), 15-30.
- Chan, C. M., Moguel, O. Y., Gallegos, T. S., Chel, G. L. y Betancur, A. D. (2021). Caracterización química y nutrimental de variedades de maíz (*Zea mays* L.) de alta calidad de proteína (QPM) desarrolladas en Yucatán, México. *Revista Biotecnología*. 22 (2): 11-21.
- De la Cruz, L. E. Córdova, O. H., Estrada, B. M. A., Mendoza, P. J. D., Gómez, V. A. y Brito, M. N. P. 2009. Rendimiento de grano de genotipos de maíz sembrados bajo tres densidades de población. *Universidad y Ciencia*. Abril. 93-98 pp.
- De Peña, F. M. P. (2000). Cereales y derivados. En: Anchía Astiasarán Iciar y Martínez Hernández J. Alfredo (Eds). *Alimentos composición y propiedades*. 2ª ed. pp. 135-154.
- Fernández, S. R., Morales, Ch. L. M. y Gálvez, M. A. (2013). Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. Una revisión indispensable. *Revista Fitotecnia Mexicana* 36 (3-A): 275-83.



- González-Cortés, N., Silos-Espino, H., Estrada Cabral, J. C., Chávez-Muñoz, J. A., & Tejero Jiménez, L. (2016). Características y propiedades del maíz (*Zea mays* L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(3), 669-680.
- Kibet, S. C., López-Castañeda, C. y Kohashi-Shibata, J. (2009). Efecto del nivel de humedad y nitrógeno en el suelo en el comportamiento de maíces híbridos y criollos de los Valles Altos de México. *Agric. Costarricense*. 33(1):103-120.
- Gutiérrez-Coronado, M. L., Coronado-Amaya, E., Vázquez-Ortíz, F. A., López-Franco, Y. L., & Ortega-Corona, A. (2009). Caracterización física y química de maíz de calidad proteínica mejorada Physical and chemical characterization of quality protein maize. *CyTA—Journal of Food*, 7(2), 111-118.
- Lafiandra, D and Riccardi G. S. P. (2014). Improving cereal grain carbohydrates for diet and health. *J Cereal Sci. J Cereal Sci.* 59(3):312-26.
- Martínez, C. M., Ortiz, P. R. & Raigón, M. D. (2017). Contenido de fósforo, potasio, zinc, hierro, sodio, calcio y magnesio, análisis de su variabilidad en accesiones cubanas de maíz. *Cultivos Tropicales*, 38(1), 92-101.
- Méndez-Montealvo, G., Solorza-Feria, J., Velázquez-del-Valle, M., Gómez-Montiel, N., Paredes-López, O., & Bello-Pérez, L. A. (2005). Composición química y caracterización calorimétrica de híbridos y variedades de maíz cultivadas en México. *Agrociencia*, 39(3), 267-274.
- Montgomery, D.C. (2008). *Diseño y análisis de experimentos*. 2ª ed., pp. 100-102, editorial Limusa - Wiley, México.
- Palacios, R. N., Molina, A y Vásquez, G. (2017). ¿Qué es la calidad del grano de maíz? <https://idp.cimmyt.org/que-es-la-calidad-del-grano-de-maiz/>
- Palacios-Rojas, N. (2018). *Calidad nutricional e industrial del Maíz: Laboratorio de Calidad Nutricional de Maíz “Evangelina Villegas” CDMX*. México: CIMMYT.
- Reséndiz, R. Z., López, S. J. A., Briones, E. F., Mendoza, C. Ma. del C., Varela, F. y Sóstenes, E. (2014). Situación actual de los sistemas de producción de grano de maíz en Tamaulipas, México *Investigación y Ciencia*. 22(62): 69-75.
- Salinas, M. Y., Hernández, M. V., Trejo, T. L. I., Ramírez, D. J. L., & Iñiguez, G. O. (2017). Composición nutricional y de compuestos bioactivos en tortillas de poblaciones nativas de maíz con grano azul/morado. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(7), 1483-1496
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI). NMX-Z-012/1-1987: Muestreo para la inspección por atributos-parte 2: método de muestreo, tablas y gráfica.
- Valdés, M. S. E. (2006). Hidratos de carbono. En: Badui Dergal Salvador (Ed). *Química de los alimentos*, cuarta edición. pp. 107-117.
- Valencia, R. R., Sánchez, B. H. y Robles O. D. (2019). Soberanía Alimentaria de granos básicos en México: un enfoque de cointegración de Johansen a partir del TLCAN. *Análisis económico*, 34(87): 223-248.
- Witt, C.; Pasaquim, J. M. and Dobermann, A. (2006). Toward a site specific nutrient management approach for maize in Asia. *Better crops with plant food*. 90(2):28-31.

## FORMAS DE PRODUCCIÓN DE PLANTA DE AGAVE CENIZO EN VIVERO PARA ESTABLECER PLANTACIONES COMERCIALES EN DURANGO

García R. J. L.<sup>1</sup>; Sigala R. J. Á.<sup>1</sup>, Sarmiento L. H.<sup>1</sup> y Erickson Basave V. E.<sup>1</sup>

1 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, México.  
Km 4.5 Carr. Durango-El Mezquital, Durango, Dgo. C. P. 34170  
garcia.leonardo@inifap.gob.mx

### RESUMEN

Como alternativa para contrarrestar el abandono de la actividad agrícola en las regiones áridas y semiáridas del centro norte de México provocada por la escasez de agua, se propone el cultivo de agaves que usan el agua eficientemente. En terrenos agrícolas de la región de los Llanos de Durango, se evaluó el desarrollo inicial del *Agave durangensis* Gentry (maguey cenizo) en una plantación establecida con fines comerciales. Se realizaron dos evaluaciones iniciales, una inmediatamente posterior al plantado y otra después de 158 días después de la plantación (DDP). Se utilizaron plantas de 16 meses de edad producidas de dos formas distintas en vivero; bolsa de polietileno negra de dos tamaños: bolsa grande (BGR) y bolsa chica (BCH), y planta producida en un sistema de acolchado plástico a la intemperie y cosechada a raíz desnuda (RD). Se midieron el diámetro de roseta, altura, número de hojas, ancho de hoja, supervivencia y contenido de azúcares en las hojas (°Brix). Las plantas en BGR mostraron los mejores resultados en diámetro de roseta, altura, número de hojas y ancho de hoja, pero no en contenido de azúcares. Las plantas RD tuvieron el segundo mejor desempeño general, destacando en contenido de azúcares. (°Brix), a pesar de estos resultados, este sistema de producción es recomendable, porque el manejo de la planta sin raíces y sustrato (cepellón) es operativamente más sencillo y de menor costo.

**Palabras clave:** *Agave durangensis*, plantaciones comerciales, raíz desnuda y bolsas de polietileno.

### ABSTRACT

As an alternative to counteract the abandonment of agricultural activity in the arid and semi-arid regions of north-central Mexico caused by water scarcity, the cultivation of agaves that use water efficiently is proposed. On agricultural lands in the Llanos region of Durango, the initial development of *Agave durangensis* Gentry (maguey cenizo) was evaluated in a plantation established for commercial purposes. Two initial evaluations were carried out, one immediately after planting and another after 158 days after planting (DAP). 16-month-old plants produced in two different ways in a nursery were used; black polyethylene bags of two sizes: large bag (BGR) and small bag (BCH), and plants produced in a plastic mulch system outdoors and harvested bare root (RD). Rosette diameter, height, number of leaves, leaf width, survival and sugar content in the leaves (°Brix) were measured. The BGR plants showed the best results in rosette diameter, height, number of leaves and leaf width, but not in sugar content. The RD plants had the second best overall performance, standing out in

sugar content (°Brix), despite these results, this production system is recommended, because the management of the plant without roots and substrate (root ball) is operationally simpler and less expensive.

**Keywords:** *Agave durangensis*, commercial plantations, bare root and polyethylene bags.

## INTRODUCCION

En las últimas décadas las temporadas de lluvias son cada vez más impredecibles, los eventos de lluvia más escasos, erráticos en temporalidad y magnitud. Que el clima sea un factor determinante de la productividad agrícola es prácticamente inevitable, como inevitable es que existan cambios futuros, a los cuales, la agricultura y la forestaría tendrán que adaptarse (Adams et al., 1998). En México, el problema de la falta de agua particularmente se agudizada en las regiones áridas y semiáridas del norte centro del país. En esas áreas la agricultura de temporal es altamente vulnerable porque está condicionada por la disponibilidad de agua. El cultivo de agaves puede ser una alternativa viable para estas regiones, por ser plantas rústicas capaces de crecer en ambientes pobres en nutrientes y agua, ecofisiológicamente adaptadas a condiciones extremas de radiación solar y elevada temperatura. Varias especies de agaves son utilizadas como materia prima para la producción de bebidas alcohólicas destiladas a partir de ellos (Zavala et al., 2017). El *Agave durangensis* Gentry (maguey cenizo) es una especie endémica de América, se encuentra cubriendo extensas zonas áridas y semiáridas del territorio mexicano, debido a su alto uso eficiente de agua, cuentan con la capacidad de desarrollarse en suelos rocosos, arenosos (Eguiarte et al., 2020). Recientemente se está promoviendo el cultivo intensivo de este agave para garantizar el abasto de materia prima (piñas) a la pujante industria mezcalera del estado de Durango, pero para esto, se requiere el abasto de plantas de alta calidad morfofisiológica. Por ello, en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP-Durango) se desarrollan alternativas para la producción de plantas de *Agave durangensis* en vivero como: el cultivo en invernadero en sistema de contenedores y trasplante a bolsas de polietileno (Merlín y Monárrez, 2012) o bien, la siembra y cultivo en bolsas de polietileno y, el cultivo en sistema de contenedores y trasplante a un sistema de acolchado con riego por goteo-fertilización a la intemperie (Rosales et al., 2013). Pero es necesario conocer el efecto de la forma de producción de la planta sobre su desarrollo inicial en campo, por tal motivo, el objetivo del trabajo fue evaluar parámetros de desarrollo inicial de plantas de maguey cenizo (*Agave durangensis* Gentry) producidas de dos formas distintas en vivero y establecidas en un sistema de plantación comercial en terrenos preferentemente agrícolas de la zona agrícola de la localidad de Ignacio Allende, en Guadalupe victoria, Durango

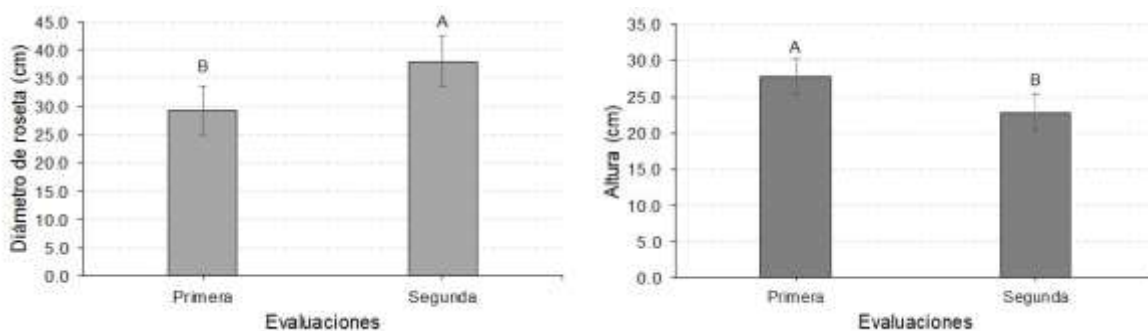
## MATERIALES Y METODOS

Se evaluó una plantación establecida en terrenos de temporal en la comunidad de Ignacio Allende, Guadalupe Victoria, Durango, en las coordenadas 24°27'57"N y 103°57'22" W. El clima es semiseco templado con lluvias en verano, precipitación media anual de 453 mm, temperatura media anual de 17.1°C, temperatura mínima de 2°C y máxima de 32.5°C. En terreno se establecieron plantas de maguey cenizo de 16 meses de edad, producidas de

dos formas distintas en vivero: 1) planta producida en bolsa de polietileno color negro de dos tamaños (Bolsa grande=BGR y Bolsa chica=BCH) y, 2) planta producida en sistema combinado de invernadero y acolchado plástico a la intemperie cosechada a raíz desnuda (RD). La preparación del sitio de plantación consistió en el paso de rastra agrícola de discos en la totalidad del terreno y subsoleo sobre las líneas de plantación. La separación entre las líneas de plantación fue de 3.0 m y, sobre las líneas, se marcaron los puntos de plantación con cal a 1.5 m entre plantas. Las plantas producidas en bolsa de polietileno (con cepellón) se plantaron en cepas hechas con cavadores manuales. Para las plantas a raíz desnuda se removía un poco de la superficie del suelo con una martelina para colocar ligeramente enterrada la base de la piña y arrimando suelo para dejar la planta en posición vertical. El diseño experimental utilizado para el establecimiento de la plantación fue completamente al azar. Se utilizaron plantas de maguey de 16 meses de edad, producidas de dos formas distintas en vivero: 1) planta producida en bolsa de polietileno color negro de dos tamaños (Bolsa grande=BGR y Bolsa chica= BCH) y, 2) planta producida en sistema combinado de invernadero y acolchado plástico a la intemperie a raíz desnuda (RD) a los que se consideraron tres tratamientos diferentes (BGR, BCH y RD) con cinco repeticiones cada uno. En terreno, cada repetición constó de dos líneas de plantación y cada línea con 25 plantas para un total de 50 plantas por repetición, estableciéndose en total 750 plantas de *Agave durangensis* bajo un modelo de plantación con fines comerciales. Se realizaron dos evaluaciones, la primera se hizo una semana posterior al establecimiento de la plantación (14 de julio de 2023) y, la segunda evaluación se realizó el 19 de diciembre del 2023, 158 días ( $\pm 5$  meses) posteriores a la primera evaluación. Para las evaluaciones se tomaron seis plantas por repetición, por repetición de cada tratamiento, aleatoriamente se eligieron los números de planta 6, 10 y 14 por línea, para las dos líneas de 25 plantas. Las variables evaluadas fueron: diámetro de roseta (cm); altura (cm); número de hojas expandidas; ancho de hoja; Grados Brix ( $^{\circ}$ Brix) y sobrevivencia (%). Los datos y gráficas se procesaron en Excel® (2016), en el cual se parearon los datos de ambas evaluaciones. El análisis estadístico se hizo con Infostat® Software Estadístico Versión Estudiantil (2024); después de comprobar los supuestos estadísticos de normalidad y homogeneidad de varianzas, a los datos se les realizó un análisis de varianza (ANOVA), cuando existieron diferencias, además se realizaron pruebas de comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

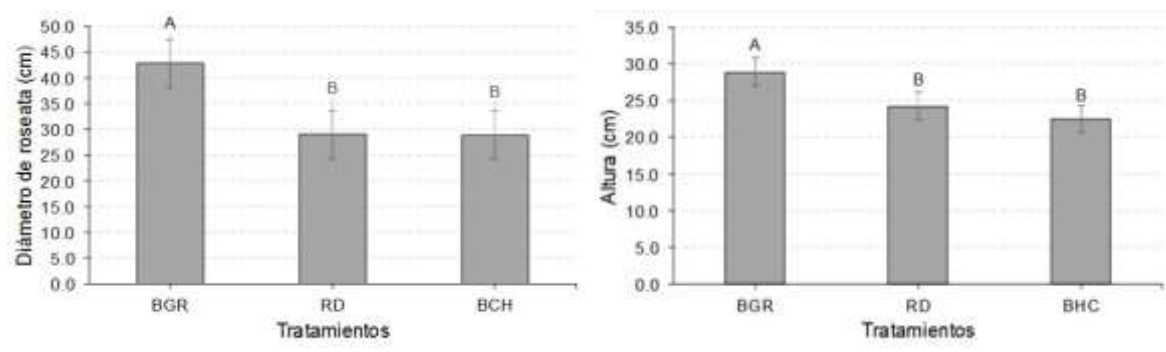
## RESULTADOS Y DISCUSION

Existieron diferencias altamente significativas entre la primera y segunda evaluación solo para las variables diámetro promedio de roseta y la altura de las plantas de *Agave durangensis* entre la primera y segunda evaluación ( $p \leq 0.0001$ ), indicando que las plantas presentaron un incremento de tamaño de la primera a la segunda evaluación (Figura 1). Lo anterior contrario a lo observado en las variables número de hojas expandidas y ancho de hoja.



**Figura 1.** Diámetro de roseta y Altura (cm) promedios en plantas de *Agave durangensis* Gentry de dos evaluaciones en campo con 158 días de diferencia.

En diferentes experimentos donde el tamaño de envase es uno de los factores a probar, es posible observar que el volumen y la profundidad del contenedor (envase) son las variables de mayor impacto en la morfología de la planta, esto debido a que determina el tamaño a alcanzar y la longitud del sistema de raíces (Judd et al., 2015, Madrid-Aispuro et al., 2021). Respecto de los tratamientos probados, en las variables diámetro de roseta y altura, existieron diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.0001$ ). Para el diámetro de roseta las plantas de agave cenizo con mayor promedio de diámetro de roseta después de 158 días posteriores a la primera evaluación fueron las plantas producidas en bolsa grande de polietileno (BGR) (42.89 cm), seguidas de las producidas a raíz desnuda (RD) (29.01 cm) y las plantas con menor diámetro de roseta fueron las producidas en bolsa de polietileno chica (BCH) (28.89 cm). La altura de las plantas presentó el mismo comportamiento, fueron las plantas de agave producidas en BGR (28.93 cm), seguidas de las plantas producidas RD (24.23 cm) y las plantas con menor altura fueron las plantas producidas BCH (22.54 cm) (Figura 2). De igual forma, no existieron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos para las variables holas expandidas y ancho de hoja.



**Figura 2.** Promedios de diámetro de roseta y altura en plantas de *Agave durangensis* Gentry entre tratamientos.

La cabeza o piña del agave está compuesta por el tallo y la base de las hojas (Iñiguez, 2001), ésta posee un alto contenido de fructanos (fotoasimilados). En varios estudios se ha observado que el diámetro de roseta es una variable de predicción adecuada del crecimiento y desarrollo de las especies de agave posterior a su establecimiento en campo

debido a que está ligado con la producción de nuevas hojas, que al expandirse (crecer) aumentan el valor del diámetro de roseta igual a crecimiento de la planta. Mediante el sistema de acolchado a la intemperie García-Rodríguez et al. (2023) a  $\pm$  ocho meses obtienen plantas de *Agave durangensis* vigorosas, de color verde glauco de ligero a intenso, con alturas promedio de 20 a 30 cm de la base de la planta a la punta de la espina de su meristemo central. Entre tratamientos, en campo, el contenido de azúcares determinado en las hojas de agave cenizo presentó diferencias significativas ( $p \leq 0.0500$ ), las plantas del tratamiento RD presentó mayor contenido promedio de azúcares con 6.83 °Brix), seguidas de las del tratamiento BCH con 5 °Brix. Las plantas producidas en BGR, presentaron una tendencia opuesta a la observada en las demás variables evaluadas obteniendo el promedio más bajo en la concentración de azúcares con 4.5° Brix (Figura 3).

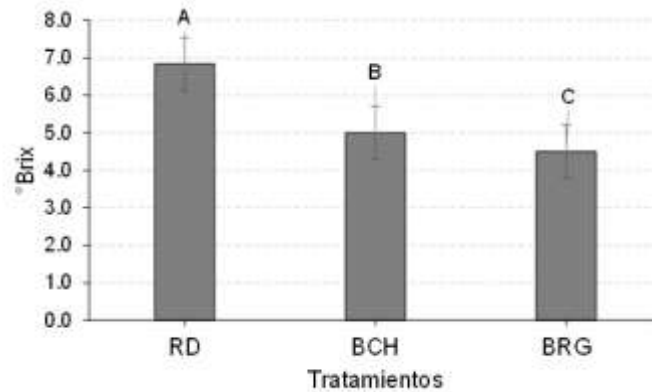


Figura 3. Contenido de azúcares en plantas de *Agave durangensis* Gentry entre los tratamientos.

En piñas de *A. tequilana* es deseable presenten al tiempo de la cosecha al menos 24% de azúcares totales para ser consideradas de buena calidad (Bautista-Justo et al., 2001). Rosales-Serna et al. (2024) al aplicar fertilización inorgánica (fertilizante granulado 58 N-80 P-14 K y fertilizante de lenta liberación 18 N-06 P-12 K y orgánica (composta) a plantas de *A. durangensis* en plantación experimental encontraron que el porcentaje de °Brix fue de 9.5 y 7.4 respectivamente para cada tipo de fertilización. En el presente estudio, además de ser plantas juveniles, se tuvo presente que el contenido de azúcares en las hojas es menor que en la piña, por no ser órganos de almacenamiento, sin embargo, fue conveniente muestrear en hojas para no sacrificar plantas al sacar muestras de la piña. Al respecto Cifuentes (2013) menciona que la cantidad de azúcares entre especies de agaves es variable en todos los casos. Por tanto, es recomendable analizar el contenido de azúcares en plantas de *A. durangensis* debido a que al igual que otras especies de agave, éste presenta variaciones en función de la época del año y la etapa fenológica de la planta (Arrizon et al., 2010). La supervivencia de plantas de *Agave durangensis* de 16 meses de edad producidas en bolsas de polietileno y a raíz desnuda después de 158 días posteriores a la segunda evaluación, fue del 99.45 %. Este excelente porcentaje de supervivencia total indica que las dos formas de producción de plantas de agave cenizo en vivero son adecuadas para producir individuos de calidad morfológica para establecer plantaciones en terrenos agrícolas en la Región de los Llanos presentando un crecimiento inicial adecuado después de 5 meses de su plantación en campo.

## CONCLUSIONES

- Los dos sistemas de producción de planta de agave cenizo en vivero producen plantas de alta calidad morfofisiológica con altas tasas de supervivencia.
- Las plantas cultivadas en BGR presentaron los valores promedio más altos en los parámetros el diámetro de roseta, altura, número de hojas expandidas y ancho de hoja, a excepción del contenido de azúcares (°Brix).
- Las plantas producidas en acolchado plástico a la intemperie a RD presentaron el promedio más alto del contenido de azúcares (°Brix), obteniendo el segundo lugar en los valores promedio de las demás variables evaluadas.
- Los dos sistemas de producción de planta de agave en vivero son adecuados para producir planta de agave de calidad, dependerá de los recursos materiales y financieros de cada producción la selección de uno u otro.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo al proyecto: INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA LA RESTAURACIÓN AGROECOLÓGICA DE TIERRAS MARGINALES EN ECOSISTEMAS SEMIÁRIDOS DEL NORTE-CENTRO DE MÉXICO, financiado con recursos fiscales del INIFAP.

## REFERENCIAS

- Adams, R. M., Hurd, B. H., Lenhart, S., & Leary, N. (1998). Effects of global climate change on agriculture: an interpretative review. *Climate research*, 11(1), 19-30.
- Arrizon, J., S. Morel, A. Gschaedler, and P. Monsan. (2010). Comparison of the water-soluble carbohydrate composition and fructan structures of Agave tequilana plants of different ages. *Food Chem.* 122: 123-130. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.02.028>.
- Bautista-Justo, M; García-Oropeza, L; Salcedo-Hernández, R; Parra-Negrete, L. (2001). Azúcares en agaves (Agave tequilana Weber) cultivados en el estado de Guanajuato. *Acta Universitaria*, (1): 33-38.
- Cifuentes Díaz de León, Armando (2013). evaluación del contenido de azucares en piñas de agave mezcalero producido en la región s.e. de Durango. [https://sappi.ipn.mx/cgpi/archivos\\_anexo/20060256\\_2900.pdf](https://sappi.ipn.mx/cgpi/archivos_anexo/20060256_2900.pdf)
- Eguiarte, LE; Jiménez, OA; Aguirre, E; Scheinvar, E; Gámez, N; Gasca, J; Castellanos, G; Moreno, A; Souza, V. (2020). Evolutionary ecology of Agave: distribution patterns, phylogeny, and coevolution (an homage to Howard S. Gentry). *American Journal of Botany* 108: 216-232. DOI: 10.1002/ajb2.1609
- Iñiguez, C., T. Díaz, D. Sanjuan, H. Anzaldo y M. Rowell. (2001). Utilization of by-products from the tequila industry. Part 2: potential value of Agave tequilana Weber azul leaves. *Bioresour Technology* 77: 101-108.
- Judd L. A., B. E. Jackson and W. C. Fonteno (2015) Advancements in root growth measurement technologies and observation capabilities for container-grown plants. *Plants* 4:369-392, <https://doi.org/10.3390/plants4030369>
- García-Rodríguez, J. L., J. Á. Sigala-Rodríguez, H. Sarmiento-López, J. C. Monárrez-González. 2022. Producción de planta y establecimiento de plantaciones comerciales de Agave durangensis Gentry. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Folleto Técnico No. 128. Durango, Dgo., México. 62 p.

- Merlín-Bermudes, E. y Monárrez-González, J. C. 2012. Producción de planta de maguey en vivero. En: Monárrez-González, J. C. y García-Espino, G. (Comp.) Producción de planta forestal del semiárido en condiciones protegidas. Centro de Investigación Norte-Centro, Campo Experimental Valle del Guadiana. CIRNOC-INIFAP-Durango. pp. 33-51.
- Madrid-Aispuro, R. E., Prieto-Ruíz, J. Á., Hernández-Díaz, J. C., Aldrete, A., Wehenkel, C., & Chávez-Simental, J. A. (2021). Crecimiento de *Pinus cembroides* Zucc. en vivero y campo producido en diferente tipo de contenedor. *Revista fitotecnia mexicana*, 44(3), 435-442.
- Rosales M. S., V. Bustamante G., y J. A. Sigala R. (2013). Producción y trasplante de planta de Agave en vivero. Folleto Técnico N° 70. Campo experimental Valle del Guadiana-INIFAP.Durango. Dgo. 43 p.
- Rosales-Serna, R; Ríos-Saucedo, J C; Rodríguez-Vargas, J H; Nava-Berumen, A; Sierra-Zurita, D; Santana-Espinoza, S; Rosales-Mata, S. (2024). Crecimiento y acumulación de azúcares en maguey cenizo cultivado en plantaciones comerciales con fertilización temprana. *Agrofaz*. 4:41-48.
- Zavala, M., Nava,P. (2017,). Los residuos de agave como factor de corrosión del suelo donde se vierten. *Revista del Desarrollo Tecnológico*, Vol.1 No.2, 11-24 pp.



## EVALUACIÓN DEL EXTRACTO DE *SARGASSUM SPP* EN LA GERMINACION DE SEMILLAS DE TOMATE

Hermosillo A. M. C.<sup>1</sup>; Guillén E. R. R.<sup>1</sup>; Peña R. B. P.; González A. R.<sup>1</sup>; Preciado R. P.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez s/n, Colonia Valle Verde, 27054. Torreón, Coahuila, México. \*Autor para correspondencia: [ppreciado@yahoo.com.mx](mailto:ppreciado@yahoo.com.mx)

### RESUMEN

Las algas marinas, especialmente las pardas del género *Sargassum spp.*, son utilizadas en agricultura debido a sus propiedades bioestimulantes. Este estudio investiga el impacto del extracto de *Sargassum spp.* en la germinación, vigor y peso fresco de semillas de tomate. Se evaluaron cuatro concentraciones de extractos líquidos de alga *Sargassum spp.* (ELAS); 0.5, 1.5, 2.5 y 3.5%. Aunque no se observaron diferencias significativas en germinación y vigor, se registró un incremento significativo del 26% en el peso fresco de las plántulas con una concentración de 1.5% de extracto. Estos hallazgos sugieren que los extractos de algas marinas son una estrategia prometedora para estimular la germinación y el crecimiento de semillas de tomate.

**Palabras clave:** Algas marinas, bioestimulantes, germinación

### ABSTRACT

Marine algae, particularly brown algae from the genus *Sargassum spp.*, are used in agriculture due to their biostimulant properties. This study investigates the impact of *Sargassum spp.* extract on the germination, vigor, and fresh weight of tomato seeds. Four concentrations of liquid extracts from *Sargassum spp.* (LEAS) were evaluated: 0.5%, 1.5%, 2.5%, and 3.5%. Although no significant differences were observed in germination and vigor, a significant 26% increase in seedling fresh weight was recorded at a 1.5% extract concentration. These findings suggest that marine algae extracts are a promising strategy for stimulating the germination and growth of tomato seeds.

**Key words:** Marine algae, biostimulants, germination

## INTRODUCCIÓN

Las algas marinas, y en particular las algas pardas del género *Sargassum spp.*, se están utilizando en la agricultura debido a sus propiedades bioestimulantes. Un bioestimulante se define como cualquier sustancia o microorganismo que, al aplicarse a las plantas, es capaz de mejorar la absorción y asimilación de nutrientes, la tolerancia a estrés biótico y abiótico, o alguna característica agronómica (García, 2017). Los extractos de algas pardas son conocidos por su diversidad de vitaminas, carotenoides, fenoles, fitohormonas, proteínas, aminoácidos y azúcares, los cuales incrementan tanto el rendimiento como la calidad de los cultivos (Abbas *et al.*, 2020; Espinosa-Antón *et al.*, 2020). También se ha observado que los extractos de *Sargassum spp.* promueven la resistencia a situaciones de estrés (Hussain *et al.*, 2021) y, además, estos extractos son ricos en minerales esenciales como nitrógeno y potasio, similares a los presentes en fertilizantes orgánicos, convirtiéndolos en una alternativa sostenible para reducir el uso de productos químicos en la agricultura (N'Yeurt y Lese, 2015).

Estas algas contienen sustancias promotoras del crecimiento como auxinas, polisacáridos, fitohormonas y ácido giberélico (González-Pérez *et al.*, 2022). Los polisacáridos mejoran los indicadores físicos y químicos del tomate, las fitohormonas promueven la elongación del tallo y la germinación de la semilla, las auxinas regulan el crecimiento y desarrollo de las plantas, y el ácido giberélico activa las enzimas hidrolíticas que favorecen el proceso de germinación.

Estudios han demostrado el potencial bioestimulante de los productos derivados de *Sargassum spp.*, por ejemplo, Kumari *et al.* (2011) observaron que extractos de *Sargassum johnstonii* en cultivos de tomate aumentaron significativamente el crecimiento de las raíces y el peso de los frutos, además de incrementar los niveles de fenoles, licopeno y ácido ascórbico en los frutos. Dado que la germinación es la fase más crítica en el ciclo de vida de una planta, determinante para su desarrollo y productividad final, resulta fundamental explorar estrategias que mejoren este proceso, particularmente en cultivos de alta importancia económica como el tomate. La producción de tomate (*Solanum lycopersicum*) es de gran relevancia a nivel mundial, debido a su alto consumo y valor nutricional, siendo una fuente rica en vitaminas y antioxidantes (SAGARPA, 2017).

En este estudio, se evaluará el impacto fisiológico del extracto de *Sargassum spp.* en semillas de tomate, en variables como la germinación, vigor y peso fresco.

## MATERIALES Y METODOS

### Localización y descripción del sitio experimental

Este estudio se realizó en el laboratorio de Ciencias Básicas ubicado dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, localizada en Periférico y Carretera a Santa Fe s/n, Torreón, Coahuila, México.

### Preparación de extractos líquidos de alga *Sargassum spp.*

Se utilizó alga *Sargassum spp.* pulverizada, donada por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Saltillo. La elaboración de los extractos se realizó utilizando la metodología reportada por Sariñana-Aldaco *et al.* (2021). Se preparó una solución con una proporción de 1:20 (1 g de alga por cada 20 mL de etanol al 50%). Dicha solución se dejó hirviendo durante una hora, transcurrido el tiempo, se exprimió y se filtró utilizando un paño de muselina. El extracto obtenido es la solución stock que sirvió para preparar diferentes concentraciones (Bhosle *et al.*, 1975). Se evaluaron cuatro concentraciones de extractos líquidos de alga *Sargassum spp.* (ELAS); 0.5, 1.5, 2.5 y 3.5%.

### Material vegetal

El material vegetativo que se utilizó fue semilla de tomate del tipo Saladette. Para el desarrollo del trabajo experimental se siguieron las indicaciones de García-González & Sommerfeld (2015), cada una de las concentraciones de ELAS se replicó 20 veces con 10 semillas por cada replicación. Se esterilizó la superficie de las semillas con 10 mL de solución de hipoclorito de sodio al 5 % durante 10 minutos, se enjuagaron dos veces con agua destilada, para después ser transferidas a cajas Petri y se empaparon con 10 mL de la respectiva solución de cada tratamiento durante 24 horas. Una vez transcurridas las 24 horas, las semillas que se encontraban embebidas con cada uno de los tratamientos fueron transferidas a cajas Petri. Se colocaron 10 semillas en cada una de las cajas sobre un papel filtro previamente humedecido. Las cajas con sus respectivos tratamientos se colocaron dentro de un cuarto donde tuvieron un ciclo de día/noche de 12 h, a  $25 \pm 2$  °C

respectivamente, con 60% de humedad relativa (Li *et al.*, 2019). El experimento tuvo una duración de 14 días que es el periodo promedio de germinación del tomate.

## Variables evaluadas

### Germinación

Se registró el número de semillas que germinaron en cada caja Petri 14 días después de sembrar. Para calcular el porcentaje se usó la siguiente fórmula:

$$\text{Germinación} = (\text{número de semillas germinadas} / \text{número total de semillas incubadas}) \times 100$$

### Vigor de semilla

Se recopiló información de las semillas que germinaron (plántulas con raíces bien desarrollados, alcanzando en promedio una longitud total de 2 cm). Para calcular el vigor de la semilla, el resultado se expresa en porcentaje utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{vigor de semilla} = (\text{plántulas normales} / \text{número de semillas incubadas}) \times 100$$

### Peso fresco

Se registró el peso fresco del brote y la raíz en una balanza analítica para determinar el valor de la biomasa fresca y se reporta en miligramos por germinado (Martínez *et al.*, 2019).

### Análisis estadístico

El experimento se realizó mediante un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y 20 repeticiones. Los resultados obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza y la comparación de medias con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.5$ ) utilizando el paquete estadístico SAS versión 9.0 (Statistical Analysis System Institute).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Germinación y Vigor de semilla

El análisis de varianza de germinación y vigor de semillas tras la aplicación de extracto de *Sargassum spp.* no mostró diferencias significativas en las concentraciones evaluadas (Tabla 1). Los resultados de este estudio concuerdan con investigaciones previas que

indican que la aplicación de extractos de algas marinas, como *Sargassum spp.*, puede no generar diferencias significativas en la germinación y vigor de las semillas a ciertas concentraciones (Pérez-Madruga *et al.*, 2020; Mzibra *et al.*, 2021). Esto sugiere que, aunque los extractos de algas tienen potencial como bioestimulantes, su efectividad puede depender de factores como la especie de planta, las condiciones ambientales y la concentración utilizada (Demir *et al.*, 2006; Martínez-González *et al.*, 2022). Además, se ha reportado que, en algunos casos, concentraciones más bajas de extractos pueden ser más efectivas para promover la germinación y el crecimiento inicial de las plántulas, mientras que concentraciones más altas podrían no mostrar mejoras significativas o incluso tener efectos adversos (Hernández-Herrera *et al.*, 2013).

**Tabla 1. Efecto de la aplicación de extracto de *Sargassum spp.*, sobre % de germinación y % de vigor en las semillas de tomate.**

Tratamiento	Germinación %	Vigor %
Control	8.5 ± 0.52 a	8.2 ± 0.91 a
0.5	8.4 ± 1.17 a	8.4 ± 1.17 a
1.5	8.8 ± 1.47 a	8.3 ± 1.63 a
2.5	8.7 ± 0.94 a	8.5 ± 1.08 a
3.5	8.3 ± 1.41 a	8.4 ± 1.34 a

**\*Medias con la misma letra en columnas adyacentes son similares estadísticamente ( $P \leq 0.05$ ).**

### Peso fresco

Entre los diferentes tratamientos, la aplicación de extracto de *Sargassum spp.* afectó significativamente el peso fresco. Con la concentración de 1.5%, obtuvo el mayor incremento superando un 26 % al control (Figura 1). Estos resultados coinciden con los hallazgos de Martínez-González *et al.* (2022), quienes observaron que la aplicación de extracto de *Sargassum fluitans* tuvo un efecto positivo significativo en el peso fresco de las plántulas de tomate, con una concentración del 1.5% del extracto se estimuló el crecimiento de las radículas tanto en condiciones normales como en condiciones de salinidad. Este aumento en el crecimiento puede atribuirse a la presencia de fitohormonas y nutrientes en el extracto, que estimulan procesos metabólicos esenciales para el desarrollo de las plantas (Sasikala *et al.*, 2016). Hernández-Herrera *et al.* en el 2013, también reportó que la aplicación de extracto de *Sargassum liebmannii* a una concentración de 1.0% resultó en un aumento notable en el peso fresco de las plántulas, superando al grupo de control.

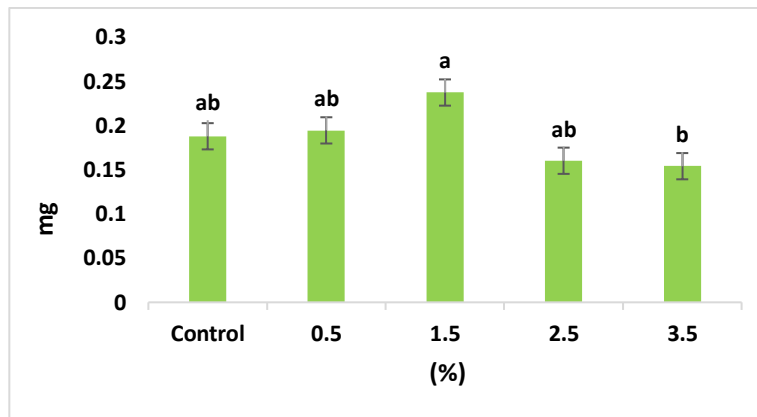


Figura 1. Efecto de la aplicación de extracto de *Sargassum* spp., sobre el peso fresco de los brotes de tomate. \*Medias con la misma letra en columnas adyacentes son similares estadísticamente ( $P \leq 0.05$ ).

## CONCLUSIONES

La aplicación de extracto de *Sargassum* spp. no afectó la germinación o el vigor de las semillas de tomate, pero sí el peso fresco. Los extractos líquidos de algas marinas resultaron más efectivos cuando se aplicaron en bajas concentraciones en comparación con altas, siendo la concentración de 1.5% del extracto de *Sargassum* spp la que mostró un mejor resultado en el peso fresco. Estos resultados sugieren que el uso de algas marinas como bioestimulantes favorecen la germinación y el crecimiento de las semillas del tomate.

## REFERENCIAS

- Abbas, M.; Anwar, J.; Zafar-Ul-Hye, M.; Khan, R.I.; Saleem, M.; Rahi, A.A.; Danish, S. & Datta, R. (2020). Effect of seaweed extract on productivity and quality attributes of four onion cultivars. *Horticulturae* 6: 28.
- Bhosle, N.B.; Untawale, A.G. & Dhargalkar, V.K. (1975). Effect of seaweed extract on the growth of *Phaseolus vulgaris* L. *Indian J Mar Sci* 4:209–210.
- Demir, N., Dural, B., & Yildirim, K. (2006). Effect of seaweed suspensions on seed germination of tomato, pepper and aubergine. *Journal of Biological Sciences*, 6(6), 1130-1133.
- Espinosa-Antón, A.; Hernández-Herrera, R. & González-González, M. (2020). Bioactive seaweed extracts as biostimulants of growth and protection of plants. *Biotecnología Vegetal*, 20(4), 257-282.
- García, S. D. (2017). Bioestimulantes Agrícolas, Definición, Principales Categorías y Regulación a Nivel Mundial. Serie Nutrición Vegetal Núm. 94. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.
- García-González, J. & Sommerfeld, M. (2015). Biofertilizer and biostimulant properties of the microalga *Acutodesmus dimorphus*. *Journal of Applied Phycology*.

- González-Pérez, B.K.; Rivas-Castillo, A.M.; Valdez-Calderón, A. (2022). Microalgae as biostimulants: a new approach in agriculture. *World J Microbiol Biotechnol* 38,4.
- Hernández-Herrera, R. M., Santacruz-Ruvalcaba, F., Ruiz-López, M. A., Norrie, J., & Hernández-Carmona, G. (2013). Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Applied Phycology*, 26(3), 1231-1240.
- Hussain, H.I., Kasinadhuni, N. & Arioli, T. (2021). The effect of seaweed extract on tomato plant growth, productivity and soil. *J Appl Phycol* 33, 1305–1314.
- Kumari, R.; Kaur, I. & Bhatnagar, A.K. (2011). Effect of aqueous extract of *Sargassum johnstonii* Setchell & Gardner on growth, yield and quality of *Lycopersicon esculentum* Mill. *Journal of Applied Phycology* 23: 623-633
- Li, R.; He, J.; Xie, H.; Wang, W.; Bose, S. K.; Sun, Y.; Hu, J. & Yin, H. (2019). Effects of chitosan nanoparticles on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Int. J. Biol. Macromol.* 126(1):91-100
- Martinez, B. M. E.; Brown, A. & Coria, C. (2019). Contenido de hierro, calcio y magnesio durante el proceso de producción de germinados de lentejas (*lens culinaris*) bajo cultivo aeropónico. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. Tesis de Licenciatura en Bromatología. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina.
- Martínez-González, L., Pérez-Domínguez, G., López-Padrón, I., Reyes-Guerrero, Y., & Núñez-Vázquez, M. (2022). Efecto de diferentes concentraciones del extracto acuoso de sargazo en la germinación de semillas de tomate cv. Mariela. *Cultivos Tropicales*, 43(2), e11.
- Mzibra A, Aasfar A, Benhima R, Khouloud M, Boulif R, Douira A, et al. Biostimulants derived from moroccan seaweeds: seed germination metabolomics and growth promotion of tomato plant. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2021;40(1):353–70.
- Nanda, M; Kumar, K; Kumar, V; Vlaskin, M; Pankaj Gautam, Vivekanand Bahuguna, PK Chauhan. (2021). Micro-pollutant Pb(II) mitigation and lipid induction in oleaginous microalgae *Chlorella sorokiniana* UUIND6. *Environmental Technology & Innovation*. Volume 23. ISSN 2352-1864
- N'Yeurt, A.D.R. & Lese, V. (2015). The proliferating brown alga *Sargassum polycystum* in Tuvalu, South Pacific: assessment of the bloom and applications to local agriculture and sustainable energy. *Journal of Applied Phycology* 27: 2037-2045.
- Pérez-Madruga Y, López-Padrón I, Reyes-Guerrero Y. Las Algas como alternativa natural para la producción de diferentes cultivos. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2020;41(2).
- Sariñana-Aldaco, O.; Benavides-Mendoza, A.; Juárez-Maldonado, A.; Robledo-Olivo, A.; Rodríguez-Jasso, R. M.; Preciado-Rangel, P. & Gonzalez-Morales, S. (2021). Efecto de extractos de *Sargassum spp.* en el crecimiento y antioxidantes de plántulas de tomate. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2), e2814
- Sasikala M, Indumathi E, Radhika S, Sasireka R. Effect of seaweed extract (*Sargassum tenerrimum*) on seed germination and growth of tomato plant. *International Journal of ChemTech Research* [Internet]. 2016;9(09):285–93.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2017. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Jitomate Mexicano. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257077/Potencial-Jitomate.pdf>

## EVALUACION DE GENOTIPOS DE CHILE SERRANO PARA LA PLANICIE HUASTECA POTOSINA CICLO O-I 2023-2024

Bautista-P. C. E.\*; Ramírez-M. M.; Méndez-A. R.

Campo Experimental Las Huastecas-INIFAP, Carr. Tampico-Mante Kilómetro 55, C.P. 89610,  
Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tam.

\*Autor de correspondencia: [bautista.cristobal@inifap.gob.mx](mailto:bautista.cristobal@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

En 2023 se sembraron en México 165,226.42 ha de chile, con un rendimiento promedio de 19.97 t ha<sup>-1</sup>. Los estados con mayores rendimientos promedios fueron: Coahuila, Sinaloa, Baja California Sur, Querétaro, Sonora, Baja California y Colima, los cuales oscilaron de 35 a 65.07 t ha<sup>-1</sup>. En contraste, San Luis Potosí registró una producción promedio de 13.23 t ha<sup>-1</sup>. Es por ello que en el presente trabajo se evaluaron diferentes genotipos de chile generados por el INIFAP y empresas de semillas para determinar la adaptabilidad y el potencial de rendimiento bajo campo abierto en la Planicie Huasteca Potosina. El diseño utilizado fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones; la parcela experimental fue formada por tres camas de 1.60 m de ancho y 5 m de longitud, el cultivo se estableció a doble hilera sobre la cama, con una separación entre hileras de 35 cm, y entre plantas a 40 cm. Se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) para la mayoría de las variables analizadas en la fuente de variación de genotipos, excepto para las variables número de ramas primarias, número de lóculos y grosor de pericarpio. En la prueba de medias el genotipo Súper Llanero fue superior a los demás genotipos en longitud de fruto, diámetro de fruto, peso de fruto y principalmente en el rendimiento con 97.8 t ha<sup>-1</sup>. Para producción total de fruto, destacaron los genotipos Don Lalo, Coloso, y Serrano 2030, los cuales presentan buenas características de calidad de fruto y son buenas alternativas para la región.

**Palabras claves:** *Capsicum annuum* L., Genotipos, Rendimiento.

### ABSTRACT

In 2023, approximately 165,226.42 ha of peppers planted in Mexico, with an average yield of 19.97 t ha<sup>-1</sup>. The states with the highest average yields: Coahuila, Sinaloa, Baja California Sur, Querétaro, Sonora, Baja California and Colima, which ranged from 35 to 65.07 t ha<sup>-1</sup>. San Luis Potosí, on the other hand, recorded an average production of 13.23 t ha<sup>-1</sup>. For this reason, different bell pepper genotypes generated by INIFAP and seed companies evaluated to determine their adaptability and yield potential under open field conditions in the Planicie Huasteca Potosina. Three beds of 1.60 m wide formed the experimental parcel and 5 m long, the crop established in double rows on the bed, with a spacing between rows of 35 cm, and between plants at 40 cm. Significant differences ( $P \leq 0.01$ ) found for most of the variables analyzed in the source of variation of genotypes, except for the variables number of primary branches, number of locules and pericarp thickness. In the mean test, the Super Llanero genotype was superior to the other genotypes in fruit length, fruit diameter, fruit weight and mainly in yield with 97.8 t ha<sup>-1</sup>. For total fruit production, the genotypes Don Lalo, Coloso, and Serrano 2030 stood out, which have good fruit quality characteristics and are good alternatives for the region.

**Key words:** *Capsicum annuum* L., Genotypes, Yield.



## INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annum* L.) es uno de los productos hortícolas más importantes en México, el cual contiene diferentes niveles de compuestos bioactivos incluyendo flavonoides, fenoles, carotenoides, vitaminas, y alcaloides dependiendo de la variedad y el tipo de chile (Rosa *et al.*, 2002).

En 2023 se sembraron en México 165,226.42 ha de chile, con un rendimiento promedio de 19.97 t ha<sup>-1</sup>. Los estados con mayores rendimientos promedios fueron: Coahuila, Sinaloa, Baja California Sur, Querétaro, Sonora, Baja California y Colima, los cuales oscilaron de 35 a 65.07 t ha<sup>-1</sup>. En contraste, San Luis Potosí registró una producción promedio de 13.23 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2023). Los altos rendimientos de chile se deben principalmente al uso de cultivares mejorados, control del régimen hídrico y la nutrición.

Es por ello con la introducción de nuevos genotipos chile se puede incrementar la competitividad de la cadena de valor del chile serrano, mediante la utilización de material genético con mejores características y adaptabilidad en la región de la Planicie Huasteca Potosina. Los objetivos del presente trabajo fueron evaluar diferentes genotipos de chile generados por el INIFAP y empresas productoras de semillas para determinar la adaptabilidad y el potencial de rendimiento bajo campo abierto.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo durante el ciclo Otoño-Invierno (O-I) 2023-2024 en el Sitio Experimental Ébano-INIFAP, ubicado en el km 67 Carretera Ciudad Valles-Tampico, Municipio de Ébano, San Luis Potosí. Las coordenadas geográficas son 22° 12' 00" N y 98° 23' 26" O, a 55 msnm (SMN, 2010). El tipo de clima se clasifica como Aw0, cálido subhúmedo con lluvias en verano. La precipitación media anual es de 852.2 mm. Los genotipos evaluados fueron: Catan, Centauro, Chiser 21-20-1, Chiser 24 (Altamira), Chiser 25 (Panuco), Chiser 74-17-3, Chiser 74-2-4, Chiser 74-26-4, Chiser 74-27-4, Chiser 74-5-1, Feroz, Tampiqueño 74, Coloso, Comisario, Don Lalo, Escobar, HS-44, HS-52, Serrano 2030 y Súper Llanero.

El diseño utilizado fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones; la parcela experimental fue formada por tres camas de 1.60 m de ancho y 5 m de longitud, el cultivo se estableció a doble hilera sobre la cama, con una separación entre hileras de 35 cm, y entre plantas a 40 cm, el experimento se desarrolló con sistema de riego por goteo y fertirrigación; la distribución de la nutrición, así como el manejo agronómico del cultivo fue de acuerdo al paquete tecnológico generado por el INIFAP. Las variables medidas fueron: floración (FLO), altura de planta a inicio de floración (ALTPINF); altura de planta final (ALTPFIN); cobertura de planta (COBP), número de ramas primarias (NRPRI), longitud del fruto (LF); diámetro del fruto (DF); peso de fruto (PFRU), grosor de pericarpio (GPER); número de lóculos (NLOC) y rendimiento (REND). Los datos obtenidos de las variables medidas fueron analizados bajo un diseño de bloques completos al azar, usando el procedimiento GLM de SAS (SAS Institute 9.4).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) para la mayoría de las variables analizadas en la fuente de variación de genotipos, excepto para número de ramas primarias, número de lóculos y grosor de pericarpio, (Cuadro 1A y 1B). Las divergencias que se presentaron pudieran deberse a la constitución genética específica en cada genotipo, como consecuencia de la evolución que han presentado para adaptarse y sobrevivir a las diferentes condiciones geográficas. Estos resultados coinciden con [Ornelas-Ramírez et al. \(2021\)](#), quienes reportaron diferencias significativas en todos los caracteres evaluados de tres especies de *Capsicum*. Lo anterior, es un indicativo de la variabilidad que existe en los rasgos morfológicos, lo cual es de vital importancia para identificar genotipos sobresalientes en cuanto a porte de planta y rendimiento.

**Cuadro 1A.** Cuadrados medios del análisis de varianza general de las variables agronómicas de 20 genotipos de chile serrano, evaluados durante el ciclo O-I 2023-2024.

F.V.	GL	FLO (días)	ALTPIN (cm)	ALTPFIN (cm)	COBP (cm)	NRPRI
<b>Genotipos</b>	19	177.565**	671.055**	608.979**	391.416**	3.297
<b>Bloque</b>	3	1.713	9.297	207.648	812.579**	12.129*
<b>Error</b>	57	7.897	47.277	241.561	133.944	2.958
<b>C.V.</b>		2.909	10.222	17.638	14.689	18.900
<b>R<sup>2</sup></b>		0.882	0.826	0.470	0.564	0.370

\*: Significativo al 0.05; \*\*: Significativo al 0.01; F.V.: Fuente de variación; GL: Grados de libertad; C.V.: Coeficiente de variación; R<sup>2</sup>: R cuadrada; FLO: floración; ALTPIN: altura de planta a inicio de floración; ALTPFIN: altura de planta final; COBP: cobertura de planta; NRPRI: Numero de ramas primarias.

**Cuadro 1B.** Cuadrados medios del análisis de varianza general de las variables agronómicas de 20 genotipos de chile serrano, evaluados durante el ciclo O-I 2023-2024.

F.V.	GL	LF (cm)	DF (cm)	NLOC	GPER (mm)	PFRU (g)	REND (t ha <sup>-1</sup> )
<b>Genotipos</b>	19	3.482**	0.035**	0.166	0.001	32.127**	638.908**
<b>Bloque</b>	3	0.100	0.005	0.039	0.001	1.782	29.247
<b>Error</b>	57	0.104	0.011	0.212	0.001	1.481	67.733
<b>C.V.</b>		3.851	6.058	16.056	7.265	8.602	11.956
<b>R<sup>2</sup></b>		0.918	0.521	0.212	0.343	0.879	0.760

\*: Significativo al 0.05; \*\*: Significativo al 0.01; F.V.: Fuente de variación; GL: Grados de libertad; C.V.: Coeficiente de variación; R<sup>2</sup>: R cuadrada; LF: Longitud de frutos; DF: Diámetro de fruto; NLOC: Numero de lóculos; GPER: Grosor de pericarpio; PFRU: Peso del fruto; REND: Rendimiento.

En los cuadros 2A y 2B se muestran la comparación de medias de las variables registradas de los 20 genotipos de chile serrano, donde se observó que el genotipo Serrano 2030 y Escobar fueron los más precoces con 86.8 y 87 días mientras que el más tardío fue el Chiser 74-27-4 con 107 días, en altura de planta a inicio de floración los de mayor altura fueron Chiser 74-27-4 y Chiser 74-26-4 con 86.9 y 90 cm, mientras que el de menor altura fue el Serrano 2030 con 44.6 cm. En altura de planta final el genotipo Chiser 74-17-3 presentó la mayor altura de 122.4 mientras que los de menor altura fueron Escobar, Catan,

Serrano 2030, y Feroz con alturas de 61.2 a 78.2 cm; para cobertura de planta todos los materiales presentaron coberturas similares, solo dos materiales tuvieron menos cobertura que fueron Catan y Serrano 2030 con 51.2 y 64.6 cm. En longitud de fruto el material Súper Llanero presento una longitud de 10.4 cm mientras que el de menor longitud fue el Chiser 21-20-1 con 6.9 cm; para diámetro de fruto de la misma forma el material Súper Llanero presento un diámetro de 1.9 cm y el de menor diámetro fue el Chiser 74-5-1 con 1.6 cm. En peso de fruto el genotipo Súper Llanero tuvo mayor peso de 21.3 g mientras que el de menor peso fue el HS-44 con 11.0 g. Una de las variables de mayor importancia en Chile serrano es el rendimiento, al respecto, el material que obtuvo la mayor producción fue el genotipo Súper Llanero con 97.8 t ha<sup>-1</sup>, mientras que el genotipo con menor rendimiento fue el híbrido Catán con 48.1 t ha<sup>-1</sup>; sin embargo, podemos destacar los genotipos Don Lalo, HS-52, Coloso y Serrano 2030 tuvieron rendimientos aceptables de 78.5 a 85.7 t ha<sup>-1</sup> y mostraron en las variables buen comportamiento.

**Cuadro 2A.** Medias de las variables agronómicas de 20 genotipos del cultivo de Chile serrano evaluados durante el ciclo O-I 2023-2024.

Genotipos	FLOR (días)	ALTPIN (cm)	ALTPFIN (cm)	COBPL (cm)	NRAM
Catan	91.0 gh	57.0 e-h	73.2 b	51.2 b	8.6 a
Tampiqueño 74	104.8 abc	80.3 abc	101.7 ab	84.5 a	9.6 a
Chiser 74-26-4	106.8 ab	86.9 a	84.2 ab	79.3 ab	9.5 a
Chiser 74-17-3	106.8 ab	82.1 ab	122.4 a	75.0 ab	9.4 a
Chiser 74-27-4	107.0 a	90.0 a	101.6 ab	88.2 a	8.3 a
Chiser 74-2-4	93.3 d-h	65.3 b-f	86.7 ab	87.2 a	10.3 a
Chiser 24 (Altamira)	99.5 b-e	76.6 a-d	86.7 ab	86.4 a	9.5 a
Chiser Feroz	90.0 gh	54.6 fgh	78.2 b	72.8 ab	9.3 a
Comisario	93.0 d-h	61.4 d-h	86.3 ab	69.3 ab	8.1 a
Chiser 25 (Panuco)	91.3 fgh	63.6 c-f	89.0 ab	87.3 a	10.1 a
HS-44	92.8 e-h	64.3 b-f	90.4 ab	74.3 ab	9.3 a
Chiser 74-5-1	99.3 cde	82.2 ab	94.7 ab	93.6 a	8.2 a
Escobar	87.0 h	45.3 hg	61.2 b	88.6 a	10.3 a
Centauro	93.5 d-h	59.7 d-h	90.7 ab	84.0 a	8.6 a
Chiser 21-20-1	104.0 abc	73.3 a-d	91.2 ab	79.0 ab	10.5 a
Serrano 2030	86.8 h	44.6 h	76.1 b	64.6 b	7.9 a
Coloso	98.5 c-f	63.1 c-g	93.2 ab	81.4 ab	7.4 a
HS-52	96.3 d-f	67.3 b-f	88.2 ab	80.5 ab	8.0 a
Don Lalo	100.3 a-d	72.1 a-f	84.4 ab	77.4 ab	9.4 a
Súper Llanero	90.8 gh	56.0 e-h	82.6 ab	71.3 ab	9.8 a

FLO: floración; ALTPIN: altura de planta a inicio de floración; ALTPFIN: altura de planta final; COBP: cobertura de planta; NRPR: Numero de ramas primarias. Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Variables con la misma letra no presentan diferencias significativas.

**Cuadro 2B.** Medias de las variables agronómicas de los 20 genotipos del cultivo de chile serrano, evaluados durante el ciclo O-I 2023-2024.

Genotipos	LFRU (cm)	DFRU (cm)	NLOC	GPER (mm)	PFRU (g)	REND (t ha <sup>-1</sup> )
Catan	9.6 bc	1.8 abc	2.8 a	0.31 a	17.3 bcd	48.1 f
Tampiqueño 74	7.8 f-i	1.7 abc	3.0 a	0.33 a	12.3 fgh	50.9 ef
Chiser 74-26-4	8.6 def	1.7 abc	3.1 a	0.32 a	12.5 fgh	55.5 def
Chiser 74-17-3	8.2 e-i	1.7 abc	3.0 a	0.30 a	11.4 gh	55.7 def
Chiser 74-27-4	7.5 hij	1.7 abc	2.7 a	0.32 a	11.7 gh	56.4 def
Chiser 74-2-4	8.6 def	1.7 abc	2.4 a	0.34 a	13.0 e-h	61.2 c-f
Chiser 24 (Altamira)	7.6 g-j	1.8 abc	3.0 a	0.32 a	14.2 d-h	61.7 c-f
Feroz	7.9 f-i	1.7 abc	2.6 a	0.30 a	13.2 e-h	65.3 b-f
Comisario	8.0 f-i	1.6 abc	2.8 a	0.30 a	12.8 fgh	68.2 b-f
Chiser 25 (Panuco)	7.8 f-i	1.6 bc	2.8 a	0.33 a	11.3 gh	68.3 b-f
HS-44	7.4 ij	1.6 bc	3.1 a	0.33 a	11.0 h	68.3 b-f
Chiser 74-5-1	7.8 f-i	1.6 c	3.0 a	0.34 a	12.2 fgh	69.5 b-f
Escobar	10.3 ab	1.9 ab	2.9 a	0.32 a	18.6 ab	71.7 b-e
Centauro	8.3 e-h	1.8 abc	2.9 a	0.32 a	14.4 d-g	73.7 bcd
Chiser 21-20-1	6.9 j	1.8 abc	2.8 a	0.33 a	11.6 hg	76.1 bcd
Serrano 2030	9.3 cd	1.8 abc	3.1 a	0.33 a	17.8 bc	78.5 abc
Coloso	8.1 f-i	1.9 abc	2.9 a	0.33 a	16.1 b-e	80.1 abc
HS-52	8.4 efg	1.8 abc	2.9 a	0.31 a	15.4 b-f	84.0 ab
Don Lalo	8.9 cde	1.8 abc	3.3 a	0.34 a	14.9 c-f	85.7 ab
Súper Llanero	10.4 a	1.9 a	2.6 a	0.35 a	21.3 a	97.8 a

LF: Longitud de frutos; DF: Diámetro de fruto; NLOC: Numero de lóculos; GPER: Grosor de pericarpio; PFRU: Peso del fruto; REND: Rendimiento. Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Variables con la misma letra no presentan diferencias significativas.

## CONCLUSIONES

El genotipo Súper Llanero presento la mayor longitud de fruto, diámetro de fruto, peso de fruto, grosor de pericarpio y el rendimiento que fue de 97.8 t ha<sup>-1</sup>, mientras que los materiales Don Lalo, HS-52, Coloso y Serrano 2030 tuvieron rendimientos aceptables de 78.5 a 85.7 t ha<sup>-1</sup>, y junto con Súper Llanero, son buenas opciones para los productores de chile serrano de la Planicie Huasteca Potosina.

## REFERENCIAS

- Ornelas-Ramírez, C.E., Hernández-Verdugo, S., Retes-Manjarrez, J.E., Valdez-Ortiz, A., Pacheco-Olvera, A., Osuna- Enciso, T., Porras, F. 2021. Phenotypic variation among and within three peppers species (*Capsicum*) from Mexico. *Phyton* 90: 259-275.
- Rosa, A., M. Deiana, V. Casu y S. Paccagninil. 2002. Antioxidant activity of capsaicinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 7396-7401.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT ® 9.1 User's Guide; SAS Institute Inc.: Cary, North Carolina, USA.
- SIAP, 2023. Cierre de Producción Agrícola 2023. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Consulta 07 de agosto de 2024. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.

## EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE MAÍZ Y SU COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO EN LA PLANICIE HUASTECA

Bautista-P. C. E.<sup>1</sup>; Hernández-M. R.<sup>2</sup>; Ledesma-M.<sup>3</sup>, A.; Hernández-M. J. A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Campo Experimental Las Huastecas-INIFAP, Carr. Tampico-Mante Kilómetro 55, C.P. 89610, Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tam; <sup>2</sup> Campo Experimental Río Bravo-INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61, C.P.88900, Río Bravo, Tam; <sup>3</sup> Campo Experimental Centro Altos de Jalisco-INIFAP. Carr. Tepatitlán-Lagos de Moreno km 8, C.P. 47600, Tepatitlán de Morelos, Jalisco; <sup>4</sup> Instituto Tecnológico de Altamira, Carr. Tampico-Mante km. 24.5, C.P. 89602, Sin Colonia, Altamira, Tam.

\*Autor de correspondencia: bautista.cristobal@inifap.gob.mx

### RESUMEN

México es el centro de origen y domesticación del maíz (*Zea mays* L.) en donde se generó gran diversidad de las variedades nativas, como consecuencia de los procesos de selección ejercidos por los pueblos prehispánicos, principales herederos, custodios y mejoradores del germoplasma nativo, por lo que en México los maíces mejorados satisfacen en buena medida las necesidades de la agroindustria en términos de rendimiento. Sin embargo, 80% de la superficie de maíz está sembrada con variedades nativas, producidas bajo un sistema de subsistencia o autoconsumo, por eso es necesario llevar a cabo evaluaciones de nuevos genotipos mejorados que nos permitan conocer el crecimiento, productividad y adaptación en la Planicie huasteca. El trabajo de investigación contempló 22 genotipos de maíz del INIFAP y seis genotipos de diferentes empresas productoras de semillas como testigos que fueron evaluados bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, la parcela experimental consistió en cuatro surcos de 5 m de longitud a una separación entre surcos de 0.80 m y el espaciamiento entre semillas fue de 20 cm. El rendimiento de grano osciló entre 5 y 7.9 t ha<sup>-1</sup>, los mayores rendimientos de grano se obtuvieron en los genotipos 34X33 y 22X1A con 7.9 t ha<sup>-1</sup> cada uno, superando a los seis testigos de híbridos comerciales de 0.3 a 2.9 t ha<sup>-1</sup>. Por lo general los genotipos evaluados estuvieron dentro del rango de precoces e intermedios, mientras que los dos genotipos 34X33 y 22X1A que fueron los que sobresalieron en el rendimiento de 7.9 t ha<sup>-1</sup> además de presentar buen aspecto de planta, por lo que sería interesante evaluarlos nuevamente para determinar la adaptabilidad en la Planicie Huasteca Potosina y ser liberados para la región.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., Adaptabilidad, Rendimiento.

### ABSTRACT

México is the center of origin and domestication of maize (*Zea mays* L.) where a great diversity of native varieties was generated as a consequence of the selection processes carried out by the pre-Hispanic peoples, who were the main heirs, custodians and breeders of the native germplasm, In Mexico, therefore, improved maize varieties satisfy to a large extent the needs of the agribusiness industry in terms of yield. However, 80% of the corn area is planted with native varieties, produced under a subsistence or self-consumption system, Therefore, it is necessary to carry out evaluations of new improved genotypes that will allow us to know the growth, productivity and adaptation in the Planicie Huasteca. The research work included 22 INIFAP corn genotypes and six genotypes from different seed companies as controls that were evaluated under a randomized complete block design with three replications, the experimental parcel consisted of four 5 m long rows at a row spacing of 0.80 m and the spacing between seeds was 20 cm. Grain yields ranged from 5 to 7.9 t ha<sup>-1</sup>, the highest grain yields were obtained in genotypes 34X33 and 22X1A with 7.9 t ha<sup>-1</sup>

each, superior to the six commercial hybrid controls from 0.3 to 2.9 t ha<sup>-1</sup>. In general, the genotypes evaluated were within the range of early and intermediate, while the two genotypes 34X33 and 22X1A were the ones that stood out in the yield of 7.9 t ha<sup>-1</sup> in addition to presenting good plant appearance, so it would be interesting to evaluate them again to determine their adaptability in the Planicie Huasteca Potosina and be released for the region.

**Keywords:** *Zea mays* L., adaptability, yield.

## INTRODUCCIÓN

México es el centro de origen y domesticación del maíz (*Zea mays* L.) (Matsuoka *et al.*, 2002), en donde se generó gran diversidad de las variedades nativas, como consecuencia de los procesos de selección ejercidos por los pueblos prehispánicos, principales herederos, custodios y mejoradores del germoplasma nativo (Fernández *et al.*, 2013). En México los maíces mejorados satisfacen en buena medida las necesidades de la agroindustria en términos de rendimiento. Sin embargo, 80% de la superficie de maíz está sembrada con variedades nativas, producidas bajo un sistema de subsistencia o autoconsumo (Sahagún *et al.*, 2008).

Por lo que el mejoramiento genético es un proceso dinámico que evalúa el rendimiento y otras características agronómicas de los cultivos, que varían de un año a otro, debido a que nuevos genotipos son incluidos en la evaluación, mientras que otros son eliminados por su pobre comportamiento. La situación de cultivos en ensayos regionales, resulta en una serie de datos desbalanceados que requieren análisis especial para aprovechar la información generada en el año de evaluación y utilizar metodologías estadísticas que permiten identificar genotipos superiores utilizando datos balanceados (Vera *et al.*, 2013). Por lo anterior, es necesario llevar a cabo evaluaciones previas a nivel experimental que nos permitan conocer el crecimiento y productividad de los diferentes genotipos de maíz que se adapten a la Planicie Huasteca.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó durante el ciclo otoño-invierno (O-I), 2023-2024. En el Sitio Experimental Ébano del INIFAP, ubicado en el km. 67 Valles-Tampico, las coordenadas geográficas son 22°10'8.5" N y 98°28'7.14" O a 55 msnm. El trabajo de investigación contempló 28 genotipos de maíz de los cuales 22 genotipos fueron generados por el INIFAP y seis materiales utilizados como testigos de diferentes empresas semilleras, a continuación, se mencionan las nomenclaturas de los genotipos: 1XT42, 2XT42, 5XT42, 6XT42, 7XT42, 9XT42, 10XT42, 27XT42, 27X31, 34X33, 11X3A, 12X3A, 16X3A, 17X3A, 19X3A, 20X3A, 21X1A, 22X1A, 23X1A, 26X1A, 28X29, 30X32, NK921-T1, NK881W-T2, NB940-T3, H443A-T4, P3076-T5, NK307-T6. El establecimiento del experimento se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, la parcela experimental consistió en cuatro surcos de 5 m de longitud a una separación entre surcos de 0.80 m y el espaciamiento entre semillas fue de 20 cm.

Las variables agronómicas evaluadas fueron: días a floración masculina (FM); días a floración femenina (FF); Asíncrona floral (ASI); mazorca (ALTM); Altura de planta (ALTP); Altura de la Acame de raíz (AR); Acame de tallo (AT); Aspecto de la planta (ASP); Mala cobertura de mazorca (MCOB); Prolificidad (PRO); Mazorcas sin daño de pudrición (MAZSD); Mazorcas con daño de pudrición (MAZCD) Rendimiento de grano (REND). Los datos de los 28 genotipos fueron analizados bajo un diseño de bloques completos al azar, usando el procedimiento GLM de SAS (2004) y se empleó la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de varianza general

El análisis de la varianza para las variables agronómicas que se obtuvieron en el cultivo de maíz indica los mejores genotipos con características adecuadas para la Planicie Huasteca, por lo que en genotipos en las variables días a floración femenina, floración masculina, asincronía, altura de planta, acame de tallo, mazorcas sin daño y mazorcas con daño se encontraron diferencias significativas al  $P \leq 0.01$  (Cuadros 1A y 1B), mientras que en altura de planta, mala cobertura y rendimiento se encontraron diferencias significativas al  $P \leq 0.05$ , estas diferencias puede atribuirse que son diferentes materiales introducidos a la región de la Huasteca, por lo consiguiente se procedió a realizar la prueba de media para verificar los genotipos más destacados en cuanto a las variables agronómicas medias.

**Cuadro 5A. Cuadros medios del análisis de varianza general de las variables agronómicas de genotipos de maíz, evaluados durante el ciclo O-I 2023-2024.**

F.V.	G L	FF (días)	FM (días)	ASI (días)	ALTM (cm)	ALTP (cm)	ASP
<b>Genotipos</b>	27	4.9**	8.0**	1.4**	98.1*	386.3**	0.6
<b>Bloque</b>	2	1.8	2.8	0.3	30.6	467.2**	2.6**
<b>Error</b>	54	0.9	1.3	0.7	49.9	90.2	0.4
<b>C.V.</b>		1.4	1.7	26.8	7.4	4.4	25.5
<b>R2</b>		0.7	0.7	0.5	0.5	0.7	0.5

\*\* : Significativo al 0.01; \* : significativo al 0.05; C.V.: Coeficiente de variación; F.V.: Fuente de variación; GL: Grados de libertad; FF: Floración femenina; FM: Floración masculina; ASI: Asincronía; ALTM: Altura de mazorca; ALTP: Altura de planta (ALTP); ASP: Aspecto de la planta.

**Cuadro 6B. Cuadros medios del análisis de varianza general de las variables agronómicas de genotipos de maíz, evaluados durante el ciclo O-I 2023-2024.**

F.V.	GL	AR (%)	AT (%)	MCOB (%)	MAZSD (%)	MAZCD (%)	PRO	REND (tha <sup>-1</sup> )
<b>Genotipos</b>	27	6.2	49.1**	6.3*	118.2**	109.1**	0.0	1.8*
<b>Bloque</b>	2	12.5	1.5	0.2	56.0	46.2	0.0	0.2
<b>Error</b>	54	4.1	18.3	2.9	41.6	39.6	0.0	1.0
<b>C.V.</b>		28.5	15.6	17.8	6.9	25.7	6.8	15.4
<b>R2</b>		0.5	0.6	0.5	0.6	0.6	0.4	0.5

\*\* : Significativo al 0.01; \* : significativo al 0.05; C.V.: Coeficiente de variación; F.V.: Fuente de variación; GL: Grados de libertad; AR: Acame de raíz; AT: Acame de tallo; MCOB: Mala cobertura; MAZSD: Mazorcas sin daño; MAZCD: Mazorcas con daño; PRO: Prolificidad; REND: Rendimiento.

### Prueba de medias

En la comparación de medias se puede observar que el híbrido NK307-T6 fue más precoz en floración femenina con 66.3 días y el más tardío fue el genotipo 2XT42; en floración masculina el genotipo 16X3A fue el más tardío con 70 días, mientras que el más precoz fue el testigo NK307-T6; el testigo NK921-T1 y el genotipo 7XT42 presentaron mejor sincronización de 0.3 días, mientras que el que difirió en más días fue el genotipo 21X1A; en altura de mazorca el material 6XT42 presentó la mayor altura de 106.4 cm y el de menor altura de mazorca fue el 27X31 con 82.6 cm; el de mayor altura fue el genotipo 32X33 y el de menor altura fue 27X3, todos los genotipos presentaron buen aspecto de planta, en cuanto enfermedades y porte (Cuadro 2A).

Cuadro 2A. Medias de las variables de respuesta de los genotipos de maíz, evaluados durante el ciclo O-I 2023-2024.

Genotipos	FF (días)	FM (días)	ASI (días)	ALTM (cm)	ALTP (cm)	ASP
34X33	68.7 a-e	67.3 a-f	1.3 ab	99.5 ab	242.7 a	1.3 a
22X1A	68.3 a-e	66.7 a-f	1.7 ab	99.2 ab	217.1 a-e	1.7 a
NK921-T1	67.7 cde	67.3 a-f	0.3 b	94.4 ab	224.1 a-d	2.0 a
12X3A	67.7 cde	65.0 def	2.7 ab	91.7 ab	211.1 bce	2.3 a
26X1A	69.3 a-e	68.0 a-e	1.3 ab	93.1 ab	220.3 a-e	2.0 a
6XT42	69.7 a-d	68.0 a-e	1.7 ab	106.4 a	219.7 a-e	2.7 a
5XT42	68.3 a-e	67.0 a-f	1.3 ab	96.3 ab	214.7 a-e	2.3 a
NB940-T3	68.3 a-e	67.3 a-f	1.0 ab	90.1 ab	224.3 a-d	2.3 a
NK881WT2	69.7 a-d	68.0 a-e	1.7 ab	89.3 ab	220.8 a-e	2.0 a
27XT42	68.7 a-e	67.7 a-f	1.0 ab	95.7 ab	212.5 a-e	2.0 a
20X3A	68.7 a-e	66.7 a-f	2.0 ab	99.0 ab	205.7 b-e	2.0 a
H443A-T4	67.7 cde	66.0 b-f	1.7 ab	97.1 ab	200.7 cde	2.7 a
19X3A	68.0 b-e	65.7 c-f	2.3 ab	94.4 ab	210.9 b-e	2.3 a
21X1A	67.7 cde	64.3 ef	3.3 a	85.3 ab	211.3 b-e	2.0 a
28X29	67.3 de	66.7 a-f	1.3 ab	95.3 ab	216.7 a-e	2.7 a
9XT42	69.3 a-e	68.0 a-e	1.3 ab	102.3 ab	225.0 abc	2.3 a
7XT42	69.7 a-d	69.3 abc	0.3 b	91.7 ab	192.2 e	2.0 a
2XT42	71.3 a	69.3 abc	2.0 ab	101.6 ab	225.1 abc	2.0 a
17X3A	68.3 a-e	67.0 a-f	1.3 ab	97.1 ab	206.7 b-e	3.0 a
16X3A	70.7 abc	70.0 a	0.7 ab	90.7 ab	194.5 de	3.0 a
23X1A	71.0 ab	69.0 abc	2.0 ab	96.9 ab	225.0 abc	2.7 a
27X31	70.0 a-d	69.3 abc	0.7 ab	82.6 b	207.0 b-e	2.7 a
1XT42	69.0 a-e	68.3 a-d	0.7 ab	104.4 ab	226.9 abc	2.7 a
11X3A	67.7 cde	65.7 c-f	2.0 ab	101.9 ab	230.3 abc	3.0 a
10XT42	71.0 ab	69.7 ab	1.3 ab	98.9 ab	233.9 ab	2.3 a
30X32	70.3 a-d	69.0 abc	1.3 ab	93.1 ab	218.5 a-e	3.0 a
NK307-T6	66.3 e	64.0 f	2.3 ab	85.7 ab	212.2 b-e	3.0 a
P3076-T5	70.3 a-d	69.7 ab	0.7 ab	96.6 ab	223.3 a-d	3.0 a

FF: Floración femenina; FM: Floración masculina; ASI: Asincronia; ALTM: Altura de mazorca; ALTP: Altura de planta (ALTP); ASP: Aspecto de la planta. Tukey, ( $P \leq 0.05$ ), Variables con la misma letra no presentan diferencias significativas.

En acame de raíz el material 27XT42 presentó el 6.9 % seguido por el 7XT42 con 3.1% de acame en comparación con el resto de materiales que oscilaron entre 0% y 2%; para acame de tallo el material 7XT42 presentó el 15.3% de acame seguido del material 2XT42 con 12.0% el resto de materiales tuvieron un porcentaje mínimo, en mala cobertura que es una variable importante debido a que de esto depende del daño que puede causar los pájaros o insectos al grano de maíz el genotipo 21X1A fue el que presentó mayor porcentaje de mala cobertura con el 5.6% de la misma manera este mismo genotipo presentó el menor porcentaje de mazorcas sin daño con 69.9% por ende fue el que presentó mayor daño del 30.1%, El rendimiento de grano osciló entre 5 y 7.9 t ha<sup>-1</sup>. Los mayores rendimientos de grano se obtuvieron en los genotipos 34X33 y 22X1A con 7.9 t ha<sup>-1</sup> cada uno superando a los seis testigos de híbridos comerciales (Cuadro 2B).



Cuadro 2B. Medias de las variables de respuesta de los genotipos de maíz, evaluados durante el ciclo O-I 2023-2024.

Genotipos	AR (%)	AT (%)	MCOB (%)	MAZB (%)	MAZM (%)	PRO	REND (t ha <sup>-1</sup> )
34X33	0.9 ab	0.0 b	1.0 ab	93.9 a	5.1 b	0.9 a	7.9 a
22X1A	0.0 b	0.0 b	0.0 b	93.9 a	6.1 b	1.0 a	7.9 a
NK921-T1	0.0 b	0.0 b	1.9 ab	97.2 a	2.8 b	1.0 a	7.6 ab
12X3A	0.0 b	0.9 b	1.0 ab	99.1 a	0.9 b	1.0 a	7.5 ab
26X1A	0.0 b	0.0 b	0.0 b	96.4 a	2.7 b	1.0 a	7.5 ab
6XT42	0.0 b	0.9 b	3.6 ab	92.7 a	7.3 b	1.0 a	7.4 abc
5XT42	0.0 b	3.9 ab	0.0 b	81.7 ab	17.4 ab	1.0 a	7.3 abc
NB940-T3	0.0 b	1.3 b	0.0 b	95.1 a	4.9 b	1.0 a	7.2 abc
NK881WT2	0.0 b	1.1 b	1.3 ab	90.5 ab	8.4 b	0.9 a	7.1 abc
27XT42	6.9 a	0.0 b	0.0 b	97.0 a	7.3 b	1.0 a	7.0 a-d
20X3A	0.0 b	4.9 ab	0.0 b	97.0 a	3.0 b	1.0 a	6.8 a-d
H443A-T4	0.9 ab	4.7 ab	0.0 b	98.9 a	1.1 b	1.0 a	6.6 a-d
19X3A	0.0 b	1.0 b	0.0 b	97.1 a	2.0 b	1.0 a	6.6 a-d
21X1A	0.0 b	0.0 b	5.6 a	69.9 b	30.1 a	0.9 a	6.6 a-d
28X29	0.0 b	0.0 b	0.0 b	100.0 a	0.0 b	0.9 a	6.4 a-d
9XT42	0.9 ab	7.3 ab	0.0 b	94.4 a	5.6 b	1.0 a	6.3 a-d
7XT42	3.1 ab	15.3 a	0.0 b	96.6 a	3.4 b	1.0 a	6.3 a-d
2XT42	1.0 ab	12.0 ab	1.9 ab	90.3 ab	5.1 b	1.1 a	6.2 a-d
17X3A	0.0 b	8.3 ab	2.0 ab	92.7 a	7.3 b	1.0 a	6.1 a-d
16X3A	0.0 b	0.0 b	0.0 b	86.8 ab	13.2 ab	0.9 a	6.1 a-d
23X1A	1.8 ab	0.0 b	0.0 b	95.3 a	4.7 b	0.9 a	6.1 a-d
27X31	0.0 b	0.0 b	0.0 b	84.1 ab	11.2 ab	1.0 a	5.9 a-d
1XT42	0.0 b	3.8 ab	2.2 ab	95.7 a	4.3 b	0.9 a	5.8 bcd
11X3A	0.9 ab	1.0 b	3.9 ab	87.4 ab	12.6 ab	1.0 a	5.8 bcd
10XT42	2.0 ab	7.7 ab	0.0 b	95.3 a	3.8 b	1.0 a	5.6 bcd
30X32	0.0 b	0.0 b	1.9 ab	94.4 a	5.6 b	1.0 a	5.6 bcd
NK307-T6	0.9 ab	0.0 b	1.0 ab	92.8 a	7.2 b	0.9 a	5.4 cd
P3076-T5	0.9 ab	0.9 b	0.0 b	93.0 a	7.0 b	1.0 a	5.0 d

AR: Acame de raíz; AT: Acame de tallo; MCOB: Mala cobertura; MAZSD: Mazorcas sin daño; MAZCD: Mazorcas con daño; PRO: Prolificidad; REND: Rendimiento. Tukey, ( $\leq 0.05$ ), variables con la misma letra no presentan diferencias significativas.

### CONCLUSIONES

En lo general los genotipos evaluados estuvieron dentro del rango de precoces e intermedios, mientras que los dos genotipos 34X33 y 22X1A que fueron los que sobresalieron en el rendimiento de 7.9 t ha<sup>-1</sup>, también fueron los que presentaron buen aspecto de planta, por lo que sería interesante evaluarlos nuevamente para determinar la adaptabilidad en la Planicie Huasteca Potosina y para poder ser liberados en la región.

### REFERENCIAS

- Fernández, S. R., Morales, C. L. A. y Gálvez, M. A. 2013. Importancia de los maíces nativos de México en dieta nacional. Revisión indispensable. Rev. Fitotec. Mex. 36(3-A):275-283.
- Matsuoka, Y., Vigouroux, Y., Goodman, M. M., Sanchez, G. J., Buckler, E. and Doebley, J. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. Proceedings of the National Academy of Sciences. 99(9):6080-6084.
- Sahagún, C. L., Barrera, G. E., Márquez, S. F., Gómez, M. N., Trujillo, C. A., Castro, G. H., Coutiño, E. B., Carrera, V. J. A., Castellanos, S. A. y Luévano, V. J. M. 2008. Evaluación de variedades

- de maíz del CENREMMAC mejoradas por retrocruza limitada para resistencia a sequía. Rev. Geografía Agrícola. 40:90-100.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT ® 9.1 User's Guide; SAS Institute Inc.: Cary, North Carolina, USA.
- Vera, D., Liuba, G., Godoy, L., Díaz, E., Sabando, F., Garcés, F & Meza, G. 2013. Análisis de estabilidad para el rendimiento de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en la Región Central del Litoral Ecuatoriano. Scientia Agropecuaria, 4 (3).

## **COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL CHILE POBLANO DESHIDRATADO**

**Sánchez T. B.; Figueroa G. J.; Zegbe D. J.**

**Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Zacatecas. Autor de correspondencia: [toledano.blancaisabel@gmail.com](mailto:toledano.blancaisabel@gmail.com), [sanchez.blanca@inifap.gob.mx](mailto:sanchez.blanca@inifap.gob.mx)**

### **RESUMEN**

La producción de chile es una actividad hortícola de gran importancia para Zacatecas. El aumento en el consumo mundial de este producto brinda alternativas de mercado para los productores. Una forma de incrementar el ingreso de los productores es mediante la transformación agroindustrial de este producto primario. El objetivo del estudio consistió en elaborar un polvo de chile 'Poblano' deshidratado usando energía termosolar y estimar el costo de su elaboración. Los resultados mostraron que el polvo de chile 'Poblano' presenta excelentes propiedades tecnofuncionales que le permite ser diversificado en la agroindustria alimentaria e incluso en la red restaurantera. El costo de producción de un paquete de 500 gramos es de \$ 484 MXN. Por tanto, es una opción viable para aquellos chiles de menor tamaño y de bajo valor comercial según la norma mexicana para chiles frescos.

**Palabras clave:** competitividad, valor agregado, desperdicio

### **ABSTRACT**

Chili production is a significant horticultural activity for Zacatecas. The increase in world consumption of this product provides market alternatives for producers. One way to increase producers' income is through agroindustrial processing of this primary product. The study's objective was to produce a dehydrated 'Poblano' chili powder using thermosolar energy and to estimate its production cost. The results showed that the 'Poblano' chili powder presents excellent techno-functional properties that allow it to be diversified in the food agroindustry and even in the restaurant network. The production cost of a 500-gram package is MXN

484. Therefore, this option is viable for smaller chili peppers of low commercial value according to the Mexican standard for fresh chili peppers.

**Keywords:** competitiveness, added value, waste.

## INTRODUCCIÓN

El estado de Zacatecas ocupa el primer lugar en el país en la producción de chile verde (SIAP, 2023). En el ciclo 2022, se produjeron 409,190 t con un rendimiento promedio de 11.2 t ha<sup>-1</sup>. Uno de los principales chiles producidos es el 'Poblano' para consumo en fresco (131, 268 t) (SIAP, 2023). Esta variedad tiene un bajo nivel de picor, un alto contenido de vitamina C y un sabor característico. El color verde indica que contiene pigmentos clorofílicos con capacidad antioxidante, es fuente de fibra que puede ayudar a controlar los niveles de glucosa y colesterol en la sangre; además de descongestionante del sistema respiratorio (Zegbe *et al.*, 2012). El aumento en el consumo mundial de esta hortaliza brinda alternativas de mercado para los productores (Zegbe *et al.*, 2012). Una alternativa para mantener activa esta cadena agroalimentaria es su transformación agroindustrial para diversificar su consumo con agregación de valor. En respuesta, el INIFAP- Campo Experimental Zacatecas, con el uso de energías limpias renovables, realiza investigaciones hacia la transformación de productos frescos en otros con valor agregado, para disminuir la pérdida y desperdicio de estos productos primarios a través del uso de la energía termosolar en el semi-desierto zacatecano. La energía solar es una alternativa factible para agregarle valor a aquellos chiles de menor tamaño o de baja calidad comercial aprovechando los altos niveles de radiación solar en Zacatecas. La radiación solar es aprovechada *ex profeso* en la planta termosolar Zacatecas (Km. 20 Carretera libre, Zacatecas - Fresnillo, 98107 Morelos, Zac.), única en su tipo en América Latina. El objetivo del estudio estimar el costo de elaboración de polvo de chile 'Poblano' deshidratado con energía termosolar.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante los meses de mayo a junio de 2023, se elaboró polvo de chile 'Poblano' deshidratado en la planta de secado híbrida Solar-gas LP construida en Zacatecas, México. El sistema de secado es de tipo convección forzada de aire caliente con cámara de secado. Para el calentamiento del aire requerido en el proceso de secado se cuenta con dos sistemas solares térmicos: un sistema de calentamiento de aire directo (48 calentadores de aire solares con un área de 111,1 m<sup>2</sup>) y un sistema de calentamiento de aire indirecto (40 colectores solares de agua con un área de 92,4m<sup>2</sup> y 6000 L de almacenamiento térmico). Además, se cuenta con un sistema de respaldo de energía convencional (quemador de gas LP) (Ortiz-Rodríguez *et al.*, 2020).

Para la elaboración del polvo de chile 'Poblano' deshidratado se utilizaron 50 kg de chile 'Poblano' verde (CHPV), el cual se adquirió en un mercado local. Posteriormente, se lavó con agua potable (1 kg de CHPV/2 L de agua). El pedúnculo y algunas partes dañadas del fruto fueron retiradas, lo cual se consideró como merma o desperdicio (2.3 kg). El CHPV (47.7 kg (P<sub>i</sub>)) se cortó en rodajas uniformes de 0.5 cm de grosor (Procesadora de vegetales SAMMIC 120v/60Hz/1/4.3 A) para ser escaldadas a 90 °C por 10 min. Las rodajas de CHPV se enfriaron rápidamente con agua a temperatura ambiente (22 °C) y se colocaron en las charolas, para ser deshidratadas en un sistema híbrido de secado termosolar-gas LP indirecto, que distribuye aire caliente por un túnel de convección de aire forzado (Ortiz-Rodríguez *et al.*, 2020). La humedad inicial (H<sub>i</sub>) del CHPV fue de 95 % (esto debido al proceso de escaldado y enfriado mediante la inmersión de rodajas agua fría). El proceso de secado terminó a las 24 h cuando la muestra alcanzó una humedad final (H<sub>f</sub>) del 6.5 %. Al finalizar el tiempo de secado se procedió a moler las diferentes rodajas de chile 'Poblano' deshidratado (CHPD) con ayuda de una licuadora semi-industrial (Máquinas para Mercados S. A. de C. V. Modelo LM-12, 60 Hz, 746 W). Este proceso consistió en tres eventos de molienda, cada una de ellas de un min y cinco minutos de descanso entre eventos para

evitar que las muestras se calentaran en exceso. De esta manera se logró obtener el polvo de chile poblano seco. El rendimiento para el proceso de secado del chile poblano, se realizó de la siguiente manera: 1) se obtiene el valor del rendimiento (R);  $R = (100 \% - H_i) / (100 - H_f)$  y 2) se calculó el peso seco ( $P_s$ ) requerido:  $P_s = R * P_i$ .

El costo de producción del polvo de chile 'Poblano' deshidratado fue estimado utilizando la metodología propuesta por Borja *et al.* (2021). Se identificaron los parámetros técnicos-productivos (coeficiente de transformación del chile fresco en deshidratado (50 kg a 2.5 kg), y polvo (2.5 kg a 2.1 kg), capacidad productiva del secador solar, cortadora, etc.), y económicos (inversión, precios de los insumos utilizados, administración, etc.). Los costos se clasificaron en costos variables y fijos para un mejor análisis (Rodríguez *et al.*, 2010). También, se consideró el método lineal en la depreciación y 5 a 20 años de vida útil de los activos (Gittinger, 1989).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se tuvo un coeficiente de transformación de 50 kg de chile fresco a 2.5 kg deshidratado, luego de 2.5 kg deshidratado a 2.1 kg polvo. El costo de producción de un paquete de polvo de chile 'Poblano' deshidratado de 500 gramos es de \$ 484 MXN, los costos variables comprenden el 95.0 % y los costos fijos el 4.9 % (Cuadro 1). Dicho costo está por debajo de algunos precios de polvo deshidratado disponibles en el mercado, el cual incluyen entre otros factores el costo de comercialización. En el mercado el precio del polvo deshidratado de chile 'Poblano' se encuentran desde los \$400 MXN hasta \$1,160 MXN.

**Cuadro 1. Costo de producción de un paquete de polvo de chile ‘Poblano’ deshidratado de 500 gramos.**

<b>Insumo</b>	<b>Costo (\$)</b>
Chile poblano	400
Agua	4
Jornal	5.85
Cortado	2.6025
Escaldado	5.205
Estufa	0.525
Enfriado	5.205
Colocar charolas	12.5
Planta solar deshidratado 24 h	22.575
Retirar charolas y embolsar	12.5
Moler	12.5
Licuadora	0.425
<b>Costo Total</b>	<b>484</b>

### **CONCLUSIONES**

El proceso de secado de chile poblano puede ser una alternativa para disminuir la merma o el excedente de chile poblano que no cumple con los estándares de calidad. Además, el proceso puede ser utilizado por los productores de chile con la finalidad de generar valor agregado a este producto. El polvo de chile Poblano deshidratado presenta excelentes propiedades tecnofuncionales que le permite ser diversificado en la agroindustria alimentaria e incluso en la red restaurantera, permitiendo su incorporación en la producción de sopas, cremas, salsas, puré, y otros platillos tipo gourmet. El precio del polvo de chile ‘Poblano’ deshidratado es competitivo, ya que se encuentra por debajo de algunos precios de polvo deshidratado disponibles en el mercado, además se utiliza energía termosolar.

**REFERENCIAS**

- Gittinger, J.P. (1989). *Análisis Económico de Proyectos Agrícolas*. 3ª reimpresión. Editorial Tecnos, S.A. Madrid, España. pp: 105-109.
- Ortiz-Rodríguez, N. M., García-Valladares, O., Pilatowsky-Figueroa, I., & Menchaca-Valdez, A. C. (2020). Solar-LP gas hybrid plant for dehydration of food. *Applied Thermal Engineering*, 177, 115496.
- Rodríguez C.V., Bao G.R., Cárdenas L.L. (2010). *Formulación y evaluación de proyectos*. Editorial Limusa. México, D.F.
- SIAP, 2023. *Avances de Siembras y Cosechas por Estado y Año Agrícola*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Disponible en: <http://www.gob.mx/siap>. (Consultado: Julio 2023).
- Zegbe, J., Valdez, R., Lara, A. (2012). *El cultivo de chile en México; tendencias de producción y problemas fitosanitarios*. Universidad Autónoma de Zacatecas. Proyecto editorial. 183 p.



## PRINCIPALES ATRIBUTOS VALORADOS EN EL CONSUMO DE QUESO ENRIQUECIDO CON HARINA DE FRIJOL

Sánchez T. B.<sup>1</sup>; García V. R.<sup>2</sup>; Cruz B. R.<sup>1</sup>. López S. M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Zacatecas. <sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo-Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas.

Autor de correspondencia: toledano.blancaisabel@gmail.com, [sanchez.blanca@inifap.gob.mx](mailto:sanchez.blanca@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El frijol negro es uno de los cultivos más importantes en México. Si bien es una legumbre con un alto contenido de propiedades nutritivas beneficiosas para la salud, su consumo ha disminuido en los últimos años. Por tanto, una forma de incrementar su consumo es mediante la transformación agroindustrial del grano para diversificar su oferta y agregar valor. Se elaboró harina de frijol con la finalidad de incorporarla a un producto con gran demanda en México, como es el queso. El objetivo de la presente investigación consistió en analizar los atributos que los consumidores tienen en cuenta a la hora de comprar queso enriquecido con harina de frijol. De acuerdo con los resultados, los atributos más valorados por los consumidores son el sabor (62.50 %), origen nacional (49.11 %), marca de calidad (57.46 %) y los beneficios a la salud (49.62 %). Se logró dar significancia al análisis de múltiples criterios comparando atributos, lo que funciona como guía sobre decisiones estratégicas.

**Palabras clave:** innovación tecnológica, alimento funcional, proceso analítico jerárquico

### ABSTRACT

Black beans are one of the most important crops in Mexico. Even though it is a legume with a high content of nutritional properties that benefit health, its consumption has decreased in recent years. Therefore, one way to increase its consumption is through the agro-industrial transformation of the grain to diversify its offer and add value. Bean flour was elaborated with the purpose that it be incorporated into a product with great demand in Mexico, such as cheese. The objective of this research was to analyze the attributes that consumers consider when buying cheese enriched with bean flour. The results showed that the attributes most valued by consumers are flavor (62.50 %), national origin (49.11 %), quality brand (57.46 %), and health benefits (49.62 %). It was possible to give significance to the analysis of multiple criteria by comparing attributes, which works as a guide on strategic decisions.

**Keywords:** technological innovation, functional food, hierarchical analytical process.

### INTRODUCCIÓN

El frijol es la leguminosa de mayor producción y consumo en el mundo (Borja-Bravo y García-Salazar, 2022). En México, la producción anual osciló en 1.2 millones de toneladas (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER], 2022). El estado de Zacatecas fue el principal productor y uno de los principales consumidores (Ramírez-Jaspeado *et al.*, 2020).

Pese a la importancia de este cultivo, se ha evidenciado una disminución en la competitividad, lo que genera periodos de volatilidad y ejercen presión sobre las etapas de

la cadena productiva (Coordinación General de Evaluación, Modernización y Desarrollo Administrativo [CGMA], 2022). Además, su consumo ha disminuido en los últimos años, pasó de 18.9 a 8.8 kg per cápita en el período de 2000 a 2017 (Sánchez-Toledano *et al.*, 2021). Ante este escenario, la diversificación de productos agroindustriales con características funcionales es una de estas medidas que se han buscado aprovechar. En este contexto, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, en particular, el Campo Experimental Zacatecas, desarrolló una harina de frijol para ser incorporada al queso a través de microcápsulas. En este sentido, es necesario analizar el comportamiento del consumidor en cuanto a la aceptación de nuevos productos. Se han realizado investigaciones que han evaluado la aceptación y preferencias de compra de diferentes productos. No obstante, no se tienen estudios sobre los factores que incluyen en la decisión de compra en el caso específico del queso enriquecido con microcápsulas de harina de frijol (Tian *et al.*, 2022; Sánchez-Toledano *et al.*, 2021, Kraus *et al.*, 2017). El objetivo de la presente investigación consistió en analizar los atributos que los consumidores tienen en cuenta a la hora de comprar queso enriquecido con harina de frijol

## MATERIALES Y MÉTODOS

La información se obtuvo mediante la técnica de encuesta personalizada a consumidores de alimentos funcionales. La información fue recabada en centros comerciales, universidades e instancias de gobierno en noviembre de 2022. El cuestionario se aplicó a una muestra de 100 consumidores estratificados por edad, el tamaño se validó con la ecuación de muestreo para poblaciones finitas, lo que implicó un error muestral del 8 %, con un nivel de confianza del 90 % (Díaz, 2013). Se utilizó el Proceso Analítico Jerárquico para la definición de criterios y el cálculo en la evaluación de alternativas. Con este método pueden definirse criterios y criterios secundarios, calculando su peso relativo para realizar evaluaciones de opciones disponibles adecuadas (De FSM y Camanho, 2015).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra esquemáticamente los resultados derivados del AHP de manera general. El principal atributo que los consumidores toman en cuenta es el sabor (62.50 %). Algunas investigaciones como la de Lima *et al.* (2021) se han enfocado en analizar la adición de ingredientes innovadores al queso (avena o biomasa de frutas) y establecieron que el sabor es un atributo que determina su aceptabilidad. Por otra parte, en estudios relacionados con la elaboración de harina de cereales se demostró que el sabor es un factor determinante para su inclusión en algún producto innovador (Roland *et al.*, 2017).

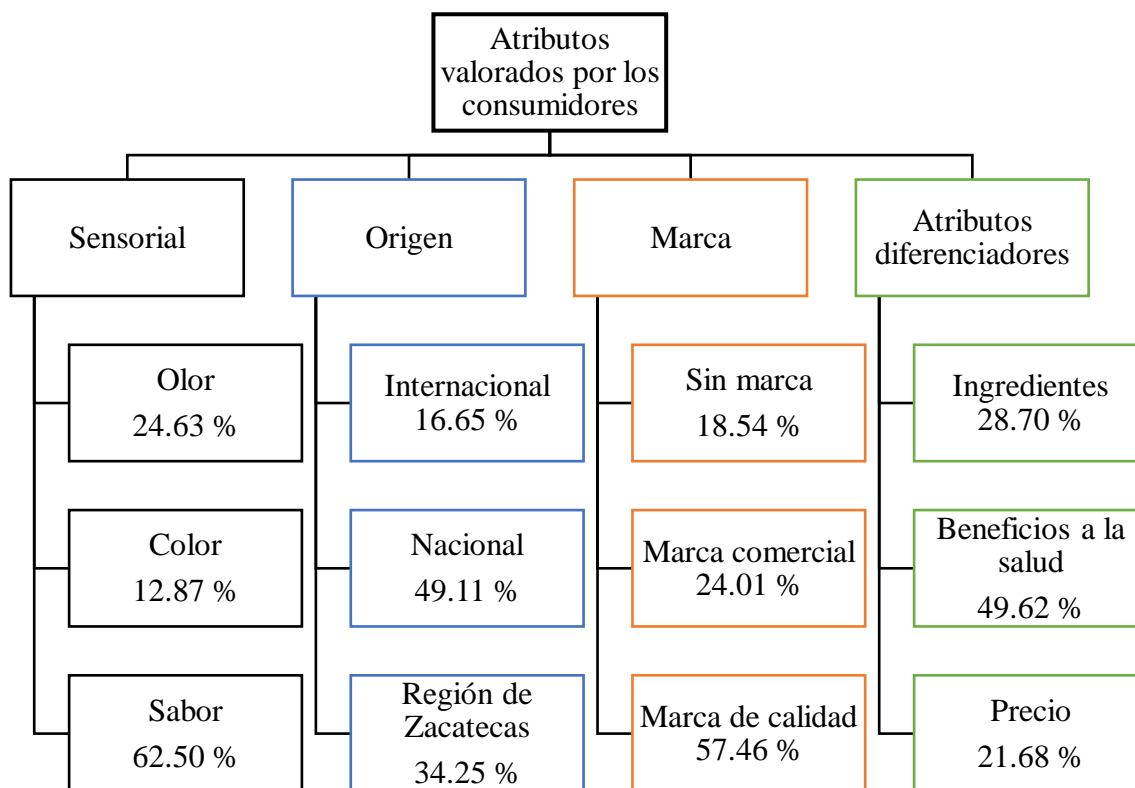


Figura 1. Atributos valorados por los consumidores en quesos con harina de frijol

En consecuencia, el atributo de origen nacional (49.11 %) fue una variable que influyó en la aceptación del producto. Para el queso, se ha demostrado que el resultado de adquirir un producto nacional diferenciado crea una mayor confiabilidad.

Autores como Endrizzi *et al.* (2021) explicaron que la información de origen tuvo un efecto sobre los consumidores, forjando que en las evaluaciones se establezcan puntuaciones de gusto más altas. También, con el estudio de otros productos se ha confirmado un resultado positivo de asimilación entre la aceptación de un producto y la información de origen. La razón principal fue el aumento de las expectativas, lo cual, destacó un claro efecto positivo (Piqueras-Fiszman y Spence, 2015).

La preferencia por un producto de origen nacional y no regional, puede deberse a la falta de marcas locales de productos similares y los bajos niveles de comercialización. De acuerdo con Sánchez-Toledano *et al.* (2021) en el lugar de estudio (Zacatecas), no se cuentan con programas estratégicos que promuevan marcas comerciales locales para este tipo de productos.

La preferencia por una marca de calidad (57.46 %) es importante para la construcción de un factor confianza. La marca de un producto diferenciado consigue analizarse y valorarse como un atributo que al consumidor le otorga satisfacción. La información que se tiene de un alimento funcional como la marca, en conjunto con el origen sugieren la aparición de efectos asimétricos, lo que creara expectativas benéficas o en su caso, negativas (Piqueras-Fiszman y Spence, 2015). El etiquetado de una marca de calidad y origen mejora la percepción sensorial y los consumidores estén dispuestos a pagar un mayor precio (Ballesteros *et al.*, 2023).

Del mismo modo, el atributo sobre el beneficio a la salud (49.62 %) fue importante para los consumidores. Se observó un aumento paulatino de este atributo, principalmente debido a los estragos provocados por la pandemia SARS-CoV-2 (COVID19). A partir del acontecimiento, los consumidores generaron una mayor conciencia no solo por alimentos saludables sino también por ciertas características, por ejemplo, que los quesos sean obtenidos de sistemas de producción sostenibles y cuenten con cadenas de comercialización cortas (Brumă *et al.*, 2021). Entonces, el comportamiento de compra ha cambiado significativamente, lo que ha dado paso a la preferencia de compras en línea, a domicilio y el consumo local (Larios-Gómez *et al.*, 2021).

Sustancialmente, la implementación de nuevos productos en el desarrollo agronómico y económico podría provenir de una capitalización de cadenas cortas que compensaría gradualmente la dependencia por los grandes procesadores de lácteos (Brumă *et al.*, 2021).

La literatura ha mostrado una correlación positiva entre los beneficios nutricionales y la probabilidad de adquirir este tipo de productos (Curutchet *et al.*, 2023).

En este tenor, la propuesta del queso enriquecido con harina de frijol se localiza en un mercado complejo donde los consumidores necesitan ser caracterizados como actores clave y reconocer los atributos que tienen una mayor valoración, además, saber cómo influyen en el comportamiento de compra.

Por lo que, analizar la importancia que le dan a los alimentos en temas relacionados con atributos sensoriales (olor, color, sabor), origen (internacional, nacional, región Zacatecas), marca (sin marca, marca comercial, marca de calidad) y atributos diferenciadores (ingredientes, beneficios a la salud, precio) se ha vuelto necesario.

## CONCLUSIONES

El estudio presentó una combinación de métodos para la evaluación de atributos valorados por consumidores en un queso enriquecido con harina de frijol. Se analizó la importancia relativa de considerar la opinión del consumidor en el desarrollo de un nuevo producto a partir de un escenario de cambio donde diferentes factores influyen en esta percepción. También, se logró dar significancia al análisis de múltiples criterios comparando atributos, lo que funciona como guía sobre decisiones estratégicas. Los productores y las industrias alimentarias pueden utilizar los resultados obtenidos para analizar los atributos valorados por consumidores, de este modo, adaptar su producción e industrialización.

## REFERENCIAS

- Ballesteros JF, Schouteten JJ, Otilia A, Ramirez RI, Gellynck X, Casaul J, y De Steur H (2023). Does award and origin labeling influence consumers' willingness-to-pay beyond sensory cues? An experimental auction on improved Philippine tablea (cocoa liquor). *Journal of Behavioral and Experimental Economics* 102: 101965. <https://doi.org/10.1016/j.socec.2022.101965>

- Borja-Bravo M, García-Salazar JA (2022). El Programa de Fertilizantes para el Bienestar y el mercado de frijol en México. *Agronomy Mesoamerican* 33(2). <https://doi.org/10.15517/am.v33i2.47216>
- Brumă IS, Vasiliu CD, Rodino S, Butu M, Tanasă L, Doboş S, Butu A, Coca O, Stefan G (2021). The behavior of dairy consumers in short food supply chains during COVID-19 pandemic in Suceava area, Romania. *Sustainability* 13(6): 3072. <https://doi.org/10.3390/su13063072>
- CGMA (2022). Reporte del mercado de frijol. Disponible en: <https://gcma.com.mx/reportes/mercado-del-frijol/> (Consultado 30 de enero 2023).
- Curutchet A, Tárrega A, Arcia P (2023). Changes in consumers interest on cheeses with health benefits and different manufacture types over the last decade. *CyTA-Journal of Food* 21(1): 72-81. <https://doi.org/10.1080/19476337.2022.2162973>
- De FSM R, Camanho R (2015). Criteria in AHP: a systematic review of literature. *Procedia Computer Science* 55: 1123-1132. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.081>
- Díaz A (2013). Estadística aplicada a la administración y la economía. Ed. Díaz, McGraw-Hill, Interamericana. 1-609 pp.
- Endrizzi I, Clicerio D, Menghi L, Aprea E, Gasperi F (2021). Does the 'Mountain Pasture Product' claim affect local cheese acceptability?. *Foods* 10(3): 682. <https://doi.org/10.3390/foods10030682>
- Kraus A, Annunziata A, Vecchio R (2017). Factores sociodemográficos que diferencian al consumidor y las motivaciones para el consumo funcional de alimentos. *Revista del Colegio Americano de Nutrición* 36(2): 116-126. <https://doi.org/10.1080/07315724.2016.1228489>
- Larios-Gómez E, Fischer L, Peñalosa M, Ortega-Vivanco M (2021). Purchase behavior in COVID-19: A cross study in Mexico, Colombia, and Ecuador. *Heliyon* 7(3): e06468. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06468>
- Lima AP, Souza J, Teixeira AM, Cardoso M, Ronaldo L, Pinto SM (2021). Oat bran and sweeteners in petit-suisse cheese: Technological and nutritional properties and consumer acceptance. *Food Science and Technology* 146: 111318. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111318>
- Piqueras-Fiszman B, Spence C. (2015). Sensory expectations based on product-extrinsic food cues: An interdisciplinary review of the empirical evidence and theoretical accounts. *Food Quality and Preference* 40: 165-179. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.09.013>
- Ramírez-Jaspeado R, Palacios-Rojas N, Nutti M, Pérez S (2020). Estados potenciales en México para la producción y consumo de frijol biofortificado con hierro y zinc. *Revista fitotecnica mexicana* 43(1): 11-23.
- Roland WSU, Pouvreau L, Curran J, van de Velde F, de Kok PMT (2017). Flavor aspects of pulse ingredients. *Cereal Chemistry* 94(1): 58-65. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-06-16-0161-FI>
- SADER (2022). Estima Agricultura crecimiento de 11.4% de la producción de frijol en 2021; mantiene tendencia al alza. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/estima-agricultura-crecimiento-de-11-4-de-la-produccion-de-frijol-en-2021-mantiene-tendencia-al-alza?idiom=es> (Consultado: 26 enero 2023).
- Sánchez-Toledano B, Cuevas-Reyes V, Cruz-Bravo R, Zegbe, JA (2021). Aceptación y preferencia de los consumidores por un tallarín enriquecido con harina de cotiledón de frijol. *Revista Fitotecnica Mexicana* 44(1): 95-95.
- Tian Y, Zhu H, Zhang L, Chen H (2022). Consumer preference for nutritionally fortified eggs and impact of health benefit information. *Foods* 11(8): 1145. <https://doi.org/10.3390/foods11081145>

## PRINCIPALES COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN MAÍZ FORRAJEO

Urrieta V. J. A.<sup>1\*</sup>, Marcial P. M. de J.<sup>1</sup>, Jiménez J. S. I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CENID-RASPA, INIFAP. K. 6.5 Margen Derecha Canal de Sacramento S/N, Ejido Las Huertas, Gómez Palacio, Durango.

\*Autor de correspondencia: urrieta.jose@inifap.gob.mx

### RESUMEN

El rendimiento del maíz forrajero está integrado por factores internos que son características genéticas de las variedades o híbridos que se usan, y por factores externos que influyen el crecimiento como el clima y el suelo y el manejo agronómico. Por lo que para maximizar el rendimiento de este sistema de producción es importante conocer el clima regional y el suelo con la finalidad de implementar el mejor programa de manejo agronómico que potencialice el rendimiento de los híbridos o variedades de maíz forrajero. Por lo cual el objetivo de ésta investigación fue identificar y cuantificar algunos componentes del rendimiento del maíz forrajero en la Región Lagunera que permitan hacer estimaciones del rendimiento de forraje verde. Para lo cual se estableció un experimento bajo un diseño de bloques completos con tratamientos aleatorizados y tres repeticiones en un lote comercial ubicado en Francisco I, Madero, Coahuila, donde se registró el número de plantas por metro lineal, altura de planta, temperatura foliar y rendimiento individual de forraje verde en dos híbridos de maíz forrajero (Armadillo y 3270). Después de realizar un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Tukey, se pudo estimar el rendimiento con base en aproximaciones de densidad de población y porcentaje de emergencia, obteniendo valores de 80.87 tha<sup>-1</sup> para Armadillo y 72.23 tha<sup>-1</sup> para 3270. La altura de planta y la temperatura foliar pueden ser un buen indicador del rendimiento de forraje verde debido a que son muy influenciados por el clima y el manejo agronómico. En conclusión, la densidad de población real y el porcentaje de emergencia son componentes que pueden ser utilizados para estimar el rendimiento de forraje verde en maíz, y la altura de planta y temperatura foliar pueden ser indicadores del crecimiento o producción de biomasa debido a su interacción con factores del clima como la temperatura y el manejo agronómico como el riego.

**Palabras clave:** densidad de población, híbridos, forraje verde

### ABSTRACT

The yield of forage corn is made up of internal factors that are genetic characteristics of the varieties or hybrids used, and external factors that influence growth such as climate, soil, and agronomic management. Therefore, to maximize the yield of this production system, it is important to know the regional climate and soil in order to implement the best agronomic management program that enhances the yield of hybrids or varieties of forage corn. Therefore, the objective of this research was to identify and quantify some components of forage corn yield in the Laguna Region that allow estimates of green forage yield. For this, an experiment was established under a complete block design with randomized treatments and three repetitions in a commercial lot located in Francisco I, Madero, Coahuila, where

the number of plants per linear meter, plant height, leaf temperature and individual green forage yield were recorded in two forage corn hybrids (Armadillo and 3270). After performing an analysis of variance and a Tukey mean comparison test, the yield could be estimated based on approximations of population density and emergence percentage, obtaining values of 80.87 tha<sup>-1</sup> for Armadillo and 72.23 tha<sup>-1</sup> for 3270. Plant height and leaf temperature can be a good indicator of green forage yield because they are highly influenced by climate and agronomic management. In conclusion, actual population density and emergence percentage are components that can be used to estimate green forage yield in corn, and plant height and leaf temperature can be indicators of growth or biomass production due to their interaction with climate factors such as temperature and agronomic management such as irrigation.

**Key words: population density, hybrids, green fodder**

## INTRODUCCION

El rendimiento de los cultivos es la producción de biomasa aprovechable por unidad de superficie, y es una característica cuantitativa de los sistemas de producción compuesta de múltiples factores en interacción con el ambiente en el que se encuentran (Chaudhary *et al.*, 2012). Así, para el maíz forrajero podemos separar sus componentes en internos y externos; los primeros (internos), están dados por las características genéticas de los híbridos y variedades que los productores usan, siendo su crecimiento expresado en altura de planta, diámetro de tallo, peso individual de la planta, tamaño de hoja, contenido de azúcares, entre otros caracteres que afectan o influyen en el rendimiento al momento de la cosecha. Los externos, los podemos dividir en dos grandes grupos: a) los ambientales, que incluyen factores del clima como la temperatura, precipitación, radiación, humedad relativa, velocidad del viento, entre otros; y los del suelo, cuyas características condicionan el crecimiento del cultivo por la disponibilidad de humedad y de nutrimentos para el crecimiento del cultivo, la salinidad y microbiología que también interaccionan con la nutrición y absorción de agua del cultivo. B) el manejo agronómico, el cual condiciona la nutrición del cultivo, riego, condición del suelo, competencia por malezas, competencia por luz, presión de insectos y enfermedades (Panwar *et al.*, 2020; Velasco-García *et al.*, 2019). Como se puede observar, existen muchos elementos del sistema maíz forrajero que condicionan el rendimiento y que en interacción con el ambiente y manejo agronómico se tiene como resultado un sistema de producción complejo que converge en un rendimiento o producción de mayor o menor cantidad, no obstante, el objetivo de cualquier sistema de producción es obtener los máximos rendimientos y para lograrlo es importante conocer el ambiente regional para implementar un buen manejo agronómico que potencialice las características genéticas del maíz forrajero, iniciando con la caracterización del suelo y registro histórico del clima, seguido de la preparación del terreno acorde a los requerimientos del maíz forrajero como profundidad de siembra y humedad óptima para la germinación. La selección de híbridos o variedades es importante porque sus características definen la densidad de siembra y por lo tanto su densidad de población máxima para generar alto peso individual de planta. Así el objetivo de este trabajo de investigación fue identificar y cuantificar algunos componentes del rendimiento del maíz forrajero en la Región Lagunera que permitan hacer estimaciones del rendimiento de forraje verde.

## MATERIALES Y METODOS

El sitio experimental fue establecido en un rancho del municipio de Francisco I. Madero, Coahuila (25.86247, -103.2107), donde fueron establecidos dos híbridos de maíz forrajero en dos tablas diferentes (Tabla 3: Armadillo y Tabla 4: 3270) cuyas fechas de siembra fueron el 25 de febrero (Armadillo) y 4 de marzo (3270) del 2024. La siembra se hizo a 4.5-5.0 cm de profundidad, 75 cm entre hileras y 14 cm entre plantas cuya densidad de población estimada fue de 96,000 plantas por hectárea. Para el registro de variables se eligieron tres puntos en cada variedad de maíz forrajero (repeticiones) siguiendo el patrón de un diseño experimental de bloques completos con tratamientos aleatorizados, en cada uno de los cuales se midieron diez plantas. Las variables registradas fueron número de plantas por metro lineal en dos fechas hasta no detectar cambios significativos, altura de planta de la base del tallo a la base del limbo de la última hoja extendida, temperatura foliar (temperatura de la hoja recientemente madura y expuesta a la radiación solar) y peso fresco individual de planta al momento de la cosecha. Se registraron variables ambientales usando una estación meteorológica (Davis®, Modelo Vantage Pro). Durante el periodo de registro de variables, se registraron variables del clima para saber las condiciones ambientales en las que creció e maíz forrajero. Dichas variables fueron analizadas realizando un ANOVA y una prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) utilizando el software SAS/STAT ver. 9.4 para Windows (SAS Institute Inc., 2016).

## RESULTADOS Y DISCUSION

La profundidad de siembra varió entre 3.5 y 5.5 cm siendo el promedio de 4.9 cm para ambas variedades de maíz forrajero. Para cuantificar el número de plantas por metro lineal se comparando dos fechas de muestreo para ambas variedades de maíz forrajero: armadillo a los 20 y 26 días después de la siembra y 3270 a los 26 y 32 días después de la siembra, fechas en las que ya no hubo cambios significativos con 6.6 y 7.1 plantas por metro lineal para Armadillo y 3270 respectivamente (Figura 1). Lo cual significa que se tuvo un porcentaje de emergencia del 91.66% para Armadillo y 98.61% para 3279.



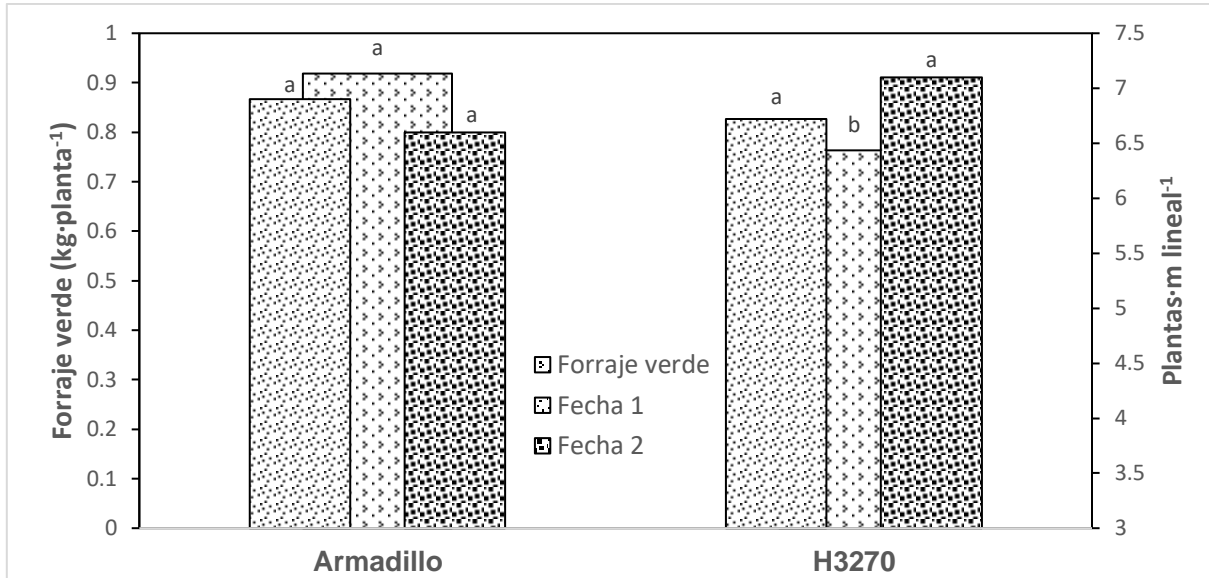


Figura 1. Plantas por metro lineal y peso individual de forraje verde en maíz forrajero (Francisco I. Madero, Coahuila).

Con base en el número de plantas por metro lineal se estimó una densidad de población de 88,000 y 94,666 plantas por hectárea para Armadillo y 3270 respectivamente, y al multiplicar los porcentajes de emergencia por la densidad de población estimada en la siembra (96,000) se obtienen poblaciones de 87,993 y 94,665 plantas por hectárea, muy similares a las estimadas por el número de plantas por metro lineal. Continuando con el rendimiento de forraje fresco individual (Figura 1), el rendimiento del híbrido armadillo fue estadísticamente superior con  $0.919 \text{ kg}\cdot\text{planta}^{-1}$  en comparación con el híbrido 3270 cuyo valor fue de  $0.763 \text{ kg}\cdot\text{planta}^{-1}$ . Con base las aproximaciones de la densidad de población real en campo, es posible estimar el rendimiento por unidad de superficie en  $80.87 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  para Armadillo y  $72.23 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  para 3270. Dichos valores deben ser ajustados por el efecto de orilla y el área efectiva de cultivo, ya que, de acuerdo con estadísticas nacionales, los rendimientos de forraje verde en años recientes son de apenas  $30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (SIAP-SADER, 2023).

El crecimiento del maíz forrajero es importante para hacer estimaciones del rendimiento, siendo la altura de planta uno de los indicadores más importantes y que, como lo muestra la Figura 2, puede haber diferencias estadísticas significativas ( $\alpha=0.05$ ) entre genotipos dependiendo de su fecha de siembra debido a las condiciones predominantes del clima como la temperatura ambiente. La tasa de crecimiento que se observa en la Figura 2 se debió a que el maíz forrajero H3270 creció en un suelo arenoso donde a pesar de la misma lámina de riego aplicada hubo menor disponibilidad de agua aprovechable (Ashenafi *et al.*, 2023).

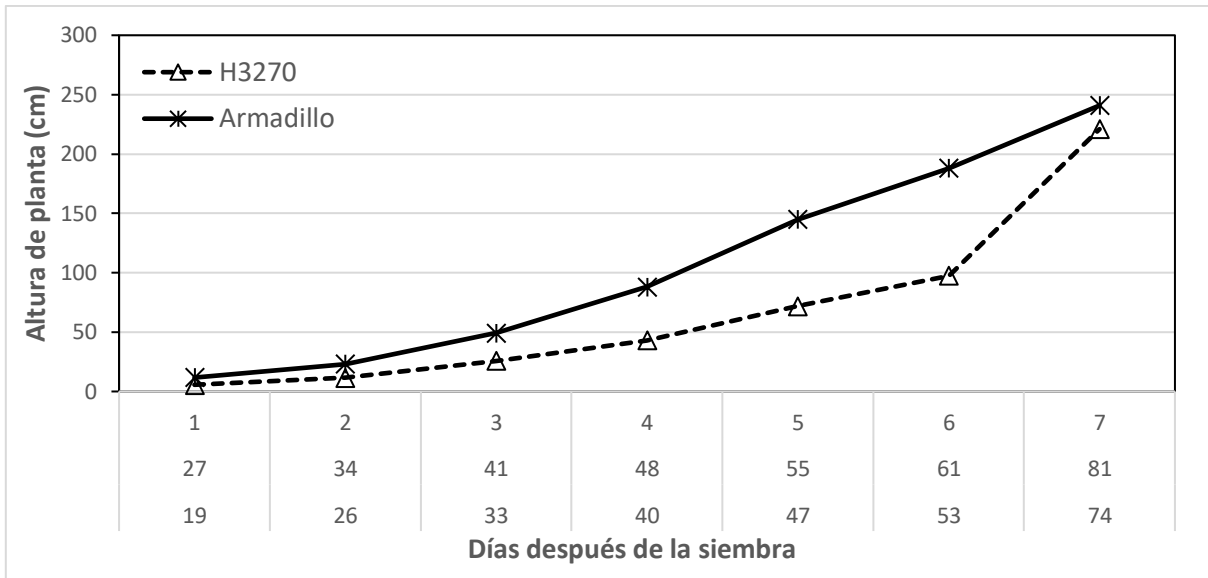


Figura 2. Altura de planta de maíz forrajero (Francisco I Madero, Coahuila).

La Figura 3 muestra que el híbrido 3270 tuvo significativamente mayor temperatura en comparación con el híbrido Armadillo durante la mayor parte del periodo evaluado, excepto en la semana 2 y 5. Esto se debió a que el híbrido 3270 creció en un suelo arenoso con menor retención de humedad, lo cual fue más marcado cuando el suelo estaba con menor cobertura y a final del ciclo debido a mayor transpiración del cultivo. La temperatura óptima para el crecimiento del maíz es 23-33°C durante el día y 17-23°C durante la noche (Waqas *et al.*, 2021) por lo que en la región éste cultivo está en constante estrés térmico (Crafts-Brandner *et al.*, 2012).

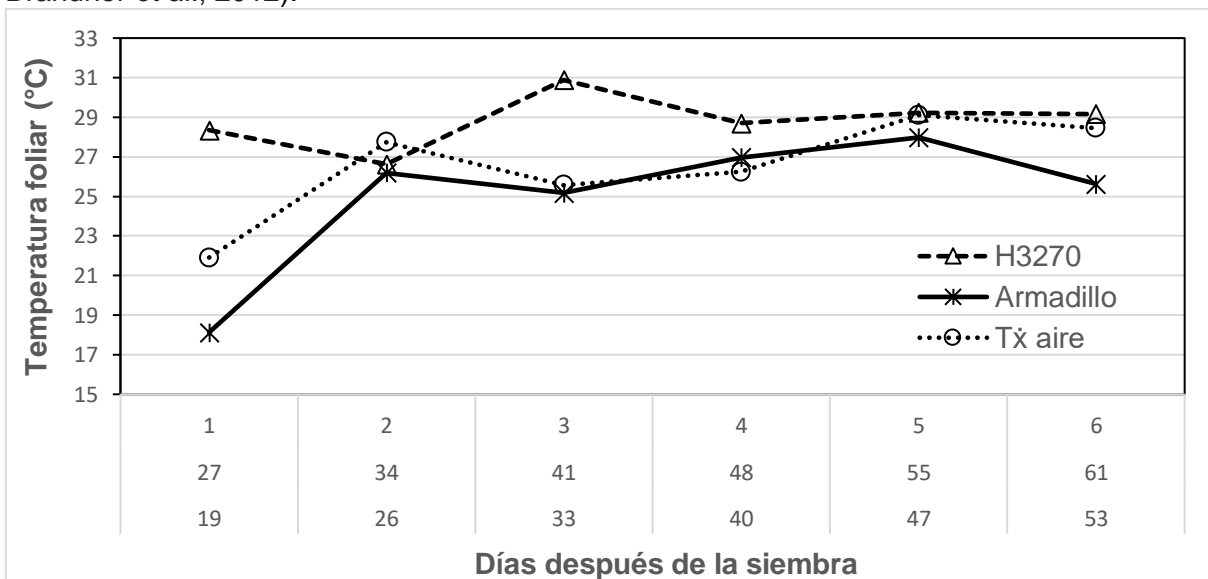


Figura 3. Temperatura foliar de dos híbridos de maíz forrajero (Francisco I. Madero, Coahuila).

## CONCLUSIONES

La estimación del rendimiento de maíz forrajero a través de la densidad de población real y el porcentaje de emergencia tiene resultados similares. La altura de planta en maíz forrajero es un buen indicador del crecimiento o producción de biomasa debido a su interacción con factores del clima como la temperatura y el manejo agronómico como el riego.

## REFERENCIAS

- Ashenafi M., Gebre S. Y., Alemayehu G., Berhani Z. 2023. Growth, Yield Components, and Yield Parameters of Maize (*Zea mays* L) as Influenced by Unified Use of npsznb Blended Fertilizer and Farmyard Manure. International Journal of Agronomy 1311521, 20 pages, 2023. <https://doi.org/10.1155/2023/1311521>
- Chaudhary D. P., Ashwani K., Mandhania S. S., Srivastava P., Kumar R. S. 2012. Maize As Fodder? An alternative approach, Directorate of Maize Research, Pusa Campus, New Delhi - 110 012, Technical Bulletin 04 pp. 32.
- Crafts-Brandner, S. J., & Salvucci, M. E. (2002). Sensitivity of photosynthesis in a C4 plant, maize, to heat stress. *Plant physiology*, 129(4), 1773–1780. <https://doi.org/10.1104/pp.002170>
- Panwar D., Couhan D., Singh D., Singh R. P., Nepalia V. 2020. Performance of fodder maize (*Zea mays* L.) under varying plant densities and fertility levels. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 11, 255-260. En línea: <https://www.ijcmas.com/special/11/D.%20Panwar,%20et%20al.pdf>
- SAS Institute Inc. 2016. SAS/STAT ver. 9.4 para Windows. North Carolina, U.S.A.
- SIAP-SADER. 2023. Cierre de la producción agrícola 1980-2023. Anuario estadístico de la producción agrícola. En línea (fecha de consulta: 30 de julio de 2024): <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Velasco-García A. M., García -Zavala J. J., Sahagún-Castellanos J., Lobato-Ortíz R., Sánchez-Abarca C., Marín-Montes I. M. 2019. Rendimiento, componentes de rendimiento y heterosis de germoplasma de maíz adaptado a valles altos. Revista Fitotecnia Mexicana 42 (4), 367-374. En línea: <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/42-4/5a.pdf>

## BENEFICIOS DEL CONTROL DE MALEZAS EN NOGAL PECANERO

Urrieta V. J. A.<sup>1</sup>; Puente V.<sup>1</sup> C. O.; Carnero A. L.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CENID-RASPA, INIFAP. K. 6.5 Margen Derecha Canal de Sacramento S/N, Ejido Las Huertas, Gómez Palacio, Durango.

<sup>2</sup>Campo Experimental Delicias, INIFAP. Km. 2 Carretera Delicias –Rosales. Centro, Delicias, Chihuahua. \*Autor de correspondencia: urrieta.jose@inifap.gob.mx

### RESUMEN

El mercado actual exige una agricultura cada vez más sostenible en toda la cadena de producción, incluyendo el control de malezas y otros problemas fitosanitarios, y para ellos es importante disminuir el uso de herbicidas sintéticos a través de otros métodos de control del complejo de malezas con igual o mejor efectividad biológica. Es por ello que el objetivo de ésta investigación fue cuantificar el efecto de diferentes métodos de control de maleza en la producción de nogal pecanero en la Región Lagunera. Para lo cual se estableció un experimento usando el diseño de bloques completos con tratamientos aleatorizados y cuatro repeticiones, para comparar un testigo químico (N-fosfonometil glicina) y otros herbicidas sintéticos (paraquat y la mezcla de paraquat con dicamba y prosulfuron), un testigo con hierba o sin control de maleza, malla antimaleza, un bioherbicida, y paja de avena. Se cuantificó la diversidad de malezas, y se midió la efectividad biológica del control del complejo de malezas a los 42 días después de iniciados los tratamientos y se determinó el número de nueces por racimo en la parte media y baja de la copa de los nogales. Para su análisis se hizo un análisis de varianza y una prueba de Tukey para comparar las medias, con lo cual se observó que métodos de control alternativos a los herbicidas sintéticos como el bioherbicida y la malla cubre antimaleza pueden tener un control similar o mejor que los herbicidas sintéticos, y pueden mejorar la cantidad de nueces por racimos debido a las condiciones de suelo que generan además de eliminar la competencia con las malezas. Con base en los resultados, se concluyó que la maleza predominante fue malezas de hoja angosta, y que es posible el control del complejo de malezas en nogal pecanero usando métodos de control alternativos a los herbicidas sintéticos como el bioherbicida y la malla cubre suelo o antimaleza, los cuales pueden favorecer un mayor número de nueces por racimo.

**Palabras clave:** sustentable, método de control, arvense

### ABSTRACT

The current market demands an increasingly sustainable agriculture throughout the production chain, including weed control and other phytosanitary problems, and for them it is important to reduce the use of synthetic herbicides through other methods of weed control with equal or better biological effectiveness. That is why the objective of this research was to quantify the effect of different weed control methods on pecan production in the Laguna Region. For this, an experiment was established using the complete block design with randomized treatments and four replications, to compare a chemical control (N-phosphonomethyl glycine) and other synthetic herbicides (paraquat and the mixture of

paraquat with dicamba and prosulfuron), a control with grass or without weed control, anti-weed mesh, a bioherbicide, and oat straw. The weed diversity was quantified, and the biological effectiveness of the weed complex control was measured 42 days after the treatments began, and the number of nuts per cluster in the middle and lower part of the walnut tree canopy was determined. For the analysis, a variance analysis and a Tukey test were performed to compare the means, which showed that alternative control methods to synthetic herbicides such as bioherbicide and anti-weed mesh can have similar or better control than synthetic herbicides, and can improve the number of nuts per bunch due to the soil conditions they generate in addition to eliminating competition with weeds. Based on the results, it was concluded that the predominant weed was narrow-leaf weeds, and that it is possible to control the weed complex in pecan trees using alternative control methods to synthetic herbicides such as bioherbicide and ground cover or anti-weed mesh, which can promote a greater number of nuts per cluster.

**Key words: sustainable, control method, weed**

## INTRODUCCION

El control del complejo de malezas en los cultivos es importante en ciertas etapas de crecimiento llamado periodo crítico de competencia, ya que es el momento en el que la competencia entre cultivo y malezas puede afectar de forma significativa el rendimiento o calidad de la producción. Ello es importante al igual que el método de control porque la demanda actual de alimentos a nivel mundial exige no solo la calidad de los productos, sino que también el cultivo sustentable es de importancia para esos mercados, y por ésta razón el control de malezas debe utilizando diferentes métodos de control para evitar algún impacto negativo al medio ambiente (Rosculete *et al.*, 2018). Es necesario retomar y evaluar los diferentes métodos de control en los principales sistemas de cultivo del país para contar alternativas para una producción sustentable de alimentos. En el caso específico del nogal pecanero, el control del complejo de malezas se hace mediante pasos de rastra o desvaradora (también conocida como “licuadora” en la Región Lagunera) y en algunos casos se realiza químicamente. El principal beneficio que se tiene con el suelo libre de malezas es que no se tiene competencia por nutrientes y agua, no obstante, el clima regional cálido y seco favorece la evaporación del suelo, aunque en nogales de edad avanzada reducen esa pérdida de humedad a través de la sombra de los nogales. Algunos métodos como el acolchado y coberteras permiten el control de maleza y reducen la pérdida de humedad del suelo por evaporación, favoreciendo la nutrición de los cultivos contrario a los métodos de control que eliminan en su totalidad el complejo de malezas y mantienen el suelo desnudo (Arenas-Arenas *et al.*, 2016).

Es por ese tipo de beneficios adicionales al control de malezas y la sustentabilidad de ésta práctica que se deben evaluar varios métodos en la producción de frutales como el nogal pecanero, pues se trata de agroecosistemas que permanecerán varios años establecidos, ya que pueden casar efectos negativos sobre el suelo, agua o la salud humana. Algunos de los métodos más usados en frutales es el uso de coberteras vivas, que son principalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno y que pueden suprimir el crecimiento de malezas (Zanettini *et al.*, 2019). También hay coberteras muertas como las pajas o rastrojos, que además del control de arvenses, se incorporan como materia orgánica al suelo. Otro método muy utilizado en hortalizas es el uso de acolchado plástico, que inhibe

el crecimiento de malezas y conserva la humedad en el suelo; en frutales como los cítricos éste tipo de acolchado utiliza malla antimaleza con mayor durabilidad en campo abierto (Prem *et al.*, 2020). Así, el objetivo de ésta investigación fue cuantificar el efecto de diferentes métodos de control de maleza en la producción de nogal pecanero en la Región Lagunera.

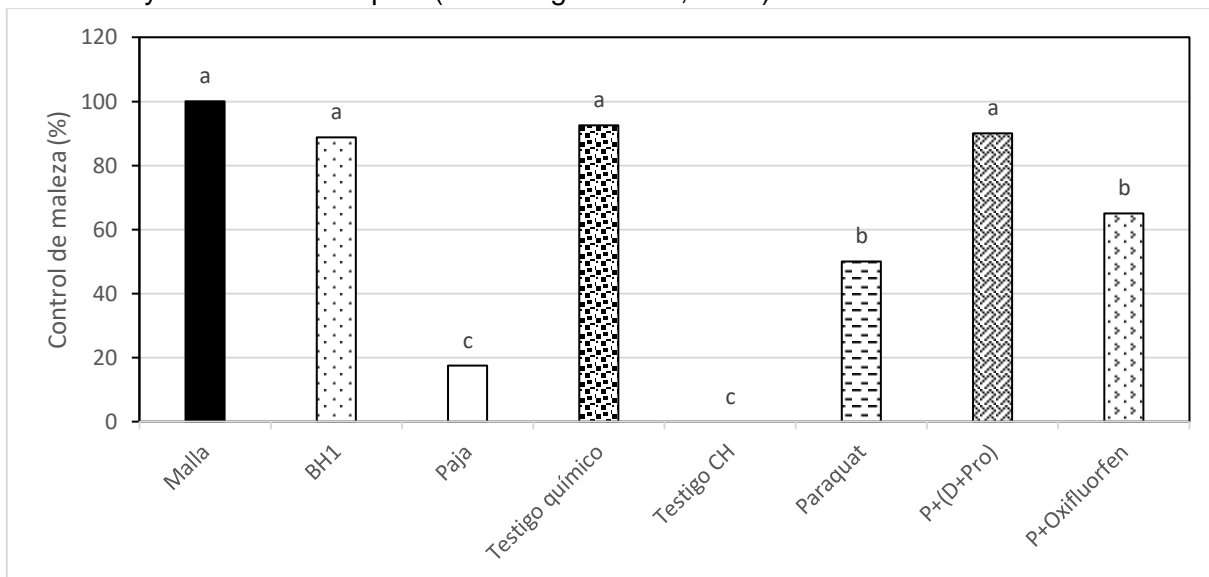
## MATERIALES Y METODOS

El experimento fue establecido en una nogalera de más de treinta años de edad ubicada en Gregorio García, Gómez Palacio, Durango (25°45'09" LN y 103°20'43" LO), donde se hicieron tratamientos para el control del complejo de maleza utilizando herbicidas sintéticos solos (2 Lha-1 de N-fosfometil glicina comercial, 2 L de paraquat comercial) y en mezcla (2 Lha-1 de paraquat+500 grha-1 de Dicamba+Prosulfuron, 2 Lha-1 de paraquat+500 mLha-1 de Oxifluorfen), malla antimaleza (4 m de ancho, color negro, densidad de 160 gr/m<sup>2</sup>), paja de avena (15 cm de grosor en forma circular, 4 m de radio desde el tronco del nogal) y un testigo sin control de maleza. Los tratamientos fueron establecidos en campo bajo un diseño experimental de bloques completos con tratamientos aleatorizados y cuatro repeticiones. Las variables medidas fueron el control de maleza a los 42 días después de iniciados los tratamientos como periodo crítico de competencia y siguiendo la escala EWRC (Ekhaton *et al.*, 2018), principales especies de maleza, y el número de nueces por racimo de la parte baja y media de la copa del nogal. Para comparar los valores de las variables del control de malezas se hizo una ANOVA y se hizo un ajuste por raíz cuadrada para los valores de control de maleza, las medias se compararon usando la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) utilizando el software SAS/STAT ver. 9.4 para Windows (SAS Institute, 2016).

## RESULTADOS Y DISCUSION

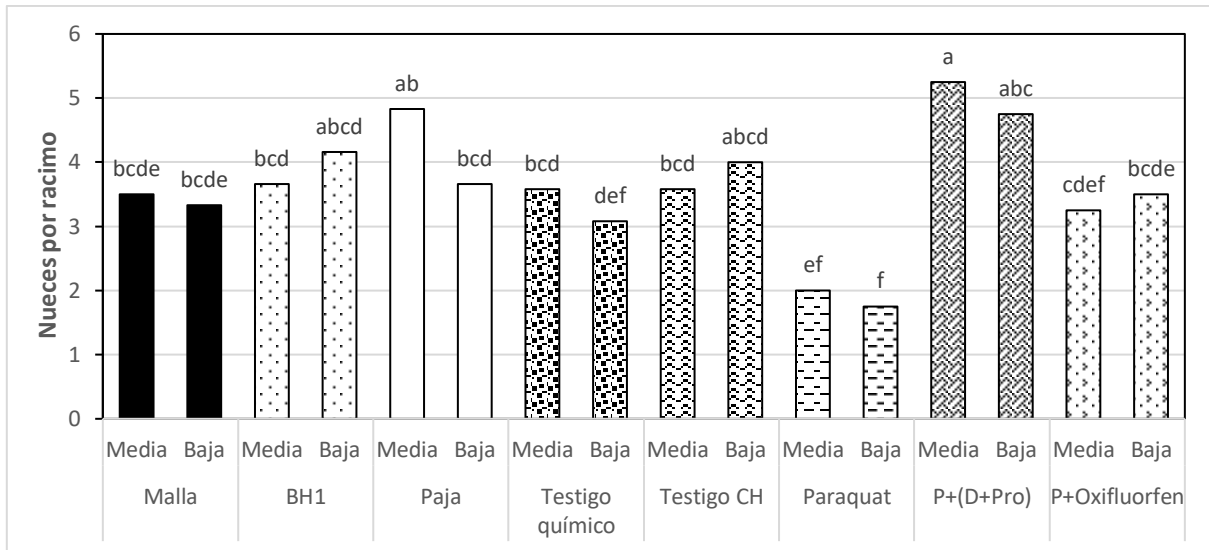
Las malezas en el sitio experimental que predominan son las de hoja angosta con un 99% aproximadamente del total de especies, siendo el zacate Jhonson (*Sorghum alepense* L.) la especie predominante; mientras que caso el 1% de las especies fueron de hoja ancha como el trompillo (*Solanum elaeagnifolium*), amargosa (*Helianthus ciliaris*) y hierba del negro (*Malvastrum coromandelianum*) como las predominantes. El control tradicional del complejo de malezas que el productor cooperante realiza es el paso de rastra el inicio del ciclo y al momento de la cosecha, con lo que elimina temporalmente la competencia por agua y nutrientes, no obstante, pueden existir beneficios en la calidad de la nuez usando otros métodos de control. En la Figura 1 se muestra el control que tuvieron el control químico y otros métodos de control de arvenses en nogal pecanero, donde se puede observar que al menos la malla antimaleza y un bioherbicida son tienen un control similar o mejor que usando herbicidas sintéticos ( $\alpha=0.05$ ) como el testigo químico y la mezcla de paraquat con dicamba y prosulfuron (P+(D+Pro)). Esto es lo que un productor con manejo convencional del complejo de malezas espera para mantener la nogalera libre de malezas. Lo cual algunas mezclas con paraquat (oxifluorfen o dicamba con prosulfuron) no tuvieron el control deseable en comparación con el testigo químico. De forma alternativa, la aplicación de paja de avena como cobertera muerta funciona en los primeros meses, no obstante, hubo factores naturales como el viento y el riego rodado que pueden arrastrar el material fuera de la zona de aplicación, lo cual es una desventaja de éste método de control, además de que es necesario aplicarlo año tras año. El uso de bioherbicidas es una alternativa reciente

para muchos agroecosistemas, y en nogal pecanero se presenta como una alternativa interesante pues su efectividad en el control de malezas es similar al que se registra con herbicidas sintéticos como se muestra en la Figura 1 ( $\alpha=0.05$ ). Sin embargo, es necesario realizar más pruebas en varios ambientes y tipos de malezas pues son productos no selectivos y de efectos múltiples (Ramalingam *et al.*, 2018).



**Figura 1.** Control del complejo de arvenses con el método químico (Testigo químico (N-fosfonometil glicina), paraquat y paraquat en mezcla con oxyfluorfen o dicamba (D) más prosulfuron (D+Pro)) y métodos alternativos en nogal pecanero (Gregorio García, Gómez Palacio, Dgo.).

El control de maleza en los cultivos desde sus inicios tuvo como objetivo eliminar la competencia por luz, agua y nutrientes para favorecer el crecimiento y mejorar el rendimiento, lo cual podemos observar en la Figura 2, donde el suelo desnudo podría no ser tan favorable para la producción de nueces, ya que productos como el paraquat aplicado solo o en mezcla pueden reducir el número de nueces por racimo en comparación el testigo tanto en la parte media como en la parte baja de la copa de los nogales ( $\alpha=0.05$ ). En cambio, el mismo producto con una efectividad alta en su control como la mezcla con dicamba y prosulfuron favorecen el amarre de nueces por racimo, siendo mayor en la parte media de la copa en comparación la mayoría de tratamientos aplicados. Comparando los tratamientos que mantienen el suelo desnudo como el testigo químico y las mezclas sintéticas con los tratamientos que mantienen el suelo cubierto (malla, paja y testigo con hierba), se observa que los nogales con cobertera tuvieron significativamente mayor cantidad de nueces por racimo. En el caso del bioherbicida, también mantuvo mayor cantidad de nueces con respecto al testigo químico ( $\alpha=0.05$ ).



**Figura 2.** Efecto del control químico y métodos alternativos en el control de arvenses en nogal pecanero (Gregorio García, Gómez Palacio, Dgo.).

Es importante que se exploren métodos alternativos de control de maleza en los diferentes agroecosistemas a los herbicidas sintéticos, no solo porque las especies de maleza generan resistencia a los mismos sino porque es posible que se encuentren efectos positivos en los cultivos como el amarre de nueces por racimos que se tuvo en esta investigación. En especial en cultivo perennes, es importante cuidar el suelo, pues como se observó, el suelo con algún tipo de cobertera favorece el amarre nueces en el nogal pecanero.

## CONCLUSIONES

En el complejo de malezas identificado en el nogal pecanero predominan las malezas de hoja angosta sobre las de hoja ancha, siendo el zacate Jhonson (*Sorghum alepense* L.) la especie predominante. El control de maleza puede favorecer la producción de nueces usando coberteras o manteniendo el suelo descubierto aplicando algunos herbicidas sintéticos o bioherbicidas en nogal pecanero.

## REFERENCIAS

- Arenas-Arenas F. J., Romero-Rodríguez E., González-Chimeno A. B., Hervalejo A. 2016. Efecto del acolchado de suelo con malla negra en el cultivo de los cítricos. *Phytoma* 284. 62-64. En línea: [https://www.phytoma.com/images/pdf/284\\_DICIEMBRE\\_2016\\_CITRICULTURA\\_acolchado\\_suelo\\_malla.pdf](https://www.phytoma.com/images/pdf/284_DICIEMBRE_2016_CITRICULTURA_acolchado_suelo_malla.pdf)
- Ekhaton F., Ola O. T., & Ikuenobe C. E. (2018). Effectiveness of tank mixture of glyphosate plus metsulfuron for weed control in juvenile oil palm in Nigeria. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research* 13(1): 29-38. <https://innspub.net/effectiveness-of-tank-mixture-of-glyphosate-plus-metsulfuron-for-weed-control-in-a-juvenile-oil-palm-in-nigeria/>
- Prem P, Ranjan P, Seth N, Patle G. T. Mulching Techniques to Conserve the Soil Water and Advance the Crop Production - A Review. *Curr World Environ* 2020; Special Issue (Sustainable Mining). <http://dx.doi.org/10.12944/CWE.15.Special-Issue1.02>



- Ramalingam R., Abdulaziz A. A., Elsayed F. A. 2018. Review: Bioherbicides: current knowledge on weed control mechanism. *Ecotoxicology and Environmental safety* 158, 131-138. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.04.018>
- Rosculete C. A., Elena B., Elena R, Liviu A. O. 2019. Determination of the Environmental Pollution Potential of Some Herbicides by the Assessment of Cytotoxic and Genotoxic Effects on *Allium cepa*. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16(1), 75. <https://doi.org/10.3390/ijerph16010075>
- SAS Institute. (2016). SAS System documentation 9.4. SAS/STAT 15.2. Cary, N. C., USA.
- Zanettini J. L., Orden N., Dubo G. 2019. El cultivo de cobertura en el control de malezas. *RTA Malezas* 10(39), 56-59. En línea: [https://aws.agroconsultasonline.com/documento.html?op=d&documento\\_id=1279](https://aws.agroconsultasonline.com/documento.html?op=d&documento_id=1279)

## IDENTIFICACIÓN DE COSTRAS BIOLÓGICAS DEL SUELO EN TERRENOS AGRÍCOLAS DEGRADADOS

Echavarría-Chairez F.G.<sup>1</sup>, Casas-Flores J.I.<sup>1</sup>, Serna-Perez A<sup>1</sup>, Longoria-Ramirez P.S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INIFAP- Campo Experimental Zacatecas, Carretera Zacatecas-Fresnillo km 24.5, Calera de Víctor Rosales, 98500, Zac., México.

<sup>2</sup>Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas, Carretera Zacatecas-Fresnillo, km.31.5, Gral. Enrique Estrada, 98560, Zac., México.

Autor de correspondencia: [echavarria.francisco@inifap.gob.mx](mailto:echavarria.francisco@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

La degradación de suelos agrícolas y pecuarios mantiene su avance en el mundo. Existe una correspondencia entre la degradación del suelo y la disminución de productividad agrícola y pecuaria. La presencia de las costras biológicas del suelo (CBS) en terrenos agrícolas y pecuarios se asocian a un proceso de recolonización y recuperación de un suelo degradado. La presencia de las CBS fue detectada visualmente en un sitio en condición de degradación y posteriormente monitoreada con la ayuda de vehículo aéreo no tripulado. Para corroborar se realizó un muestreo de suelo y con los resultados de las determinaciones de laboratorio se contruyeron imágenes raster, que al sumarse entre ellas mostraron los sitios de mayor adversidad para la producción agrícola, considerándose los sitios de mayor degradación. Asimismo, el sitio donde se localizaron se ha mantenido sin actividad agrícola durante más de 15 años. Las condiciones de establecimiento y desarrollo de CBS se localizó en la condición de pH alcalino, mayor contenido de arena, menor contenido de materia orgánica, mayor contenido de sulfato, mayor densidad aparente y compactación del suelo.

Palabras clave: CBS, reconversión productiva, perturbación, dron.

### ABSTRACT

The degradation of agricultural and livestock soils continues to advance in the world. There is a correspondence between soil degradation and the decrease in agricultural and livestock productivity. The presence of biological soil crusts (CBS) in agricultural and livestock lands is associated with a process of recolonization and recovery of degraded soil. The presence of CBS was detected visually in a site in a deteriorated condition and subsequently monitored with the help of an unmanned aerial vehicle. To corroborate, soil sampling was carried out and with the results of the laboratory determinations, raster images were constructed that, when added together, showed the sites of greatest adversity for agricultural production, considering the sites of greatest degradation. Likewise, the site where they were located has remained without agricultural activity for more than 15 years. The establishment and development conditions of CBS were located in the condition of alkaline pH, higher sand

content, lower organic matter content, higher sulfate content, higher apparent density and soil compaction.

**Keywords:** CBS, productive reconversion, disturbance, drone.

## INTRODUCCIÓN

El estado de Zacatecas cuenta con 5.5 millones de hectáreas dedicadas al pastoreo extensivo, de ellas, 2.3 millones se consideran con un alto nivel de degradación. El continuo deterioro debido al mal manejo de los recursos naturales y los efectos climáticos, han repercutido sobre la condición del pastizal y el matorral. La producción de materia seca de los agostaderos de Zacatecas, ha ido disminuyendo de manera gradual, como consecuencia de la continua degradación (Echavarría, *et al*, 2009). Existe una correspondencia entre la degradación del suelo con la consecuente disminución de la producción de materia seca (Serna y Echavarría, 2007). La superficie agrícola por su cuenta con 1.3 millones de ha, de las cuales 1.12 millones son de temporal y de esas 205 mil se encuentran degradadas y podrían ser reconvertidas a su vocación original (Vallejo, 2015).

En estos pastizales, existen organismos que pueden ayudar a disminuir los procesos de degradación del suelo; estos organismos, conocidos como costras biológicas del suelo, se desarrollan en los primeros mm del suelo (Belnap *et al.*, 2001; Quiñones *et al.*, 2009) y son considerados como los primeros colonizadores en la formación y/o recuperación de un suelo degradado. Las costras biológicas del suelo (CBS) están compuestas de hongos, cianobacterias, líquenes, briofitas y algas en proporciones variables. Por lo común, estos microorganismos viven asociados, formando comunidades que viven en la capa superficial del suelo. A las costras se les atribuyen cualidades capaces de modificar la fertilidad y la estabilidad del suelo (Rivera y Manuell-Cacheux, 2004). En cuanto a su fertilidad, se afirma que las bacterias autótrofas son capaces de fijar nitrógeno y captar carbono en el suelo, contribuyendo a mantener la vegetación nativa de las zonas áridas.

Sin embargo, la presencia de CBS no se restringe a los suelos de pastizal o matorral, sino que es común encontrarlas en áreas agrícolas donde la actividad agrícola es reducida o nula, los cuales coinciden con condiciones de mayor degradación, como es el caso que se presenta en este estudio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el Campo Experimental Zacatecas (INIFAP), ubicado en los 22° 54' LN y 102° 39' LW y altitud de 2,197 m, con una precipitación media anual de 416 mm. Desde el año 2007, se estableció un módulo de 9.5 ha de suelo, consideradas de baja productividad, en las que se trazaron curvas a nivel y se aplicaron cinco diferentes grados de laboreo y manejo, con la intención de detectar cambios a través del tiempo y generar recomendaciones para reconversión de sitios degradados. El área está dividida en franjas de 6 surcos de 76 cm y en los bordes de cada franja, se establecieron especies de arbustos (*Atriplex canescens*) en dos porciones que corresponde al tratamiento 1 (que incluyó pastoreo por varios años) y el 3 (sin actividad agrícola), en otra franja se estableció sotol (*Dasylirium cedrosanum*) que es el tratamiento 2 y en las franjas se sembraron

pastos nativos (navajita y banderilla), y en dos franjas se establecieron nopales (nopal forrajero), que corresponden a los tratamientos 4 y 5, en los que se realiza actividad agrícola anual de temporal. Un sexto tratamiento corresponde al testigo que es un terreno alledaño sin curvas y sin matorrales, con reducida actividad agrícola y en menor estado de degradación.

Muestreo de suelos. Se recolectaron 47 muestras a través del terreno, las cuales fueron georeferenciadas, incluyendo el testigo. Las determinaciones de laboratorio incluyen la textura del suelo, elementos mayores y sales solubles, así como determinaciones de pH, materia orgánica, densidad aparente y compactación del suelo.

Análisis de suelo. Se calcularon semivariogramas y se realizaron interpolaciones por el método de kriging para cada una de las determinaciones de laboratorio realizadas. Se utilizó el sistema de información geográfica IDRISI (Eastman, 2012). Se realizó un análisis de varianza utilizando un diseño anidado. Los valores medios se analizaron con la prueba de tukey con el programa SAS (SAS, 2013).

Identificación de CBS. Se realizó un vuelo con un vehículo aéreo no tripulado DJI P4 Multiespectral en la porción de terreno donde se detectaron visualmente la presencia de las CBS, las cuales fueron marcadas para facilitar su detección. El vuelo se realizó en una porción de 0.43 ha, con una distancia de vuelo de 931 m, de 14 minutos y 19 metros de altura, para lograr una alta resolución de pixel de un 1X1 cm, generando 1750 fotos multiespectrales (divididas en 5 bandas) y 350 fotos RGB. Se generaron imágenes vectoriales de las costras detectadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 presenta la distribución espacial de los 6 tratamientos descritos, indicándose numericamente la ubicación de cada uno de ellos. El análisis de varianza no mostró diferencias ( $P > 0.05$ ) en las determinaciones de laboratorio, con excepción del contenido de fósforo y potasio. El fósforo se explica por valores acumulados por fertilización en las áreas agrícolas, tratamiento 4 y 5, donde se han realizado aplicaciones de fósforo que favorecen la acumulación del mismo. En lo referente al potasio, se trata del soluble que se ha ido perdiendo en toda el área, principalmente en el área de mayor degradación, donde se ubican los tratamientos del 1 al 3. La Figura 2 muestra la distribución del potasio, observándose que los valores más altos de potasio soluble se localizan en el terreno del tratamiento 6, que es el testigo. Asimismo, la Figura 2 incluye las imágenes del contenido de arena, el porcentaje de materia orgánica, niveles de pH en el suelo, densidad aparente y compactación. Todas ellas coinciden en mostrar que los tratamientos del 1 al 3 se encuentran en una condición adversa, al coincidir los valores altos de arena, valores bajos de materia orgánica, valores altos de pH, valores altos de densidad aparente y valores altos de sulfatos, lo que explica la disminución de potasio soluble por la presencia de arena y bajos valores de materia orgánica. Aunque no se incluye la imagen de compactación de suelos medida en Joules/cm, esta también contribuye a mostrar que esa porción del terreno coinciden diferentes determinaciones que indican una condición de mayor degradación.

Con el uso de sistema de información geográfica, se realizó una suma de las diferentes imágenes mencionadas y la suma de ellas se presenta en la Figura 3.

La suma que representa la Figura 3, es la suma de las categorías de imagen de arena con la imagen de sulfato, la imagen de densidad aparente, la imagen de pH del suelo, la imagen de compactación del suelo y restando el contenido de materia orgánica. Dado que todas las categorías de mayor tamaño se localizan en los tratamientos del 1 al 3, es obvio que los valores mas altos de cada imagen se concentraron al lado izquierdo del terreno y solamente la materia orgánica fue restada, lo que contribuyó a concentrar todos los aspectos adversos del terreno en la condición de mayor deterioro. Asimismo, la agrupación de valores altos delimita el área experimental y el área del testigo (área de categoría muy bajo y bajo).

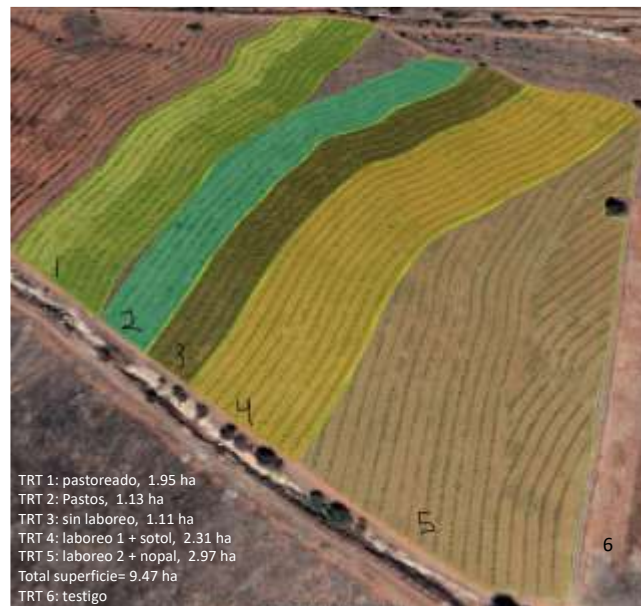


Figura 1. Foto aérea de la distribución del terreno experimental y los tratamientos.

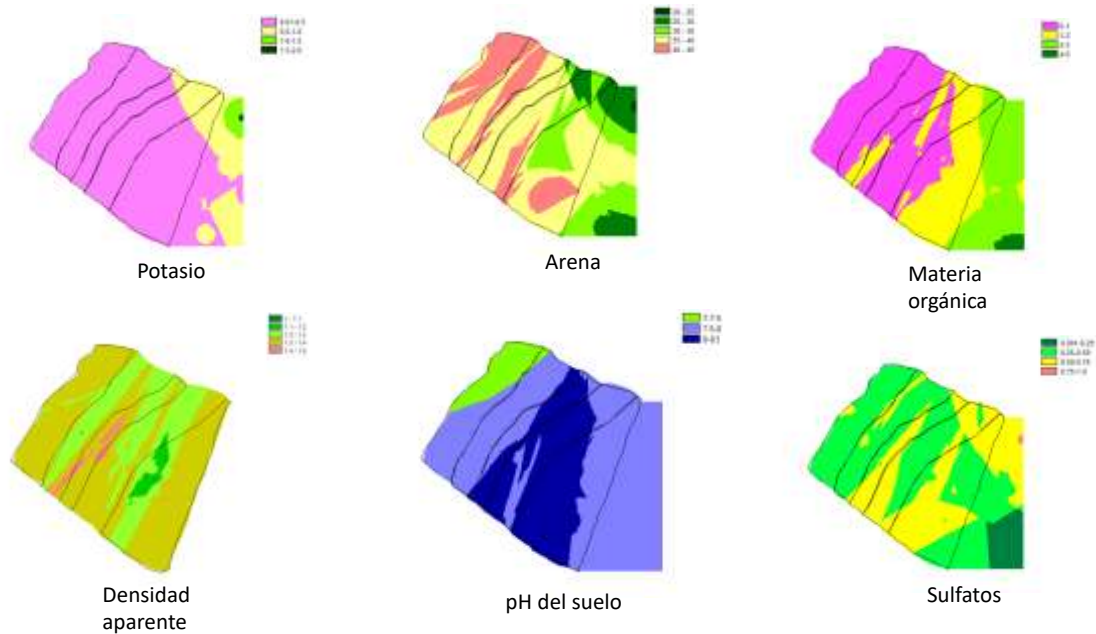


Figura 2. Distribución espacial del contenido de potasio (me/l), porcentaje de arena, porcentaje de materia orgánica, pH del suelo y contenido de sulfatos (me/l) en el sitio experimental de INIFAP y la delimitación de los diferentes tratamientos.

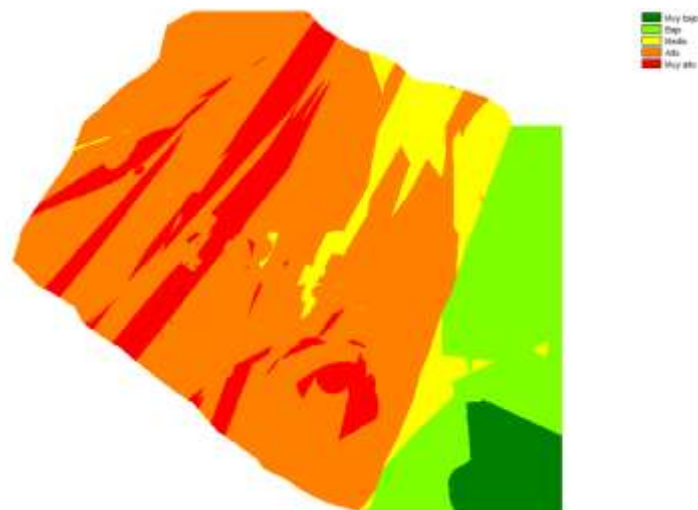


Figura 3. Imagen de la suma de valores de arena, pH del suelo, densidad aparente, compactación del suelo, contenido de sulfatos y materia orgánica en el sitio experimental de INIFAP.

La suma de imágenes separa el área de mayor degradación del área donde se ubica el tratamiento testigo, que en este caso presenta mejores condiciones de suelo. Aunque el análisis de varianza no mostró diferencias entre los tratamientos, la distribución espacial expresada en imágenes raster, contribuye a explicar en forma visual el estado actual del suelo.

## CBS

La presencia de CBS en el tratamiento tres fue identificada visualmente, por lo que se decidió hacer una identificación de las mismas con ayuda del dron. Al realizar un vuelo de baja altura (19 m) fue posible ubicarlas y crear una imagen de vectores, la que al sumarse a la Figura 3 se observa la coincidencia con el tratamiento 3. Esta coincidencia contribuye a explicar el desarrollo de las CBS, debido a que este tratamiento no es el único que mantiene los valores más adversos para el desarrollo de cultivos, pero es el que mantiene la condición de menor perturbación de los 6 tratamientos, por ser el que se ha mantenido sin uso desde el año 2007. La imagen que muestra las coincidencias entre la condición adversa mencionada y la presencia de CBS, se presenta en la Figura 4. Esta asociación permite identificar las características que favorecen el establecimiento y proliferación de CBS en terrenos agrícolas. Tanto los valores altos de arena, de sulfatos, de densidad aparente del suelo, de compactación del suelo, de pH del suelo alto y de bajo contenido de materia orgánica, sumados a la menor perturbación del terreno, indican ser las mejores condiciones para el establecimiento y desarrollo de CBS.

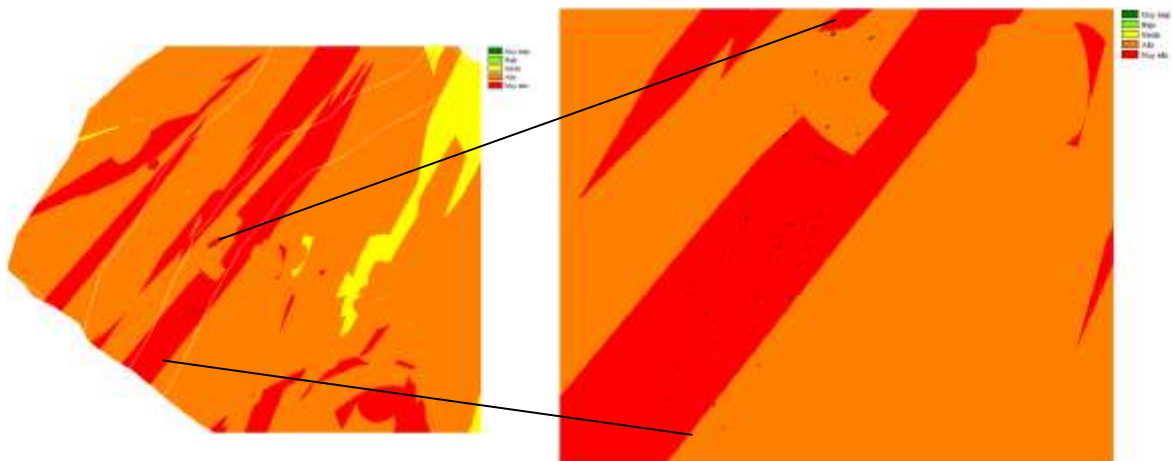


Figura 4. Área de vuelo del Dron donde se identificó la presencia de CBS (puntos negros) en el tratamiento tres, en el sitio experimental de INIFAP y la delimitación de los diferentes tratamientos.

## CONCLUSIONES

La suma de condiciones adversas del suelo, como son el alto porcentaje de arena, valores altos de sulfatos, valores bajos de materia orgánica, valores altos de densidad aparente del suelo, valores altos de compactación del suelo y valores altos de pH del suelo son características que al presentarse una menor perturbación del terreno, favorecen el establecimiento y desarrollo de las CBS en suelos agrícolas.

## REFERENCIAS

- Belnap J, Budel B, Lange O.L. 2001. Biological soil crusts: characteristics and distribution. En: Belnap J, Lange OL (eds) *Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management*. Springer-Verlag, Berlin, 3–30 pp.
- Serna P.A., F.G. Echavarría C. 2007. Niveles de degradación del suelo de un pastizal semiárido: II Diferencias en productividad. IV Simposio internacional de pastizales. San Luis Potosí, S.L.P. 2007:163-171.
- Eastman J.R. 2012. IDRISI Selva. Worcester, MA: Clark University.
- Echavarría C., F.G., G. Medina G., A. F. Rumayor R., A. Serna P., H. Salinas G., J.G. Bustamante W. (2009). Diagnóstico de los recursos naturales para la planeación de la intervención tecnológica y el ordenamiento ecológico. INIFAP. CIRNOC. Libro Técnico N°10.
- Quiñones V.J.J., P.Castellanos E, C.M.Valencia C, J.J. Martínez R, T. Sánchez O., C.A. Montes G. 2009. Efecto de la costra biológica sobre la infiltración de agua en un pastizal. *TERRA Latinoamericana* 27(4):287-293.
- Rivera-Aguilar, V., I. Manuell-Cacheux. 2004. Las costras biológicas del suelo y las zonas áridas. *Ciencias*, julio-septiembre, 24-27.
- SAS INSTITUTE. SAS system for Windows. Version 9.3 (TS1M2) Cary: SAS Institute. 2013.
- Vallejo D.J. 2015. Orígenes de la estrategia de reconversión productiva en Zacatecas. IN: Echavarría C.F.G. *Reconversión productiva para el ordenamiento agropecuario*. Centro de estudios para el desarrollo rural sustentable y la soberanía alimentaria. Honorable Cámara de Diputados LXII Legislatura / Congreso de la Unión Av. Congreso de la Unión, núm. 6. Col. El Parque, 15960 México, D.F.



## PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE PASTO CON LÁMINAS DE RIEGO PEQUEÑAS DE LA VARIEDAD “BANDERITA DIANA”

Echavarría-Chairez F.G.<sup>1</sup>, Sánchez-Gutierrez R.A.<sup>1</sup>, Álvarez-Holguin A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INIFAP- Campo Experimental Zacatecas, Carretera. Zacatecas-Fresnillo km 24.5, Calera de Víctor Rosales, Zac., México. [echavarría.francisco@inifap.gob.mx](mailto:echavarría.francisco@inifap.gob.mx)

<sup>2</sup>Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua, Periférico Francisco R. Aldama km 1, Chihuahua C.P. 31453, Mexico.

### RESUMEN

La producción de semilla de pasto “Banderita Diana” es una alternativa productiva para el estado de Zacatecas, que incrementa el rendimiento de semilla usando riego suplementario con láminas de riego pequeñas (15-20 cm de lámina), lo que mejora la productividad del agua de riego y genera mayor ingreso que los cultivos tradicionales. El establecimiento del cultivo se realizó por trasplante, produciendo la plántula en charolas de unicel y plantando en surcos a 76 cm y 30 cm entre plantas, con una cintilla de riego por goteo junto a cada surco, con una densidad de 44000 plantas. La aplicación del riego es semanal a partir del mes de abril hasta el corte en agosto o septiembre dependiendo de las lluvias, con riegos de una a dos horas dependiendo del volumen de agua evapotranspirada y la precipitación. Los rendimientos promedio de tres años fueron de 500 kg/ha, con una aplicación media de lámina de riego de 18 cm.

**Palabras clave:** *Bouteloua cutipendula*, pastizales, riego suplementario

### ABSTRACT

The production of “Banderita Diana” grass seed is a productive alternative for the state of Zacatecas, which increases seed yield using supplemental irrigation with small irrigation sheets (15-20 cm of sheet), which improves water productivity. irrigation and generates greater income than traditional crops. The establishment of the crop was carried out by transplant, producing the seedling in Styrofoam trays and planting in furrows at 76 cm and 30 cm between plants, with a drip irrigation strip next to each furrow, with a density of 44,000 plants. Irrigation is applied weekly from April until the cutoff in August or September depending on rainfall, with irrigation lasting one to two hours depending on the volume of evapotranspirated water and precipitation. The three-year average yields were 500 kg/ha, with an average irrigation sheet application of 18 cm.

**Key words:** *Bouteloua cutipendula*, grasslands, supplemental irrigation.

## INTRODUCCIÓN

Gran parte de las tierras agrícolas de México se ubican en una zona con un alto déficit de evapotranspiración, una mala distribución de las precipitaciones y condiciones climáticas desfavorables hacen que la producción de alimentos dependa en gran medida del riego. En particular, el estado de Zacatecas. (Servín et al. 2022). Debido al continuo abatimiento del acuífero en Zacatecas, la disponibilidad del recurso hídrico va disminuyendo y es necesaria la búsqueda de opciones tecnológicas que involucren especies eficientes en el uso de este recurso que ayuden a obtener una mayor productividad con un mínimo de agua de riego suplementario que ayude a lograr ese propósito (Echavarría, et al, 2009). Dentro de las plantas herbáceas de hoja angosta, una de las familias más importantes es la de las gramíneas, las cuales poseen alrededor de 10 mil especies a nivel mundial; en México se reportan 1 182 y en el estado se han identificado 284 (Herrera y Pámanes 2010). El *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., o banderilla, es una gramínea perenne, endémica de América, que se distribuye desde Canadá hasta Argentina. El pasto *Bouteloua curtipendula* crece en sitios ubicados entre 800 y 2400 msnm, siendo característico de las zonas áridas y semiáridas, zonas naturales, también asociado a matorrales y bosques de mezquite y huizache, su mejor desarrollo es en suelos francos y franco arenosos (Beltrán, et al 2010). En el lote de producción de semilla del Campo Experimental San Luis, del INIFAP, en condiciones de riego, se han obtenido entre 465 y 998.5 kg de semilla/ha, con un promedio de 743.3 kg, (Beltrán, et al 2010). Una consecuencia del sobrepastoreo en los pastizales es la disminución de la productividad, es decir, de la cantidad de forraje seco producido por hectárea. Una alternativa para recuperar la productividad de los pastizales es la revegetación a través de especies nativas como la Banderilla Diana, las cuales son recomendadas para zonas áridas y semiáridas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental Zacatecas del INIFAP, donde se estableció un experimento de riego en 2019 y se evaluó por tres años, el cual consideró dos especies de pastos y dos variedades por especie (Hachita y Cecilia de pasto "navajita", *Bouteloua curtipendula*, y Vaugh y Diana de pasto banderita, *Bouteloua gracilis*). La unidad experimental fue de tres surcos de 76 cm y 12 m de largo, 30 centímetros entre plantas y parcela útil de 5 m del surco central. Se aplicaron cuatro tratamientos de riego: 100, 66, 33 y 0 % de la humedad. El riego se aplicó por goteo con cintilla de plástico desde el establecimiento La cantidad de agua aplicada fue la necesaria para reponer el nivel de riego asignado a cada tratamiento (100, 66, 33 y 0% de humedad), dependiendo del volumen de agua

evapotranspirado por las plantas y de la precipitación, para solo aplicar la necesaria para completar el nivel de humedad definido. La humedad se monitoreó semanalmente con un sensor TDR a 30 cm de profundidad del suelo. También se instalaron medidores de volumen aplicado a tratamiento de riego y se cuantificó el volumen de agua aplicada en cada tratamiento ( $m^3$  totales). Además de tres tratamientos de fertilización N-P-K: 0-0-0, 60-60-60 y 90-90-90  $kg \cdot ha^{-1}$ . El total de unidades experimentales fue de 144 en un arreglo experimental de parcelas sub-sub divididas. Se analizó por medio del programa SAS (SAS, 2012). Con los valores de semilla obtenidos se realizó un análisis de productividad por  $m^3$  de agua aplicada.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los tres años evaluados, se presentaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre variedades y en la interacción de riego X variedad. La precipitación medida en el experimento se presenta en la Figura 1. Los valores brutos de lluvia fueron 530.6, 647 y 286.6 mm en 2020, 2021 y 2022, respectivamente. Los rendimientos de semilla se presentan en los Cuadros 1 y 2.

El Cuadro 1, a la izquierda, se muestra la producción de semilla en 2020 y en este se puede ver que la variedad B. Diana es la más productiva, tanto en la dosis de riego al 100% de la EVTP como en el de 66%. Esto es una indicación de que la distribución de lluvias fue más favorable. En cambio, en el año 2021 (Cuadro 1, derecha), la precipitación fue mayor, aunque con una distribución más errática. Sin embargo, la producción de semilla se incrementó y los criterios de riego de 100, 66 y 33% generaron valores iguales en la variedad B. Diana (643, 671 y 647  $kg/ha$ ), alcanzando la producción más alta para esta variedad. La variedad N. Cecilia también mostró los valores más homogéneos, incluyendo la producción bajo temporal (sin riego), lo que indica que la productividad del agua puede disminuir en condiciones de lluvia suficiente como el año 2021.

Para el año 2022, se presentó la situación opuesta y se tuvo un año muy seco. Sin embargo, la distribución fue favorable para el pasto ya que la lluvia se presentó en Julio y Agosto, por lo que el consumo de agua de riego fue casi igual al de los años anteriores, aunque el comportamiento de los cultivos fue diferente. El Cuadro 2 muestra que nuevamente la variedad B. Diana sobresalió con la dosis de riego al 66% de la EVTP y produjo 691  $kg/ha$ , seguida del tratamiento de 33% de riego con 530  $kg/ha$  y en tercer lugar el tratamiento con el 100% con 390  $kg/ha$ . Estos tres tratamientos se valoraron como iguales ( $P > 0.05$ ). En el caso de la N. Cecilia el tratamiento de 66% también fue el que presentó el mejor resultado con 369  $kg/ha$ , seguido del tratamiento con 100% y por último el de 33%. En este caso, el

tratamiento de temporal o sin riego, generó valores mayores que el 33% de riego y muy cercano al tratamiento de 100%, por lo que todos fueron iguales  $P > 0.05$  (Cuadro 2)

CANTIDAD DE AGUA APLICADA (CM)	PRODUCCIÓN DE SEMILLA EN 2020 (Kg/ha)			
	CANTIDAD DE LLUVIA = 53 CM			
	B. VAUGH	B. DIANA	N. HACHITA	N. CECILIA
18	97	469	113	196
13.6	66	347	125	143
7.2	47	176	117	83
0	25	38	51	69

Cuadro 1. Producción de semilla de 4 variedades de pasto y la cantidad de agua de riego suplementada en el año 2020 en Zacatecas.

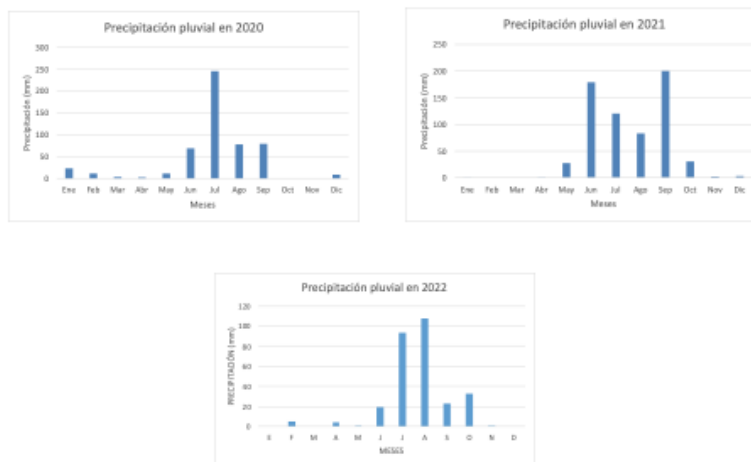


Figura 1. Precipitación pluvial en Calera Zacatecas, los años 2020, 2021 y 2022

Cuadro 1. Producción de semilla de 4 variedades de pasto y la cantidad de agua de riego suplementada en el año 2020 y 2021 en Zacatecas.

CANTIDAD DE AGUA APLICADA (CM)	PRODUCCIÓN DE SEMILLA EN 2020 (Kg/ha)			
	CANTIDAD DE LLUVIA = 53 CM			
	B. VAUGH	B. DIANA	N. HACHITA	N. CECILIA
18	97	469	113	196
13.6	66	347	125	143
7.2	47	176	117	83
0	25	38	51	69

CANTIDAD DE AGUA APLICADA (CM)	PRODUCCIÓN DE SEMILLA EN 2021 (Kg/ha)			
	CANTIDAD DE LLUVIA = 64.7 CM			
	B. VAUGH	B. DIANA	N. HACHITA	N. CECILIA
16.7	59	643	65	209
9.3	126	671	298	345
8.69	104	647	279	381
0	43	330	134	337

Cuadro 2. Producción de semilla de 4 variedades de pasto y la cantidad de agua de riego suplementada en el año 2022 en Zacatecas.

CANTIDAD DE AGUA APLICADA (CM)	PRODUCCIÓN DE SEMILLA EN 2022 (Kg/ha)			
	CANTIDAD DE LLUVIA = 28.6 CM			
	B. VAUGH	B. DIANA	N. HACHITA	N. CECILIA
19.4	77	390	86	290
12.9	74	691	220	369
7.7	74	530	249	267
0	29	87	100	279

**INGRESO POR M<sup>3</sup>**

El ingreso generado por la producción de semilla se presenta en los cuadros del 3 al 5. Asumiendo un precio medio de \$300 por kilo de semilla y relacionándolo con el gasto de agua realizado en cada tratamiento, se obtienen valores por encima de la productividad de cultivos básicos como maíz o frijol, incluso superiores a los obtenidos en cultivos hortícolas, donde es común utilizar un m<sup>3</sup> para producir un kilo de maíz o 0.2 m<sup>3</sup> por kilo de tomate.

Cuadro 3. Ingreso bruto por M<sup>3</sup> de agua de riego suplementada en la producción de semilla de 4 variedades de pasto en el año 2020 en Zacatecas.

CANTIDAD DE AGUA APLICADA (CM)	INGRESO BRUTO POR M <sup>3</sup> EN 2020			
	CANTIDAD DE LLUVIA = 53 CM			
	B. VAUGH	B. DIANA	N. HACHITA	N. CECILIA
18	16.22	78.20	18.76	32.66
13.6	10.96	57.77	20.82	23.89
7.2	7.80	29.41	19.55	13.90

Cuadro 4. Ingreso bruto por M<sup>3</sup> de agua de riego suplementada en la producción de semilla de 4 variedades de pasto en el año 2021 en Zacatecas.

CANTIDAD DE AGUA APLICADA (CM)	INGRESO BRUTO POR M <sup>3</sup> EN 2021			
	CANTIDAD DE LLUVIA = 64.7 CM			
	B. VAUGH	B. DIANA	N. HACHITA	N. CECILIA
16.7	10.54	115.56	11.76	37.49
9.3	22.58	120.62	53.53	61.94
8.69	18.76	116.27	50.13	68.41

Cuadro 5. Ingreso bruto por M<sup>3</sup> de agua de riego suplementada en la producción de semilla de 4 variedades de pasto en el año 2022 en Zacatecas.

CANTIDAD DE AGUA APLICADA (CM)	INGRESO BRUTO POR M <sup>3</sup> EN 2022			
	CANTIDAD DE LLUVIA = 28.6 CM			
	B. VAUGH	B. DIANA	N. HACHITA	N. CECILIA
19.4	11.92	60.35	13.30	44.78
12.9	11.39	106.92	34.04	57.10
7.7	11.47	81.91	38.56	41.32

Los valores más altos de ingreso se obtuvieron en el año 2021 con la variedad B. Diana debido a la precipitación y la producción de semilla, sin considerar la materia seca, la cual se pudiera valorar y generar un ingreso extra. El siguiente año en que se obtuvo un mayor ingreso es el año 2022, en el que sobresale la variedad B. Diana. Con excepción del año 2020 en que el tratamiento de 100% de la EVTP es el que produjo el mayor ingreso bruto,

los años siguientes el tratamiento de 66% de la EVTP parece ser la mejor opción para la producción de semilla de pasto.

### CONCLUSIONES

La variedad Banderita Diana sobresale por la mayor productividad de semilla y generar el mayor ingreso por m<sup>3</sup> de agua utilizado.

Dadas las cantidades reducidas de agua utilizadas, la producción de semilla de pastos de la variedad Banderita Diana es una alternativa productiva que pudiera sustituir otros cultivos tradicionales.

### REFERENCIAS

- Beltrán López, S., García Díaz, C. A., Hernández Alatorre, J. A., Loredó Osti, C., Urrutia Morales, J., González Eguiarte, L. A., & Gámez Vázquez, H. G. (2013). "Banderilla Diana" *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., Nueva variedad de pasto para zonas áridas y semiáridas. *Revista mexicana en ciencias pecuarias*, 4(2),217-221.
- Echavarría C., F. G.; Medina G., G.; Rumayor R., A. F.; Serna P., A.; Salinas G., H. y Bustamante W., J. G. 2009. Diagnóstico de los recursos naturales para la planeación de la intervención tecnológica y el ordenamiento ecológico. INIFAP-CIRNOC. Libro Técnico No. 10. Calera de V. R., Zac., México. 174 p.
- Echavarría-Chairez, F. G., & Rubio-Aguirre, F. A. (2020). Deterioro de los pastizales por agricultura y ganadería. En: A. Cruz-Angón, D. López-Higareda, K. C. Nájera-Cordero, E. D. Melgarejo, & D. Hernández-Ramírez (Coord.). *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado* (pp. 407-411). Zacatecas, México: CONABIO, México. ISBN: 978-607-8570-37-9
- Herrera, Y. y D.S. Pámanes. 2010. *Guía de pastos de Zacatecas*. ciidir Unidad Durango-ipn/conabio, Durango.
- SAS Institute. (2012). *Statistical Analysis System SAS/STAT User's Guide. version 9.3*. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- SERVIN-PALESTINA, Miguel, MARTINEZ-RUIZ, Antonio and, ECHAVARRIA-CHAIREZ, Francisco Guadalupe. Optimization of water for agriculture from the Calera Zacatecas Aquifer. *Journal of Natural and Agricultural Sciences*. 2022

## HERBICIDA ALTERNATIVO A GLIFOSATO EN PRE SIEMBRA PARA EL CONTROL DE *Solanum elaeagnifolium* CAV.

Cisneros, L. Ma. E<sup>1\*</sup>, Espinosa, R. M<sup>1</sup>, Valdez, H. M. A<sup>1</sup>, Hernández, M. R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61 Cd. Río Bravo, Tamaulipas, \*cisneros.maria@inifap.gob.mx.

### RESUMEN

*Solanum elaeagnifolium* o trompillo es una maleza perenne del norte de Tamaulipas, en cultivo de sorgo. El saflufenacil es un herbicida para el control de malezas hoja ancha. El objetivo fue medir la efectividad del saflufenacil como herbicida alternativo al glifosato en el trompillo en pre siembra. En una parcela bajo condiciones de temporal, durante el ciclo agrícola otoño-invierno se aplicaron (03/03/23), diez tratamientos con los herbicidas: 2,4-D; dicamba + 2,4-D; picloram + 2,4-D; glufosinato de amonio; glufosinato de amonio + 2,4-D; paraquat; paraquat + 2,4-D; saflufenacil; saflufenacil y glifosato + 2,4-D y glifosato más el testigo absoluto. La aplicación de los herbicidas se hizo con un aspersora de aguilón para tractor, con una extensión de 10 metros de ancho, con 21 boquillas abanico plano 8003, así como una presión de salida de 40 psi y un volumen de aspersión equivalente de 230 L ha<sup>-1</sup> con un tanque, cuya capacidad fue de 600 litros. La evaluación se hizo con una escala visual del daño a la maleza 7,14, 21 y 28 DDA. Los resultados mostraron a dosis de 907.5 g i.a h<sup>-1</sup>, el glifosato solo fue infectivo para el control de la maleza desde los 7 a los 28 DDA con un control pobre menor a 50 %. El saflufenacil es una opción al glifosato; como herbicida sistémico no selectivo, en pre siembra con un control medio (81 %) hasta a los 14 DDA; superó al glifosato desde los 7 a los 28 DDA desde 4 a 1.5 veces.

**Palabras clave:** Hoja ancha, no selectivo, sistémico, sorgo.

### ABSTRACT

*Solanum elaeagnifolium* or silverleaf nightshade is a perennial weed from northern Tamaulipas, of sorghum cultivation. Saflufenacil is herbicide for the control of broadleaf weeds. The objective was to measure the effectiveness of saflufenacil as an alternative herbicide to glyphosate on silverleaf nightshade in pre-planting. In a plot under rainfed conditions, during the agricultural-winter cycle, on 03/03/23, ten treatments were applied in autumn with herbicides: 2,4-D; dicamba + 2,4-D; picloram + 2,4-D; glufosinate ammonium; glufosinate ammonium + 2,4-D; paraquat; paraquat + 2,4-D; saflufenacil; saflufenacil and glyphosate + 2,4-D and glyphosate plus the absolute control. The application of the herbicides was done with a tractor boom sprayer, with an extension of 10 meters wide, with 21 8003 flat fan nozzles, as well as an outlet pressure of 40 psi and an equivalent spray volume of 230 L ha<sup>-1</sup> with a tank, the capacity of which was 600 liters. The evaluation was done with a visual scale of damage to the weeds 7,14, 21 and 28 DAA. The results showed a dose of 907.5 g i.a h<sup>-1</sup>, glyphosate was only infective for the control of the weed from 7 to 28 DAA with a poor control of less than 50 %. Saflufenacil is an option to glyphosate; as a non-selective systemic herbicide, in pre-sowing with a 81 % medium control until 14 DAA; It outperformed glyphosate from 7 to 28 DAA by 4 to 1.5 times.

**Key words:** Broadleaf, non-selective, systemic, sorghum.



## INTRODUCCION

El trompillo (*Solanum elaeagnifolium*) es una especie originaria del Norte de México, por lo tanto, se le considera una maleza nativa (EPPO, 2020). Esta maleza de hoja ancha es una especie de la familia de las solanáceas considerada una planta tóxica en muchos países del mundo; puede ser un grave problema de malezas en praderas, bosques abiertos y suelos alterados en todo Texas, EUA (Lyons *et al* 2020); en el Norte de Tamaulipas se le considera una maleza de importancia agronómica (Rosales *et al.*, 2011), por ser una especie perenne de 20-50 cm de altura con los tallos superiores; ya que se multiplica sexual y asexualmente por rizomas; que constituyen un sistema radicular de *S. elaeagnifolium* formado de un extenso sistema de raíces pivotantes profundas con raíces laterales secundarias que puede regenerarse si se daña (Utah, 2007). Se ha informado que envenena al ganado vacuno, ovino, caprino y equino, porque las hojas y los frutos son tóxicos en todas las etapas de crecimiento, siendo el fruto maduro el más tóxico (Bothma, 2002). La planta puede ser venenosa si un animal consume tan solo entre el 0.1 y el 0.3 por ciento de su peso corporal en solanáceas. (Mekki, 2007). Las hojas y los tallos inferiores están recubiertos por una pelusa suave que le da un aspecto plateado o grisáceo a toda la planta. Las hojas tienen unos 15 cm de largo por 0,5 a 2,5 cm de ancho y tienen el borde ondulado. Las flores tienen cinco sépalos y cinco pétalos unidos formando una estrella, los cuales en general son de color azul lavanda pálido y, en algunos casos, blancos. Tienen cinco estambres amarillos más o menos reunidos en forma de cono (Roberts y Florentine, 2022). Produce bayas amarillas, anaranjadas o rojas brillante que pasan a marrón cuando se secan, con semillas discoideas, aplanadas, parduzcas, de unos 4 mm de diámetro (Lyons *et al.*, 2020).

El control con herbicidas convencionales en pre emergencia se observado que el glufosinato y el glifosato eran opciones confiables para el control del trompillo de hasta por hasta por 38 días después de la aplicación, cuando se aplica en cualquiera de las etapas de crecimiento de las malezas (Gitsopoulos *et al.*, 2017). El saflufenacil es un herbicida de piriminediona que controla las malezas de hoja ancha anuales, inhibe la protoporfirinógeno-IX-oxidasa, de uso reciente en el control químico de malezas (Liebl *et al.*, 2008); es un herbicida no selectivo, actúa en post-emergencia y pre-emergencia a la maleza, lo que asegura control rápido y efectivo, reduciendo la competencia al cultivo; de acción sistémica, ya que engloba baja volatilidad, baja dosis de aplicación, bajo riesgo de lavado por lluvia gracias a su rápida penetración, así evita rebrotes y garantiza alta flexibilidad en rotación de cultivos. En pre siembra el saflufenacil, causa reducción de la densidad de población entre un 77 % y un 98 %, en promedio para todas las especies de malezas; una dosis de 9 g ha<sup>-1</sup> el análisis de regresión indicó que el valor DR90 era superior a 30 g ha<sup>-1</sup> de malezas anuales tales como *Amaranthus palmeri* (Geier *et al.*, 2009). El objetivo fue medir la efectividad del saflufenacil como herbicida alternativo al glifosato en el trompillo maleza perenne en pre siembra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La parcela de validación se estableció en lote C3, durante agrícola de ciclo otoño-invierno 2022-2023, en condiciones de temporal en Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (25° 57' 16.9" N, 98° 01' 05.7" O; altitud 25 msnm). Antes de la aplicación se cuantificó el tipo de maleza y grado de infestación por medio de un marco o cuadrante (m<sup>2</sup>) de PVC y los resultados se expresaron en número de malezas por especie por m<sup>2</sup>. Los tratamientos fueron a base de herbicidas sintéticos; incluyendo el costo del tratamiento por hectárea (Cuadro 1). El testigo regional fue el herbicida glifosato [Sal isopropilamina de N-(fosfometil)-glicina] y el testigo

absoluto. La fecha de aplicación fue el 03 de marzo del 2023. La aplicación se realizó en bandas de 20 m de ancho y 300 m de largo, para un total de 6 hectáreas.

La aplicación de los herbicidas se hizo con un aspersora de aguilón para tractor, con una extensión de 10 metros de ancho, con 21 boquillas abanico plano 8003, así como una presión de salida de 40 psi y un volumen de aspersión equivalente de 230 L ha<sup>-1</sup> con un tanque, cuya capacidad es de 600 litros.

**Cuadro 1.** Tratamientos para el control químico para trompillo. Río Bravo, Tam. O-I, 2022-2023.

Tratamiento	Herbicida	Dosis (L ha <sup>-1</sup> )	Dosis (g i.a ha <sup>-1</sup> )	Costo (L ha <sup>-1</sup> )
1	Testigo	0	0	0
2	2,4-D	1	469	265.0
3	Dicamba + 2,4-D	1	120 + 240	295.4
4	Picloram + 2,4-D	1	64 + 240	390.0
5	Glufosinato de Amonio	2	400	596.0
6	Glufosinato de Amonio + 2,4-D	2 + 1	400 + 469	681.0
7	Paraquat	2	400	264.0
8	Paraquat + 2,4-D	2 + 1	400 + 469	348.9
9	Saflufenacil	60 g	42	486.7
10	Glifosato + 2,4-D	2 + 1	726 + 469	204.9
11	Glifosato	2.5	907.5	375.0

El tipo de agua utilizada fue la del pozo del CERIB; asimismo, se aplicó acidificante, penetrante y antiespumante (Dap Plus) con una dosis de 1 ml L<sup>-1</sup> de agua como corrector del pH. El efecto del herbicida sobre la población de malezas se hizo a los 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación (DDA); para lo cual se utilizó la escala visual propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (Silva *et al.* 2005) para evaluar el daño a la maleza con su interpretación agronómica y porcentual (Cuadro 2). Se tomaron siete puntos de muestreo, equidistantes, por tratamiento para cuantificar el daño a la maleza, los cuales se utilizaron como repeticiones

El análisis estadístico se realizó con la prueba de media de Tukey para comparar los diferentes tratamientos. El paquete estadístico que se utilizó fue SAS versión 9.3.1 (SAS, 2006). Los datos de control de maleza fueron transformados por arcoseno de la raíz cuadrada de X/100 antes de su análisis para homogeneizar varianzas. Los resultados mostrados en los cuadros fueron las medias de los datos originales.

**Cuadro 2.** Escala visual propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de maleza y fitotoxicidad al cultivo por herbicidas.

Valor	Control de maleza (%)	Efecto sobre la maleza
1	99.0-100.0	Muerte
2	96.5-99.0	Muy buen control
3	93.0-96.5	Buen control
4	87.5-93.0	Control suficiente
5	80.0-87.5	Control medio
6	70.0-80.0	Control regular
7	50.0-70.0	Control pobre
8	1.0-50.0	Control muy pobre
9	0.0-1.0	Sin efecto

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La densidad del trompillo (*S. elaeagnifolium*) en el terreno fue de tres plantas por metro cuadrado, con una altura de planta de 5 a 10 cm.

El glifosato tuvo un control inefectivo contra el trompillo, el cual se consideró muy pobre (21 %); mientras que el saflufenacil tuvo un control de 83 % el cual se considera medio Cuadro 3). El saflufenacil fue 3.9 veces superior al glifosato; asimismo fue estadísticamente similar a los tratamientos con glufosinato de amonio (73 %); glufosinato de amonio + 2,4-D (91 %); paraquat (89 %); paraquat + 2,4-D (89 %). Estadísticamente el saflufenacil supero a los herbicidas hormonales durante el mismo periodo de tiempo: 2,4-D (68 %), Dicamba + 2,4-D (70 %) y Picloram + 2,4-D (60 %) con un control pobre, este resultado puede ser atribuido a que los herbicidas hormonales tienen una acción más lenta.

A los 14 DDA el glifosato no mejoro el grado de control, se mantuvo con 21 %. Así mismo, se observó un grupo de herbicidas que mantuvieron un control similar al observado a los con un control suficiente 90 % fueron el glufosinato de amonio + 2,4-D y paraquat; también los tratamientos con saflufenacil se mantuvo de control medio (81 %). El glifosato después 21 DDA continuó mostrando control muy pobre (33 %) en comparación con el saflufenacil (69 %), 2 veces menor efectividad (Cuadro 3). El glufosinato y paraquat solos tuvieron inicialmente un control de 73 % y 89 % a los 7 DDA, con el tiempo hasta terminar la evaluación el control disminuyo a los 28 DDA 50 % y 37 % respectivamente; el cual se consideró muy pobre (Cuadro 3). Es importante mencionar que los herbicidas hormonales de los tratamientos T2, T3 y T4, generalmente se utilizan el post emergencia en comparación con el glifosato (Manuchehri, 2017), se utiliza en pre siembra por ser no selectivo para los cultivos.

**Cuadro 3.** Comparación de medias entre tratamientos para el control de trompillo (*Solanum elaeagnifolium* Cav.). Río Bravo, Tamaulipas O-I, 2022-23.

Tratamiento		Días después de la aplicación (DDA)			
		7 DDA	14 DDA	21 DDA	28 DDA
T1	Testigo	0 d	0 f	0 f	0 f
T2	2,4-D	68 b	86 a	90 a	56 c
T3	Dicamba + 2,4-D	70 b	81 ab	92 a	90 a
T4	Picloram + 2,4-D	60 bc	84 a	92 a	77 b
T5	Glufosinato de Amonio	73 ab	64 bc	68 ab	50 c
T6	Glufosinato de Amonio + 2,4-D	91 a	90 a	90 a	91 a
T7	Paraquat	89 a	51 c	46 c	37 de
T8	Paraquat + 2,4-D	89 a	90 a	75 b	75 b
T9	Saflufenacil	83 ab	81 ab	69 b	63 b
T10	Glifosato + 2,4-D	83 ab	81 ab	95 a	90 a
T11	Glifosato	21 c	21 d	33 cd	43 cd

Columnas con la misma letra iguales, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). Los datos corresponden a análisis independiente por fecha de muestreo.

Los tratamientos con herbicidas hormonales mejoraron su efectividad con el tiempo hasta llegar a control suficiente a los 21 DDA 2,4-D, dicamba + 2,4-D y picloram + 2,4-D entre 90 % y 92 %. La adición del 2,4-D favoreció la respuesta del glifosato y glufosinato de amonio a los 21 DDA, llegaron a 90 % y 95 % con un control suficiente; el paraquat un con la adición del 2,4-D perdió efectividad desde los 21 DDA hasta los 28 DDA con 75 % con un control regular. Una recuperación de la maleza por perdida de la efectividad fue marcada en el 2,4-D solo que pasó del 90 % a 56 % a los 28 DDA. Al término de la evaluación a los 28 DDA (Figura 1); el saflufenacil tuvo un control de 63 % en comparación con de glifosato solo de 43 %, es decir 20 punto porcentuales. Los resultados de esta evaluación difieren a los reportados por Gitsopoulos *et al.* (2017) quienes indican que el control de trompillo fue del

90 % después de 38 DDA con glifosato y con el glufosinato tendría un grado de control contante hasta los 38 DDA superior al 95 %. En esta evaluación solo se obtendría un resultado similar si al glifosato o al glufosinato se les adiciona el herbicida hormonal 2,4-D. Esta diferencia tan grande puede ser atribuida a la dosis. Gitsopoulos *et al.* (2017) reportan una dosis de 3.8 y 4 veces mayor de glufosinato de amonio y de glifosato respectivamente; en comparación con la dosis que se utilizó en esta evaluación. Lo que desde un punto de vista ecológico y rentable no es viable usar esas dosis, ya que el costo del tratamiento se incrementaría significativamente hasta alcanzar 1,500.00 y 2,235 pesos por hectárea, con el glifosato y glufosinato respectivamente a dosis altas. En comparación con el suflufenacil el costo sería de 486.7 pesos por hectárea.



**Figura 1.** Efectividad a los 28 días después de la aplicación del saflufenacil herbicida alternativo a glifosato en pre siembra para el control de *Solanum elaeagnifolium* Cav. maleza perenne del Norte de Tamaulipas. Ciclo agrícola O-I, 2022-23. T1: Testigo; T5: glufosinato de amonio; T9: saflufenacil y T11: glifosato.

### CONCLUSION

El glifosato a dosis de 907.5 g i.a h<sup>-1</sup> fue infectivo para el control de *Solanum elaeagnifolium* o trompillo desde los 7 a los 28 DDA con un control pobre menor a 50 %. El saflufenacil es una opción al glifosato; como herbicida sistémico no selectivo, en pre siembra con un control medio (81 %) hasta a los 14 DDA; superó al glifosato desde los 7 a los 28 DDA desde 4 a 1.5 veces.

### REFERENCIAS

- Bothma, A. (2002) .Allelopathic potential of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.), MSc (Agriculture) Horticulture. Pretoria, South Africa: University of Pretoria
- EPPO Bulletin. (2020). Invasive Species Compendium- *Solanum elaeagnifolium*. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/50516#todistributionData> baseTable. (Consultado-10-07-24)
- Geier, P., Stahlman, P. and Charvat, L. (2009). Dose Responses of Five Broadleaf Weeds to Saflufenacil. Weed Technology. 23. 313-316. 10.1614/WT-08-085.1.
- Gitsopoulos, T. K., Damalas, C.A. and Georgoulas, I. (2017) Chemical options for the control of Silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*). Plant Daninha, 35(1), e017162035
- Liebl, R. A., Walter, H., Bowe, S. J., Holt, T. J. and Westberg, D. E. (2008) BAS 800H: A New Herbicide for Preplant Burndown and Preemergence Dicot Weed Control. Weed Science., 48, 120.

- Lyons, R.t K Uvalde, C. R., Hart, F. S., Cadenhead, V. McGinty, A. and Wayne, H. (2020). How to Neutralize Silverleaf Nightshade. [https://southtexasrangelands.tamu.edu/files/2020/08/L5463\\_WB\\_Silverleaf-Nightshade\\_7.20.pdf](https://southtexasrangelands.tamu.edu/files/2020/08/L5463_WB_Silverleaf-Nightshade_7.20.pdf)
- Mekki, M. (2007). Biology, distribution and impacts of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.). EPPO Bulletin, 37(1), 114–118
- Manuchehri, M. (2017). Herbicide How-To: Understanding herbicide mode of action. <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/herbicide-how-to-understanding-herbicide-mode-of-action.html> (consultado: 10-07-24).
- Roberts, J. and Florentine, S. (2022) Biology, distribution and management of the globally invasive weed *Solanum elaeagnifolium* Cav (silverleaf nightshade): A global review of current and future management challenges. Weed Research, 62(6), 393–403. Available from: <https://doi.org/10.1111/wre.12556>
- Rosales, R, E., Sánchez, C, R., y Cerda, G, P. A. 2011. Control químico de maleza de hoja ancha en sorgo para grano. Revista fitotecnia mexicana. 34(4): 269-275.
- SAS. Statistical analysis system. 2016. SAS User’s Guide; Statistics (Version 9.4). SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Silva, F. M.A.; Rodríguez, M.J.C.; Díaz, G.O. and Bautista, M. N. 2005. Efectividad biológica de un derivado de ácido graso para el control de *Macrosiphum rosae* L. (Homóptero: Aphididae) y *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Agrociencia 39: 319- 325.
- Utah, W. (2007). *Solanum elaeagnifolium* - European and Mediterranean plant protection organization. EPPO Bulletin, 31(1), 236–245.

## BIOENSAYO PARA EVALUAR LA RESISTENCIA DEL POLOCOTE (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) AL PROSULFURON

Cisneros, L. MA. E<sup>1\*</sup>, Valdez, H. M. A<sup>1</sup>, Ortiz, CH. F. E<sup>1</sup>, Espinosa R. M<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61 Cd. Río Bravo, Tamaulipas.

\*[cisneros.maria@inifap.gob.mx](mailto:cisneros.maria@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El control más efectivo del polocote (*Helianthus annuus* L) en la región norte de Tamaulipas en cultivos como el sorgo y maíz se realiza, por medio de herbicidas selectivos post emergentes, como el Prosulfuron. El objetivo fue realizar un bioensayo para evaluar la resistencia del polocote al Prosulfuron. El experimento se realizó por medio de un bio ensayo en macetas a cielo abierto. Las colectas de polocote fueron C11 (San Fernando) y C36 (Río Bravo, CERIB-CIRNE). Los tratamientos se aplicaron el 27 de diciembre del 2023, cuando la planta alcanzó de ocho a diez centímetros a una dosis comercial de 17.1 g.i.a. Kg<sup>-1</sup>. Los factores fueron colectas (C11 y C36) y dosis (con y sin herbicida). El número de repeticiones fue cinco macetas. Las variables fueron daño a la planta, para lo cual se utilizó una escala visual (%), altura de planta (cm), durante 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación. La diferencia estadística que observó a partir de los 14 DDA, entre la colecta C11 vs C36. La colecta C36 fue susceptible al Prosulfuron tuvo casi seis veces mayor nivel de daño; por lo tanto, se considera una población con baja resistencia a este herbicida en comparación con la colecta C11. A los 28 DDA las plantas donde se aplicó el herbicida redujeron en 47.7 % altura en comparación, con el testigo sin herbicida.

**Palabras clave:** herbicida, selectivo, maleza, hoja ancha.

### ABSTRACT

The most effective control of polocote (*Helianthus annuus* L) in the northern region of Tamaulipas in crops such as sorghum and corn is carried out through post-emergence selective herbicides, such as Prosulfuron. The objective was to carry out a bioassay to evaluate the resistance of polocote to Prosulfuron. The experiment was carried out through a bioassay in open-air pots. The polocote collections were C11 (San Fernando) and C36 (Río Bravo, CERIB-CIRNE). The treatments were applied on December 27, 2023, when the plant reached eight to ten centimeters at a commercial dose of 17.1 g.i.a. Kg<sup>-1</sup>. The factors were harvests (C11 and C36) and doses (with and without herbicide). The number of repetitions was five pots. The variables were damage to the plant, for which a visual scale was used (%), plant height (cm), for 7, 14, 21 and 28 days after application. The statistical difference they observed after 14 DAA, between the C11 vs C36 collection. The C36 collection was susceptible to Prosulfuron and had almost six times the level of damage; Therefore, it is considered a population with low resistance to this herbicide compared to the C11 collection. At 28 DAA, the plants where the herbicide was applied reduced their height by 47.7 % compared to the control without herbicide.

**Keywords:** herbicide, selective, weed, broadleaf

### INTRODUCCIÓN

En el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* Moench), las malezas tienen la capacidad para germinar incluso antes que el cultivo, debido al lento crecimiento inicial del cultivo por efecto de la baja temperatura (Emendack *et al.*, 2021); como ocurre durante el ciclo agrícola otoño-invierno en el norte de Tamaulipas. Por lo tanto, la competencia de las malezas durante la temporada de cultivo reduce drásticamente el rendimiento en los cereales; cuando el control

se realiza fuera de la época oportuna (Angiras *et al.*, 2008); en etapas avanzadas de crecimiento de la maleza (Chauhan y Abugho, 2012). Las prácticas convencionales de manejo cultural y manual de malezas requieren mucho tiempo y mano de obra; por lo tanto, el manejo químico de malezas es más rentable y fácil en comparación con el deshierbe manual (Kumar *et al.*, 2018). El manejo químico de malezas también se ha vuelto muy esencial en las prácticas debido a una escasez de mano de obra en los ecosistemas desfavorecidos debido a la migración rural a áreas urbanas (Carton, 2009; Varela *et al.*, 2017). El aumento de la mano de obra tiene un efecto en los costos de producción del cultivo de sorgo en el norte de Tamaulipas (Alejandro *et al.*, 2020), además se debe considerar el tamaño de los predios, el sistema de producción en la región, especies presentes y estado fenológico para hacer un manejo eficiente. Rosales *et al.* (2011) indican que en esta región durante el ciclo agrícola otoño-invierno, la principal maleza es el polocote (*Helianthus annuus* L.), planta anual de reproducción por semilla, nativa de la zona (Kantar *et al.*, 2015).

El control químico de las malezas se realiza con herbicidas no selectivos en pre siembra como el Glifosato (Hernández *et al.*, 2021), en post emergencia al cultivo y la maleza se utiliza el Prosulfuron (Rosales *et al.* 2011), herbicida de la familia de las sulfonilureas; así como los herbicidas hormonales tales como el Dicamba. Los herbicidas a base de sulfonilureas se descubrieron en 1975 y establecieron de inmediato un nuevo estándar para el control químico de las malezas. A nivel mundial ha llevado a la comercialización de 18 ingredientes activos diferentes en más de una docena de cultivos importantes (Brown y Cotterman, 1994). Algunas de las razones de la rápida aceptación comercial de los herbicidas a base de sulfonilureas incluyen sus tasas de aplicación excepcionalmente bajas (a menudo un factor de 10 a 100 veces menor que los herbicidas convencionales), propiedades ambientales y toxicológicas favorables y compatibilidad con la tendencia hacia el control de las malezas postemergentes (Qingyan *et al.*, 2007). Los herbicidas de la familia de las sulfonilureas inhiben la producción de aminoácidos de cadena ramificada, como valina, leucina e isoleucina (NIH, 2024). Sin estos aminoácidos, la síntesis de proteínas no es posible y las plantas susceptibles presentan síntomas como la falta de crecimiento y la muerte del tejido (Zulet *et al.*, 2013). Los herbicidas de sulfonilurea se aplican en dosis bajas y tienen un alto nivel de actividad herbicida (EPA, 2024). Estos herbicidas son absorbidos rápidamente por los brotes o raíces de plantas susceptibles y se translocan por toda la planta (Brown, 2010). Además de estos, los herbicidas inhibidores de ALS también son conocidos por su capacidad para seleccionar poblaciones de malezas resistentes. Hay más especies de malezas resistentes a estos herbicidas que a cualquier otro grupo de herbicidas (Torra *et al.*, 2021). El objetivo fue realizar un bioensayo para evaluar la resistencia del polocote al Prosulfuron.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El material biológico que se utilizó fue el polocote, maleza de hoja ancha, que infesta áreas agrícolas del Norte de Tamaulipas, donde se siembra sorgo y maíz. Se colectó semilla de plantas de polocote de diferentes localidades y se les asignó un número; la colecta C11 se obtuvo de San Fernando Tamaulipas, localidad "La Estación" el 19 de mayo de 2023 (24°73'88"N, -97°97'67" O), que corresponde al área de temporal y la colecta C36 del municipio de Río Bravo, Tamaulipas, del lote B1 (CERIB-CIRNE-INIFAP), el 12-05-2023 (25°96'54"N, -98°01'25"O) que corresponde al área de riego. El experimento se realizó por medio de un bioensayo (Bolaños *et al.*, 2018) en macetas a cielo abierto. En el laboratorio de Agua, Planta y Suelo del CERIB previamente se realizó a la semilla un pre tratamiento hídrico por 24 horas, posteriormente el 27 de octubre del 2023 se colocaron en un cámara

de germinación a 5 °C por cinco días y después se mantuvieron a temperatura de laboratorio (25 °C) hasta que la radícula emergió.

La etapa de vivero consistió en trasplantar diez semillas germinadas por maceta de plástico rígido (20 cm x 16 cm) con capacidad de 3.2 kg. El sustrato fue una mezcla de suelo y arena en una proporción 70:30 respectivamente, previamente hidratado. El trasplante se llevó a cabo el 07 de noviembre del 2023. Las macetas se regaron conforme lo necesitaron, y se realizó aclareo hasta quedar tres plantas por maceta. La aplicación de los tratamientos fue el 27 de diciembre del 2023, cuando la planta alcanzó de ocho a diez centímetros de altura y entre 6 a 7 hojas verdaderas. Por otro lado, se utilizó una dosis comercial de 17.1 g.i.a. Kg<sup>-1</sup> del herbicida prosulfuron con Bionex a 1 ml L<sup>-1</sup> en agua comercial potable. Los factores en el experimento fueron dos colectas (C11 y C36) y dosis del herbicida Prosulfuron (D0= sin producto) y con el herbicida Prosulfuron a la dosis comercial (D1). Se utilizaron cinco macetas por tratamiento. Durante todo el experimento se vigilaron las condiciones climáticas, Los 15 y 16 de enero del 2024, se presentaron, temperaturas menores a 2 °C, por tal motivo las macetas se colocaron en el área de invernaderos y posteriormente se pusieron en el vivero.

La evaluación del daño a la maleza se realizó por medio de tres evaluaciones visuales de control a los 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación (DDA). La toxicidad de los herbicidas a la maleza se evaluó con estimaciones visuales y escala de 0 a 100 %, propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza: donde 0 indica falta de efecto y 100 % muerte de la planta (Tabla 1) y los datos se expresaron en porcentaje (Silva *et al.*, 2005).

El análisis de varianza se realizó bajo un diseño estadístico completamente al azar con arreglo factorial, con (PROC GLM, la comparación de medias de Tukey, del Paquete Estadístico SAS versión 9.4 (SAS, 2016) por cada fecha de muestreo. Los datos de fitotoxicidad a la maleza fueron transformados por arcoseno de la raíz cuadrada de X/100 antes de su análisis para homogeneizar varianzas y los resultados mostrados en las tablas se presentan retransformados por seno (Pelea, 2018).

**Cuadro 1.** Escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de maleza por herbicidas.

Valor	Control de maleza (%)	Efecto sobre la maleza
1	99.0-100.0	Muerte
2	96.5-99.0	Muy buen control
3	93.0-96.5	Buen control
4	87.5-93.0	Control suficiente
5	80.0-87.5	Control medio
6	70.0-80.0	Control regular
7	50.0-70.0	Control pobre
8	1.0-50.0	Control muy pobre
9	0.0-1.0	Sin efecto

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostraron en el análisis de la varianza efecto significativo ( $P \leq 0.001$ ) de la dosis del Prosulfuron en el daño al polocote (Cuadro 2), a los 7 DDA; no se observó efecto de la colecta ni la interacción C\*D; a partir de los 14 DDA hasta los 28 DDA hubo efecto significativo ( $P \leq 0.001$ ) de la colecta, dosis e interacción (C\*D) en el daño por efecto del herbicida.



**Cuadro 2.** Cuadrados medios del análisis de la varianza. Daño al polcote por el Prosulfuron. CERIB-CIRNE O-I, 2023-2024.

F.V.	g.l	Días después de la aplicación			
		7	14	21	28
<b>C</b>	1	20 ns	6882***	7144***	8694***
<b>D</b>	1	500***	11664***	15015***	16416***
<b>C*D</b>	1	20 ns	6882***	7144***	8694***
<b>Error</b>	16	7	2	45	35***
<b>Total</b>	19				
<b>C.V</b>		22.4	12.8	20.4	16.7

F.V: Fuentes de variación; g.l: Grados de libertad; C: Colecta de polcote; D: Dosis del herbicida; C\*D: Interacción de primer orden. CV: Coeficiente de variación. Significancia estadística \*\*\*( $P \leq 0.001$ ); ns: No significativo.

Los resultados mostraron que hubo diferencias estadísticas entre las dos colectas en el grado de control con el Prosulfuron (Cuadro 3) durante el periodo de evaluación. La colecta C11 proviene de un área en San Fernando donde los agricultores y técnicos de la localidad reportan escapes al control con el Prosulfuron. En este experimento se observó bajo condiciones controladas, que esta respuesta puede ser atribuida a una posible resistencia; a la dosis comercial estándar que se utiliza para esta maleza (Rosales *et al.*, 2011). Conforme a la escala de la EWS, el control se considera muy pobre, cuando la eficiencia es menor al 50 %. La diferencia estadística que se observó a partir de los 14 DDA, entre la colecta C11 vs C36 fue de casi seis veces mayor nivel de daño para la colecta C36.

**Cuadro 3.** Comparación de medias entre colectas y dosis en el daño por el Prosulfuron al polcote. CERIB-CIRNE O-I, 2023-2024.

Factor	Días después de la aplicación			
	7	14	21	28
	<b>Colecta</b>			
C11	4 a	42.7 a	48.3 a	49.5 a
C36	11 a	5.6 b	8.5 b	7.8 b
	<b>Dosis</b>			
D0	10 a	48.3 a	54.8 a	57.3
D1	0 b	0.0 b	0.0 b	0

Los datos corresponden al promedio del daño al polcote (%). Columnas con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey  $\leq 0.05$ ).

Los resultados del análisis de la varianza mostraron efecto significativo ( $P \leq 0.001$ ) de las fuentes de variación en la altura de planta del polcote (Cuadro 4). A los 7 DDA solo hubo efecto significativo de la dosis; mientras que la colecta y la interacción C\*D no tuvieron efecto significativo (Cuadro 4). A partir de los 14 DDA hasta los 28 DDA, todas las fuentes de variación tuvieron efecto significativo en la altura de planta del polcote.

Uno de los cambios biométricos más importantes en las malezas, que se observan por acción de los herbicidas es el decremento en la altura (Cuadro 5); esto se puede atribuir a la inhibición de la síntesis de aminoácidos; en consecuencia, la síntesis de proteínas no es posible y las plantas susceptibles presentan síntomas como la falta de crecimiento (Zulet *et al.*, 2013); inclusive, llegar hasta la mortalidad (Ganie y Jhala, 2020); como se observó en este experimento en la colecta C36 que resultó muy susceptible (Cuadro 5); lo cual es favorable ya que permitió identificar un buen testigo susceptible, con la finalidad de realizar

pruebas bajo el esquema de dosis respuesta (Bolaños *et al.*,2018); para confirmar la resistencia (Ritz *et al.*, 2015).

**Cuadro 4.** Cuadrados medios del análisis de la varianza. Altura de la planta del polocote CERIB-CIRNE O-I, 2023-2024.

F.V.	g.l	Días después de la aplicación			
		7	14	21	28
C	1	5.725 ns	27.848***	57.122**	204.800***
D	1	17.485***	140.45***	282.752***	189.728***
C*D	1	0.001 ns	42.632***	94.178**	38.642**
Error	16	0.779	0.743	0.734	0.397
Total	19				
C.V		6.1	6.3	6.1	10.1

F.V: Fuentes de variación; g.l: Grados de libertad; C: Colecta de polocote; D: Dosis del herbicida; C\*D: Interacción de primer orden. CV: Coeficiente de variación. Significancia estadística \*\*\*( $P \leq 0.001$ ); \*\*( $P \leq 0.001$ ); ns: No significativo.

A los 7DDA, la colecta C36 fue estadísticamente más alta con 1.2 cm (Cuadro 5); a partir de los 14 DDA; la colecta C36 empezó a reducir su altura, hasta llegar, a una reducción del 36 %. a los 28 DDA. En promedio se observó, que por efecto de la aplicación del herbicida Prosulfuron, las plantas tuvieron durante todo el experimento cambios en la altura (Cuadro 5). A los 28 DDA las plantas donde se aplicó el herbicida redujeron en 47.7% altura en comparación, con el testigo sin herbicida o dosis cero.

**Cuadro 5.** Comparación de medias entre colectas y dosis en la altura de la planta de polocote. CERIB-CIRNE O-I, 2023-2024.

Factor	Días después de la aplicación			
	7	14	21	28
	<b>Colecta</b>			
C11	14.0 b	14.8 a	15.8 a	17.2 a
C36	15.2 a	12.5 b	12.4 b	10.8 b
	<b>Dosis</b>			
D0	15.6 a	16.3 a	17.8 a	17.2 a
D1	13.7 b	11.0 b	10.3 b	9.0 b

Los datos corresponden a media de la altura del polocote (cm). Columnas con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey  $\leq 0.05$ ).

La sintomatología visual que se presentó como consecuencia de la intoxicación de las plantas por el Prosulfuron fue en aumento, conforme transcurrieron los días (Figura 1). La magnitud de los síntomas fue más evidente en la población susceptible (C36), que en la más tolerante (C11). El síntoma inicial que se observó fue clorosis en la yema apical a los 7 DDA, esta decoloración fue más intensa en la población C36 (Figura 1); a los 14 DDA, los síntomas se incrementaron, por lo cual presentaron deformaciones en las hojas superiores, supresión del crecimiento, en comparación con la población C11. Por otra parte, a los 21 DDA, se observaron plantas muertas con estado avanzado de necrosis y algunas plantas que no presentaron mortalidad, la necrosis foliar se extendió a los tallos al final de los 28 DDA; por lo cual, estas plantas ya no tuvieron capacidad para recuperarse de la intoxicación por el herbicida (Figura 1).

Después de 28 DDA; la población susceptible tuvo una proporción 94 % de plantas muertas; es decir que 1/15 no murió, pero la planta sobreviviente presentó síntomas muy severos de daño; mientras que la población C11 tuvo un resultado opuesto ya que solo, una planta de 15 murió; el resto de las plantas tuvieron distintos niveles de intoxicación sobre todo clorosis en todo el follaje; sin llegar a ser severos (Figura 1); es decir la población C11 tuvo plantas con capacidad para sobrevivir a pesar de la intoxicación. El agotamiento de los intermediarios de la vía para algunos procesos críticos, la interrupción del transporte de la fotosíntesis y del sistema respiratorio, etc., también se relacionan con proceso de muerte en las plantas bajo intoxicación con herbicidas (Qingyan *et al.*, 2007) tales como el Prosulfuron. Esto indica que el herbicida se movilizó al punto de crecimiento de la planta inhibiendo el crecimiento y la formación de nuevas hojas, en la población susceptible (C36). El herbicida Prosulfuron se absorbe a través de las hojas y se traslada rápidamente a los puntos de crecimiento de la planta; según la especie de maleza y las condiciones de crecimiento, los primeros síntomas visuales de la planta (decoloración) tardan entre una a tres semanas en aparecer; los síntomas son visibles primero en los tejidos más jóvenes; así mismo la muerte de las plantas suele producirse entre dos a cuatro semanas después de la aplicación (Manuchehri, 2017) como se observó en este experimento. Los síntomas del daño por Prosulfuron en polocote, no son similares al daño de una helada o bajas temperaturas; ya que estos se manifiestan inmediatamente, una vez, que se eleva la temperatura; los cuales se pueden atribuir a la deshidratación celular (Hniličková *et al.*, 2017); así mismo; las plantas de los testigos, en las cuales no se aplicó el Prosulfuron, tendrían daño en el follaje.



**Figura 1.** Comparación de la sintomatología visual en el polocote (*Helianthus annuus* L.) a través del tiempo después de la aplicación (DDA). C11P y C36P: Con el herbicida Prosulfuron; C11T y C36T= testigo sin herbicida. Colectas de norte de Tamaulipas. Ciclo agrícola O-I, 2023-2024.

## CONCLUSIÓN

La diferencia estadística se observó a partir de los 14 DDA, entre la colecta C11 vs C36. La colecta C36 tuvo casi seis veces mayor nivel de daño por el Prosulfuron. A los 28 DDA las plantas donde se aplicó el herbicida redujeron en 47.7 % de altura en comparación, con el testigo sin herbicida. Las plantas de la colecta C11 presentaron baja mortalidad aún bajo síntomas de intoxicación; incluso a los 28 DDA, así mismo, el síntoma característico de intoxicación por el Prosulfuron fue la clorosis foliar desde los primeros 7 DDA en la yema apical. Por otra parte, los resultados indicaron la presencia de un biotipo con tolerancia al herbicida en la región norte de Tamaulipas.

## REFERENCIAS

- Alejandro, A. F., García, M., García, S. C., Mora, F. J. S. y Sangerman, J. D. M. (2020). Competitividad de la producción de sorgo en el norte del norte de Tamaulipas, México. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas* 11 (1): 139-50. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i1.1914>.
- Angiras, N. N., Kumar, S., Rana, S. S. and Sharma, N. (2008). Standardization of dose and time of application of clodinafop-propargyl to manage weeds in wheat. *Himachaly Journal Agricultural Research*. 34: 15–18.
- Bolaños, J, J., Uscanga, M, E., Tafoya, R, J. A., Kohashi, S, J., and Torres, G, J. R. (2018). Efectividad biológica de herbicidas inhibidores del acetil coenzima a carboxilasa y acetolactato sintasa y la presencia de resistencia en *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. *Agrociencia*. 52(5): 713-723.
- Brown, H.M. (2010). Mode of action, crop selectivity, and soil relations of the sulfonylurea herbicides. *Pesticide Science*. 29(1): 263–281. <https://doi.org/10.1002/ps.2780290304>
- Brown, H. M and Cotterman, J. C. (1994). Avances recientes en herbicidas a base de sulfonilurea. En: Stetter, J. (eds.) *Herbicidas que inhiben la biosíntesis de aminoácidos de cadena ramificada*. Química de la protección de las plantas, vol. 10. Springer, Berlín, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-79107-9\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-642-79107-9_4)
- Carton de G. H. (2009). La desagrarización del campo mexicano. *Convergencia*. 16(50): 13-55.
- Chauhan B.S and Abugho S. B. (2012). Effect of growth stage on the efficacy of postemergence herbicides on four weed species of direct-seeded rice. *ScientificWorldJournal*.:123071. doi: 10.1100/2012/123071. Epub 2012 Apr 24. PMID: 22619576; PMCID: PMC3349310.
- Emendack, Y., Sanchez, J., Hayes, C., Matthew, N., Laza, H., and Burke, J. 2021. Seed-to-seed early-season cold resiliency in sorghum. *Scientific Reports*. 11: 7801. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87450-1>.
- EPA. (2024). National Center for Computational Toxicology (NCCT) Office of Research and Development, US EPA. <https://www.epa.gov/chemical-research/distributed-structure-searchable-toxicity-dssto-database> (Consultado 17-97-2024).
- Ganie, Z. A. and Jhala, A. J. (2020). Weed control and crop safety in sulfonylurea/glyphosateresistant soybean. *Canadian Journal Plant Science*. 100: 629–641. doi.org/10.1139/cjps-2019-0338
- Kantar, M.B., Sosa, C.C., Khoury, C.K., Castañeda Á, N.P., Achicanoy, H.A., Bernau, V., Kane, N.C., Marek, L., Seiler, G., Rieseberg, L. H. 2015. Ecogeography and utility to plant breeding of the crop wild relatives of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Front. Plant Science* 6:841.
- Kumar, M., Kishore, R., Kumar, S. and Bisht, S. (2018). Efficacy of different post-emergence herbicides application alone and in combination in wheat. *Journal Pharmacogy Phytochemistry*. SP1, 1668–1670.
- Hernández, M. R.; Rosales, R. E.; Espinosa, R. M.; Cisneros, L. MA. E. (2021). Efectividad de herbicidas alternativos a glifosato en el control de maleza en el Norte de Tamaulipas. *XLI Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza SOMECIMA*. 259-264 pp.
- Hnilíčková, H., Václav, H., Němcová, L., Jaroslava M., Mmilan, S., František H., Philippe, G. (2017). The effect of freezing temperature on physiological traits in sunflower. *Plant Soil Environmental*. 63 (8) 375-380.

- Manuchehri, M. (2017). Herbicide How-To: Understanding Herbicide Mode of Action/<https://extension.okstate.edu/fact-sheets/print-publications/pss/herbicide-how-to-understanding-herbicide-mode-of-action-pss-2778>. (Consultado, 17-07-2024).
- NIH. (2024). National Library of Medicine of. National Center for Biotechnology Information. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Prosulfuron> (Consultado 17-07-2024)
- Pelea, P.L. (2018). ¿Cómo proceder ante el incumplimiento de las premisas de los Métodos Paramétricos? O ¿cómo Trabajar Con Variables Biológicas No Normales? Rev. Jard. Bot. Nac. 39: 1–12.
- Qingyan, Z., Weiping, L., Yongsong, Z. and, Kevin K. L. (2007). Action mechanisms of acetolactate synthase-inhibiting herbicides. Pesticide Biochemistry and Physiology. 89: 89-96. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp>.
- Ritz, C., Baty, F., Streibig, J.C. and Gerhard, D. (2015). Dose-response analysis using R. PLoS One 10, e0146021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146021>
- Rosales, R, E., Sánchez, C, R., y Cerda, G, P. A. (2011). Control químico de maleza de hoja ancha en sorgo para grano. Revista fitotecnia mexicana. 34(4): 269-275.
- SAS. Statistical analysis system. (2016). SAS User's Guide; Statistics (Version 9.4). SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Silva, F. M.A.; Rodríguez, M.J.C.; Díaz, G.O. and Bautista, M. N. (2005). Efectividad biológica de un derivado de ácido graso para el control de *Macrosiphum rosae* L. (Homóptero: Aphididae) y *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Agrociencia 39: 319- 325.
- Torra, J., Montull, J. M., Taberner, A., Onkokesung, N., Boonham, N. and Edwards R. (2021). Target-site and non-target-site resistance mechanisms confer multiple and cross- resistance to ALS and ACCase inhibiting herbicides in *Lolium rigidum* from Spain. Front. Plant Sci. 12:625138. doi: 10.3389/fpls.2021.625138
- Varela, L., Ocegueda, H. R., Castillo Ponce, J. A., y Ramón A. (2017). Migración interna en México y causas de su movilidad. Perfiles Latinoamericanos. 25(49): 141-167. <https://doi.org/10.18504/pl2549-007-2017>
- Zulet, A., Gil, M., M., Villamor, J. G., Zabalza, A., Van der Hoorn, R. A. L. et al. (2013). Proteolytic pathways Induced by Herbicides That Inhibit Amino Acid Biosynthesis. PLoS ONE 8 (9): e73847 do: 10.1371/ journal. Phone. 0073847.

## CONTROL QUÍMICO DE *BOERHAVIA ERECTA* L. EN PRE SIEMBRA: NORTE DE TAMAULIPAS

Cisneros, L. MA. E<sup>1\*</sup>, Espinosa, R. M<sup>1</sup>, Valdez, H. M. A<sup>1</sup>, Hernández, M. R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61 Cd. Río Bravo, Tamaulipas.

Autor de correspondencia: cisneros.maria@inifap.gob.mx\*

### RESUMEN

Los bioherbicidas a base de extractos naturales son una alternativa para el control químico de las malezas. El objetivo del experimento fue probar el efecto y costo de un bioherbicida comercial bajo condiciones de campo en pre siembra, como una alternativa al Glifosato. Se evaluaron 10 tratamientos; ocho diferentes concentraciones de un bioherbicida (HO2), una concentración de Glifosato como testigo regional; más 2 % de sulfato de amonio a todos los tratamientos y un testigo absoluto. El experimento se realizó bajo condiciones de temporal (CERIB-CIRNE-INIFAP), en un diseño bloques completos al azar, tres repeticiones, los tratamientos se aplicaron el 18/07/2023 con una aspersora de mochila motorizada, boquillas de abanico plano 8003, presión de salida de 275 kPa y volumen de aspersión (250 L ha<sup>-1</sup>). Las evaluaciones fueron 7, 14 y 21 días después de la aplicación (DDA). En las tres evaluaciones el Glifosato fue estadísticamente similar a los tratamientos T3 al T9 (herbicida orgánico); hasta 7 y 14 DDA; fue superior al T2 (un litro ha<sup>-1</sup> de herbicida orgánico) hasta los 14 DDA. Estadísticamente no se observaron diferencias contrastantes en el control. Un aspecto importante entre los tratamientos con el bioherbicida fue su costo. Para alcanzar un nivel de control suficiente se debe observar un efecto del 87.5% al 93 % y para buen control el control observado debe ser de 93 % a 96.5 %; implica invertir de 8.0 a 12.8 veces más en el bioherbicida en comparación con el Glifosato.

**Palabras clave:** alternativo, bioherbicidas, glifosato, hoja ancha

### ABSTRACT

Bioherbicides based on natural extracts are an alternative for chemical weed control. The objective of the experiment was to test the effect and cost of a commercial bioherbicide under pre-planting field conditions, as an alternative to Glyphosate. 10 treatments were evaluated; eight different concentrations of a bioherbicide (HO2), a concentration of Glyphosate as a regional control; plus 2% ammonium sulfate to all treatments and an absolute control. The experiment was carried out under rainfed conditions (CERIB-CIRNE-INIFAP), in a randomized complete block design, three repetitions, the treatments were applied on 07/18/2023 with a motorized backpack sprayer, 8003 flat fan nozzles, outlet pressure of 275 kPa and spray volume (250 L ha<sup>-1</sup>). The evaluations were 7, 14 and 21 days after application (DA). In the three evaluations, Glyphosate was statistically similar to treatments T3 to T9 (organic herbicide); up to 7 and 14 DAA; was higher than T2 (one liter ha<sup>-1</sup> of organic herbicide) until 14 DAA. Statistically, no contrasting differences were observed in the control. An important aspect among the bioherbicide treatments was its cost. To achieve a sufficient level of control, an effect of 87.5 % to 93 % must be observed and for good control the observed control must be 93 % to 96.5 %; It involves investing 8.0 to 12.8 times more in the bioherbicide compared to Glyphosate.

**Keywords:** alternative, bioherbicides, Glyphosate, broadleaf

## INTRODUCCIÓN

El manejo de las malezas ha adquirido una importancia cada vez mayor en; la producción agrícola sostenible, debido a que a los patrones climáticos se han vuelto inciertos y la creciente preocupación por la seguridad alimentaria (Bhagirath *et al.*, 2012). Los altos costos de manejo incurridos para controlar las malezas hacen que su manejo sea una tarea crítica para los agricultores (Matloob *et al.*, 2020); además, del desarrollo de resistencia a los herbicidas convencionales (Gaines *et al.*, 2020). Los bio herbicidas se introducen como consecuencia a la expansión del mercado de la agricultura orgánica; al respecto se ha observado que, 1) Los ácidos orgánicos simples, como el ácido acético y el pelargónico, tienen un mercado limitado como herbicidas de contacto, debido a que sus efectos son a través de la ruptura de la membrana plasmática (Dayan y Watson, 2011); 2) Son considerados herbicidas de contacto, lo cual implica usar altas dosis (Dayan y Duke, 2014; Duke *et al.*, 2019); 3) Los aceites esenciales como: hierba de limón, clavo, canela, cítricos y aceite de pino, tienen algunos constituyentes que son interesantes, debido a modos de acción únicos (Fagodia *et al.*, 2017; Graña *et al.*, 2020) y 4) Estos productos no han demostrado ser tan eficaces como los herbicidas sintéticos comerciales, y se requieren mucho dosis extremadamente altas del producto para un manejo eficiente, evidentemente a un costo mucho más alto (Duke *et al.*, 2022), además estos productos generalmente se han probado bajo condiciones de laboratorio e invernadero (De Mastro *et al.*, 2021; Soares *et al.*, 2023).

El control de malezas se basa en el manejo de una población de plantas que tienen la capacidad para competir con el cultivo y causar mermas (Rosales *et al.*, 2011). Cuando la población de malezas primarias o dominantes se controla; pueden resultar en invasiones secundarias, definidas como la proliferación de especies invasoras no objetivo, después de una erradicación local completa o parcial de la primera especie (Pearson *et al.*, 2016). La amenaza de invasiones secundarias es muy alta en la mayoría de los ecosistemas, ya que estos a menudo contienen múltiples especies; incluso exóticas, potencialmente invasoras que pueden responder rápidamente una vez que se elimina la presión competitiva de la especie primaria (Kuebbing *et al.*, 2013).

La hierba blanca o tostón (*Boerhavia erecta* L) maleza anual y nativa originaria del sur de los Estados Unidos, México, desde las Antillas hasta Argentina y Perú (Sandoval *et al.*, 2020), con una amplia distribución en México desde el noroeste, noreste, centro y sur (Villaseñor y Espinosa, 1998). *B. erecta* posiblemente nativa de México; es una maleza de importancia tanto en cultivos anuales (maíz) como en perennes (caña de azúcar) y plantaciones, así mismo es hospedera de insectos plaga (mosca blanca) y microorganismos fitopatógenos (virosis para tomate) (CONABIO, 2024). En la identificación de malezas del norte de Tamaulipas, Rosales y Sanchez (2004), no citan a *B. erecta* como maleza de hoja ancha en la región; no se observaron poblaciones en el campo experimental hasta el año 2021 (Cisneros *et al.*, 2021) fue hasta el año 2022; que se cuantificaron en algunos lotes del CERIB-CIRNE. Esto indica que esta especie, la cual tiene la capacidad de desplazarse desde los bordos para invadir y colonizar áreas agrícolas (Pearson *et al.*, 2016). Además, tiene el potencial para reemplazar especies de malezas anuales, dominantes o primarias nativas de la región, tales como la amargosa (*P. hysterophorus*) L. y quelite (*A. palmeri* L.) (Cisneros *et al.*, 2023) cuando están bajo control. El objetivo de este experimento fue probar el efecto de un bioherbicida comercial bajo condiciones de campo en pre siembra, como una alternativa al Glifosato con base a su efectividad y costo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó dentro de las instalaciones del Campo Experimental Río Bravo (CERIB) del INIFAP, lote C2 poniente en el norte de Tamaulipas, bajo condiciones de temporal, durante el ciclo agrícola P-V, 2023. El diseño experimental fue en bloques al azar con tres repeticiones, y el tamaño de la unidad experimental fue de cuatro surcos de 5 m x 0.80 m de ancho, por 10 metros de largo (32 m<sup>2</sup>). Una vez, que se realizó o marcó el trazo del diseño en campo, antes de la aplicación se registró: tipo de maleza y grado de infestación en un cuadrante de un m<sup>2</sup> por unidad experimental. Los datos se expresaron en número de malezas por especie en un metro cuadrado. Los herbicidas se aplicaron el 18-07-2023, con una aspersora de mochila motorizada con boquillas de abanico plano 8003, con presión de salida de 275 kPa y un volumen de aspersión equivalente a 250 L ha<sup>-1</sup>. Se evaluaron ocho dosis de un bioherbicida comercial orgánico (HO2) (de acuerdo a la etiqueta contiene; gordolobo 20%, aceite de coco 20%, resina de pino 20%, Puccinia ssp 20% y papaína 20%), una dosis de glifosato como testigo comercial y un testigo absoluto (sin aplicación) (Tabla 1). Así mismo, se determinó el costo del tratamiento por cada tratamiento y la proporción del costo con base al testigo regional con Glifosato (PP). Las condiciones ambientales durante la aplicación fueron: temperatura ambiente: 33 °C, humedad relativa: 47 %, punto de rocío: 21 °C, velocidad del viento: 21 km h<sup>-1</sup>, precipitación: 0 mm (durante todo el experimento no hubo precipitación).

**Tabla 1.** Tratamientos para el control malezas en pre siembra al sorgo en el norte de Tamaulipas. Ciclo agrícola P-V, 2023.

Tratamiento	Herbicida	Dosis L ha <sup>-1</sup>	Costo ha <sup>-1</sup> (\$)
T1	Testigo	0	0
T2	HO2	1	560
T3	HO2	2	1120
T4	HO2	3	1680
T5	HO2	4	2240
T6	HO2	5	2800
T7	HO2	6	3360
T8	HO2	7	3920
T9	HO2	8	4480
T10	Glifosato	2	350

HO2: Bioherbicida comercial a base de extractos vegetales. Costo de los herbicidas proveedor local a junio 2024.

Se utilizó agua de pozo con un pH de 7.5, a la cual se le agregó sulfato de amonio al 2 % [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>] como mejorador de la calidad del agua.



**Tabla 2.** Escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de maleza y fitotoxicidad al cultivo por herbicidas.

Valor	Control de maleza (%)	Efecto sobre la maleza
1	99.0-100.0	Muerte
2	96.5-99.0	Muy buen control
3	93.0-96.5	Buen control
4	87.5-93.0	Control suficiente
5	80.0-87.5	Control medio
6	70.0-80.0	Control regular
7	50.0-70.0	Control pobre
8	1.0-50.0	Control muy pobre
9	0.0-1.0	Sin efecto

En la evaluación del grado de control de los herbicidas se realizó con la escala propuesta por la Sociedad Europea de la Investigación de la Maleza (EWRS) (Silva *et al.*, 2005), para lo cual se realizaron estimaciones visuales del 0.0 al 100.0 %; donde 0.0 % indica sin efecto y 100.0 % la muerte de la maleza (Tabla 2); se considera como límite de aceptabilidad un mínimo de 87.5 % de control. Las evaluaciones se realizaron a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación (DDA).

Los datos fueron transformados por arcoseno de la raíz cuadrada, posteriormente se analizaron por cada fecha de muestreo mediante un análisis de varianza (ANOVA) con PROC GLM y una comparación de medias de Tukey (0.05) en el paquete estadístico SAS versión 9.4 (SAS, 2016). Los datos mostrados en las tablas se presentan retransformados por seno (Pelea, 2018).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de la varianza mostró diferencia estadística significativa  $** (P \leq 0.001)$  entre los tratamientos (Tabla 3) en el control de *B. erecta*, en cada uno de los muestreos que realizados.

Tabla 3. Cuadrados medios del análisis de la varianza. CERIB-CIRNE P-V, 2023.

F.V	g.l	7 DDA	14 DDA	21 DDA
Tratamiento	9	2155.6***	2451.8***	2128.7***
Bloque	3	132.5	132.5	102.9
Error	27	75.8	81.2	77.4
Total	39			
CV		17.5	18.3	14.5

DDA: Días después de la aplicación. F.V: Fuente de variación; g.l: grados de libertad; CV: Coeficiente de variación. Significancia estadística  $*** (P \leq 0.001)$ .

A los 7 DDA hubo diferencias entre las medias, es decir los tratamientos T5, T6, T8, T9 y T10 fueron superiores al T2 y T1 (Tabla 4). A los 14 DDA hubo diferencias entre las medias, es decir los tratamientos T7, T8, T9 y T10 fueron superiores al T2 y T1 (Tabla 4). A los 21 DDA hubo diferencias entre las medias, es decir los tratamientos T2 al T10 fueron superiores al T1.

**Tabla 4.** Comparación de medias entre los tratamientos. CERIB-CIRNE. P-V, 2023.

Tratamiento	Herbicida	Dosis (L ha <sup>-1</sup> )	Costo ha <sup>-1</sup> (\$)	PP	DDA		
					7	14	21
T1	Testigo	0	0	-	0 c	0 c	0 c
T2	HO2	1	560	1.6	62 b	71 b	80 a
T3	HO2	2	1120	3.2	73 ab	81 ab	81 a
T4	HO2	3	1680	4.8	77 ab	82 ab	86 a
T5	HO2	4	2240	6.4	90 a	82 ab	82 a
T6	HO2	5	2800	8.0	90 a	82 ab	80 a
T7	HO2	6	3360	9.6	88 ab	94 a	93 a
T8	HO2	7	3920	11.2	91 a	95 a	94 a
T9	HO2	8	4480	12.8	90 a	94 a	93 a
T10	Glifosato	2	350	-	90 a	94 a	93 a

HO2: Bioherbicida comercial a base de extractos vegetales Costo de los herbicidas proveedor local a junio 2024. PP: Proporción del costo en base Glifosato. Columnas con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey  $\leq 0.05$ ).

Los tratamientos T5-T6 a los 7 DDA tuvieron un control suficiente (90 %), el cual perdió efectividad a los 14 DDA, ya que se tuvo un control medio (82 %) y así se mantuvo hasta los 21 DDA. Los tratamientos con las dosis más altas T7, T8 y T9 tuvieron un control suficiente a los 7 DDA y posteriormente hasta el término de la evaluación 21 DDA fue bueno el control.

En las tres evaluaciones el testigo regional con Glifosato fue estadísticamente similar a los tratamientos T3 al T9 (herbicida orgánico) (Tabla 4), excepto con el tratamiento T2 a los 7 y 14 DDA. El tratamiento T2, con la dosis más baja del bioherbicida, el control fue pobre (62 %) y regular (71 %). Cabe hacer mención que en este experimento no se observaron diferencias estadísticas contrastantes en la efectividad de los tratamientos. Los tratamientos tuvieron diferentes costos, dependiendo de la dosis que se utilizó. Para alcanzar niveles de control suficiente es necesario observar un efecto del 87.5 al 93 %; así mismo, para buen control entre 93 a 96.5 %. Esto implica invertir de 9.6 a 14.4 veces más en el bioherbicida en comparación del Glifosato (Tabla 4). Estos resultados confirman que los bioherbicidas no son tan eficaces como los herbicidas sintéticos comerciales a bajas dosis; ya que se requiere más del producto para un manejo eficiente a un costo más alto (Duke *et al.*, 2022), debido a que se consideran productos de contacto (Dayan y Duke, 2014). En este experimento para llegar a 90 % de control a los 7 DDA, se necesitan pasar de un litro a cuatro litros por hectárea, es decir 3 veces más. En reportes previos se observa esta tendencia en los bio herbicidas en malezas en la región Norte de Tamaulipas (Hernandez *et al.*, 2021), además *B. erecta* es un invasor resistente en lotes agrícolas, por lo cual, se esperaría un control rápido con efecto letal, es decir con mortalidad del 99 a 100 %; según la escala visual que se utilizó en este experimento. Las malezas por el uso regular o continuo de los herbicidas convencionales o sintéticos, empiezan a desarrollar resistencia, esto implica bajos niveles de control o incluso ausencia de control (Arispe *et al.*, 2023); caso contrario ocurre con poblaciones que previamente, no han sido expuestas al control químico (Ofosu *et al.*, 2023), como es el caso de *B. erecta* en este experimento.

## CONCLUSIONES

El herbicida orgánico comercial a base de extractos vegetales tuvo un control suficiente a buen control en la maleza hierba blanca (*Boerhavia erecta* L) a dosis de 4 a 8 L ha<sup>-1</sup>, lo cual representa una alternativa al Glifosato poco viable para los agricultores de la región norte de Tamaulipas por el alto costo que representaría de 8.0 a 12.8, en comparación con el Glifosato (testigo regional).

## AGRADECIMIENTOS

Al Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) y al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por el financiamiento con recursos fiscales al proyecto con número de SIGI 1442036233 “Alternativas al uso del Glifosato para el control de maleza en México”.

## REFERENCIAS

- Arispe, V. J. L., Tamayo, E. L. M., Toledo-Aguilar, R., Noriega-Cantú D. H., Cadena, Z. D. A., Ramírez, S. S. E., Hernández, Juárez, A., Mayo, H. J. and Espinoza-A. C. A. 2023. A Review of the Current Panorama of Glyphosate Resistance among Weeds in Mexico and the Rest of the World. *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v16i7.2618>
- Bhagirath, S. C., Ravi, G. S. and Gulshan, M. 2012. Ecology and management of weeds under conservation agriculture: A review. *Crop Protection*. 38: 57-65. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.03.010>.
- Cisneros, L. M. E., Rosales, R. E., Espinosa, R. M., Hernández, M. R. y Ortiz, CH. F. E. 2021. Herbicidas orgánicos: alternativa sostenible al glifosato para el control de malezas en pre siembra en el norte de Tamaulipas. XLI Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza SOMECIMA XLII. 17-28 p.
- Cisneros L. M. E., Ramírez, E. M., Valdez, H. M. A., Hernandez, M. R. y Rosales R. E. 2023. Herbicidas sintéticos alternativos al glifosato en el Norte de Tamaulipas. 35o Semana Internacional de Agronomía. FAZ-UJED, Gomez Palacios Dgo. 06 al 08 de septiembre. 1000-1009 p.
- Consejo Nacional de Biodiversidad. CONABIO. 2024. *Boerhavia erecta* L. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/nyctaginaceae/boerhavia-erecta/fichas/ficha.htm>. (Consultado 15-07-2024)
- Consejo Nacional de Biodiversidad. CONABIO. 2024. *Sida rhombifolia* L. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/malvaceae/sida-rhombifolia/fichas/ficha.htm>. (Consultado 15-07-2024).
- Dayan, F.E.; Duke, S.O. 2014. Natural compounds as next generation herbicides. *Plant Physiology*. 166(3):1090-105.
- Dayan F. E. and Watson S. B. 2011. Plant cell membrane as a marker for light-dependent and light-independent herbicide mechanisms of action. *Pesticide Biochemical Physiology*. 101: 182–190 [10.1016/j.pestbp.2011.09.004](https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2011.09.004).
- De Mastro, G.; Jihane, E. M. and Claudia, R. 2021. Bioherbicidal potential of the essential oils from Mediterranean Lamiaceae for weed control in organic farming. *Plants* 10 (4): 818. <https://doi.org/10.3390/plants10040818>
- Duke, S. O.; Pan, Z.; Bajsa-Hirschel, J. and Boyette, C. D. 2022. The potential future roles of natural compounds and microbial bioherbicides in weed management in crops. *Advances and Weed Science*. 40 (spe1), e020210054.
- Duke, S.O.; Stidham, M.A. and Dayan, F.E. 2019. A novel genomic approach to herbicide and herbicide mode of action discovery. *Pest Management Science*.75(2):314-7.
- Fagodia, S.K.; Singh, H.P.; Batish, D.R. and KOHLI, R. K. 2017. Phytotoxicity and cytotoxicity of Citrus aruantiifolia essential oil and its major constituents: limonene and citral. *Industrial Crops Production*. 108:708-15.

- Gaines, T.A.; Duke, S.O.; Morran, S.; Rigon, C.; Tranel, P.J.; Küpper A. and et al. 2020 Mechanisms of evolved herbicide resistance. *Journal Biology and Chemistry*.295(30):10307-30.
- Graña, E.; Días, T.C.; Sánchez, M.A.M.; Reigosa, M.J.; Celiero, M. A.; et al. 2020. Transcriptome and binding data indicate that citral inhibits single strand DNA binding proteins. *Physiology Plant*. 169(1):99-109. <https://doi.org/10.1111/ppl.13055>
- Hernández, M. R.; Rosales, R. E.; Espinosa, R. M.; Cisneros, L. MA. E. 2021. Efectividad de herbicidas alternativos a glifosato en el control de maleza en el Norte de Tamaulipas. XLI Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza SOMECIMA. 259-264 pp.
- Kuebbing, S., Nuñez, M. A. and Simberloff, G. 2013. Current mismatch between research and conservation efforts: The need to study co-occurring invasive plant species. *Biological Conservation*.160: 121-129. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.01.009>.
- Matloob, A., Safdar, M. E., Abbas, T., Aslam, F., Khaliq, A., Tanveer, A., Rehman, A., Raza, C. A. 2020. Challenges and prospects for weed management in Pakistan: A review, *Crop Protection* 134: 104724. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.01.030>.
- Ofosu, R., Agyemang, E. D., Márton, A., Pásztor, G., Taller, J. and Kazinczi, G. 2023. Herbicide Resistance: Managing Weeds in a Changing World. *Agronomy*, 13, 1595. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061595>
- Pearson, D., Ortega, Y. K., Runyon, J. B. and Butler, J. A. 2016. Secondary invasion: The bane of weed management, *Biological Conservation*. 197: 8-17. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.02.029>.
- Pelea, P.L. 2018. ¿Cómo proceder ante el incumplimiento de las premisas de los Métodos Paramétricos? O ¿cómo Trabajar Con Variables Biológicas No Normales? *Rev. Jard. Bot. Nac.* 39: 1–12.
- Rosales, R. E. y Sanchez, de la C. R. 2004. Manejo integrado de maleza en sorgo en el Noreste de México. Folleto técnico. No. 28. INIFAP. Centro de Investigación del Noreste. Campo Experimental Río Bravo. 54 p.
- Rosales, R. E., Sánchez, C. R., y Cerda, G. P. A. 2011. Control químico de maleza de hoja ancha en sorgo para grano. *Revista fitotecnia mexicana*. 34(4): 269-275.
- Sandoval, O. M. H., Siqueiros, D. M. E., Cerros T. R., y Ocampo, G. 2020. La familia Nyctaginaceae (Caryophyllales) en Aguascalientes, México. *Acta Botánica Mexicana*. 127: 1-40. <https://doi.org/10.21829/abm127.2020.1673>.
- SAS. Statistical analysis system. 2016. SAS User's Guide; Statistics (Version 9.4). SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Silva, F. M.A.; Rodríguez, M.J.C.; Díaz, G.O. and Bautista, M. N. 2005. Efectividad biológica de un derivado de ácido graso para el control de *Macrosiphum rosae* L. (Homóptero: Aphididae) y *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Agrociencia* 39: 319- 325.
- Soares, P.; Galho, C. and Gabriel, R. 2023. Alternative methods to synthetic chemical control of *Cynodon dactylon* (L.) Pers. A systematic review. *Agronomy for Sustainable Development*. 43. 10.1007/s13593-023-00904-w.
- Villaseñor, R., J. L. y Espinosa G., 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.

## RELACIÓN DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA CON EL RENDIMIENTO DE FRIJOL DE PRIMAVERA BAJO RIEGO POR GOTEO, EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Félix V. P.\*; Fuentes D. G.; Torres C. M. M.; Ortiz E.J.E.; y Padilla V.I.

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora 85000. \*felix.pedro@inifap.gob.mx

### RESUMEN

En el sur de Sonora, México, la temperatura ha mantenido una tendencia a aumentar 0.2°C cada temporada de primavera, lo que representa un riesgo para la producción de frijol, debido a que pueden presentarse altas temperaturas durante los períodos críticos de floración y llenado de grano que definen el rendimiento final del grano. El objetivo fue determinar el impacto de la temperatura y la humedad relativa, sobre el rendimiento de grano de frijol en dos campos comerciales (B-2110 y B-2228) sembrados en dos fechas (9 y 25 de marzo, y 3 y 27, respectivamente) con la variedad Pinto Saltillo, en el Valle del Yaqui, Sonora bajo riego por goteo. El período de fructificación se evaluó en relación a la temperatura, humedad relativa y láminas de riego por goteo. Los datos meteorológicos fueron obtenidos a partir de sensores digitales instalados dentro del cultivo. El rendimiento del grano varió de 1,204 a 3,271 kg ha<sup>-1</sup>; el mayor rendimiento se obtuvo en el campo B-2110, donde se aplicó una lámina de agua total de 50.4 cm con un intervalo de 12.1 días entre 8 riegos. El menor rendimiento se obtuvo en B-2228, donde se aplicó una lámina de agua total de 59.6 cm, con un intervalo de 5.6 días entre 14 riegos. El número de horas y días continuos con temperatura superior a 33°C y humedad relativa mayor al 90% durante la etapa fructífera del cultivo, se relacionaron con el mayor número de vainas sin grano y menor peso de grano.

**Palabras clave:** Frijol, (*Phaseolus vulgaris*), temperatura extrema, riego por goteo, fecha de siembra

### ABSTRACT

In southern Sonora, Mexico, the temperature has maintained a tendency to increase 0.2°C every spring season, which poses a risk for bean production, since high temperatures might occur during the critical periods of flowering and grain filling that define the final grain yield. The objective was to determine the impact of temperature and relative humidity on bean

grain yield in two commercial fields (B-2110 and B-2228) sown in two dates (March 9 and 25, and 3 and 27, respectively) with cultivar Pinto Saltillo, in the Yaqui Valley, Sonora under drip irrigation. The fruiting period was evaluated in relation to temperature, relative humidity and drip irrigation sheets. Meteorological data were obtained from digital sensors installed within the crop. Bean grain yield varied from 1,204 to 3,271 kg ha<sup>-1</sup>; the highest yield was obtained in field B-2110, where a total water sheet of 50.4 cm was applied with a 12.1 day interval between 8 irrigations. The lowest yield was obtained in B-2228, where a total water sheet of 59.60 cm was applied with a 5.6 day interval between 14 irrigations. The number of continuous hours and days with temperature greater than 33°C and relative humidity greater than 90% during the fruitful stage of the crop, were related to the greatest number of pods without grain and the lowest grain weight.

**Key words:** Bean, (*Phaseolus vulgaris*), extreme temperature, drip irrigation, sowing date

## INTRODUCCIÓN

En el Valle del Yaqui, los agricultores utilizan varias formas de riego: inundación, riego por surcos, por goteo, de pivote central, de movimiento frontal y por aspersión (SAGARHPA, 2011). En el caso del frijol, la principal forma es el riego por surcos y en segundo lugar riego por goteo. El período recomendado para las siembras de otoño-invierno (O-I) en el Valle del Yaqui es del 1º al 30 de octubre, y del 15 de enero al 15 de marzo en las siembras de primavera-verano (P-V) (Padilla-Valenzuela y Ortega-Murrieta, 2015; Rodríguez-Cota *et al.*, 2015). La siembra de frijol durante la primavera es una opción factible para los agricultores que siembran cultivos de otoño-invierno, debido a que tiene una temporada corta y se puede aprovechar la fertilización residual, la asignación de agua, la labranza mínima (Padilla-Valenzuela *et al.*, 2021); sin embargo, es de menor rendimiento, ya que la temperatura en ese período es muy fluctuante, propiciando más la caída de frutos que en siembras de O-I. Además, conforme aumenta la temperatura se va acortando el ciclo del cultivo, reduciéndose el período de formación de botones florales y floración (Ávila Miramontes *et al.*, 2014). Durante los últimos 10 años, la temperatura durante la temporada de primavera de frijol (febrero-mayo) en el sur de Sonora, ha mantenido una tendencia de incremento de 0.2°C por temporada, además de los eventos de temperatura mínima extrema que tienen una tendencia de aumento y la humedad relativa ha sido inestable (REMAS, 2022). El objetivo de este trabajo fue valorar el impacto de la temperatura y la humedad relativa en la

producción de frijol en campos comerciales del Valle del Yaqui, Sonora, mediante un manejo de riego por goteo.

## MATERIALES Y METODOS

Se analizó la fase productiva de la variedad de frijol Pinto Saltillo en dos campos comerciales bajo riego por goteo con agricultores cooperantes, ubicados en los bloques 2110 (68 ha) (27° 08' 34.2" N, 109° 55' 42.0" W) y 2228 (300 ha) (27° 07' 05.9" N, 109° 44' 34.5" W), en el Valle del Yaqui, Sonora, durante la primavera de 2023. En cada campo se consideraron dos fechas de siembra: en el B-2110, las fechas fueron el 9 y 25 de marzo, y en el B-2228, fueron el 3 y 27 de marzo. Se colocaron sensores digitales Omega (software registrador de datos OM-EL WIN-USB v7.2.1) en cada campo para registrar la temperatura y humedad relativa dentro del cultivo; el período de registro de los sensores fue de marzo a junio y abarcó las etapas de floración, desarrollo de vainas y llenado de grano. Las láminas de riego se calcularon con el número de horas, el gasto hídrico de la cinta y la frecuencia del riego. La cinta de riego fue Stream line 8000 con una capacidad de 0.89 litro de agua por hora por cada gotero, los cuales estaban separados por 30 cm. De cada campo se recolectaron cuatro muestras de plantas de un metro cuadrado para cuantificar la producción de vainas, vainas con grano y sin grano, peso de mil granos y rendimiento de grano.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el campo B-2110, las condiciones climáticas correspondieron a un ciclo cálido y muy húmedo; el sensor registró una temperatura promedio durante el día de 29.1 °C y durante la noche de 14.8 °C. La frecuencia de temperatura por encima de 31 °C se registró después del 9 de abril durante la floración (Tabla 1); en la formación de vainas se registró un período corto de tres horas continuas con temperaturas superiores a 33 °C (Figura 1); mientras que en la etapa de secado de vainas, se registró un período de tres días con tres horas continuas con temperaturas superiores a 33 °C, y un período largo a partir del 9 de junio (Figura 1), coincidiendo principalmente en el primer y segundo tercio de la planta en la primera fecha (9 marzo), y con el llenado de grano en el segundo tercio de la planta de la segunda fecha (25 marzo). La humedad relativa promedio del día fue de 50.8% y en la noche de 85.2%, hubo cuatro períodos de tres o más días continuos con humedad relativa

superior al 90% (Figura 2). El primer período abarcó del 29 de marzo al 2 de abril, seguido del 10 de abril al 11 de mayo, del 13 de mayo al 12 de junio y 14 de junio al 18.

Tabla 1. Fase productiva del cultivo de frijol Pinto Saltillo en dos campos comerciales bajo riego por goteo, en el Valle del Yaqui, Sonora, México, durante la temporada de primavera 2023.

Campo	Fecha siembra	Formación de botones florales		Formación de vainas		Cambio color de vainas		Cosecha	
		Fecha	DDS*	Fecha	DDS	Fecha	DDS	Fecha	DDS
B-2110	9 mar	15 abril	37	28 abril	50	12 mayo	64	21 jun	104
	25 mar	28 abril	34	5 mayo	41	19 mayo	55	21 jun	88
B-2228	3 mar	7 abril	36	15 abril	50	12 mayo	64	18 jun	101
	27 mar	28 abril	32	4 mayo	38	19 mayo	53	12 jun	77

\*Días después de la siembra.

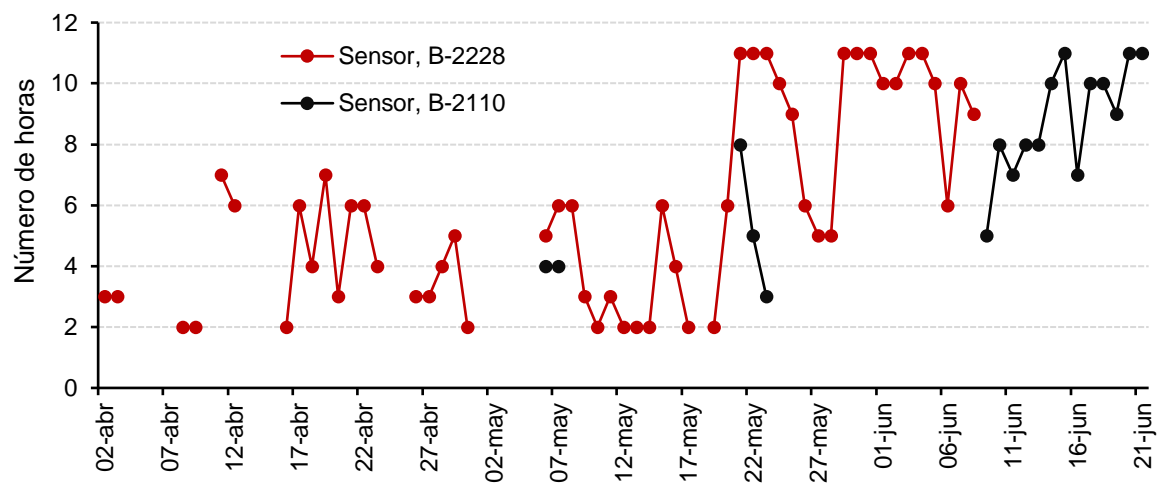


Figura 1. Número de horas y días continuos con temperatura mayor de 33°C.

En el campo B-2228, el sensor registró una temperatura promedio durante el día de 31.4 °C y durante la noche fue similar al B-2110 con un promedio de 14.3 °C. La temperatura registrada con el sensor dentro del campo aumentó por encima de los 31°C a partir del 8 de abril, coincidiendo con el inicio de la etapa de floración (Tabla 1). A partir del 17 de abril se registraron temperaturas superiores a los 33 °C, presentándose cuatro períodos con más de cinco días continuos y un rango de 2 a 11 horas continuas (Figura 1). Los períodos registrados en abril, coincidieron con el desarrollo de flores y vainas en el segundo tercio de la planta; y los registrados en mayo y junio coincidieron con el desarrollo del grano en la segunda y tercera parte de la planta. Monterroso y Wien (1990) informaron que un período



de 10 horas a 35°C durante dos días durante la etapa de floración, provocó una abscisión del 82% de vainas menores de 2 cm y deshidratación del polen. En relación a la humedad relativa, en promedio durante el día fue de 47.3% y en la noche de 78.1%; se presentaron cuatro breves períodos con registros de humedad relativa superiores al 90%: del 12 al 14 de mayo, del 17 al 21 de mayo, del 29 al 31 de mayo, y 2 y 3 de junio (Figura 2).

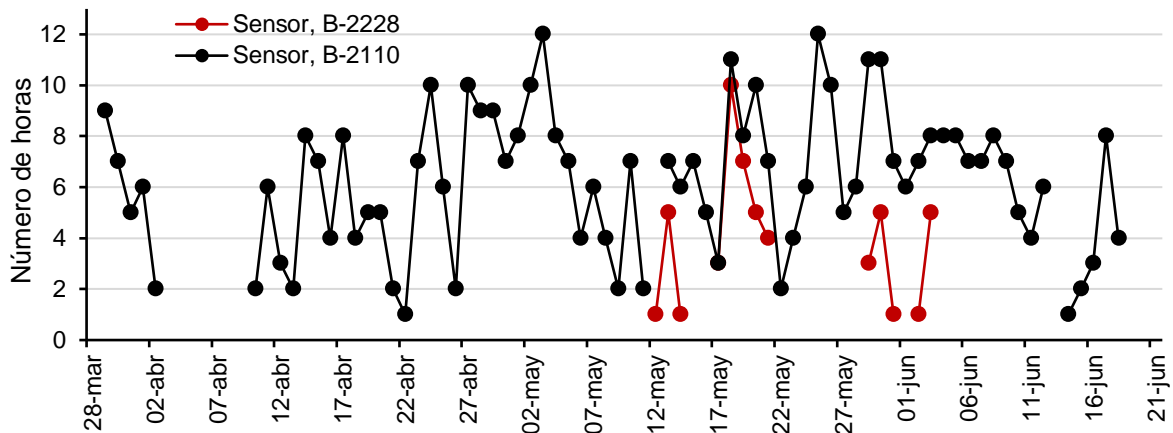


Figura 2. Número de horas y días continuos con humedad relativa mayor de 90 %.

La lámina de riego total aplicada en el campo B-2110 fue de 50.4 cm, con una frecuencia de aplicación promedio de 12.1 días y se aplicaron un total de ocho riegos con una lámina de agua promedio de 6.3 cm por cada riego. En el campo B-2228, la cantidad de agua aplicada y el número de riegos fueron mayor, con un total de lámina hídrica de 59.6 cm distribuida en 14 riegos (promedio 4.3 cm por cada riego), y una frecuencia de 5.6 días. En relación a las cuatro fechas de siembra, los rendimientos variaron de 1204 a 3271 kg ha<sup>-1</sup>; los rendimientos más altos se obtuvieron en el B-2110, con un promedio entre fechas de 2828.69 kg ha<sup>-1</sup> (Tabla 2), y los rendimientos más bajos se obtuvieron en el B-2228, reportando en promedio 1651.31 kg ha<sup>-1</sup>; este campo recibió mayor cantidad de agua de riego que el del B-2110, pero hubo mayor presencia de períodos continuos de altas temperaturas ambientales, que afectaron el desarrollo de las vainas y el llenado de grano. Ugalde *et al.* (2009) mencionaron que las altas láminas de riego provocan excesos de humedad, lo cual genera pudriciones de semilla en la etapa de germinación, muerte de plantas por anaerobiosis, desarrollo limitado de plantas por erosión y compactación de suelo, emergencia y desarrollo acelerado de malezas; por otra parte, Porch y Jahn (2001) mencionaron que las temperaturas diarias por encima de los 30°C y nocturnas por encima

de los 20°C, causan abortos de flores, botones florales y vainas, así como una reducida viabilidad del polen y daños en el tubo polínico.

Tabla 2. Componentes del rendimiento del frijol y láminas de agua, en dos campos comerciales sembrados con cultivar Pinto Saltillo, en el Valle del Yaqui, Sonora, México, durante la temporada de primavera 2023.

Campo	Lámina (cm)	kg/ha	Total de Vainas	Vainas con grano	Granos por vaina
B-2110	50.40	2968.89	307.53	269.93	3.22
B-2228	59.60	1511.11	275.90	229.36	2.72

## CONCLUSIONES

El número de horas y períodos continuos de temperatura superior a 33 °C y humedad relativa superior al 90%, durante la etapa fructífera del cultivo, se relacionó con el mayor número de vainas sin grano y el menor peso de grano.

El rendimiento del grano de frijol varió de 1204 a 3271 kg ha<sup>-1</sup>; el mayor rendimiento se obtuvo en el campo B-2110, donde se aplicó una lámina de riego de 50.4 cm con un intervalo de 12.1 días entre un total de 8 riegos; mientras el menor rendimiento se obtuvo en B-2228 donde se colocó una lámina de riego de 59.60 cm aplicado con un intervalo de 5.6 días entre un total de 14 riegos.

Se debe considerar que la siembra en temporada de primavera en el Valle del Yaqui, debe realizarse ante el riesgo de que la temperatura aumente, además, se deben evitar áreas con altos niveles de humedad relativa.

## REFERENCIAS

- Ávila Miramontes JA, Ávila Salazar JM, Rivas Santoyo FJ, Martínez Heredia D. 2014. El cultivo del frijol: Sistemas de producción en el noroeste de México. Universidad de Sonora, Departamento de ganadería y agricultura. Hermosillo, Sonora, México. 88 p. <https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20FRIJOL.pdf>.
- Monterroso VA, and Wien HC.1990. Flower and pod abscission due to heat stress in beans. Journal of the American Society of Horticultural Science 115(4):631-634. <https://doi.org/10.21273/JASHS.115.4.631>.
- Padilla-Valenzuela I, Ortega-Murrieta P. 2015. Frijol. En Agenda Técnica Agrícola Sonora. Segunda edición. SAGARPA-SENASICA-INIFAP. México, D.F. pp.125-131.

- Padilla-Valenzuela I, Ramírez-Arredondo JA, Ortiz-Enríquez JE, Cabrera-Carbajal F y Félix-Valencia P. 2021. Tecnología para la producción de frijol en el sur de Sonora. Folleto para productores No.108. CENEB-CIRNO-INIFAP. Ciudad Obregón, Sonora, México. ISBN: 978-607-37-1306-1.
- Porch TG, and Jahn M. 2001. Effects of high-temperature stress on microsporogenesis in heat-sensitive and heat-tolerant genotypes of *Phaseolus vulgaris*. Plant, Cell and Environment 24(7):723-731. <http://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2001.00716.x>.
- REMAS (Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas de Sonora). 2022. Descargar datos. <http://www.siafeson.com/remas/>. Accessed on September 15, 2023.
- Rodríguez-Cota FG, Saucedo-Acosta RH, Moreno-Gallegos T, Cortez-Mondaca E. 2015. Frijol. En Agenda Técnica Agrícola Sinaloa. Segunda edición. SAGARPA-SENASICA-INIFAP. México, D.F. pp. 81-100.
- SAGARHPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuicultura, Sonora). 2011. Estudio sobre la Situación de la Tecnificación del Riego en el Estado de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. 111p.
- Ugalde AFJ, Tosquy VOH, López SE. 2009. Producción de frijol con fertirriego para incrementar la productividad y rentabilidad del cultivo en Veracruz. Folleto Técnico Núm. 46. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 31 p.

## RIESGO TÉRMICO PARA EL MAÍZ (*Zea mays* L.) DE INVIERNO-PRIMAVERA EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Félix V. P.\*; Torres C. M. M.; y Fuentes D. G.

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd.

Obregón, Sonora 85000. Autor principal: \*felix.pedro@inifap.gob.mx

### RESUMEN

El objetivo fue analizar el efecto del umbral de temperaturas mínimas ( $UTMIN \leq 3 \text{ }^\circ\text{C}$ ) y máximas ( $UTMAX \geq 33 \text{ }^\circ\text{C}$ ) en la producción de maíz. Se seleccionaron cinco campos comerciales sembrados con el híbrido Hipopótamo y cinco con DK-4050 en el Valle del Yaqui. Los datos de temperatura se obtuvieron de la Red de Estaciones Meteorológicas Automatizadas del estado de Sonora, desde diciembre de 2021 hasta junio de 2022. El daño foliar manifestado por necrosis entre la 5ª y 10ª hoja osciló entre 3 y 12 %, y se asoció con un rango de temperatura de 1.05 y 4.30 °C. La intensidad de las heladas no fue significativa, por lo que la cosecha se recuperó con la producción de hojas nuevas. A partir de abril, las estaciones meteorológicas registraron diferentes períodos de días con diferentes horas continuas con UTMAX; el mayor número de períodos se produjo en los campos B-419 y B-1101 con seis. El mayor número de horas con UTMAX se registró en B-1922 con 374, seguido de B-419 con 288. Hipopótamo presentó el mayor rendimiento de grano en el campo B-1101 (16.62 t ha<sup>-1</sup>). Los daños por UTMAX a la producción de maíz durante la temporada invierno-primavera 2021-2022, provocaron una reducción de 1.53 t ha<sup>-1</sup> con relación al promedio regional de la temporada anterior.

**Palabras clave:** Maíz, *Zea mays*, estrés térmico, rendimiento de grano

### ABSTRACT

The objective was to analyze the effect of minimum ( $MINTT \leq 3 \text{ }^\circ\text{C}$ ) and maximum temperature threshold ( $MAXTT \geq 33 \text{ }^\circ\text{C}$ ) on maize production. Five commercial fields sown with hybrid Hipopótamo and five with DK-4050 were selected in the Yaqui Valley. Temperature data were obtained from the automated weather station network in the state of Sonora from December 2021 to June 2022. Foliar damage as shown by necrosis between the 5<sup>th</sup> and 10<sup>th</sup> leaf oscillated from 3 to 12 %, and it was associated with a temperature range of 1.05 and 4.30 °C. Frost severity was not significant, so the crop recovered by the production of new leaves. From April, different periods of

days with different continuous hours with MAXTT were recorded by weather stations; the highest number of periods occurred in fields B-419 and B-1101 with six. The highest number of hours with MAXTT was recorded in B-1922 with 374, followed by B-419 with 288. Hipopótamo showed the highest grain yield in field B-1101 (16.62 t ha<sup>-1</sup>). Damage by MAXTT to maize production during 2021-2022 winter-spring season, caused a reduction of 1.53 t ha<sup>-1</sup> in relation to the regional average in the previous season.

**Keywords:** Maize, *Zea mays*, thermal stress, grain yield

## INTRODUCCIÓN

La influencia del clima en un cultivo es muy relevante, ya que no sólo depende de las características climáticas de la localidad, sino también en gran medida de las condiciones en las que se desarrolla la producción (Medina García *et al.*, 2009). En el Sur de Sonora, el maíz es un activo para la economía de la región y es de gran relevancia para el patrón de cultivos otoño-invierno. Generalmente, la región sur del estado de Sonora, se caracteriza por temperaturas mínimas extremas de -1.8 °C principalmente en enero, y máximas extremas de 32.5 a 44.2 °C durante junio, julio y agosto; aunque en ciertos años como 2020, en mayo y septiembre pueden ocurrir temperaturas superiores a 32 °C durante el día (NASA, 2023; Félix-Valencia *et al.*, 2021). Además, se han experimentado eventos climáticos anormales de temperatura, como las heladas durante los ciclos agrícolas 2003-2004 y 2010-2011 (Félix Valencia *et al.*, 2012), donde incluso los productores de trigo se vieron afectados por la magnitud de los daños, y por las limitaciones de la cobertura del seguro agrícola, y un ciclo inusualmente cálido y húmedo durante 2014-2015 que provocó pérdidas en varios cultivos (INIFAP, 2014; Panorama Agrario, 2015). La frecuencia de las heladas y el aumento de las olas de calor, serán fenómenos más frecuentes según Smith *et al.* (2008). Por lo tanto, la temperatura es un factor importante para la fecha de siembra durante las temporadas de cultivo otoño-invierno e invierno-primavera. Considerando las propuestas tecnológicas que pretenden ajustar la fecha de siembra en diciembre con nuevos genotipos de maíz con mayor potencial productivo, el objetivo de este trabajo fue analizar el umbral de temperatura mínima y máxima que representan un riesgo de daño al desarrollo fenológico del maíz y su impacto sobre el rendimiento del grano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron diez campos comerciales de maíz dentro del distrito de riego 041 perteneciente al Valle del Yaqui (Figura 1). La distancia entre campos se basó en la ubicación de la estación meteorológica más cercana, pertenecientes a la Red de Estaciones Meteorológicas Automatizadas del estado de Sonora (REMAS, 2021). Los datos de temperatura se tomaron en forma horaria desde diciembre de 2021 hasta junio de 2022, período que abarcó la temporada agrícola invierno-primavera. Se le dio seguimiento al cultivo que incluyó los dos híbridos Hipopótamo (Asgrow, 2023) y DK-4050 (Dekalb, 2023), y se registraron datos sobre fechas de riegos complementarios, y daños al cultivo por eventos climáticos extremos. Para estimar el daño al cultivo por el frío o alta temperatura se utilizó la metodología local generada por Félix Valencia *et al.* (2012), así como la metodología utilizada por Fernández *et al.* (2004) y Fraschina *et al.* (2002). Se calculó el umbral de temperatura mínima (UTMIN) ( $\leq 3$  °C) y máxima (UTMAX) ( $\geq 33$  °C). El rendimiento de grano de cada campo se obtuvo tomando seis muestras aleatorias de 1 m<sup>2</sup>. El impacto del umbral de temperatura se analizó con la metodología aplicada por Félix Valencia *et al.* (2012).



Figura 1. Campos de maíz evaluados en el Valle del Yaqui, Sonora, durante el ciclo agrícola invierno-primavera 2021-2022.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los mayores daños registrados se produjeron en la región centro-oriental con distintos grados de afectación en los campos comerciales. El daño foliar mostrado por necrosis entre

la 5ª y 10ª hoja osciló entre 5 y 12 %, y estuvo asociado a temperaturas registradas en el rango de 1.05 y 2.97 °C (Tabla 1). La exposición de los campos evaluados al UTMIN ( $\leq 3$  °C) no completó tres días consecutivos, y solo cuatro campos estuvieron expuestos a dos días con más de 3 horas continuas con temperatura mínima entre 1.05 a 2.97 °C; se registraron daños foliares en los campos 3 (B-2328), 5 (B-2918), 7 (B-2010) y 10 (B-609), abarcando desde los estados fenológicos entre la 5ta y 10ma hoja (Tabla 1). La intensidad de las heladas no fue significativa y, por tanto, la cosecha se recuperó mediante la producción de hojas nuevas. No se registraron daños foliares en los campos 1 (B-1101 Hipopótamo), 2 (Sahuaral DK-4050), 6 (B-419 DK-4050), 8 (B-419 Hipopótamo) y 9 (B-910 Hipopótamo). El efecto de las heladas en el maíz joven cuando van acompañadas de temperaturas no inferiores a aproximadamente -1.11 °C es principalmente daño y muerte del tejido foliar expuesto sobre el suelo, mientras el punto de crecimiento de la planta joven (el meristemo apical) todavía esté protegido debajo de la superficie del suelo; la planta dañada generalmente se recupera de los efectos del daño superficial de la hoja (Nielsen, 2020).

Tabla 1. Horas continuas con temperatura  $\leq 3$  °C, registradas por la estación meteorológica más cercana a los campos de maíz evaluados, en el Valle del Yaqui, Sonora, durante el ciclo agrícola invierno-primavera 2021-2022.

Campo	Estación meteorológica*	Rango de temperatura mínima (°C)	Mar 08	Mar 09	Mar 10	Daño (%)**
1	B-1101	1.51-2.43	0	3	0	0
2	Sahuaral	2.07-2.56	0	2	3	0
3	B-2328	1.71 - 2.97	0	4	4	7
4	B-1922	1.95 - 2.89	0	5	2	3
5	B-2918	1.05-2.8	0	3	5	5
6	B-419	3.96-4.3	0	0	0	0
7	B-2010	1.33 - 2.84	0	4	4	10
8	B-419	3.96-4.3	0	0	0	0
9	B-910	2.36-2.95	0	2	0	0
10	B-609	1.06 - 2.79	0	5	5	12

\* B= indica el área de un cuadrado de 2 x 2 km dentro del Valle del Yaqui, a los que comúnmente se les conoce como bloques;

\*\* calculado en base al porcentaje del área del campo afectada multiplicado por el porcentaje de daño foliar.

A partir del mes abril se presentaron períodos continuos de temperatura  $\geq 33$  °C, lo cual no presentó riesgo para la polinización del maíz sembrado del 1 al 15 de diciembre, debido a que ocurrió entre el 10 al 20 de marzo. En cambio, las siembras de finales de diciembre a febrero, tuvieron un mayor riesgo, ya que ese fue el período donde se produjo el inicio de la floración y la primera etapa de desarrollo del grano. Las estaciones meteorológicas registraron diferentes períodos de días con diferentes horas continuas con UTMÁX; B-609 registró dos períodos extremos, B-1922, B-2328, B-2010, Sahuaral y B-2918 registraron cuatro períodos extremos, B-910 registró cinco y B-419 y B-1101 registraron seis (Tabla 2). El mayor número de horas con UTMÁX lo registró B-1922 con 374, seguido por B-419 con 288, B-910 con 276 y B-1101 con 275, mientras que el menor número de horas con UTMÁX lo registró el B-2918 con 114.

Tabla 2. Horas y días continuos con temperatura  $\geq 33$  °C, registradas por la estación meteorológica más cercana a los campos de maíz evaluados, en el Valle del Yaqui, Sonora, durante el ciclo agrícola invierno-primavera 2021-2022.

Estación	Período 1	Horas	Período 2	Horas	Período 3	Horas	Período 4	Horas	Período 5	Horas	Período 6	Horas
B-1922	16-20 Apr	20	5-18 May	84	26 May-24 Jun	231	26-30 Jun	39				
B-419	26-28 Apr	9	9-12 May	19	14-18 May	24	26-29 May	33	31 may-2 Jun	9	5-30 Jun	194
B-1101	5-7 May	14	9-18 May	58	26-28 May	26	5-7 Jun	14	10-24 Jun	126	27-30 Jun	37
B-910	9-17 May	54	26-29 May	33	5-7 Jun	15	10-25 Jun	136	27-30 Jun	38		
B-2328	9-18 May	50	26-29 May	29	5-7 Jun	12	9-24 Jun	129				
B-2010	10-14 May	31	27-29 May	24	10-24 Jun	106	27-30 Jun	34				
Sahuaral	14-17 May	15	26-29 May	25	10-25 Jun	109	27-30 Jun	31				
B-2918	27-29 May	20	12-17 Jun	31	20-24 Jun	39	27-30 Jun	24				
B-609	10-25 Jun	126	27-30 Jun	38								

Los dos más altos rendimientos de grano lo mostró el híbrido Hipopótamo, el primero en el campo 1 (B-1101) con 16.62 t ha<sup>-1</sup> (Tabla 3), este campo tuvo la fecha de siembra más temprana y escapó de la temperatura extrema durante las etapas fenológicas sensibles; el segundo fue el campo 8 (B-419) con 15.45 t ha<sup>-1</sup>, que a pesar que hubo días continuos con temperaturas superiores a 33 °C durante la etapa de llenado del grano, la aplicación oportuna del riego ayudó a evitar el efecto negativo de la alta temperatura sobre el peso del grano. Los rendimientos más bajos se presentaron en los campos 3 (B-2328, DK-4050), 4 (B-1922, DK-4050), 10 (B-609, Hipopótamo) y 2 (Sahuaral, DK-4050); sólo el campo 4 (B-1922) coincidió con las altas temperaturas que se presentaron durante el final de la floración y el desarrollo del llenado de grano. Badu-apraku *et al.* (1983) reportaron que el



rendimiento de grano por planta fue menor a temperaturas más altas, y la disminución en el rendimiento de grano estuvo determinada casi en su totalidad por una duración más corta del llenado del grano, mientras que no se observó ningún efecto de la temperatura en las tasas de crecimiento de los granos o en el número de granos por mazorca.

Tabla 3. Rendimiento de grano promedio de 2 híbridos de maíz de 10 campos comerciales, evaluados durante el ciclo agrícola invierno-primavera 2021-2022 en el Valle del Yaqui, Sonora.

Campo	Híbrido	Rendimiento t ha <sup>-1</sup>
1	Hipopótamo	16.62
8	Hipopótamo	15.45
5	DK-4050	14.18
6	DK-4050	13.52
7	Hipopótamo	10.63
9	Hipopótamo	10.49
3	DK-4050	9.95
4	DK-4050	9.98
10	Hipopótamo	9.76
2	DK-4050	8.71

### CONCLUSIÓN

El daño foliar al maíz causado por el UTMIN se asoció a un rango de temperatura de 1.05 a 2.97 °C en cuatro campos (3 B-2328, 5 B-2918, 7 B-2010 y 10 B-609), expuestos durante dos días con más de 3 horas continuas. La intensidad de las heladas no fue muy significativa, por lo que la cosecha se recuperó con la producción de hojas nuevas.

En general, los períodos continuos de UTMAX no presentaron riesgo para la polinización del maíz sembrado en noviembre y la primera quincena de diciembre, en cambio, el UTMAX a partir de finales de abril representó un riesgo mayor, ya que ese fue el período donde ocurrió el inicio de la floración y la primera etapa de desarrollo del grano, para las siembras de finales de diciembre a febrero.

Los mayores rendimientos de grano los produjo el híbrido Hipopótamo en los campos 1 (B-1101) con 16.62 t ha<sup>-1</sup>, y el 8 (B-419) con 15.45 t ha<sup>-1</sup>, seguido por el híbrido DK-4050 en los campos 5 (B-2918) y 6 (B-419) con rendimientos de grano de 14.18 y 13.52 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

## REFERENCIAS

- Asgrow. 2023. Hipopótamo. Ficha de datos. <https://www.asgrow.com.mx/es-mx/productos/maiz/product-detail-template.html/hipop%C3%B3tamo-pac%C3%ADfico.html>. Consultado el 12 de octubre de 2023.
- Badu-apraku B, Hunter RB, and Tollenaar M. 1983. Effect of temperature during grain filling on whole plant and grain yield in maize (*Zea mays* L.). Canadian Journal of Plant Science 63(2):357-363. <https://doi.org/10.4141/cjps83-040>.
- Dekalb. 2023. Maíz DK-4050. Ficha de datos. <https://www.dekalb.com.mx/es-mx/productos-dekalb-/maiz/product-detail-template.html/dk-4050-pac%C3%ADfico.html>. Consultado el 12 de octubre de 2023.
- Félix Valencia P, Ortiz Enríquez JE, Cabrera Carbajal F, Chávez Villalba G, Fuentes Dávila G. and Figueroa López P. 2012. Daños a la producción de trigo causado por heladas en el sur de Sonora. Diagnóstico del ciclo de trigo OI-2010-2011. INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo Experimental Norman E. Borlaug. Folleto Técnico No. 87. Cd. Obregón, Sonora, México. 70 p.
- Félix-Valencia P, Ortiz-Enríquez JE, Fuentes-Dávila G, Muñoz-Valenzuela S, Padilla-Valenzuela I, and Torres-Cruz MM. 2021. Effect of temperature and drip irrigation on bean productivity in the Yaqui Valley during the spring 2020. International Journal of Agriculture, Environment, and Bioresearch 6(5):134-141. <https://doi.org/10.35410/IJAEB.2021.5671>.
- Fernández LME, Barnatan I. y García SY. 2004. Horas con helada y su peligrosidad en seis localidades de la Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires 24 (3):217-225.
- Fraschina J, Bainotti C, Salines J. and Formica B. 2002. Daño por frío en trigo. Información para extensión No. 71. EEA INTA, Marcos Juárez, Argentina.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2014. Ciclo agrícola 2014-2015 con tendencia a ser cálido en Sonora. Disponible en: <https://www.gob.mx/inifap/prensa/ciclo-agricola-2014-2015-con-tendencia-a-ser-calido-en-sonora>.
- Medina García G, Grageda Grageda J, Ruiz Corral JA, and Báez González AD. 2009. Uso de estaciones meteorológicas en la agricultura. INIFAP, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental Zacatecas Técnico No. 50. Zacatecas, Zacatecas, México. 19 p.
- NASA (National Aeronautics and Space Administration). 2023. Global climate change. Vital signs of the planet. Evidence. How do we know climate change is real?. <https://climate.nasa.gov/evidence/>. Accessed on January 10, 2023.
- Nielsen RL. 2020. Assessing frost/cold temperature injury to young corn. <https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/FrostedCorn.html>.
- Panorama Agrario. 2015. Agricultores de Sonora prevén pérdidas por baja producción de trigo. Disponible en: <https://panoramaagrario.com/2015/04/agricultores-de-sonora-preven-perdidas-por-baja-produccion-de-trigo/>.
- REMAS (Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas del estado de Sonora). 2021. Descargar datos. <http://www.siafeson.com/remas/>. Consultado el 22 de noviembre de 2022.
- Smith TM, Reynolds RW, Peterson TC, Lawrimore J. 2008. Improvements to NOAA's historical merged land-ocean surface temperature analysis (1880-2006). Journal of Climate 21(10): 2283-2296. DOI: 10.1175/2007JCLI2100.1.

## CONTROL DE *Solanum elaeagnifolium* CAV. y *Parthenium hysterophorus* L CON HERBICIDAS ALTERNATIVOS AL GLIFOSATO

Espinosa R. M<sup>1\*</sup>; Valdez H. M. A<sup>1</sup> y Hernández M. R<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61 Cd. Río Bravo, Tamaulipas. <sup>2</sup>Consultor independiente. \*[espinosa.martin@inifap.gob.mx](mailto:espinosa.martin@inifap.gob.mx);

### RESUMEN

Se estima que a nivel mundial las malezas ocasionan pérdidas directas en la producción agrícola de alrededor del 10 %; sin embargo, en México las malezas afectan, en promedio el 30 % del rendimiento de algunos cultivos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar herbicidas alternativos al glifosato en el norte de Tamaulipas. El ensayo se estableció en la zona norte de Tamaulipas, en el Campo Experimental Río Bravo (CERIB), durante el ciclo agrícola P-V 2022. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones, y unidades experimentales de cuatro surcos de 0.80 m de ancho por 10 m de largo. Los resultados indican que, en el control de trompillo (*Solanum elaeagnifolium* Cav.), a los 15 DDA no se observaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos químicos (T1 a T9), los cuales presentaron un control de regular a bueno (71.2 a 95.2 %) y el testigo (T10) presentaron un comportamiento similar entre sí, mostrando un control muy pobre ( $> 50$  %). A los 21 DDA no se observaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos químicos (T4 a T6), los cuales presentaron un buen control (93 a 97 %). Mientras el testigo (T10) presentó un control muy pobre ( $> 50$  %). En el control de amargosa (*Parthenium hysterophorus* L.), se encontró que existen diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre los tratamientos a los 7 DDA. los mejores tratamientos fueron: Glufosinato de amonio (2.0 L/ha) y la combinación con saflufenacil al mostrar 80 % y 85 % respectivamente, siendo diferentes a los tratamientos Glifosato (T1), Paraquat (T2) y la combinación de Carfentrazone + Paraquat (T8). El tratamiento de Glifosato (2.0 L/ha) alcanzó solamente el 50.5 % de control a los 21 DDA, clasificado como muy pobre. De igual manera a los 21 DDA los mejores tratamientos para el control de amargosa fueron Glufosinato de amonio (T3) y la combinación de Glufosinato de amonio + Saflufenacil (T6), al mostrar 93 % y 95 % de control respectivamente. Se identificaron mezclas de herbicidas químicos con buen a muy buen control de trompillo y amargosa, que pueden ser alternativos al uso del glifosato.

**Palabras clave:** Maleza, amargosa, herbicida, glifosato

### ABSTRACT

It is estimated that weeds cause direct losses in agricultural production of around 10% worldwide; however, in Mexico weeds affect, on average, 30% of the yield of some crops. The objective of this work was to evaluate alternative herbicides to glyphosate in northern Tamaulipas. The trial was established in the northern area of Tamaulipas, in the Río Bravo Experimental Field (CERIB), during the S-V 2022 agricultural cycle. A randomized complete

block design with four replications was used, and experimental units of four rows of 0.80 m wide by 10 m long. The results indicate that, in the control of trompillo (*Solanum elaeagnifolium* Cav.), at 15 DAA no significant differences ( $P \leq 0.05$ ) were observed between the chemical treatments (T1 to T9), which presented a regular to good control (71.2 to 95.2 %) and the control (T10) presented a similar behavior between them, showing a very poor control ( $> 50$  %). At 21 DAA no significant differences ( $P \leq 0.05$ ) were observed between the chemical treatments (T4 to T6), which presented a good control (93 to 97 %). While the control (T10) presented a very poor control ( $> 50$  %). In the control of amargasa (*Parthenium hysterophorus* L.), it was found that there are highly significant differences ( $P \leq 0.01$ ) between the treatments at 7 DAA. the best treatments were: Ammonium glufosinate (2.0 L/ha) and the combination with saflufenacil showing 80% and 85% respectively, being different from the treatments Glyphosate (T1), Paraquat (T2) and the combination of Carfentrazone + Paraquat (T8). The Glyphosate treatment (2.0 L/ha) only achieved 50.5% control at 21 DAA, classified as very poor. Similarly, at 21 DAA, the best treatments for the control of amaranth were Ammonium glufosinate (T3) and the combination of Ammonium glufosinate + Saflufenacil (T6), showing 93% and 95% control respectively. Mixtures of chemical herbicides with good to very good control of trompillo and amaranth were identified, which can be alternatives to the use of glyphosate.

**Key words:** Weed, bitterweed, herbicide, glyphosate

## INTRODUCCIÓN

Uno de las zonas más importantes en la producción de maíz en México se encuentra en la región norte de Tamaulipas con una superficie sembrada en alrededor de 176 mil ha al año (SIAP, 2021). La presencia de malezas en la región es uno de los principales problemas en la producción de los cultivos al ocasionar una reducción en cantidad y calidad del grano cosechado, ya que ocasionan daños que ascienden hasta el 20 % de rendimiento (ROSALES y SÁNCHEZ, 2003). Se estima que a nivel mundial las malezas ocasionan pérdidas directas en la producción agrícola de alrededor del 10 % (FAO, 1996); sin embargo, en México las malezas afectan, en promedio el 30 % del rendimiento de algunos cultivos. Entre las principales especies de malezas de hoja ancha en la región norte de Tamaulipas destacan: trompillo (*Solanum elaeagnifolium* Cav.), polocote (*Helianthus annuus* L.), amargosa (*Parthenium hysterophorus* L.) y quelite (*Amaranthus palmeri* S. Wats) (ROSALES *et al.*, 2011). El control químico de maleza en presiembra se puede realizar con herbicidas postemergentes no selectivos que actúan por contacto como: Carfentrazone-etil, Glufosinato de Amonio y Paraquat. Así mismo, herbicidas postemergentes selectivos sistémicos: Fluazifop-butil, Mesotrione, Setoxidim y Saflufenacil y el herbicida postemergente no selectivo sistémico Glifosato (KANISSERY *et al.*, 2020). A pesar de las múltiples opciones existentes para el control químico de las malezas en la producción de cultivos en Tamaulipas, la aplicación de Glifosato es el método predominante, utilizándose entre dos a tres veces por año (FERNÁNDEZ *et al.*, 2017). El empleo extensivo de Glifosato en parcelas agrícolas en el estado de Tamaulipas, ha ocasionado una enorme presión de selección que ha favorecido la sobrevivencia y reproducción de biotipos que desarrollaron mutaciones con tolerancia a dicho herbicida. Además del problema agronómico y económico que representa la presencia de biotipos tolerantes a Glifosato, este herbicida ha sido señalado como contaminante de suelo y agua con sus residuos y causante de problemas de salud humana y animal (VAN BRUGGEN *et al.*, 2018), aunque todavía existen muchas discrepancias entre los científicos sobre la magnitud e importancia del problema (TORRETA *et al.*, 2018). El objetivo del presente trabajo fue evaluar herbicidas alternativos al glifosato en el control de *Solanum elaeagnifolium* CAV. y *Parthenium hysterophorus* L en el norte de Tamaulipas.

### MATERIALES Y METODOS

El ensayo se estableció en la zona norte de Tamaulipas, en el Lote A3 del Campo Experimental Río Bravo (CERIB), durante el ciclo agrícola P-V 2022. Las aplicaciones de los herbicidas se realizaron el 5 de diciembre del 2022 (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Tratamientos evaluados para el control de malezas en el norte de Tamaulipas.

Tratamiento	Herbicidas y dosis de aplicación
1	Glifosato (2.0 l ha <sup>-1</sup> )
2	Paraquat (2.0 l ha <sup>-1</sup> )
3	Glufosinato de Amonio (2.0 l ha <sup>-1</sup> )
4	Saflufenacil (40 g ha <sup>-1</sup> )
5	Diuron (312 g ha <sup>-1</sup> ) + Paraquat (2.5 l ha <sup>-1</sup> )
6	Saflufenacil (40 g ha <sup>-1</sup> ) + Glufosinato de Amonio (2.0 l ha <sup>-1</sup> )
7	Diuron (312 g ha <sup>-1</sup> ) + Glufosinato de Amonio (2.0 l ha <sup>-1</sup> )
8	Carfentrazone (83 g ha <sup>-1</sup> ) + (Paraquat 2.5 l ha <sup>-1</sup> )
9	Carfentrazone (83 g ha <sup>-1</sup> ) + Glufosinato de Amonio (2.0 l ha <sup>-1</sup> )
10	Testigo sin aplicación

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones, y unidades experimentales de cuatro surcos de 0.80 m de ancho por 10 m de largo. La aplicación de los tratamientos se realizó con una aspersora de mochila motorizada equipada con un aguilón de 6 boquillas de abanico plano 8002 a una distancia de 40 cm y con un volumen de aspersión de 230 l ha<sup>-1</sup>. A los tratamientos de herbicidas se les añadió un coadyuvante (Bionex) a razón de 1.5 ml l<sup>-1</sup> de agua, así mismo, en todas las aplicaciones se utilizó agua comercial purificada libre de sales y con pH neutro, con la finalidad que el agua no fuera un factor a interferir con la acción de los herbicidas.

Una vez realizada la aplicación de herbicidas se estimaron visualmente el porcentaje de control de malezas a los 7, 15 y 21 días después de la aplicación (DDA). La toxicidad de los herbicidas en la maleza se evaluó con estimaciones visuales y escala de 0 a 100 %, propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (FRANS *et al.*, 1986; SILVA *et al.*, 2005): donde 0 indica falta de efecto y 100 % muerte de la planta (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de maleza por herbicidas.

Valor	Control de maleza (%)	Efecto sobre la maleza
1	99.0-100.0	Muerte
2	96.5-99.0	Muy buen control
3	93.0-96.5	Buen control
4	87.5-93.0	Control suficiente
5	80.0-87.5	Control medio
6	70.0-80.0	Control regular
7	50.0-70.0	Control pobre
8	1.0-50.0	Control muy pobre
9	0.0-1.0	Sin efecto

Los datos de las variables de respuesta se sometieron a un análisis de varianza y las medias se compararon con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Los datos originales y los

transformados a su valor de arcoseno fueron similares en la homogeneización de varianzas, por lo tanto, los análisis de varianza se realizaron con los datos originales de campo. Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico de SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2011).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el lote experimental se identificaron seis especies de malezas, las cuales son: trompillo (*Solanum elaeagnifolium* Cav.), quelite (*Amaranthus palmeri* S. Wats), zacates (zacate espiga; *Panicum fasciculatum* SW., zacate guiador o paniso; *Panicum reptans* L. y zacate liendrilla; *Leptochloa filiformis* Perms.), polocote (*Helianthus annuus* L.), amargosa (*Parthenium hysterophorus* L.) y tomatillo (*Physalis angulata* L.). Por su importancia en la región norte de Tamaulipas, enseguida se muestran solo datos de dos especies que son: trompillo y amargosa.

**Cuadro 3.** Cuadrados medios del análisis de la varianza de las malezas evaluadas

FV	GL	MALEZAS					
		Trompillo			Amargosa		
		DDA			DDA		
		7	15	21	7	15	21
TRAT	9	2151.3**	2847.3*	2982.8**	2104.1**	2691.6**	2919.5**
BLOQ	3	12.2	117.4	24.8	91.8	212.2	89.6
ERROR	27	45	52.6	51.3	120.5	87.2	46.8
CV (%)		15.4	12.8	11.3	22.8	18.1	13.5

\*\*= Altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ); FV= Fuente de variación; GL= grados de libertad; DDA= Días después de aplicación.

#### Control de trompillo (*Solanum elaeagnifolium* Cav.).

A los 7 DDA (Cuadro 3) se obtuvo un control regular a suficiente (77.5 a 94.2 %) de trompillo con las mezclas Saflufenacil + Glufosinato de Amonio ( $40 \text{ g ha}^{-1} + 2.0 \text{ l ha}^{-1}$ ), Carfentrazone + Glufosinato de Amonio ( $83 \text{ g ha}^{-1} + 2.0 \text{ l ha}^{-1}$ ), Diuron + Paraquat ( $312 \text{ g ha}^{-1} + 2.5 \text{ l ha}^{-1}$ ), Diuron + Glufosinato de Amonio ( $312 \text{ g ha}^{-1} + 2.0 \text{ l ha}^{-1}$ ) y Carfentrazone + Paraquat ( $83 \text{ g ha}^{-1} + 2.5 \text{ l ha}^{-1}$ ). El conjunto de estas mezclas de herbicidas en el control de trompillo fue estadísticamente similar ( $P \leq 0.05$ ). Sin embargo, es importante identificar la dosis óptima económica en comparación a Glifosato para que sea rentable al productor. En cuanto a los herbicidas Glifosato ( $2.0 \text{ l ha}^{-1}$ ), Paraquat ( $2.5 \text{ l ha}^{-1}$ ) y Glufosinato de Amonio ( $2.0 \text{ l ha}^{-1}$ ), se observó un control de pobre a regular (62.5 a 75.0 %). A los 15 DDA no se observaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos químicos (T1 a T9), los cuales presentaron un control de regular a bueno (71.2 a 95.2 %) y el testigo (T10) presentaron un comportamiento similar entre sí, mostrando un control muy pobre ( $> 50 \%$ ). A los 21 DDA no se observaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos químicos (T4 a T6), los cuales presentaron un buen control (93 a 97 %). Mientras el testigo (T10) presentó un control muy pobre ( $> 50 \%$ ). Los resultados obtenidos difieren a lo reportado por ESQUEDA *et al.* (2020), quienes encontraron mayor control en Paraquat y Glufosinato de Amonio, así mismo, menor control en Glifosato y en las mezclas de herbicidas como Glufosinato de Amonio + Diuron, Paraquat + Diuron; estas diferencias pueden deberse al tipo, tamaño y distribución de maleza presente en la región de evaluación.

**Cuadro 4.** Efecto de los tratamientos herbicidas en el control de trompillo (%) a los 7, 15 y 21 días después de la aplicación (DDA).

Tratamientos	Trompillo		
	DDA		
	7	15	21
T1=Glifosato (2.0 l ha <sup>-1</sup> )	75.0 cd	78.7 a	75.2 bc
T2=Paraquat (2.0 l ha <sup>-1</sup> )	62.5 d	71.2 a	67.5 bc
T3=Glufosinato de Amonio (2.0 l ha <sup>-1</sup> )	72.5 bcd	75.0 a	80.0 ab
T4=Saflufenacil (40 g ha <sup>-1</sup> )	92.0 ab	93.2 a	93.2 a
T5=Diuron (312 g ha <sup>-1</sup> ) + Paraquat (2.5 l ha <sup>-1</sup> )	88.7 abc	92.5 a	92.5 a
T6=Saflufenacil (40 g ha <sup>-1</sup> ) + Glufosinato (2.0 l ha <sup>-1</sup> )	94.2 a	95.2 a	96.7 a
T7=Diuron (312 g ha <sup>-1</sup> ) + Glufosinato (2.0 l ha <sup>-1</sup> )	86.2 abc	85.0 a	82.5 ab
T8=Carfentrazone (83 g ha <sup>-1</sup> ) + (Paraquat 2.5 l ha <sup>-1</sup> )	77.5 abcd	76.2 ab	70.0 bc
T9=Carfentrazone (83 g ha <sup>-1</sup> ) + Glufosinato (2.0 l ha <sup>-1</sup> )	92.0 ab	93.2 a	89.5 a
T10=Testigo sin aplicación	0.0 f	0.0 c	0.0 c

Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

#### Control de amargosa (*Parthenium hysterophorus* L.)

En el Cuadro 4, se muestra que existen diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre los tratamientos en el control de amargosa (*Parthenium hysterophorus* L.) a los 7 DDA. los mejores tratamientos fueron: Glufosinato de amonio (2.0 L/ha) y la combinación con saflufenacil al mostrar 80 % y 85 % respectivamente, siendo diferentes a los tratamientos Glifosato (T1), Paraquat (T2) y la combinación de Carfentrazone + Paraquat (T8). El tratamiento de Glifosato (2.0 L/ha) alcanzó solamente el 50.5 % de control a los 21 DDA, clasificado como muy pobre. De igual manera a los 21 DDA los mejores tratamientos para el control de amargosa fueron Glufosinato de amonio (T3) y la combinación de Glufosinato de amonio + Saflufenacil (T6), al mostrar 93 % y 95 % de control respectivamente.

**Cuadro 4.** Efecto de los tratamientos herbicidas en el control de Amargosa (%) a los 7, 15 y 21 días después de la aplicación (DDA).

Tratamientos	Amargosa		
	DDA		
	7	15	21
T1=Glifosato (2.0 l ha <sup>-1</sup> )	35.0 bcd	42.0 cd	50.5 c
T2=Paraquat (2.0 l ha <sup>-1</sup> )	15.0 cdf	17.0 d	20.0 cf
T3=Glufosinato de Amonio (2.0 l ha <sup>-1</sup> )	80.0 a	85.0 ab	93.0 a
T4=Saflufenacil (40 g ha <sup>-1</sup> )	60.0 ab	65.0 bc	70.5 b
T5=Diuron (312 g ha <sup>-1</sup> ) + Paraquat (2.5 l ha <sup>-1</sup> )	50.0 bc	57.0 c	60.0 bc
T6=Saflufenacil (40 g ha <sup>-1</sup> ) + Glufosinato (2.0 l ha <sup>-1</sup> )	85.0 a	90.0 a	95.0 a
T7=Diuron (312 g ha <sup>-1</sup> ) + Glufosinato (2.0 l ha <sup>-1</sup> )	60.0 ab	67.0 b	80.5 ab
T8=Carfentrazone (83 g ha <sup>-1</sup> ) + (Paraquat 2.5 l ha <sup>-1</sup> )	30.0 bc	45.0	60.0 bc
T9=Carfentrazone (83 g ha <sup>-1</sup> ) + Glufosinato (2.0 l ha <sup>-1</sup> )	60.0 ab	68.0 b	75.0 b
T10=Testigo sin aplicación	0.0 f	0.0 f	0.0 f

Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

## CONCLUSIONES

Se identificaron mezclas de herbicidas químicos con buen a muy buen control de trompillo y amargosa, que pueden ser alternativos al uso del glifosato, sin embargo, es necesario identificar la dosis óptima económica de los herbicidas para la rentabilidad del productor en futuras evaluaciones.

## LITERATURA CITADA

- ESQUEDA, E. V. A.; BECERRA, L. E. N.; ROSAS, G. X. (2020). Control químico postemergente de malezas en mango (*Mangifera indica* L.). Memoria del XLI Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Vía zoom, México. 168 p.
- FAO, (1996). Manejo de malezas para países en desarrollo. Eds. R. Labrada, J.C. Caseley & C. Parker, FAO Plant Production and Protection Paper 120. Rome, 403 p.
- FAOSTAT, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: división de Estadística (2020) Datos sobre alimentación y agricultura. FAO. Roma. <http://www.fao.org/faostat/es/#home> (Diciembre 2021).
- FERNÁNDEZ, L. G.; AGUILAR, L. A.; AZZARO P. C.; MIRANDA A. M. A.; PURROY V. R.; PÉREZ S. M. R. (2017). Behavior patterns related to the agricultural practices in the production of Persian lime (*Citrus latifolia* Tanaka) in the seasonal grove. Computers and Electronics in Agriculture. 116:162-172.
- FRANS, R.; TALBERT, R.; MARX, D. AND CROWLEY, H. (1986). Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant response to weed control practices. In: Camper, N. D. (ed). Research Methods in Weed Science. 3rd Edition. Southern Weed Science Society, Champaign, Illinois. USA. 20-46 p.
- KANISSERY, R; FUTCH, S. H. AND SELLERS, B. A. (2020). Florida citrus production guide. HS-107. University of Florida. Horticultural Sciences Department. IFAS Extension. Gainesville, FL, USA. 12 p.
- SAS Institute (2011) SAS/STAT® 9.3 User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 8640 p.
- SIAP, Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2021). Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. Ciudad de México <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Diciembre 2021).
- SILVA, F. M. A.; RODRÍGUEZ, M. J. C.; DÍAZ, G. O. y BAUTISTA, M. N. (2005). Efectividad biológica de un derivado de ácido graso para el control de *Macrosiphum rosae* L. (Homóptero: Aphididae) y *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Agrociencia 39: 319-325.
- SEGOB (Secretaría de Gobernación). 2020. Diario Oficial de la Federación. [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5609365&fecha=31/12/2020](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609365&fecha=31/12/2020) (Consultado el 15 de mayo de 2021).
- ROSALES, R. E. Y SANCHEZ, C. R. (2003). Control de maleza de hoja ancha anual en sorgo para grano con dosis reducidas de herbicidas post-emergentes. Memoria del XVI Congreso Latinoamericano de Malezas. Manzanillo, México. 436 p.
- ROSALES, R. E.; SÁNCHEZ, C. R.; CERDA, G. P.A. (2011). Control químico de malezas de hoja ancha en sorgo para grano. Revista Fitotecnia Mexicana. 34 (4): 269-275.
- TORRETA, V.; KATSOYIANNIS, I. A.; VIOTTI, P. AND RADA, E. C. (2018). Critical review of the effects of glyphosate exposure to the environment and humans through the food supply chain. Sustainability 10:950.
- VAN BRUGGEN, A. H. C.; HE, M. M.; SHIN, K.; MAI, V.; JEONG, K. C.; FINCKH, M. R. AND MORRIS, J. G. JR. (2018). Environmental and health effects of the herbicide glyphosate. Science of the Total Environment 616-617:255-268.



## ANÁLISIS COMPARATIVO DE AGRICULTORES ASOCIADOS Y NO ASOCIADOS: ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS, PRODUCTIVOS Y EMPRESARIALES

Baltazar B. E.<sup>\*1</sup>; Borja B. M<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Centro Altos de Jalisco - INIFAP, Av. Biodiversidad Núm. 2470, km. 8 Carr. Tepatitlán – Lagos de Moreno, Rancho Las Cruces, 47600, Tepatitlán de Morelos, Jal.

<sup>2</sup>Campo Experimental Pabellón - INIFAP, Carr. Aguascalientes – Zacatecas km. 32.5, 20670, Pabellón de Arteaga, Ags. \*Autor para correspondencia: [baltazar.erick@inifap.gob.mx](mailto:baltazar.erick@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

Aunque la participación de los productores agropecuarios en una asociación puede tener beneficios, no es una situación que prevalezca en México. El objetivo del estudio fue identificar las características distintivas entre los productores que pertenecen a una asociación y los independientes. La información se obtuvo a través de encuestas aplicadas a productores de maíz en el municipio de Tepatitlán de Morelos, Jal. Los resultados se presentan de forma descriptiva. Las diferencias entre los dos grupos son socioeconómicas, productivas y empresariales. Se identificaron factores relacionados con la confianza en la agrupación y la perspectiva de los beneficios, que pueden influir en la decisión de los productores para asociarse.

**Palabras clave:** pequeños agricultores, maíz de temporal, habilidades empresariales

### ABSTRACT

Even though the participation of agricultural producers in an association can have benefits, it is not a prevalent situation in Mexico. The objective of the study was to identify the distinctive characteristics between producers who belong to an association and independent ones. Information was obtained through surveys applied to corn producers in the municipality of Tepatitlan de Morelos, Jal. The results are presented descriptively. The differences between the two groups are socioeconomic, productive, and entrepreneurial. Factors related to trust in the association and the perspective of benefits that can influence the decision of producers to associate were identified.

**Key words:** small farmers, rainfed corn, entrepreneurial skills

### INTRODUCCIÓN

La participación de los productores en asociaciones puede ofrecer un nivel de competitividad superior al que se logra trabajando de manera individual. Las asociaciones tienen diversos objetivos: producción, comercialización, adquisición de insumos, compartir recursos e infraestructura, obtención de crédito, capacitación, entre otros (López-Castro, 2020). Pertenecer a una asociación facilita a los productores el acceso a estos recursos. Sin embargo, a pesar de los grandes beneficios que ofrece formar parte de una asociación, la mayoría de los productores en México operan de manera independiente. Según la Encuesta Nacional Agropecuaria 2019, menos del 6% de los productores pertenece a una organización. Las causas del bajo interés en el trabajo cooperativo se relacionan con: a) la falta de información y facilidades para conformar una asociación; b) la ineficacia de las asociaciones existentes; y c) la falta de afinidad entre los participantes de la agrupación (López et al., 2022; Morales y Morales, 2022). El objetivo del estudio fue identificar las características distintivas entre los productores que pertenecen a una asociación y aquellos que prefieren trabajar de manera independiente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La información se recabó a través de encuestas aplicadas en 2023 a una muestra representativa de los pequeños productores de maíz de temporal beneficiarios del programa “Producción para el bienestar 2021” en el municipio de Tepatitlán de Morelos, Jal. Los resultados se analizan a partir de la proporción que representa cada grupo de productores.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El 55.2 % de los productores no pertenece a ninguna asociación, mientras que el 44.7 % es miembro de la misma asociación ganadera. La ganadería es una actividad económica importante en la región, y los productores de maíz también participan en ella. A continuación, se muestran las diferencias principales entre los productores de cada grupo.

### Edad, educación formal y proporción de género

En la Tabla 1 se muestran los resultados sobre la edad, los años de estudio y la proporción de género tanto de los productores asociados como de los independientes. El grupo de los no asociados se caracteriza por tener mayor proporción de agricultores más jóvenes y de mujeres, así como menos años de estudios formales. De acuerdo con Paredes y Moreno (2019), una mayor educación no afecta la probabilidad de asociación.

Tabla 1. Edad, años de estudio y proporción de género de los productores.

		No asociados (%)	Asociados (%)
Edad	31 ≤ 50	24.3	6.6
	51 ≤ 70	40.5	46.7
	≥ 71	35.2	46.7
Educación formal	Sin estudios	5.5	10.0
	Primaria trunca	37.8	26.6
	Primaria completa	35.1	36.7
	Secundaria terminada	10.8	10.0
	Educación media superior	5.4	10.0
	Estudios superiores	5.4	6.7
Género	Hombres	56.8	86.7
	Mujeres	43.2	13.3

### Superficie cultivada, experiencia y producto final

En la Tabla 2 se muestra la superficie cultivada, la experiencia en la producción del cultivo del maíz y el tipo de producto final. Los productores asociados tienen mayor superficie cultivada y más experiencia en la producción de maíz. Ambos grupos se dedican en proporciones similares a la producción de grano, forraje y rastrojo.

Tabla 2. Superficie cultivada, experiencia y producto final.

		No asociados (%)	Asociados (%)
Superficie cultivada	≤ 4	48.7	36.6
	> 4 ≤ 8	32.4	20.0
	> 8 ≤ 12	5.4	26.6
	> 12 ≤ 16	8.1	3.3
	> 16 ≤ 22	5.4	13.5
Años de experiencia	≤ 20	18.9	6.7
	21 ≤ 40	29.7	30.0
	41 ≤ 60	27.0	50.0
	> 60	24.4	13.3
Producto final	Grano	54.0	53.3
	Forraje	16.2	16.2
	Rastrojo	29.8	30.5

### Financiamiento, producción, comercialización y mercado

En la Tabla 3 se muestran las preferencias de los productores en cuanto a financiamiento, tecnología de producción, comercialización, así como su conocimiento del mercado. En términos de financiamiento, ambos grupos trabajan principalmente con recursos propios; sin embargo, una mayor proporción de productores no asociados solicita créditos.

Los productores independientes también muestran una mayor propensión a emplear tecnologías que ofrezcan mejores resultados, aunque impliquen una inversión más alta. Por otro lado, los productores asociados tienen un mayor conocimiento de los oferentes en el mercado y de las opciones de comercialización, lo que les permite vender su producto final a un mejor precio.

Tabla 3. Características sobre financiamiento, tecnología de producción, comercialización y mercado.

	No asociados (%)	Asociados (%)
No solicita créditos.	86.5	96.6
Prefiere aplicar el paquete tecnológico que ofrece mayor beneficio/costo, aunque la inversión sea mayor.	73.3	67.6
Vende su producto a pie de parcela aunque el precio sea menor.	70.3	50.0
Considera que tiene diversas opciones para vender su producto.	29.7	50.0
Conoce a sus principales competidores.	40.5	63.3

### Habilidades empresariales

En la Tabla 4 se muestran las actividades realizadas por los productores que están relacionadas con conocimientos y habilidades empresariales. En ambos grupos, muy pocos productores llevan registros de ingresos y gastos, no obstante, más de la mitad indicaron conocer el beneficio/costo de su negocio. Los productores asociados se enfocan más en conocer las preferencias de la demanda y los independientes en implementar estrategias para obtener mayores beneficios a través de la mejora continua de los procesos administrativos, de adquisición de insumos y de producción.

Tabla 4. Conocimientos y habilidades empresariales (porcentaje de productores).

	No asociados	Asociados
Lleva registros de gastos e ingresos.	27.0	30.0
Conoce el beneficio/costo de su negocio.	56.8	53.3
Procura conocer las preferencias de la demanda.	64.9	93.3
Busca la mejora continua del proceso administrativo en la empresa.	70.3	59.5
Busca la mejora continua del proceso de adquisición de insumos.	83.8	59.5
Busca la mejora continua del proceso de producción.	75.7	67.6
Implementa estrategias para tener mayores beneficios.	64.9	59.5

### Competencias emprendedoras

Se preguntó a los productores sobre la autopercepción de las siguientes competencias emprendedoras: iniciativa, deseos de superación, intuición, autocontrol, resiliencia, flexibilidad, tolerancia a la incertidumbre, persuasión, liderazgo y autoconfianza. Ambos grupos tienen proporciones similares del número de competencias, sin embargo, los independientes tienen en promedio una mejor autopercepción que los asociados. Las principales competencias de los no asociados son el autocontrol, la tolerancia y la autoconfianza, mientras que de los asociados son la resiliencia y la tolerancia.

### Percepción de la situación económica y rentabilidad de la actividad productiva

En la Tabla 6 se muestra la percepción de los productores sobre la situación económica personal y del subsector agrícola. Ambos grupos tienen una percepción pesimista. La opinión entre los asociados está más polarizada, las proporciones que consideran una situación económica mejor o peor son mayores en este grupo.

Tabla 6. Percepción de la situación económica (porcentaje de productores).

		No asociados	Asociados
La situación económica personal respecto al año previo es...	Mejor	8.1	16.6
	Igual	35.1	20.0
	Peor	56.8	63.4
La situación económica personal para el próximo año será...	Mejor	8.1	10.0
	Igual	40.5	36.7
	Peor	51.4	53.3
La situación económica del subsector agrícola respecto al año previo es...	Mejor	8.1	10.0
	Igual	35.1	23.3
	Peor	56.8	66.7
La situación económica del subsector agrícola para el próximo año será...	Mejor	5.4	3.3
	Igual	37.8	40.0
	Peor	56.8	56.7

Los productos finales principales de los agricultores son grano, forraje y rastrojo. La rentabilidad promedio de los productores independientes de grano y rastrojo fue mayor que la de los asociados. En el caso de los productores de forraje fue en sentido opuesto.

### Intereses y perspectivas al pertenecer a una asociación

En la Tabla 7 se muestra la perspectiva que tienen los productores independientes sobre el pertenecer a una organización y la opinión de los productores asociados sobre las ventajas.

Los asociados tienen una opinión más favorable sobre los beneficios que tiene el trabajo cooperativo. Entre los no asociados, hay una proporción importante que considera la oportunidad de mejores precios de venta y la reducción del riesgo como ventajas principales.

Tabla 7. Perspectiva y opinión de los productores sobre la pertenencia a una asociación.

	No asociados (%)	Asociados (%)
Se pueden tener mejores resultados al pertenecer a una asociación.	35.1	70.1
Se pueden obtener mejores precios de venta.	64.9	83.3
Se reduce el riesgo de mercado.	56.8	66.6

El 24.3 % de los productores independientes, manifestó estar interesado en asociarse. Por otro lado, el 60 % de los productores asociados manifestó ya no estar interesado en pertenecer a la asociación.

Aunque la mayoría de los productores asociados indicó desinterés en continuar en la organización, el 70 % opinó que los dirigentes de la asociación estaban comprometidos con los objetivos de la organización y con todos los integrantes. El 73.3 % consideró que los productores estaban comprometidos con los objetivos de la organización y con los demás integrantes, y el 86.7 % manifestó estar comprometido con los objetivos de la asociación y con el resto de los asociados. Esto denota confianza en la asociación. En este sentido Garrido (2013) y Jiménez (2021) mencionan que es más probable que una cooperativa funcione correctamente en la medida en que exista mayor confianza, ya que aumenta la disponibilidad de colaboración.

## CONCLUSIONES

Los productores asociados cuentan con mayores superficies cultivadas y una experiencia más amplia en la producción de maíz. No obstante, de acuerdo con Paredes y Moreno (2019), el tamaño de la unidad agropecuaria no afecta la probabilidad de membresía cuando el objetivo es mejorar algún tipo de rendimiento. Además, poseen un mejor conocimiento de los oferentes del mercado y las opciones de comercialización, lo que les permite vender sus productos a precios más favorables. Se enfocan en comprender las preferencias del mercado y adaptan su producción para satisfacer estas demandas. Sobresalen en competencias como la resiliencia y la tolerancia, aunque su autopercepción de competencias emprendedoras es ligeramente inferior en comparación con los no asociados. La percepción de la situación económica entre los asociados es más polarizada, con una mayor proporción considerando su situación económica como muy buena o muy mala. La rentabilidad promedio de los productores asociados es menor que la de los independientes en la producción de grano y rastrojo, pero superior en la producción de forraje.

Además, los productores asociados tienen una opinión más favorable respecto a los beneficios del trabajo cooperativo y, a pesar de que el 60 % de los asociados expresó desinterés en continuar agremiado, un alto porcentaje considera que tanto los dirigentes como los integrantes están comprometidos con los objetivos de la organización. Al respecto, Paredes y Moreno (2019) señalan que los beneficios del cooperativismo sirven de incentivo para que los productores agropecuarios se animen a ser parte de una cooperativa.

Por otro lado, los productores independientes son en su mayoría más jóvenes, incluyen una mayor proporción de mujeres y tienen menos años de estudios formales. Tienen una mayor inclinación a solicitar créditos y a emplear tecnologías que ofrecen mejores resultados, aunque impliquen una mayor inversión. Se centran en implementar estrategias para obtener mayores beneficios mediante la mejora continua de los procesos administrativos, de

adquisición de insumos y de producción. Tienen una mejor autopercepción de sus competencias emprendedoras, destacándose en autocontrol, tolerancia y autoconfianza. Alrededor de la cuarta parte de los productores no asociados manifestó interés en pertenecer a una organización, señalando la oportunidad de obtener mejores precios de venta y la reducción del riesgo como principales ventajas.

Finalmente, ambos grupos reconocen los beneficios de la asociación, aunque sus enfoques y percepciones difieren significativamente en varios aspectos clave de la producción y comercialización agrícola.

## REFERENCIAS

- Castro, N. L. (2020). Estrategias del cooperativismo agrario frente a las transformaciones sociales y productivas recientes: Una exploración en el sudoeste bonaerense (Argentina). *Cooperativismo & Desarrollo*, 28(117), 1-32. <https://doi.org/10.16925/2382-4220.2020.02.03>
- Garrido, S. (2013). El cooperativismo agroalimentario en perspectiva histórica¿ Por qué no todos los agricultores cooperan? *Mediterráneo Económico*, Almería, v. 24, p. 19-32, 2013. <https://bit.ly/34KPXa0>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2024). Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA). <https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2019/>
- Jiménez, L. A. (2021). Intereses y requisitos de la participación en organizaciones cooperativas cafetaleras costarricenses. *Organicom*, 18(35), 15-31. <https://www.revistas.usp.br/organicom/issue/view/12067>
- Martínez López, A., Muñoz Rodríguez, M., & Santoyo Cortés, V. H. (2022). Análisis de desempeño de las organizaciones económicas rurales. *Revista Internacional de Organizaciones*, (29), 57-90. <https://doi.org/10.17345/rio29.57-90>
- Morales, I. S. y Morales, T. O. (2022). "Corrupción organizacional: Una propuesta de marco teórico". *Revista Internacional de Organizaciones*, 28, 113-136. Disponible en: <https://doi.org/10.17345/rio28.113-136>
- Paredes, D. C. y Moreno, K. H. (2019). Cooperativismo y su Impacto en el Rendimiento Agropecuario Local. Consorcio de Investigación Económica y Social-CIES, January. <https://cies.org.pe/investigacion/cooperativismo-y-su-impacto-en-el-rendimiento-agropecuario-local/>

## IDENTIFICACIÓN DE LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ: UN ESTUDIO EMPÍRICO EN JALISCO

Baltazar B. E.<sup>\*1</sup>; Borja B. M<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Centro Altos de Jalisco - INIFAP, Av. Biodiversidad Núm. 2470, km. 8 Carr. Tepatitlán – Lagos de Moreno, Rancho Las Cruces, 47600, Tepatitlán de Morelos, Jal.

<sup>2</sup>Campo Experimental Pabellón - INIFAP, Carr. Aguascalientes – Zacatecas km. 32.5, 20670, Pabellón de Arteaga, Ags. \*Autor para correspondencia: [baltazar.erick@inifap.gob.mx](mailto:baltazar.erick@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

Dada la importancia social y económica del cultivo del maíz en el municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco, en 2023 se llevó a cabo una investigación mediante la aplicación de encuestas a una muestra de los beneficiarios del programa "Producción para el bienestar". A través del análisis de componentes principales y de regresión, se detectaron las principales prácticas agrícolas empleadas en la producción de maíz. Se identificaron dos grupos de productores, cuyas diferencias radican principalmente en el número de labores mecanizadas, el uso de abonos orgánicos y la cantidad de fertilizantes químicos aplicados. Los resultados mostraron efectos positivos significativos del uso de algunos fertilizantes químicos y orgánicos, así como efectos negativos de una de las prácticas de preparación del terreno.

**Palabras clave:** producción de temporal, maíz grano, pequeños productores.

### ABSTRACT

Given the social and economic importance of maize cultivation in the municipality of Tepatitlán de Morelos, Jalisco, an investigation was conducted in 2023 through surveys of a sample of beneficiaries of the "Production for Well-being" program. Using principal component and regression analysis, the main agricultural practices employed in maize production were identified. Two groups of producers were distinguished, whose differences mainly lie in the number of mechanized tasks, the use of organic fertilizers, and the amount of chemical fertilizers applied. The results showed significant positive effects from the use of certain chemical and organic fertilizers, as well as negative effects from one of the land preparation practices.

**Key words:** rainfed production, corn grain, small farmers.

### INTRODUCCIÓN

Jalisco ocupa el segundo lugar a nivel nacional en la producción de maíz de grano, y Tepatitlán de Morelos es el principal productor de este cultivo en la entidad (SIAP, 2023). El cultivo de maíz de grano en este municipio se realiza principalmente en condiciones de temporal. Los productores y las unidades de producción presentan heterogeneidad tanto en la superficie cultivada como en las prácticas agrícolas que utilizan en las diferentes etapas de producción: preparación del terreno, siembra, fertilización y control de malezas,

plagas y enfermedades. Conocer las características de los procesos productivos de los agricultores permite realizar ajustes y definir programas de capacitación que les permitan aprovechar mejor sus recursos e incrementar los rendimientos productivos. El objetivo del estudio fue identificar las prácticas agrícolas que desarrollan los productores y el impacto de estas en el rendimiento de grano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La población de estudio consistió en productores de maíz beneficiarios del programa "Producción para el bienestar" 2021, ubicados en el municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco, con una superficie máxima de siembra de 30 hectáreas. Se determinó una muestra utilizando el método de poblaciones finitas con un nivel de confianza del 95 %, la cual estuvo compuesta por 67 elementos, de los cuales 36 se dedican a la producción de maíz de grano. Se diseñó un cuestionario con preguntas cerradas relacionadas con los sistemas de producción aplicados en 2022. Para determinar un paquete tecnológico representativo, se identificaron las prácticas e insumos más comunes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Utilizando el software R, se llevó a cabo un análisis de componentes principales para identificar las actividades e insumos empleados por los productores. El dendrograma se presenta en la Figura 1. Del análisis se obtuvieron dos grupos de productores: el primero representa el 22.2 % y el segundo el 77.8 %.

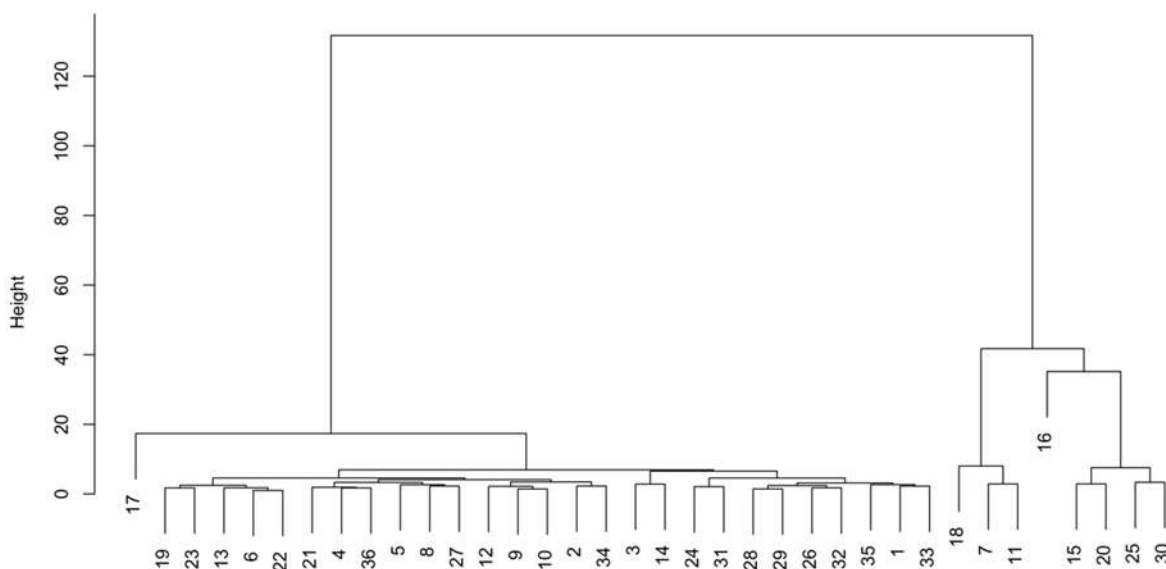


Figura 1. Dendrograma por actividades e insumos

La diferencia principal entre los dos grupos radica en que el segundo no realiza fertilización con abono de bovino, aplica menos cantidad de urea y DAP, la aplicación de herbicidas es únicamente de manera mecanizada y la de insecticidas es manual.

En el primer grupo, el rendimiento de grano está en un rango de 6.6 a 18 t/ha con un promedio de 10.5 t/ha, mientras que en el grupo 2 está en un rango de 7 a 14 t/ha con un promedio de 9.5 t/ha.



En cuanto a la temporada en la que se realizan las prácticas agrícolas, la preparación del terreno se lleva a cabo con labranza tradicional en el mes de abril; la siembra se realiza en junio, con una densidad entre 70,000 y 100,000 semillas; la fertilización se lleva a cabo en el mes de julio, y el control de malezas y plagas se efectúa principalmente en julio.

En la Tabla 1 se muestran las principales actividades e insumos que utiliza la mayoría de los productores en cada grupo.

Tabla 1. Actividades e insumos utilizados por grupo de productores.

Actividad / insumo	Grupo 1	Grupo 2
<b>Preparación del terreno</b>		
Subsuelo	✓	✓
Rastreo	✓	✓
<b>Siembra</b>		
Siembra mecanizada	✓	✓
Semilla híbrida	✓	✓
<b>Fertilización</b>		
Aplicación de abono de bovino	✓	X
Fertilización química mecánica	✓	✓
Fertilización química manual	✓	X
Urea	✓	✓
DAP	✓	✓
<b>Control de malezas, plagas y enfermedades</b>		
Aplicación mecanizada de herbicidas	✓	✓
Aplicación manual de herbicidas	✓	X
Aplicación mecanizada de insecticidas	✓	X
Deshierbe	✓	✓
Herbicida pre emergente	✓	✓
Herbicida post emergente	✓	✓
Insecticidas	✓	✓

También se analizó, de forma general, el efecto (positivo o negativo) de las prácticas agrícolas e insumos aplicados por los productores en el rendimiento de grano utilizando el software Gretl. Debido a que los datos no presentan una distribución normal por puntos extremos, se realizaron regresiones robustas de mínima desviación absoluta. La variable dependiente fue el "rendimiento de grano". Algunas variables independientes son binarias, donde 1 se asigna cuando se aplica la práctica o insumo y 0 de otra forma, y otras son continuas.

Modelo 2: MDA, usando las observaciones 1-36

Variable dependiente: Rendimiento

Atención: Probablemente, la solución no es única

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	11.0000	0.672293	16.36	7.29e-16	***
Volteo	-2.86667	1.40309	-2.043	0.0506	*
SemillaH	-1.00000	0.656735	-1.523	0.1391	
Zamorano	3.50000	1.72851	2.025	0.0525	*
Composta	0.200000	0.107231	1.865	0.0727	*
Microelementos	2.33333	1.12889	2.067	0.0481	**
DAP	-3.33333	2.21045	-1.508	0.1428	
Gallinaza	0.0583333	0.0285934	2.040	0.0509	*
Mediana vble. depend.	9.000000	D.T. de la vble. dep.	2.057523		
Suma resid. absolutos	29.23333	Suma de cuad. residuos	91.48500		
Log-verosimilitud	-53.45776	Criterio de Akaike	122.9155		
Criterio de Schwarz	135.5837	Crit. de Hannan-Quinn	127.3370		

Figura 2. Modelo de prácticas agrícolas para la producción de grano.

El análisis se realizó por etapas del proceso de producción. En cada etapa se compararon dos o tres modelos, seleccionando aquellos con variables estadísticamente significativas y mejores valores de la suma de cuadrados de los residuos, log-verosimilitud, criterio de Schwarz, criterio de Akaike y criterio de Hannan-Quinn. Finalmente, se compararon tres modelos: uno con las prácticas más utilizadas, otro con las variables más significativas de los modelos parciales y el último con las mismas variables del segundo más una variable que considera el total de fertilizantes utilizados por cada productor, buscando un efecto por la aplicación conjunta. Considerando los criterios mencionados, se determinó que el segundo modelo era el mejor (Figura 2).

Las variables significativas del modelo seleccionado, aquellas que explican las diferencias en el rendimiento de grano, son las siguientes:

*Volteo*: La variable es significativa al 5 % con un coeficiente negativo. Sólo el 2.7 % de los productores realiza esta práctica y, en promedio, tuvieron un rendimiento de grano 32.44 % menor que quienes no la aplicaron.

*Utilización de la semilla híbrida marca Zamorano*: En promedio, ofrece un mayor rendimiento (13 t/ha) en comparación con otras marcas: Asgrow® (10.16 t/ha), Dekalb® (8.9 t/ha), Milpillas (9 t/ha), Novasem® (10.75 t/ha), Unisem® (9 t/ha), Winner® (10.5 t/ha) y otras (6.6 t/ha).

*Aplicación de composta, gallinaza y microelementos*: Tiene un efecto positivo en la producción de grano. Aquellos que aplicaron estos insumos, en combinación con otros fertilizantes, registraron un rendimiento promedio mayor al de los que no los aplicaron (Tabla 2).

Tabla 2. Rendimiento promedio de grano por tipo de fertilizante.

Producto	Rendimiento promedio
Microelementos *	14.00
Composta *	10.00
Gallinaza *	10.00
Otros	9.54

## CONCLUSIONES

La diferenciación de los productores por las prácticas que aplican permitió identificar puntos clave en el método de producción del cultivo. A partir de esto, se identificó un grupo que realiza mayores labores mecanizadas, aplica abono de bovino, mayor cantidad de urea y DAP, y tiene un rendimiento promedio de grano mayor.

La principal diferencia entre las prácticas agrícolas de los dos grupos identificados de productores es la fertilización. El grupo uno aplica una mayor cantidad de fertilizantes nitrogenados. Sin embargo, a pesar de que en el primer grupo el rendimiento de grano es mayor, en el análisis de regresión el abono de bovino, la urea y el DAP no fueron significativos. Los resultados respecto al abono de bovino concuerdan con los hallazgos de García *et al.* (2019), quienes no encontraron diferencias entre la aplicación de estiércol o fertilizantes químicos.

Las variables que explican las diferencias en el rendimiento de grano no están vinculadas a un grupo en particular. No obstante, dentro de cada grupo, aquellas con un coeficiente positivo (semilla Zamorano, composta, gallinaza y microelementos) registran los rendimientos más altos. García *et al.* (2020) reportaron que la composta produce un rendimiento mayor en comparación con otros fertilizantes. Respecto a la aplicación de gallinaza, Cotrina-Cabello *et al.* (2020) mencionan que es un abono orgánico que mejora de manera efectiva las propiedades químicas y aumenta la concentración de macronutrientes. Asimismo, Stewart *et al.* (2020) encontraron que la fertilización con Zinc y Hierro puede aumentar significativamente el rendimiento de grano, y que la aplicación de Manganeseo y otros micronutrientes puede ser beneficiosa en suelos donde estos nutrientes son limitados.

Por otro lado, la variable volteo, con un coeficiente negativo, está relacionada con los rendimientos más bajos. Martínez-Gamiño *et al.* (2020) indican que la preparación del suelo con volteo más rastra destruye la estructura y degrada sus propiedades físicas.

## DECLARACIÓN DE ÉTICA

Los autores garantizan que los resultados obtenidos en este estudio son originales. Así mismo hacen mención de que los genotipos comerciales mencionados pudieran comportarse de manera diferente dependiendo de factores como climas regionales o tipos de suelo. En este sentido, este estudio no trata de promover, beneficiar o perjudicar a ninguna compañía productora de semillas.

**REFERENCIAS**

- Cotrina-Cabello, V. R., Alejos-Patiño, I. W., Cotrina-Cabello, G. G., Córdova-Mendoza, P., & Córdova-Barrios, I. C. (2020). Efecto de abonos orgánicos en suelo agrícola de Purupampa Pano, Perú. *Centro Agrícola*, 47(2), 31-40. <https://www.researchgate.net/publication/349223361>
- García Galindo, O., Figueroa Viramontes, U., Cueto Wong, J. A., Núñez Hernández, G., Gallegos Robles, M. Á., & López Martínez, J. D. (2019). Disponibilidad de nitrógeno usando dos tipos de estiércol de bovino lechero en cultivos de maíz forrajero y triticales. *Nova scientia*, 11(22), 124-141. doi.org/10.21640/ns.v11i22.1709
- García, H. E., León, N. J. G., & Díaz, E. R. (2020). Evaluación de abonos orgánicos en cultivos transitorios, frijol (*Phaseolus vulgaris*) y maíz (*Zea mays*). *Revista Matices Tecnológicos*, 12, 7-13. <http://138.117.111.22/index.php/revistamaticestecnologicos/article/view/140/156>
- Martínez-Gamiño, M. Á., Osuna Ceja, E. S., & Espinosa Ramírez, M. (2019). Impacto acumulado de la agricultura de conservación en propiedades del suelo y rendimiento de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(4), 765-778. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1640>
- Stewart, Z. P., Pappozzi, E. T., Wortmann, C. S., Jha, P. K., & Shapiro, C. A. (2020). Foliar micronutrient application for high-yield maize. *Agronomy*, 10(12), 1946. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121946>

## CRECIMIENTO DE *P. engelmannii* y *Pinus cooperi* EN VIVERO AL APLICAR TRES DOSIS DE POTASIO

Sarmiento-López H<sup>1</sup>; Ramírez-Fuentes, MA<sup>2</sup>; Ramírez-Valadez MG<sup>1</sup>; Basave-Villalobos E<sup>1</sup> y Sigala-Rodríguez JA<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> INIFAP-Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango el Mezquital km 4.5 Durango, Dgo., México. C.P. 34170 <sup>2</sup> Profesionalista independiente.  
sarmiento.homero@inifap.gob.mx

### RESUMEN

El potasio es un nutrimento esencial que se requiere para el desarrollo de las plantas. El objetivo de la investigación fue evaluar la respuesta de la aplicación de tres niveles de potasio sobre los indicadores morfológicos y nutrimentales en *Pinus engelmannii* y *Pinus cooperi* producidos en vivero. Se produjo plántula en contenedores de 98 cavidades. Se aplicaron tres dosis de potasio: una con el equilibrio aniones y cationes sugerido por Steiner (261 ppm K), otra con un incremento del 30% respecto al potasio y la otra con un decremento del 30 % respecto al potasio. A los 286 dds se extrajeron plantas para medir los parámetros morfológicos y de calidad de planta y también determinar el contenido nutrimental de las plantas. En *Pinus engelmannii* y *Pinus cooperi*, la aplicación de dosis bajas de potasio, presentaron mejor respuesta en el índice de lignificación. El mayor diámetro, índice de calidad de Dickson, índice de robustez y relación de biomasa en *Pinus cooperi* se presentaron con la dosis media. Respecto al contenido nutrimental no hubo diferencia con la aplicación de las tres dosis de potasio.

**Palabras clave.** Morfología, nutrimental, calidad de planta

### ABSTRACT

Potassium is an essential nutrient required for plant development. The aim of this research was to evaluate the response of applying three levels of potassium on morphological and nutritional indicators in *Pinus engelmannii* and *Pinus cooperi* grown in nurseries. Seedlings were grown in 98-well containers. Three doses of potassium were applied: one with the balance of anions and cations suggested by Steiner (261 ppm K), another with a 30% increase in potassium and the other with a 30% decrease in potassium. At 286 das plants were extracted to measure morphological and plant quality parameters and also to determine the nutritional content of the plants. In *Pinus engelmannii* and *Pinus cooperi*, the application of low doses of potassium showed a better response in the lignification index. The largest diameter, Dickson quality index, robustness index and biomass ratio in *Pinus cooperi* were found with the medium dose. Regarding nutritional content, there was no difference with the application of the three doses of potassium.

### INTRODUCCION

Las plantas producidas en vivero, son el insumo base para el cumplimiento de los programas con fines de conservación, restauración y plantaciones forestales comerciales. Aproximadamente, el 50 % de la cantidad de plantas producidas en viveros del estado de Durango corresponden a la especie *Pinus engelmannii*, por su parte, *Pinus cooperi* representa aproximadamente el 10 % del total de la planta producida (Sigala et al., 2014).

La fertilización junto con el riego, es una de las prácticas más importantes en el cultivo de plantas de especies forestales producidas en contenedor. El desarrollo de las plantas se ve influenciado por la fertilización el cual tiene efecto sobre los parámetros morfológicos y fisiológicos porque controla el crecimiento (Heras, 2021). El potasio interviene en algunos procesos metabólicos como síntesis y traslado de carbohidratos, síntesis de proteínas, fosforilación oxidativa y estimulación enzimática (Rodríguez 2005). La falta de potasio se manifiesta con un retraso en el desarrollo general de las plantas y principalmente de los órganos de reserva, prolongación del crecimiento vegetativo, menor resistencia al frío y descenso genera del rendimiento (Navarro, 2003). Por calidad de planta se entiende como aquellos atributos que permiten que después de plantada, ésta continúe su desarrollo de la mejor manera posible; la calidad de planta está integrada por variables morfológicas y fisiológicas y son indicadores de su desempeño en campo (Peñuelas y Ocaña, 2000). El objetivo fue evaluar tres dosis de fertilización con potasio y su respuesta en los indicadores morfológicos, de calidad de planta y contenido nutrimental en plantas de *Pinus engelmannii* y *P. cooperi* producidas en vivero.

### MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en el vivero del INIFAP-Durango, ubicado en las coordenadas 23° 58'23" N y 104°37'26" O, dentro de un invernadero tipo túnel multicapilla con techo batimental con una cubierta en la parte superior de polietileno calibre 720 color blanco y bajo éste una malla sombra del 40%, ventilación lateral por cortinas enrollables con malacate y cable acerado, con sistema de riego asistido por motobomba eléctrica de 2 hp y con manguera de  $\frac{3}{4}$  y una regadera plástica con 9 orificios  $\text{cm}^2$ . Los contenedores utilizados fueron charolas de polietileno rígido color negro de 98 cavidades de tubetes intercambiables con un volumen por cavidad de 168 mL, y fueron llenados con una mezcla de sustrato compuesta por 50 % de peat moss, 30 % corteza y 20% de perlita expandida. La semilla de *Pinus engelmannii* y *Pinus cooperi*, previo a la siembra fue remojada durante 24 horas en agua, después fue desinfectada con una solución de 10 % de hipoclorito de sodio comercial y 90% de agua durante 15 minutos, el excedente fue retirado con seis enjuagues con agua destilada estéril y se dejó secar durante 10 minutos. Se sembró en las cavidades a una profundidad de 1 cm y se tapó con la misma mezcla de sustrato.

Para la nutrición se propuso el uso de tres niveles de potasio. El nivel base de potasio correspondiente a la dosis media fue de 261 ppm (equilibrio entre cationes y aniones por puesto por Steiner [1997]: 67%de K, 31% de Ca%, 2% de Mg, 79 % de  $\text{NO}_3$ , 1.5 % de  $\text{H}_2\text{PO}_4$  y 19.5 % de  $\text{SO}_4$ ), se incrementó 30 % para tener un nivel superior al recomendado que fue la dosis alta (340 ppm) y se disminuyó el 30 % de potasio para tener un nivel más bajo del recomendado que fue dosis baja (183 ppm). La fertilización comenzó a aplicarse 60 días después de la siembra en tres etapas. Durante la primera etapa se aplicó tres veces por semana durante 2 semanas a una conductividad eléctrica de 1  $\text{dS m}^{-1}$ . Durante la segunda etapa se aplicó tres veces por semana durante dos meses y se aumentó a 1.5  $\text{dS m}^{-1}$ . Durante la tercera etapa, se aplicó tres veces por semana durante dos meses y se aumentó a 2  $\text{dSm}^{-1}$

(Cuadro 1). Tratamientos aplicados en plantas de *Pinus engelmannii* y *Pinus cooperi* a los 60 días después de la siembra.

Etapa	Tiempo de aplicación	Dosis baja (30% -) ppm K	Dosis media (Base propuesto por Steiner) ppm K	Dosis alta (30% +) ppm K
Primer etapa 1 dSm <sup>-1</sup>	2 semanas	183.77	261.97	340.17
Segunda etapa 1.5 dSm <sup>-1</sup>	2 meses	273.7	394.91	512.21
Tercera etapa 2 dSm <sup>-1</sup>	2 meses	367.54	523.94	680.34

El diseño experimental propuesto fue completamente al azar con 4 repeticiones. EL tamaño de la unidad experimental fue de 12 plantas.

A los 286 días después de la siembra, de cada unidad experimental se extrajeron seis plantas para determinar las características morfológicas: altura (cm), diámetro del cuello (mm), biomasa fresca (g) fraccionando la planta en parte aérea y raíz, posteriormente las plantas fueron almacenadas en bolsas de papel estraza e introducidas en una estufa de secado marca Felisa® a 70° C durante 72 horas para determinar la biomasa seca (g). Con estos datos fueron calculados los índices de calidad de planta:

$$\text{Índice de robustez (Prieto et al., 1999): } IR = \frac{\text{altura (mm)}}{\text{diámetro (cm)}}$$

$$\text{Índice de lignificación (Prieto et al., 2004): } IL = \frac{\text{peso seco total (g)}}{\text{peso humedo total (g)}} \times 100$$

$$\text{Relación biomasa parte aérea/raíz (Prieto et al., 2009): } R \frac{BA}{BR} = \frac{\text{biomasa aérea}}{\text{biomasa raíz}}$$

$$\text{Índice de calidad de Dickson (Dickson et al., 1960): } ICD = \frac{\text{peso seco total (g)}}{\frac{\text{altura (cm)}}{\text{diámetro (mm)}} + \frac{\text{biomasa seca aérea (g)}}{\text{biomasa seca raíz (g)}}}$$

También se realizó un análisis de nutrimentos para determinar el contenido de Nitrógeno (N) [por el método Kjeldahl y el contenido de Fosforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S) determinados en porcentaje en peso (% p/p) y el Sodio (Na) en mg kg<sup>-1</sup> por digestión en microondas/ICP-OES.

Previo a su análisis, a los datos obtenidos expresados en porcentaje se les aplico la transformación angular con la función arcoseno. Los datos capturados de cada una de las variables de respuesta se sometieron a un análisis mediante pruebas de Kurskall-Wallis y en caso de existir diferencias fueron sometidas a una prueba de comparación por pares a un nivel de significancia del 5 %. Los datos se analizaron con ayuda del software InfoStat® versión 2020.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El resultado de las pruebas de Kruskal-Wallis para las variables morfológicas en *Pinus engemnnii*, mostró que, en altura, diámetro, biomasa, índice de robustez y en las variables relacionadas con el contenido de nutrimentos no se presentaron diferencias significativas.

Solo se presentaron diferencias en la variable índice de lignificación y relación biomasa aérea/raíz (Cuadro 1). Por otro lado, para la especie *Pinus cooperi* las variables morfológicas que no presentaron diferencias fueron altura y biomasa. En las variables diámetro, índice de robustez, índice de lignificación, relación biomasa aérea/raíz y el índice de calidad de planta se presentaron diferencias, y para las variables del contenido de nutrientes no se presentaron diferencias (Cuadro 1).

Cuadro 2. Significancia de las pruebas de Kruskal-Wallis para las variables analizadas

Variable	<i>Pinus engelmannii</i>		<i>Pinus cooperi</i>	
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico
	H	p	H	p
Altura	2.98	0.2253	0.36	0.8338
Diámetro	5.05	0.08	12.22	0.0022**
Biomasa aérea	4.2	0.1221	4.3	0.1147
Biomasa raíz	2.67	0.2669	3.71	0.1537
Índice de robustez (IR)	5.83	0.0541	13.32	0.0013**
Índice de lignificación (IL)	30.86	<0.0001**	28.84	<0.0001**
Relación biomasa aérea/raíz (RBA/RBR)	6.04	0.0489*	12.63	0.0018**
Índice de calidad de Dickson (ICD)	2.11	0.3485	10.22	0.006**
N % (p/p)	3.88	0.1423	3.47	0.1894
P % (p/p)	1.85	0.4459	1.28	0.5584
K % (p/p)	0.47	0.818	3.59	0.1702
Ca % (p/p)	3.5	0.173	5.28	0.0646
Mg % (p/p)	1.19	0.5893	1.24	0.5699
S % (p/p)	0.88	0.6862	2.03	0.3423
Na mg/kg	1.08	0.6298	1.5	0.5101

\* Diferencias significativas

\*\*Diferencias altamente significativas

El promedio general de las variables en *Pinus engelmannii* fue el siguiente: altura 9.12 cm, el diámetro fue de 2.34 mm, la biomasa de la parte aérea 0.52 g y la biomasa de la raíz de 0.39g (Cuadro 3).

Cuadro 3. Promedios obtenidos en las variables de morfología y biomasa en planta de *P. engelmannii* fertilizado con tres niveles de potasio.

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Biomasa aérea (g)	Biomasa raíz (g)
Dosis baja	9.4	2.26	0.54	0.38
Dosis media	8.78	2.32	0.56	0.44
Dosis alta	9.2	2.46	0.46	0.37

El promedio general de la variable índice de robustez fue de 3.94, del índice de lignificación 25.39%, la relación biomasa seca/parte aérea fue de 1.37 y del índice de Calidad de



Dickson fue de 0.177. La dosis baja presentó un mejor índice de lignificación y la mejor relación biomasa aérea/raíz se presentó con la dosis alta (Cuadro 4).

Cuadro 4. Promedios obtenidos en las variables de calidad de planta de *P. engelmannii* fertilizado con tres niveles de potasio.

Tratamiento	IR (%)	IL	R BA/BR	ICD
Dosis baja	4.21	28.54 a	1.47 b	0.17
Dosis media	3.86	23.82 b	1.34 ab	0.2
Dosis alta	3.77	23.83 b	1.3 a	0.17

\*Letras diferentes denotan diferencias significativas con base en la prueba de comparaciones por pares ( $p < 0.05$ )

El promedio general de las variables en *Pinus cooperi* fue el siguiente: altura 6.17 cm, el diámetro fue de 1.55 mm, la biomasa de la parte aérea 0.216 g y la biomasa de la raíz de 0.155 g (Cuadro 5). El mayor diámetro se presentó con la aplicación de la dosis media.

Cuadro 5. Promedios obtenidos en las variables de morfología y biomasa en planta de *P. cooperi* fertilizado con tres niveles de potasio.

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Biomasa aérea (g)	Biomasa raíz (g)
Dosis baja	6.15	1.52 b	0.2	0.15
Dosis media	6.1	1.66 a	0.22	0.17
Dosis alta	6.29	1.48 b	0.23	0.15

\*Letras diferentes denotan diferencias significativas con base en la prueba de comparaciones por pares ( $p < 0.05$ )

El promedio general de la variable índice de robustez fue de 4.01, del índice de lignificación 24.76%, la relación biomasa seca/parte aérea fue de 1.42 y del índice de Calidad de Dickson fue de 0.069 (Cuadro 6). La dosis media destacó por su efecto al producir los índices más índice de robustez y relación biomasa aérea/raíz más equilibrados, y un mayor índice de calidad de Dickson, por otra parte, la dosis media produjo un mayor índice de lignificación.

Cuadro 6. Promedios obtenidos en las variables de calidad de planta de *P. cooperi* fertilizado con tres niveles de potasio.

Tratamiento	IR	IL (%)	R BA/BR	ICD
Dosis baja	4.06 b	26.31 a	1.37 a	0.07 b
Dosis media	3.69 a	24.83 b	1.33 a	0.08 a
Dosis alta	4.28 b	23.14 c	1.57 b	0.07 b

\*Letras diferentes denotan diferencias significativas con base en la prueba de comparaciones por pares ( $p < 0.05$ )

El contenido general de nutrientes en plantas de *Pinus engelmannii* expresado en % en peso fue 1.51 % de Nitrógeno, 0.11 % de Fosforo, 1.01 % de Potasio, 0.54 % de Calcio, 0.21 % de Magnesio, 0.17 % de azufre y el contenido de sodio fue de 1141.58 mg kg<sup>-1</sup> (Cuadro 7 y Cuadro 8).

Cuadro 7. Promedios obtenidos en el contenido de nutrientes para nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y calcio (Ca) en plantas de *P engelmannii* fertilizado con tres niveles de potasio.

Tratamiento	N % (p/p)	P % (p/p)	K % (p/p)	Ca % (p/p)
Dosis baja	1.61	0.12	1	0.58
Dosis media	1.48	0.12	1.02	0.53
Dosis alta	1.47	0.11	1.03	0.54

p/p=porcentaje en peso

Cuadro 8. Promedios obtenidos en el contenido de nutrientes para magnesio (Mg), azufre (S) y sodio (Na) en plantas de *P engelmannii* fertilizado con tres niveles de potasio.

Tratamiento	Mg % (p/p)	S % (p/p)	Na mg kg <sup>-1</sup>
Dosis baja	0.22	0.18	1136.5
Dosis media	0.21	0.17	1096.25
Dosis alta	0.22	0.18	1192

p/p=porcentaje en peso

mg kg<sup>-1</sup>= miligramos por kilogramo o partes por millón (ppm)

El contenido general de nutrientes en plantas de *Pinus cooperi* expresado en % en peso fue 1.76 % de Nitrógeno, 0.14 % de Fósforo, 1.13 % de Potasio, 0.56 % de Calcio, 0.24 % de Magnesio, 0.22 % de azufre y el contenido de sodio fue de 1684.66 mg kg<sup>-1</sup> (Cuadro 9 y Cuadro 10).

Cuadro 9. Promedios obtenidos en el contenido de nutrientes para nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y calcio (Ca) en plantas de *P cooperi* fertilizado con tres niveles de potasio.

Tratamiento	N % (p/p)	P % (p/p)	K % (p/p)	Ca % (p/p)
Dosis baja	1.86	0.14	1.08	0.58
Dosis media	1.75	0.15	1.17	0.58
Dosis alta	1.69	0.15	1.14	0.52

p/p=porcentaje en peso

Cuadro 10. Promedios obtenidos en el contenido de nutrientes para magnesio (Mg), azufre (S) y sodio (Na) en plantas de *P cooperi* fertilizado con tres niveles de potasio.

Tratamiento	Mg % (p/p)	S % (p/p)	Na mg kg <sup>-1</sup>
Dosis baja	0.25	0.23	1665
Dosis media	0.25	0.24	1750.5
Dosis alta	0.24	0.22	1638.5

p/p=porcentaje en peso

mg kg<sup>-1</sup>= miligramos por kilogramo o partes por millón (ppm).

Hernández-Valera *et al.*, (2018), evaluaron el diámetro y la altura a los dos años del establecimiento y fertilización de plantas de *Pinus cooperi* con tres dosis de N-P-K y no encontraron diferencias en el crecimiento. En las plantas producidas en la presente

investigación se obtuvo la misma tendencia para *P. engelmannii*. Thomson (1985), sugiere que el índice de robustez menor a 6, es un valor adecuado y asociado a una buena calidad de planta relacionada con plantas vigorosas, respecto a la relación de biomasa aérea/raíz, Haase y Rose (1990) mencionan que para condiciones de baja precipitación se recomiendan valores entre 1.5 a 2.5, por ello, las plantas producidas en la presente investigación cumplen con los dos criterios. Respecto al contenido de nutrientes, Prieto *et al.*, (2004) encontraron que al aplicar rutinas de fertilización aumentando 2.5 veces la dosis con Nitrógeno, fósforo y potasio en *Pinus engelmannii*, obtuvieron mayor concentración de potasio foliar en plantas de 17 semanas de edad.

### CONCLUSIONES

El potasio en dosis baja produjo mayor índice de lignificación en plantas de *Pinus engelmannii* y *Pinus cooperi*. La dosis media de potasio aplicado en *Pinus cooperi* se destacó por el incremento del diámetro y el índice de Calidad de Dickson, así como un índice de robustez y una relación de biomasa adecuados. El contenido de nutrientes en *Pinus engelmannii* y *Pinus cooperi* no presentó diferencias con la aplicación de tres dosis de potasio. Se sugiere incrementar el tiempo de aplicación de los fertilizantes, además realizar evaluaciones del contenido de nutrientes del sustrato para determinar su dinámica en éste.

### REFERENCIAS

- Dickson A., Leaf, A. L. y Hosner J. F. 1960 Quality appraisal of White spruce and White pine seedling stock in nurseries. For. Chron. 36(1): 10-13.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2020. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Haase D.L. and Rose, R.1990. Moisture and root stress volume influence transplant shock. Preliminary Results. In: Target Seedling Symposium. Proceedings Combined meetings of the Western Forest Nursery Associations. Rose, R., S. J. Campbell and T. D. Landis (eds.). Rocky Mountain forest and Range Experiment Station. General Technical Report RM-200. Ft. Collins, Co. U.S.A. pp:201-206.
- Heras Marcial M. (2021). Influencia de la fertilización en dos especies de pino en vivero y campo. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 36 p.
- Hernández-Valera R. R., López-López M. Á. y Flores-Nieves, P. (2018). Crecimiento y estado nutricional de una plantación de *Pinus cooperi* Blanco fertilizada con NPK. Revista mexicana de ciencias forestales, 9(48) 115-134.
- Navarro G.G. 2003. Química Agrícola. España, Ediciones Mundi-Prensa, 487 p.
- Peñuelas R. J. y Ocaña B. L. 1996. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Ediciones Mundi-Prensa. España. 190 p.
- Prieto R. J.A., Cornejo O. E. H., Domínguez C. P. A., Nívar Ch. J. de J., Marmolejo M. J. G. y Jiménez P. J. 2004. Estrés hídrico en *Pinus engelmannii* Carr. producido en vivero. Inves. Agrar: Sist. Recur. For. 13(3) 443-451.
- Prieto R.J.A., Sigala R.J.A., Pinedo LS., García R.J.L., Madrid A.R.E., García P.J.L. y Mejía B. J.M. 2009. Calidad de planta en los viveros forestales del Estado de Durango. Publicación especial Núm. 30 Campo Experimental Valle del Guadiana, INIFAP. Durango, Durango. 81 p.
- Prieto R. J.A., Vera C. G. y Merlín B. E. 1999. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación. Folleto técnico Núm. 12 Campo Experimental Valle del Guadiana, INIFAP-SAGAR Durango, Durango. 23p.

- Rodríguez S. F. 2005. Fertilizantes nutrición vegetal. México, AGT editor, 157 p.
- Steiner A.A. 1997. Principles of plant nutrition by recirculating nutrient solutions. Proceedings 6th. Int. Congre. Soilles Culture: 634-649.
- Sigala R.J.A., Sarmiento L.H., Ferrel S.J.I., Basave V.E., Rosales M.S. y Prieto R.J.A. 2014. Sistemas de producción de planta en los viveros forestales del Estado de Durango. Folleto técnico Núm. 79 Campo Experimental Valle del Guadiana, INIFAP. Durango, Durango. 30 p.
- Thompson B. E. 1985. Seedling morphological evaluation. Seedling morphology. *In* Duryea M. L. (Ed.), Evaluating seedling quality: Principles, procedures and predictive abilities of major tests. Corvallis, OR, USA: Forest Research Laboratory, Oregon State University. pp. 59–71.

## APTITUD AGROCLIMATICA PARA PRODUCIR *Amaranthus sp* BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN MÉXICO

<sup>1</sup>Ramírez J. G.; <sup>2</sup>Lozano C. M.; <sup>3</sup>Ramírez S. J.; <sup>4</sup>De la O. O. M.

<sup>1,3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Sureste-INIFAP, Calle 6 # 398 x 13, Col. Díaz Ordaz, Mérida, Yucatán, México. <sup>2</sup>INIFAP, Campo Experimental Mocochoá, km 25 Antigua carretera Mérida-Motul, Mocochoá, Yucatán, México. <sup>4</sup>INIFAP, Campo Experimental Valle de México. Coatlinchán, Texcoco, Edo. de México, México.  
gramirez0458@hotmail.com

### RESUMEN

En México se han generado iniciativas para impulsar la producción de amaranto; como el decreto a la ley de fomento al cultivo del amaranto en México y declarar el 15 de octubre como "Día Nacional del Amaranto", que reconoce el aporte cultural, ecológico, social y agrícola de este alimento. Ante la perspectiva de incrementar el cultivo en el país, surge lo siguiente ¿dónde se debe de promover su cultivo? y los planes a seguir para el desarrollo del cultivo en México. El objetivo de la presente investigación fue decidir las áreas con aptitud agroclimática para producir amaranto de temporal para México. La metodología consistió en: definir los requerimientos agroecológicos del cultivo del amaranto para lo cual se consultaron bases de datos, información bibliográfica y asesoramiento de expertos en el cultivo. Para determinar las zonas con aptitud agroclimática se empleó el software QGIS 3.22.14 Biatowieza y las bases de datos georreferenciadas de: el modelo de elevación digital, la base de datos del clima a través de WorldClim versión 2.0 y la base de datos de suelos empleando el mapa de escala 1: 250,000 (Base Referencial Mundial, WRB). Las áreas más apropiadas para el cultivo del amaranto en México se localizan en 26 de los 32 estados de la República mexicana. Las entidades con mayores superficies para producir amaranto son: Jalisco, Michoacán, Estado de México, Oaxaca, Puebla y Guanajuato. Se determinó que existen 7,621,722 ha, de alto potencial o aptitud óptima y 1,054,665 ha de mediano potencial o aptitud subóptima.

**Palabras clave:** *Amaranthus* spp., sistema de información geográfica, potencial, temporal.

### ABSTRACT

In Mexico, initiatives have been generated to promote amaranth production; such as the decree to the law to promote the cultivation of amaranth in Mexico and declaring October 15 as "National Amaranth Day", which recognizes the cultural, ecological, social and agricultural contribution of this food. Faced with the prospect of increasing cultivation in the country, the following arises: where should its cultivation be promoted? and the plans to be followed for the development of the crop in Mexico. The objective of this research was to decide the areas with agroclimatic aptitude to produce rainfed amaranth for Mexico. The methodology consisted of: defining the agroecological requirements of amaranth cultivation for which databases, bibliographic information and advice from experts in the cultivation were consulted. To determine the areas with agroclimatic suitability, the QGIS 3.22.14 Biatowieza software and the georeferenced databases of the digital elevation model, the climate database through WorldClim version 2.0 and the soil database using the 1:250,000 scale map (World Reference Base, WRB) were used. The most appropriate areas for the cultivation of amaranth in Mexico are located in 26 of the 32 states of the Mexican Republic. The states with the largest areas to produce amaranth are: Jalisco, Michoacán, State of

Mexico, Oaxaca, Puebla and Guanajuato. It was determined that there are 7,621,722 hectares of high potential or optimal aptitude and 1,054,665 hectares of medium potential or suboptimal aptitude.

**Key words:** *Amaranthus spp.*, geographic information system, potential, temporal.

## INTRODUCCION

En la familia Amaranthaceae se estiman que existen aproximadamente 70 especies, donde se menciona que 40 son nativas del Continente Americano, las otras 30 pertenecen a Australia, Asia, África y Europa; sin embargo, solamente 17 son comestibles. En la actualidad, el amaranto se cultiva en todo el mundo, principalmente en América, el Sudeste Asiático, Europa y África, siendo China el mayor productor mundial de este cultivo.

En amaranto solo tres especies son importantes para producción de grano, *Amaranthus hypochondriacus*, *Amaranthus cruentus* y *Amaranthus caudatus*. Poseen diferentes condiciones de adaptabilidad entre ellas, por ejemplo la especie *A. hypochondriacus* L., se puede adaptar en clima templado y altitudes de 1,500 a 2,200 m.s.n.m., mientras que *A. cruentus* y *A. caudatus* se adaptan a climas cálidos y altitudes de 400 a 1,500 m.s.n.m. y de 2,800 y 3000 m.s.n.m., respectivamente. Estudios realizados por Aguilera *et al.*, (2021), afirman que actualmente la especie con mayor distribución en la República Mexicana es *A. cruentus*.

El incremento en el mercado Internacional y nacional de la demanda del cultivo de amaranto ha generado gran interés en rescatar dicha especie para la alimentación de la población mexicana, así como el incremento en las superficies de producción. Por lo anterior, surge la pregunta ¿dónde se debe de promover su cultivo y el primer paso a seguir es decidir las condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo?, por lo que el objetivo de la investigación fue tener caracterizado tanto su medio físico como sus factores naturales a nivel nacional, y determinar la localización de las áreas más aptas con potencial productivo en condiciones de temporal, proporcionando las bases para tomar una decisión que oriente la promoción para su cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar las áreas óptimas de manera espacial de los cultivos se puede llevar a cabo utilizando diversas metodologías. En el presente estudio la metodología empleada fue a través del álgebra de mapas. Las variables que se emplearon fueron los requerimientos agroclimáticos del amaranto en México. El empleo del SIG (Sistemas de Información Geográfica) fue una de las técnicas exitosas para delimitar espacialmente áreas de alto potencial productivo (Kahsay *et al.*, 2018) de los cultivos.

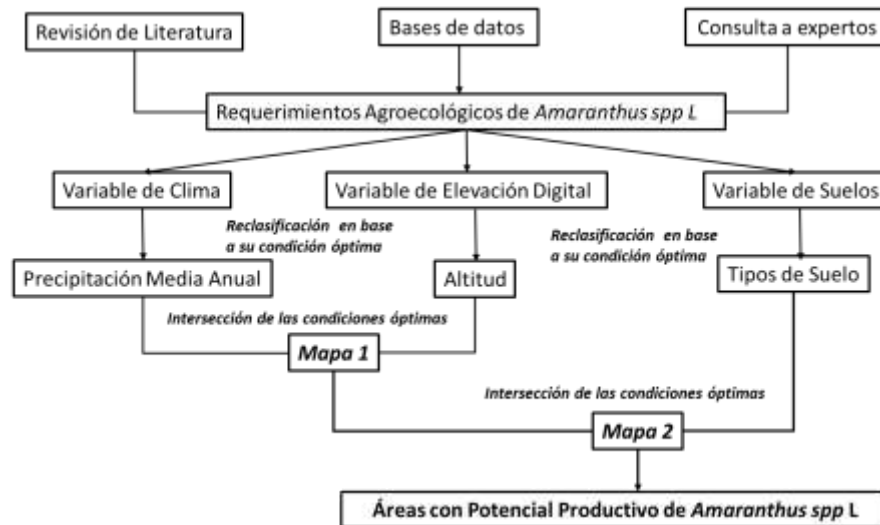
A través de los SIG se pueden definir bien las variables agroecológicas, que representan el medio físico como clima, suelo y recursos hídricos y su distribución espacial, para detectar áreas óptimas y subóptimas. Con los mapas se facilita el manejo adecuado de los recursos para apoyar las políticas públicas en la gestión agropecuaria y el ordenamiento territorial. En este trabajo se consideraron tres aspectos fundamentales: necesidades agroecológicas, base de datos de condiciones agroclimáticas y procesamiento de los datos (Figura 1).

Las necesidades agroecológicas del cultivo se integraron en base a varias revisiones de literatura (FAO, 2020; Ruiz *et al.*, 2013). Se tomó en cuenta la consulta de la experiencia de varios expertos en cultivo de amaranto.

Se consultaron bases de datos geográficos. Para las condiciones edáficas se tomó de la WRB (Base de Referencia Mundial de Recursos del Suelo), en formato vectorial (FAO, 1997) en escala 1: 250 000. La herramienta empleada para los datos climatológicos fue WorldClim versión 2.0, concretamente para temperatura media y precipitación (en el ciclo de cultivo de amaranto). De INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía se adquirió el programa MDE (Modelo Digital de Elevación proveniente de INEGI con cada 3 segundos de valores de altitud).

El procedimiento consistió básicamente en clasificar los atributos climáticos y edáficos requeridos bajo condiciones de temporal. El formato vectorial donde se obtuvieron los datos (entidades asociadas a cada atributo) con caracteres propios espaciales y la geometría del atributo, son usados para realizar análisis, cortes e intersecciones. Dicha geometría de datos vectoriales se llevó a cabo a través de la intercepción de las capas edáficas y climáticas, después se eliminaron las zonas de manglares, las áreas protegidas y los asentamientos urbanos y rurales. Toda la información se procesó y reclasificó utilizando el software QGIS 3.22.14 (Biatowieza, 2022).

La clasificación que se empleó para la aptitud agroclimática fue definir las en zonas de alto y mediano potencial. Las zonas de alto potencial o aptitud agroclimática óptima son donde interaccionan todas las variables agroclimáticas óptimas y las de mediano potencial son donde alguna de las variables agroclimáticas posee condición subóptima o inadecuada para que su cultivo.



**Figura 1.** Modelo metodológico para determinar la aptitud agroclimática para amaranto.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

*Distribución de las zonas productoras de amaranto en México y su potencial.*

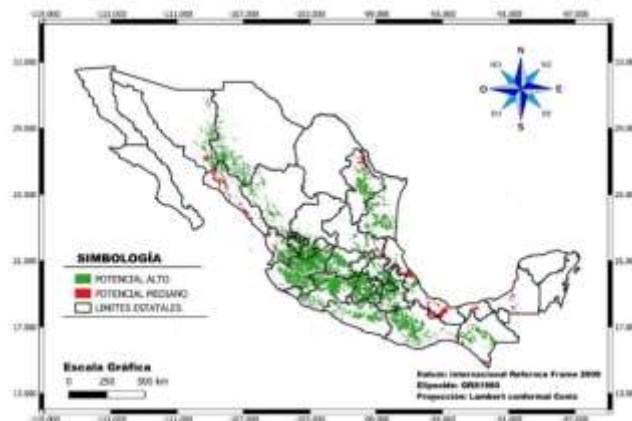
*Zonas productoras en México.* En las siembras de amaranto de temporal en su mayoría se emplean variedades criollas. Esas variedades de acuerdo con sus usos y caracteres agromorfológicos de las plantas se clasifican en tipos agronómicos: por lo tanto, se cuenta

con variedades de la especie *A. hypochondriacus*, que se cultivan en la Ciudad de México, Estado de México, Tlaxcala y partes elevadas del estado de Puebla; las variedades que pertenecen a la especie *A. cruentus* se cultivan en las áreas semitropicales de Morelos y Puebla (Espitia *et al.*, 2018).

En el 2022 la superficie sembrada en el país era de 3,209 hectáreas distribuidas en los siguientes estados: Ciudad de México con 112, Estado de México 167, Morelos 7.50, Oaxaca 88, Puebla 1,779 y Tlaxcala 1,055. El estado que presenta la mayor superficie es Puebla con 16 municipios participantes y una producción de 3,508 toneladas, con rendimientos por hectárea con municipios que obtienen 760 kg ha<sup>-1</sup> como Caltepec hasta rendimientos que logran en el municipio de San Jerónimo Tecuanipan 3,170.00 kg ha<sup>-1</sup>, precios medios rurales que van desde \$ 5,939.27 hasta \$ 13,764.00 pesos mexicanos; el valor de la producción estatal es de \$ 33, 155,790.00. El mejor precio para Amarantho se paga en la Alcaldía de Milpa Alta, en Ciudad de México (SIAP, 2024).

**Áreas con Aptitud Agroclimática.** Las áreas potenciales se definieron en base a lo siguiente: primero las de alto potencial que fueron zonas donde interactúan buenos suelos, climas y relieve; donde se cuentan con las mejores condiciones agroecológicas para la producción del cultivo y su distribución se presenta en la Figura 2 en color verde. El rendimiento esperado es de 1.60 a 3.00 t ha<sup>-1</sup>, mediano potencial las áreas en donde interaccionan las condiciones subóptimas de suelo, relieve y clima, y presentan algunas limitaciones para su cultivo; se identifican en color rojo en la Figura 2; el rendimiento esperado es de 1.00 a 1.59 t ha<sup>-1</sup>.

De acuerdo con los resultados obtenidos se encontró que la República Mexicana cuenta con 7,510 046 hectáreas de alto potencial y en 26 de los 32 estados del país y 1,054 265 hectáreas de mediano potencial en 17 de las 32 entidades (Figura 2). Los estados que presentan las mayores superficies con alto potencial son Jalisco con 1, 516 581.00 hectáreas, Michoacán con 816,466.00, Estado de México con 679,022.00, Oaxaca con 632,000.00 y Puebla con 505,443. Estas superficies superan ampliamente a las sembradas actualmente.



**Figura 2.** Distribución de las Zonas con potencial para el cultivo de Amarantho en México para condiciones de temporal.



## CONCLUSIONES

Existen condiciones agroclimáticas óptimas para cultivar amaranto en condiciones de temporal y elevar la producción en México. Las zonas de alto potencial se localizan en 26 de los 32 estados de México. En condiciones de temporal los estados con mayor superficie para producir amaranto encontramos: Jalisco, Michoacán, Estado de México, Oaxaca, Puebla y Guanajuato. La precipitación, tipo de suelo y la temperatura son elementos que determinan para definir las mejores áreas óptimas y subóptimas potenciales bajo condiciones de temporal para el cultivo de amaranto. Se cuenta con áreas de alto potencial que llevan una amplia ventaja de la superficie sembrada de amaranto actualmente en el país.

## REFERENCIAS

- Aguilera-Cauich E. A., K. Z. Solís-Fernández A. Ibarra-Morales R. Cifuentes-Velásquez I. Sánchez-del Pino (2021) Amaranto: distribución y diversidad morfológica del recurso genético en partes de la región Maya (sureste de México, Guatemala y Honduras). *Acta Botanica Mexicana* 128: e1738, <https://doi.org/10.21829/abm128.2021.1738>
- Espitia Rangel E., A. V. Ayala G., P. Rivas V., D. Escobedo L., L. González M., H. L. Valverde R., M. Sesma F. (2018) Guía para la Producción de Amaranto en la Mesa Central de México. Desplegable para productores No. 2. Primera edición. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de investigación Regional Centro (CIRCE). Campo Experimental Valle de México. Coatlichán, Texcoco, Estado de México. 34 p.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2020) Ecocrop, Ecological Requirements of Plant Species, Database. Rome. <https://gaez.fao.org/pages/ecocrop>
- Kahsay A., M. Haile, G. Gebresamuel, M. Mohammed (2018) Springer Nature Switzerland. Modeling Earth Systems and Environment. Zurich, Switzerland. 45 p.
- Ruiz Corral J. A., G. Medina García, I. J. González Acuña, H. E. Flores López, G. Ramírez Ojeda, C. Ortiz Trejo, K. F. Byerly Murphy and R. A. Martínez Parra (2013) Requerimientos agroecológicos de Cultivos. Libro Técnico No. 3. INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 564 p.

**RESPUESTA DE TRES LEGUMINOSAS A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA  
E INOCULACIÓN CON BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO EN  
DELICIAS, CHIHUAHUA**  
**RESPONSE OF THREE LEGUMES TO NITROGEN FERTILIZATION AND  
INOCULATION WITH NITROGEN-FIXING BACTERIA IN DELICIAS,  
CHIHUAHUA**

**David Guadalupe Reta-Sánchez<sup>1</sup>, Esmeralda Ochoa-Martínez<sup>2</sup>, Yasmin Ileana Chew-Madinaveitia<sup>2</sup>, Juan Isidro Sánchez-Duarte<sup>2</sup>, Arturo Reyes-González<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Campo Experimental Delicias, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua, México. <sup>2</sup>Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Matamoros, Coahuila, México.  
Autor correspondencia: [reta.david@inifap.gob.mx](mailto:reta.david@inifap.gob.mx)

**RESUMEN**

El objetivo del estudio fue determinar el crecimiento y su efecto en la intercepción de radiación solar y la producción de materia seca (MS) de tres leguminosas de otoño-invierno con tratamientos de fertilización nitrogenada e inoculación con bacterias de fijación de nitrógeno atmosférico en Delicias, Chihuahua. Se evaluaron las especies chícharo (*Pisum sativum* L.), garbanzo (*Cicer arietinum* L.) y trébol Alejandrino (*Trifolium alexandrinum* L.), cada una con un tratamiento de fertilización nitrogenada y otro sin nitrógeno, pero con la semilla tratada con inoculantes bacterianos específicos. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en un arreglo factorial 3 x 2. Durante el ciclo se midió el índice de área foliar (IAF), intercepción de radiación solar (IRS) y rendimiento de MS. El chícharo y el garbanzo presentaron fijación de N atmosférico, mientras que el trébol no respondió a la inoculación. En todos los tratamientos los máximos valores de IAF en chícharo (7.34) y garbanzo (6.75) fueron mayores a los del trébol (1.60-3.15), lo cual resultó en una mayor intercepción de radiación solar y más grande rendimiento de MS (4333-4942 kg ha<sup>-1</sup>). Los tratamientos con inoculación mostraron una reducción del rendimiento de MS (12.9%-37.6%), debido a un menor valor de IAF y a un retraso de 20 a 43 días en alcanzar el 95% de intercepción de radiación solar respecto a los tratamientos fertilizados. El chícharo y el garbanzo produjeron mayores rendimientos de MS por su capacidad de fijar N y mayor intercepción de radiación solar.

**Palabras clave:** Área foliar, radiación solar, rendimiento, materia seca

**ABSTRACT**

The objective of the study was to determine the growth and its effect on the interception of solar radiation and the production of dry matter (DM) of three autumn-winter legumes with nitrogen fertilization treatments and inoculation with atmospheric N fixation bacteria in Delicias, Chihuahua. The species pea (*Pisum sativum* L.), chickpea (*Cicer arietinum* L.) and Alexandrian clover (*Trifolium alexandrinum* L.) were evaluated, each with a nitrogen fertilization treatment and another without nitrogen, but with the seed treated with bacterial specific inoculants. A randomized complete block experimental design with four replications was used, in a 3 x 2 factorial arrangement. During the cycle, the leaf area index (LAI), solar radiation interception (SRI) and DM yield were measured. Pea and chickpea showed atmospheric N fixation, while clover did not respond to inoculation. In all treatments, the maximum IAF values in pea (7.34) and chickpea (6.75) were higher than those of clover

(1.60-3.15), which resulted in greater interception of solar radiation and greater DM yield (4333-4942 kg ha<sup>-1</sup>). Treatments with inoculation showed a reduction in DM yield (12.9%-37.6%), due to a lower IAF value and a delay of 20 to 43 days in reaching 95% solar radiation interception compared to fertilized treatments. Peas and chickpeas produced higher DM yields due to their ability to fix N and greater interception of solar radiation.

**Key words:** Leaf area, solar radiation, yield, dry matter

## INTRODUCCIÓN

En la región centro-sur de Chihuahua se siembran alrededor de 39 mil hectáreas de cultivos anuales bajo irrigación durante los ciclos de primavera, verano y otoño-invierno. En cultivos perennes se cosecharon 40,494 hectáreas de alfalfa y 34,260 hectáreas de nogal. En el ciclo de 2023, los principales cultivos anuales fueron maíz forrajero, chile verde, algodón, cebolla y avena forrajera, los cuales ocuparon el 88 % de la superficie total (SIAP, 2023). La región Centro-sur de Chihuahua se caracteriza por una limitada e irregular disponibilidad de agua, altas temperaturas y presencia de salinidad en el suelo, problemas que en las próximas décadas se incrementarán debido al calentamiento global (Andrade y Montero, 2014). Esta situación indica que es importante aumentar la sustentabilidad de la agricultura en la región a través de una mayor diversidad de cultivos, con la introducción especies leguminosas anuales.

La incorporación de especies leguminosas en los sistemas de producción de la región es importante para incrementar la sustentabilidad de la producción agrícola. Un factor clave es su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico (Palmero et al., 2022), el cual puede contribuir en la conservación de la calidad del suelo. Cuando la leguminosa es cosechada, el N fijado que queda en el suelo puede ser utilizado para reemplazar parte del N requerido por el siguiente cultivo (Lötjonen y Ollikainen, 2018). Además, la rotación con leguminosas también favorece en un menor uso de agroquímicos para la protección de cultivos, ya que, al diversificar las secuencias de cultivos, se reduce la incidencia de patógenos, plagas y un mayor control de maleza (Negash et al., 2018).

Las leguminosas chícharo, garbanzo y trébol Alejandrino han mostrado buen potencial de producción de forraje en evaluaciones realizadas en la Comarca Lagunera, México. Los resultados indican que se obtuvieron rendimientos de MS de 4,678 a 8,683 kg ha<sup>-1</sup> en chícharo; de 2,795 a 9,671 kg ha<sup>-1</sup> en garbanzo porquero (Reta et al., 2008; González-Cifuentes et al., 2022), y de 10,201 kg ha<sup>-1</sup> en tres cortes de trébol Alejandrino (Reta et al., 2023). Debido a su buen contenido de N, estas leguminosas también pueden contribuir en la conservación del suelo con residuos de cosecha con baja relación C/N, por lo que presentan el potencial de liberar N al suelo a más corto plazo que el que ocurre en cultivos tradicionales como avena y triticale (González-Cifuentes et al., 2022), y además debido a su contenido de N también pueden utilizarse como abono verde (Parr et al., 2011; Lavergne et al., 2021; Blomme et al., 2022). Para la introducción de especies alternativas leguminosas en los sistemas de producción de la región centro-sur de Chihuahua, es necesario obtener información de su crecimiento, desarrollo y potencial de producción de MS bajo las condiciones ambientales de la región, así como la respuesta de los cultivos a la inoculación de la semilla con bacterias fijadoras de N específicas para cada especie. El objetivo del estudio fue determinar el crecimiento y su efecto en la interceptación de radiación solar y la producción de materia seca (MS) de tres leguminosas de otoño-invierno con tratamientos de fertilización nitrogenada e inoculación con bacterias de fijación de N atmosférico en Delicias, Chihuahua.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental Delicias del INIFAP, localizado en Delicias, Chihuahua a 28° 11' latitud norte y 105° 30' longitud oeste, con una altitud de 1178 m. La textura del suelo es franco arenoso en el estrato 0-30 cm y franco arcilloso arenoso en 30-60 cm. La preparación del terreno que consistió en subsoleo, arado, rastreo y nivelación.

Los tratamientos en evaluación son tres especies de leguminosas, cada una con un tratamiento de fertilización nitrogenada y otro sin nitrógeno, pero con la semilla tratada con inoculantes bacterianos específicos para cada especie. Las especies son chícharo (*Pisum sativum* L.), garbanzo (*Cicer arietinum* L.) y trébol Alejandrino (*Trifolium alexandrinum* L.). La semilla de chícharo se inoculó con *Rhizobium leguminosarum* biovar viceae. Las semillas de garbanzo se trataron con un inoculante que contiene *Mesorhizobium ciceri* y la de trébol Alejandrino con *Sinorhizobium meliloti*.

La siembra se realizó el 29 de septiembre de 2023 en suelo seco con una densidad en trébol de 91 semillas/metro lineal y 28 semillas/metro lineal en chícharo y garbanzo. Después de la siembra, en todos los tratamientos se fertilizó con 80 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> utilizando fosfato monopotásico; mientras que en los tratamientos con fertilización nitrogenada se aplicaron 150 kg/ha de N con Novatec 45. Se aplicaron dos riegos de auxilio a los 31, y 66 días después de la siembra (dds). Para el control de plagas se realizó una aplicación de insecticida para el control de mosquita blanca (Confidor) a los 25 dds en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup>.

Se determinó el crecimiento y desarrollo de los cultivos, con muestreos semanales de datos de altura de planta, desarrollo fenológico, índice de área foliar (IAF) e interceptación de radiación solar. Los datos de IAF e IRS se obtuvieron con un ceptómetro AccuPAR modelo Lp-80 PAR/LAI (Decagon Devices, Inc., Pullman, WA, USA). La IRS se calculó con la siguiente fórmula:  $100 - (((Larr - Lab) * 100) / 1000)$ ; donde Larr = radiación solar fotosintéticamente activa (RSFA) recibida arriba del dosel; Lab = RSFA recibida abajo del dosel. Para verificar la capacidad de nodulación, se realizaron dos muestreos de raíces para el conteo de nódulos a los 60 y 104 dds. La cosecha del chícharo y el garbanzo se realizó a los 101 dds. Los cortes del trébol Alejandrino se realizaron a los 62 dds y 103 dds. En la cosecha de cada cultivo se obtuvo el rendimiento fresco y el rendimiento de materia seca (MS) con una muestra de 6.84 m<sup>2</sup>. El contenido de MS se determinó con una muestra de 0.38 m<sup>2</sup> tomada al azar en la parte central de cada parcela experimental. Las muestras de plantas fueron secadas a 60 °C en una estufa de aire forzado hasta alcanzar peso constante. El rendimiento de MS se determinó multiplicando la producción de forraje fresco por el contenido de MS de cada parcela.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las tres especies evaluadas, el chícharo y el garbanzo presentaron nodulación y fijaron N atmosférico durante el ciclo en los tratamientos inoculados con bacterias fijadoras de N; mientras que el trébol Alejandrino no presentó respuesta a la inoculación. Este comportamiento influyó en el crecimiento y producción de MS de los cultivos, con un mayor IAF, interceptación de radiación solar y acumulación de MS en los tratamientos fertilizados respecto a los inoculados.

El chícharo y el garbanzo con fertilización nitrogenada presentaron el mayor crecimiento foliar durante el ciclo de crecimiento, con valores de IAF máximos de 7.34 en chícharo a los 75 dds y de 6.75 a los 80 dds en garbanzo (Figura 1). En chícharo el IAF sólo se redujo a 6.92 al final del ciclo; mientras que en garbanzo se redujo a 3.89 debido al daño foliar por helada. En los tratamientos con inoculación, los valores del IAF de chícharo y garbanzo también fueron similares entre sí durante el ciclo, con el máximo valor de 6.1 en chícharo a los 98 dds, y de 4.93 a los 89 dds en garbanzo, el cual presentó a los 98 dds una reducción por helada. La mayor diferencia en IAF entre los tratamientos fertilizados e inoculados ocurrió en el periodo de 46 a 75 dds, debido a un menor y más tardío crecimiento del IAF en los tratamientos con inoculación. En trébol Alejandrino con fertilización, el IAF fue de 3.15 en el primer corte y de 1.60 en el segundo; mientras que en inoculación el IAF en el primero y segundo corte fue de 0.7 y 0.3, respectivamente.

El crecimiento foliar en chícharo y garbanzo, tanto en tratamientos con fertilización como en inoculados fue similar o superior al observado en otros trabajos con los dos cultivos antes mencionados. En chícharo los valores de IAF en otros estudios fluctuaron de 4.51 a 6.20 (Das et al., 2017; Sunday et al., 2018; Pandey et al., 2021). En garbanzo los valores de IAF del presente estudio fueron superiores a los reportados en otros trabajos (2.08 a 3.82) (Ozalkan et al., 2010; Kour et al., 2016; Apáez et al., 2021); mientras que, en trébol Alejandrino, el crecimiento del IAF sólo fue normal en el primer corte, ya que la segunda cosecha fue dañada por con retraso y muerte de brotes por heladas. El IAF en el primer corte en el tratamiento con fertilización presentó valores similares a los obtenidos en cultivos de trébol realizados en otras partes del mundo (2.17 a 3.72) (Tyagi et al., 2003; Akram et al., 2022).

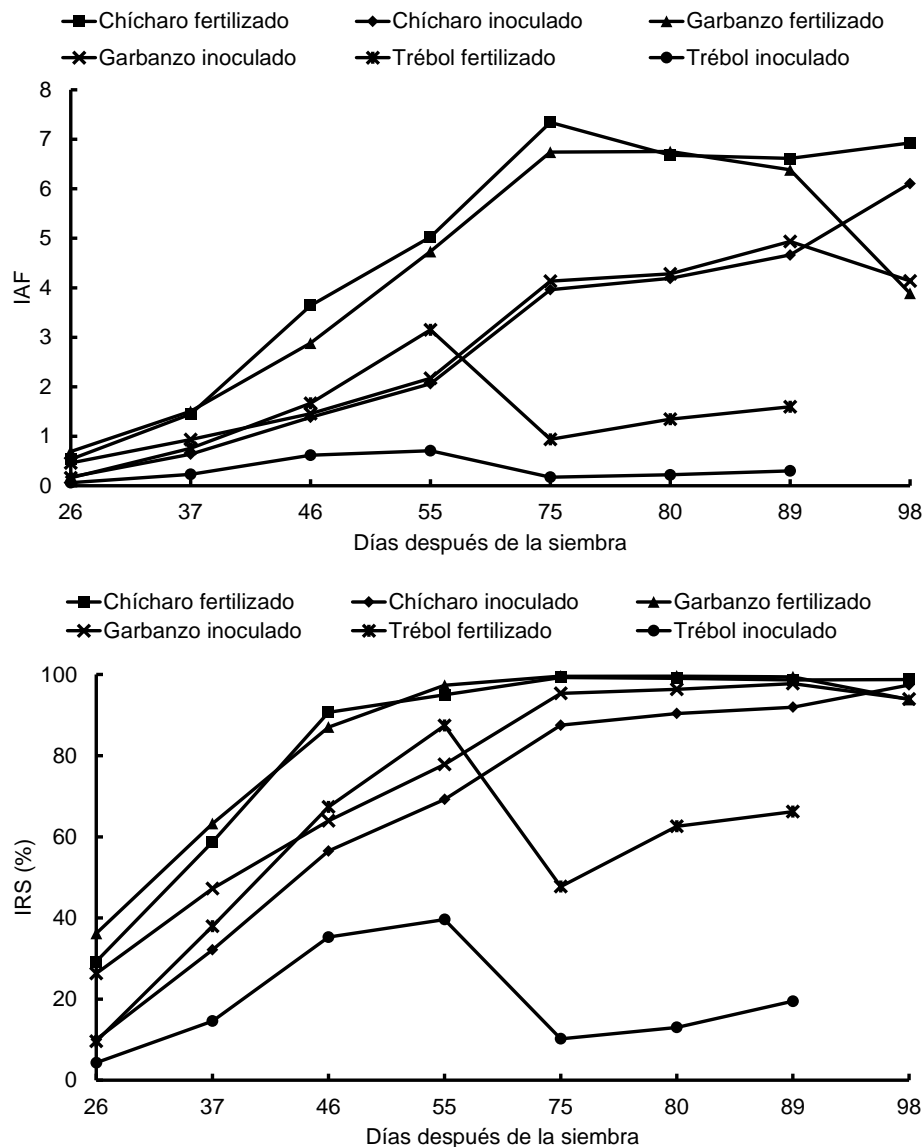


Figura 1. Índice de área foliar (IAF) e intercepción de radiación solar durante el ciclo (IRS) de tres leguminosas establecidas con fertilización nitrogenada y con inoculación de bacterias fijadoras de nitrógeno.

El mayor y más rápido desarrollo del IAF en chícharo y garbanzo fertilizados resultó en una mayor y más temprana intercepción de radiación solar, con valores de 95% a los 55 dds, conservando valores altos (94.0-97.0%) hasta el final del ciclo (Figura 2). En los tratamientos con inoculación en chícharo y garbanzo, el incremento en intercepción de luz fue más lento, alcanzando en 95% a los 75 dds en garbanzo; mientras que en chícharo se alcanzaron valores de 87.5% a los 75 dds y el máximo (97%) a los 98 dds. En trébol Alejandrino, la máxima intercepción de luz ocurrió en el primer corte con 87.4% en el tratamiento con fertilización y 39.6% en inoculación; mientras que el segundo fueron 66.2% y 19.5% en fertilización e inoculación, respectivamente.

El mayor crecimiento foliar y las más rápida y más grande intercepción de radiación solar en los tratamientos con fertilización nitrogenada, se reflejó en un mayor rendimiento de MS que los tratamientos inoculados en las tres especies evaluadas (Figura 2). En trébol Alejandrino, sin capacidad de fijar N atmosférico en el tratamiento con inoculación, el desarrollo de IAF y la intercepción de radiación solar fueron bajos durante el ciclo, por lo que el rendimiento de MS se redujo significativamente (72.6%).

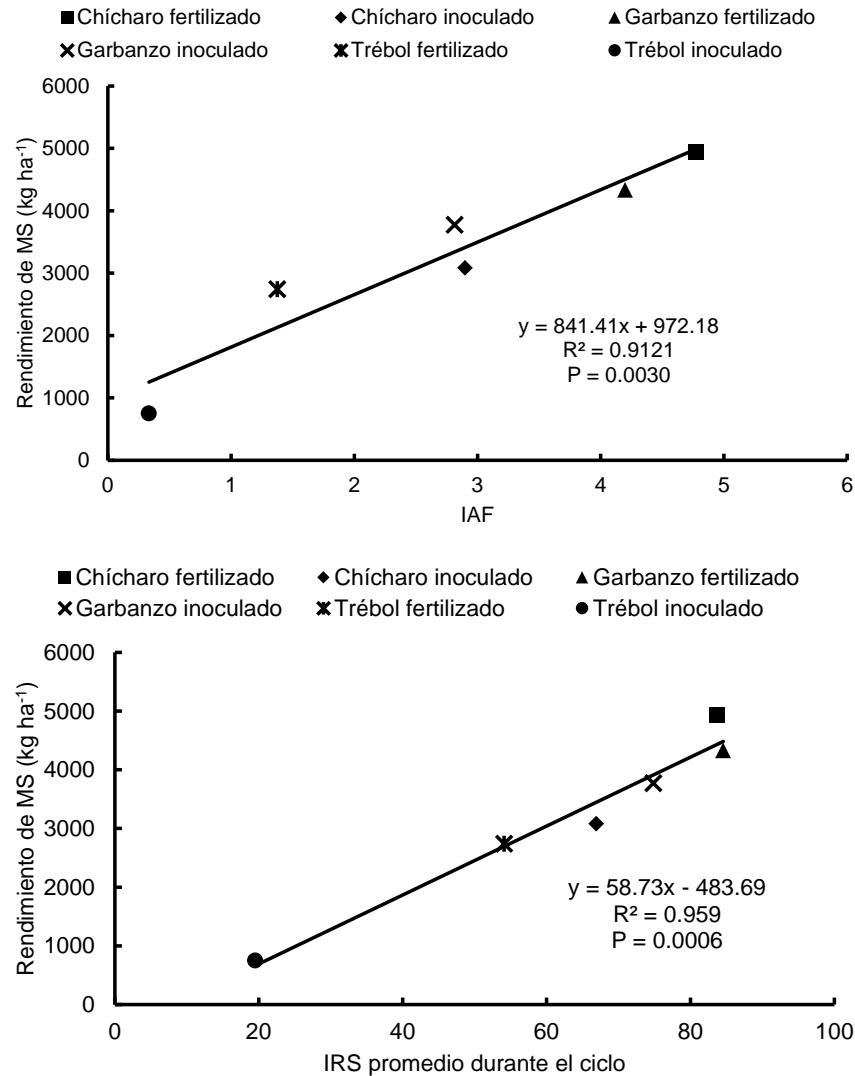


Figura 2. Relación del índice de área foliar (IAF) e intercepción de radiación solar (IRS) promedio durante el ciclo con el rendimiento de materia seca (MS) de tres leguminosas establecidas con fertilización nitrogenada y con inoculación de bacterias fijadoras de nitrógeno.

En chícharo y garbanzo inoculados, su capacidad de nodulación y fijación de N atmosférico permitió desarrollar área foliar suficiente para producir rendimientos de MS ligeramente menores a los tratamientos fertilizados, con reducciones de 37.6% en chícharo y de 12.9% en garbanzo. Los factores importantes para esta reducción del rendimiento

fueron una disminución en la intercepción de radiación solar (11.5-20.5%), y el retraso (20-43 días) en alcanzar el valor de 95% de intercepción de radiación solar.

## CONCLUSIONES

El chícharo y el garbanzo presentaron la capacidad de fijación de N atmosférico en los tratamientos inoculados con bacterias fijadoras de N; mientras que el trébol Alejandrino no presentó respuesta a la inoculación. En todos los tratamientos el chícharo y el garbanzo presentaron mayor crecimiento y desarrollo foliar que el trébol Alejandrino, lo cual resultó en su mayor capacidad de intercepción de radiación solar y en la producción de MS por hectárea. Sin embargo, los tratamientos con inoculación mostraron una reducción del rendimiento de MS, debido a un menor valor de IAF y a un retraso en su desarrollo respecto a los tratamientos con fertilización nitrogenada.

## REFERENCIAS

- Akram, M.I., L.H. Akhtar, R. Minhas, M. Zubair, M.S.J. Bukhari, R. Ullah, M. Ikhlaq, S. Hussain, M.Z. Aslam, B. Ali, A. Hussain, S. Nisar. 2022. Enhancing seed and fodder yield potential of berseem (*Trifolium alexandrinum* L.) with combined application phosphorous and potassium under irrigated conditions of Bahawalpur, Pakistan. *Egyptian Journal of Agronomy*. 44(1):1-9. doi:10.21608/AGRO.2022.99606.1282
- Andrade V.M., Montero, M.M.J. 2014. Nuevas proyecciones de cambio de precipitación y temperatura para el siglo XXI en el Norte de México. E. Herrera, M. López, J. Carrillo (eds.). *Memorias del segundo congreso cambio climático del Estado de Chihuahua*. Primera edición. pp:26-35.
- Apáez-Barrios, M., J.A.S. Escalante-Estrada, P. Apáez-Barrios, Y.A. Raya-Montaño, J.C. Álvarez-Hernández. 2021. Analysis of growth and productivity of green chickpea using nitrogen and phosphorus fertilization. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*. 90(4):1193-1203. DOI:10.32604/phyton.2021.014567
- Blomme, G., J. Ntamwira, W. Ocimati. 2022. *Mucuna pruriens*, *Crotalaria juncea*, and chickpea (*Cicer arietinum*) have the potential for improving productivity of banana-based systems in Eastern Democratic Republic of Congo. *Legume Science*. 2022; 4:e145. <https://doi.org/10.1002/leg3.145>
- Das, A., S. Chowdhury, J. Layek, G.I. Ramkrushna, A.S. Panwar, S.V. Ngachan, J. Buragohain. 2017. Agro-physical assessment of different pea (*Pisum sativum*) cultivars in lowland rice (*Oryza sativa*) fallow under no-till system for enhancing cropping intensity and productivity in mid hills of northeast India. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 87(12):1612-1618. <https://doi.org/10.56093/ijas.v87i12.76487>
- González-Cifuentes, A.I., D.G. Reta-Sánchez, J.A. Cueto-Wong, J.I. Sánchez-Duarte, E. Ochoa-Martínez, A. Reyes-González. 2022. Aporte de carbono y nitrógeno al suelo por residuos de cultivos forrajeros alternativos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 13(5):773-784.
- Kour, R., B.C. Sharma, A. Kumar, P. Kour, B. Nandan. 2016. Study of physiological growth indices of chickpea in chickpea (*Cicer arietinum*) + mustard (*Brassica juncea*) intercropping system under different weed management practices. *Legume Research* 39(3):453-458. DOI:10.18805/1r.v0iOF.9439
- Lavergne, S., A. Vanasse, M-N. Thivierge, C. Halde. 2021. Pea-based cover crop mixtures have greater plant belowground biomass, but lower plant aboveground biomass than a pure stand of pea. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 322:107657. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107657>
- Lötjönen, S., Ollikainen M. 2018. Does crop rotation with legumes provide an efficient means to reduce nutrient loads and GHG emissions?. *Review of Agricultural, Food and Environmental Studies*. 98:283-312. <https://doi.org/10.1007/s41130-018-0063-z>
- [Negash, F., Mulualem T., Fikirie K. 2018. Effect of cropping sequence on agricultural crops: implications for productivity and utilization of natural resources. \*Advances in Crop Science and Technology\*. 6\(1\):1000326. DOI:10.4172/2329-8863.1000326](#)



- [Özalkan, Ç., H.T. Sepetoğlu, I. Daur, O.F. Şen. 2010. Relationship between some plant growth parameters and grain yield of chickpea \(\*Cicer arietinum\* L.\) during different growth stages. Turkish Journal of Field Crops. 15\(1\):79-83.](#)
- [Palmero, F., Fernandez J.A., Garcia F.O., Haro R.J., Vara Prasad P.V., Salvagiotti F., Ciampitti I.A. 2022. A quantitative review into the contributions of biological nitrogen fixation to agricultural systems by grain legumes. European Journal of Agronomy. 136\(2022\):126514. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126514>](#)
- Pandey, G., A. Pradhan, M. Kumar, T. Chandrakar, D.P. Singh. 2021. Effect of dry spells on growth and yield of field pea under irrigated condition. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 10(06):134-143. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2021.1006.014>
- Parr, M., J.M. Grossman, S.C. Reberg-Horton, C. Brinton, C. Crozier. 2011. Nitrogen delivery from legume cover crops in no-till organic corn production. Agronomy Journal. 103(6):1578-1590. <https://doi.org/10.2134/agronj2011.0007>
- Reta S.D.G., J.I. Sánchez D., E. Ochoa M., A.I. González C., A. Reyes G., K. Rodríguez H. 2023. Rendimiento y valor nutricional de básicas forrajeras en comparación con forrajes tradicionales. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 14(1):237-247. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v14i1.6225>.
- Reta S.D.G., J.S. Serrato C., R. Figueroa V., J.A. Cueto W., S. Berúmen P., J. Santamaría C. 2008. Cultivos alternativos con potencial de uso forrajero en la Comarca Lagunera. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP-CIRNOC-CELALA. 268 p.
- SIAP (Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Acciones y Programas. Cierre de la producción agrícola. Gobierno de México.
- Sunday, N., K.J. Rotdima, K. Asabar. 2018. The performance of field pea (*Pisum sativum* L.) as influenced by nitrogen application and plant density in Vom Plateau State. International Journal of Scientific & Engineering Research. 9(6):484-498.
- Tyagi, N.K., D.K. Sharma, S.K. Luthra. 2003. Determination of evapotranspiration for maize and berseem clover. Irrigation Science. 21:173-181. DOI:10.1007/s00271-002-0061-3

**RENDIMIENTO Y EXTRACCIÓN DE NITRÓGENO DE TRES LEGUMINOSAS  
CON FERTILIZACIÓN NITROGENADA E INOCULADAS CON BACTERIAS  
FIJADORAS DE NITRÓGENO EN DELICIAS, CHIHUAHUA**  
**YIELD AND NITROGEN EXTRACTION OF THREE LEGUMES WITH NITROGEN  
FERTILIZATION AND INOCULATED WITH NITROGEN FIXING BACTERIA IN  
DELICIAS, CHIHUAHUA**

David Guadalupe Reta-Sánchez<sup>1\*</sup>, Esmeralda Ochoa-Martínez<sup>2</sup>, Yasmin Ileana Chew-Madina<sup>2</sup>, Juan Isidro Sánchez-Duarte<sup>2</sup>, Arturo Reyes-González<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Delicias, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua, México. <sup>2</sup>Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Matamoros, Coahuila, México.

\*Autor correspondencia: [reta.david@inifap.gob.mx](mailto:reta.david@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el rendimiento de materia seca (MS) y extracción de nitrógeno de tres leguminosas con fertilización nitrogenada e inoculadas con bacterias fijadoras de nitrógeno en Delicias, Chihuahua. Se evaluaron las especies soya (*Glycine max* L.), crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) y lablab (*Lablab purpureus* L.), cada una con un tratamiento de fertilización nitrogenada y otra sin nitrógeno, pero con la semilla tratada con inoculantes bacterianos específicos. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en un arreglo factorial 3 x 2. Se determinó el rendimiento de materia seca (MS), componentes del rendimiento, contenido de nitrógeno en la MS y la extracción de nitrógeno del suelo. La soya y la crotalaria presentaron nodulación con capacidad de fijación de nitrógeno, la cual les permitió obtener rendimientos de MS similares a los tratamientos con fertilización nitrogenada en cada especie. Sin embargo, en soya la disminución del peso de vaina (21.7%) en el tratamiento inoculado probablemente indica que ocurrió una disminución del nitrógeno disponible durante la fase de llenado de semilla. La soya mostró mayor capacidad de extracción de nitrógeno del suelo (218 kg ha<sup>-1</sup>) que crotalaria (105.4 kg ha<sup>-1</sup>) y lablab (51.7 kg ha<sup>-1</sup>), debido a su mayor rendimiento de MS, ya que el contenido de nitrógeno fue similar en las tres especies. La soya fue la especie con mejor rendimiento de MS, así como mayor fijación y extracción de nitrógeno.

**Palabras clave:** Rendimiento, materia seca, componentes del rendimiento

### ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the dry matter (DM) yield and nitrogen extraction of three legumes with nitrogen fertilization and inoculated with nitrogen-fixing bacteria in Delicias, Chihuahua. The species soybean (*Glycine max* L.), crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) and lablab (*Lablab purpureus* L.) were evaluated, each with a nitrogen fertilization treatment and another without nitrogen, but with the seed treated with specific bacterial inoculants. A randomized complete block experimental design with four replications was used, in a 3 x 2 factorial arrangement. Dry matter (DM) yield, yield components, nitrogen content in DM and nitrogen extraction from the soil were determined. Soybean and crotalaria presented nodulation with nitrogen-fixing capacity, which allowed them to obtain DM yields similar to the treatments with nitrogen fertilization in each specie. However, in soybean, the decrease in pod weight (21.7%) in the inoculated treatment probably indicates that a

decrease in available nitrogen occurred during the seed filling phase. Soybean showed a higher capacity for nitrogen extraction from the soil ( $218 \text{ kg ha}^{-1}$ ) than crotalaria ( $105.4 \text{ kg ha}^{-1}$ ) and lablab ( $51.7 \text{ kg ha}^{-1}$ ), due to its higher DM yield, since the nitrogen content was similar in the three species. Soybean was the specie with higher DM yield, as well as greater nitrogen fixation and extraction.

**Key words:** Yield, dry matter, yield components

## INTRODUCCIÓN

En la región centro-sur de Chihuahua la producción agrícola es de gran importancia socioeconómica. En 2023 se cosecharon alrededor de 34,600 hectáreas de cultivos anuales bajo irrigación durante los ciclos de primavera y verano. En cultivos perennes se cosecharon 41,414 hectáreas de alfalfa y 34,260 hectáreas de nogal. Los principales cultivos anuales fueron maíz forrajero, chile verde, algodón y cebolla, los cuales ocuparon el 93% de la superficie total (SIAP, 2023), lo cual indica muy poca diversidad de especies en un sistema de producción intensivo con cortos periodos de descanso del suelo, y la utilización masiva de agroquímicos y maquinaria para aumentar rendimientos.

La región Centro-sur de Chihuahua se caracteriza por una limitada e irregular disponibilidad de agua, altas temperaturas y presencia de salinidad en el suelo, problemas que en las próximas décadas se incrementarán debido al calentamiento global (Andrade y Montero, 2014). Esta situación indica que es importante aumentar la sustentabilidad de la agricultura en la región a través de una mayor diversidad de cultivos, con la introducción especies leguminosas anuales. Un factor clave es su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico (Palmero et al., 2022), el cual puede contribuir en la conservación de la calidad del suelo. Cuando la leguminosa es cosechada, el N fijado que queda en el suelo puede ser utilizado para reemplazar parte del N requerido por el siguiente cultivo (Lötjonen y Ollikainen, 2018). Además, la rotación con leguminosas también es favorable debido a un menor uso de agroquímicos para la protección de cultivos, ya que, al diversificar las secuencias de cultivos, se reduce la incidencia de patógenos, plagas y un mayor control de maleza (Negash et al., 2018).

En el norte-centro de México, la soya y el lablab han mostrado buena adaptación en evaluaciones realizadas en la Comarca Lagunera, con rendimientos de MS en soya de 7,873 a 11,654  $\text{kg ha}^{-1}$  y un ciclo de 90 a 107 días; mientras que lablab con un ciclo de 93 a 108 días produjo de 6,132 a 15,578  $\text{kg ha}^{-1}$  de MS (Reta et al., 2008). En Delicias, Chihuahua, Orozco et al. (2015) reportan rendimientos de MS en variedades de soya de 9,500 a 13,500  $\text{kg ha}^{-1}$ , con ciclos de crecimiento de 110 días. Otra leguminosa con potencial de adaptación para la región es la *Crotalaria juncea*. Esta especie produce rendimiento de MS de 1,495 a 4,000  $\text{kg ha}^{-1}$  en 60-90 días (Dzvene et al., 2022), tiene una alta habilidad para fijar nitrógeno atmosférico (Chee y Chen, 1992), y además contribuye en el control biológico de nemátodos (Thaha, 2016).

La introducción de especies alternativas leguminosas en un sistema de producción agrícola requiere información de su potencial de producción de MS, requerimientos de fertilización nitrogenada, así como la respuesta de los cultivos a la inoculación de la semilla con bacterias fijadoras de nitrógeno específicas para cada especie. El objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento de MS y extracción de nitrógeno de tres leguminosas con fertilización nitrogenada e inoculadas con bacterias fijadoras de nitrógeno en Delicias, Chihuahua.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Establecimiento del experimento.

El estudio se realizó en el Campo Experimental Delicias del INIFAP, localizado en Delicias, Chihuahua a 28° 11' latitud norte y 105° 30' longitud oeste, con una altitud de 1178 m. La textura del suelo es franco arenoso en el estrato 0-30 cm y franco arcilloso arenoso en 30-60 cm. La preparación del terreno que consistió en subsoleo, arado, rastreo, nivelación y surcado a 0.65 m se realizó entre el 21 de abril y 15 de mayo de 2023. El riego de presembrado se aplicó el 21 de mayo de 2023.

Los tratamientos en evaluación fueron tres especies de leguminosas, cada una con un tratamiento de fertilización nitrogenada y otro sin nitrógeno, pero con la semilla tratada con inoculantes bacterianos específicos para cada especie. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, con una distribución de tratamientos en factorial 3 x 2, donde el factor A fueron las especies y el factor B, los tratamientos de fertilización. Las especies son soya (*Glycine max* L.), crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) y Lablab (*Lablab purpureus* L.). La semilla de soya se inoculó con *Bradyrhizobium japonicum* en dosis de 141.8 g de inoculante para 22.7 kg de semilla. Las semillas de lablab y crotalaria se trataron con un inoculante que contiene *Rhizobium leguminosarum* biovar viceae, *Bradyrhizobium* sp y *Rhizobium leguminosarum* biovar phaseoli, con dosis de 340 g para 22.68 kg de semilla.

La siembra se realizó en suelo húmedo el 1º de junio de 2023 en surcos a 0.65 m, con una densidad de siembra en crotalaria de 100 semillas/m<sup>2</sup> y 64 semillas/m<sup>2</sup> en lablab y soya. Las variedades fueron soya "Nainari", lablab "cv. Sustain LS" y crotalaria "cv común". Durante la siembra, en todos los tratamientos se fertilizó con 80 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> utilizando ácido fosfórico; mientras que en los tratamientos con fertilización nitrogenada se aplicaron 250 kg N ha<sup>-1</sup> con Novatec 45. Para evitar deficiencias de Fe se aplicó quelato "Ultraferro 6%" en dosis de 10 kg ha<sup>-1</sup> en todas las parcelas experimentales.

### Manejo agronómico.

Se aplicaron cuatro riegos de auxilio a los 17, 32, 54 y 71 días después de la siembra (dds). Para el control de plagas se realizaron tres aplicaciones de insecticidas. La primera se realizó a los 23 dds con "Muralla max 300 (Imidacloprid + Betacyflutrin)" en dosis de 0.3 L ha<sup>-1</sup> para el control de pulgón y trips; la segunda aplicación fue de insecticida granulado "Controla 5G (Clorpirifos)" para el control de gusano trozador a los 41 dds; y la tercera aplicación se realizó con "Confidor (Imidacloprid)" a los 67 dds, en dosis de 1 L/ha para el control de mosquita blanca.

### Datos obtenidos

Para verificar la nodulación en las especies se realizaron tres muestreos de raíces para el conteo de nódulos a los 31, 61 y 106 dds. La crotalaria se cosechó a los 69 dds, mientras que la soya y el lablab se cosecharon a los 102 y 104 dds, respectivamente. En la cosecha de cada cultivo se obtuvo el rendimiento fresco y el rendimiento de MS. El contenido de MS y el rendimiento fresco se determinó con una muestra de 0.97 m<sup>2</sup> tomada al azar en la parte central de cada parcela experimental. Para determinar la distribución de la MS en los

órganos de la parte aérea (tallos-ramas, hojas y vainas), se realizó un muestreo al azar de 0.32 m<sup>2</sup> en la parcela útil de cada parcela experimental. Las muestras de plantas fueron secadas a 60 °C en una estufa de aire forzado hasta alcanzar peso constante. El rendimiento de MS se determinó multiplicando la producción de forraje fresco por el contenido de MS de cada parcela. También el muestreo para determinar el contenido de MS se utilizó para estimar el número de vainas por m<sup>2</sup>, así como el contenido de nitrógeno en la MS. Las muestras secas se molieron en un molino Wiley® (Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, USA) con una malla de 1 mm. El contenido de nitrógeno en cada muestra se determinó mediante el método de combustión Dumas número 990.03 de AOAC en el cual se utilizó el equipo Thermo Scientific Flash 2000. La extracción de nitrógeno del suelo de cada cultivo se estimó multiplicando el contenido de nitrógeno de las especies evaluadas en cada parcela experimental por el rendimiento de MS correspondiente de los cultivos.

Se realizaron análisis de varianza ( $P \leq 0.05$ ) para las siguientes variables: rendimiento de MS, contenido de nitrógeno, extracción de nitrógeno del suelo, distribución de MS a los órganos de la parte aérea. Para comparar las medias se utilizó la prueba de tukey ( $P \leq 0.05$ ). El análisis de la información se efectuó con el programa estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute, 2011).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimiento de materia seca

Se encontró diferencia significativa para los efectos principales y no para la interacción fertilización-inoculación con especies en el rendimiento de MS y componentes del rendimiento. La soya, con un ciclo de crecimiento de 102 días produjo rendimientos de MS (8,306 kg ha<sup>-1</sup>) superiores a los de crotalaria (3,874 kg ha<sup>-1</sup>) y el lablab (2,210 kg ha<sup>-1</sup>), con ciclos de 69 y 102 días, respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rendimiento de materia seca (MS), contenido y extracción de nitrógeno de tres especies leguminosas con fertilización nitrogenada y sin fertilización inoculadas con bacterias fijadoras de N.

Especie	Tratamiento	Rendimiento de MS (kg ha <sup>-1</sup> )	Contenido N (%)	N extraído (kg ha <sup>-1</sup> )
Soya	Fertilización	8306	2.8	231.8
	Inoculación	7557	2.7	204.1
	Media	7932 A	2.7 A	218.0 A
Crotalaria	Fertilización	3874	2.9	113.4
	Inoculación	3717	2.6	97.4
	Media	3796 B	2.8 A	105.4 B
Lablab	Fertilización	2210	2.8	60.2
	Inoculación	1646	2.6	43.1
	Media	1928 C	2.7 A	51.7 C
Fert-Inoc	Fertilización	4797 a	2.8 a	135.2 a
	Inoculación	4306 b	2.6 a	114.9 b

<sup>1</sup>Medias seguidas con distinta letra son significativamente diferentes (Tukey  $\leq 0.05$ ); letras minúsculas en cada columna, son para comparación entre tratamientos de fertilización-inoculación en cada especie y para el promedio de especies, y las mayúsculas para comparación del promedio de cada especie.

Los mayores rendimientos de MS de soya en este estudio se ubicaron en el intervalo de rendimiento observado por Reta et al. (2008) (7,873 a 11,654 kg ha<sup>-1</sup>) en la Comarca Lagunera, México; mientras que fueron ligeramente inferiores a los obtenidos en Delicias, Chihuahua (9,500 a 13,500 kg ha<sup>-1</sup> de MS) por Orozco et al. (2015). En otras partes del mundo, los rendimientos de MS de soya con alto rendimiento fueron de 10,565 kg ha<sup>-1</sup> (Salvagiotti et al., 2021). En crotalaria, el rendimiento de 3,874 kg ha<sup>-1</sup> de MS en 69 días fue similar al rendimiento de 2000-4000 kg ha<sup>-1</sup> obtenido en 60-75 días por Dzvene et al. (2022); mientras que Magaña et al. (2020) y Almeida-Santos et al. (2009) reportan rendimientos mayores, que alcanzaron de 6,142 a 7,160 kg ha<sup>-1</sup> en 60 días. El lablab fue la especie con menor adaptación al medio ambiente con un crecimiento lento y menor rendimiento de MS al observado por Reta et al. (2008) en la Comarca Lagunera, donde se obtuvieron rendimientos de 6,132 a 15,578 kg ha<sup>-1</sup> en ciclos de 93 a 108 días. En otras partes del mundo se han observado también rendimientos en lablab bajo irrigación de 16,000 kg ha<sup>-1</sup> (Macleod et al., 1998; McDonald et al., 2001).

### **Nitrógeno en el suelo y en los cultivos**

El análisis del suelo en los estratos 0-30 cm y 30-60 cm indicó una disponibilidad de nitrógeno de 37 kg ha<sup>-1</sup> antes de la siembra. En la cosecha, no hubo diferencia significativa entre especies en la concentración de nitrógeno en la materia seca, con valores promedio de 2.7% a 2.8%. Sin embargo, sí se observaron diferencias entre especies en la extracción total de nitrógeno del suelo, con una mayor capacidad en soya (218 kg ha<sup>-1</sup>) respecto a crotalaria (105.4 kg ha<sup>-1</sup>) y lablab (51.7 kg ha<sup>-1</sup>), debido a su mayor rendimiento de MS (Cuadro 1). Los contenidos de nitrógeno en la MS de soya y crotalaria fueron menores a los observados en otros estudios, donde se obtuvieron valores de 3.5 a 3.94% en soya (Reta et al., 2008) y de 3.7% en crotalaria (Jimenez et al., 2005). En lablab el contenido de N fue similar al 2.72% obtenido por Reta et al. (2008).

### **Respuesta a la inoculación y fertilización**

En la respuesta a la inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno, los resultados sugieren que la crotalaria y la soya presentaron nodulación con capacidad de fijación de nitrógeno, ya que el rendimiento de MS no se redujo en los tratamientos inoculados sin fertilización (Cuadro 1). Bajo estas condiciones el exceso de nitrógeno extraído del disponible en el suelo antes de la siembra (37 kg ha<sup>-1</sup>), necesariamente provino del nitrógeno atmosférico fijado en la relación simbiótica y de otras fuentes como la mineralización de la materia orgánica en el suelo durante el ciclo y de la aportación del nitrógeno contenido en el agua de riego. El exceso de nitrógeno extraído respecto al disponible en el suelo en la siembra fue de 167.1 kg ha<sup>-1</sup> en soya y de 60.0 kg ha<sup>-1</sup> en crotalaria, lo cual representa el 81.9% y 62.0% del nitrógeno total extraído en los tratamientos inoculados, respectivamente. En lablab, sin capacidad de nodulación, el exceso de nitrógeno extraído respecto al disponible en el suelo fue de 6.0 kg ha<sup>-1</sup>, lo cual solo representó el 11.6% del nitrógeno extraído en lablab inoculado. En este caso el nitrógeno probablemente provino del nitrógeno mineralizado durante el ciclo, y el agregado en el agua de riego principalmente.

### **Rendimiento de materia seca y componentes del rendimiento**

La ventaja de rendimiento de MS en soya respecto a las otras especies (Cuadro 1) fue debido a su mayor capacidad de acumulación de MS en hoja (280.4%) y vainas (311.3%) respecto a crotalaria, y de tallo+ramas (201.7%) y hojas (180.4%) respecto a lablab. El lablab presentó una baja acumulación de MS durante todo el ciclo de crecimiento, sin la producción de órganos reproductivos. El rendimiento de MS de la crotalaria fue superior al

del lablab en 96.9%, debido a su mayor acumulación de MS en tallo+ramas (177.7%) y en vainas (100%) (Cuadro 2).

La capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico en soya y crotalaria en los tratamientos inoculados aportó el nutrimento suficiente para alcanzar rendimientos de MS similares a los tratamientos con fertilización nitrogenada (Cuadro 1). En componentes del rendimiento sólo se observó en soya diferencias significativas entre tratamientos fertilizados e inoculados en el peso de vainas, con una disminución de 21.7% en el tratamiento inoculado. El número de vainas por m<sup>2</sup> en el tratamiento inoculado en soya no se redujo respecto al tratamiento de fertilización (Cuadro 2). Estos resultados sugieren que las plantas de soya en el tratamiento con inoculación presentaron una absorción de nitrógeno durante la formación de vainas similar a la observada en el tratamiento fertilizado. Sin embargo, la pérdida de peso de vainas indica una reducción del N disponible durante la fase de llenado de semilla. Salvagiotti et al. (2008) mencionan que en la mayoría de las situaciones la cantidad de nitrógeno fijado no es suficiente para reemplazar el nitrógeno exportado del suelo a la semilla cosechada. La máxima fijación de nitrógeno atmosférico ocurre entre las etapas R3 y R5 del desarrollo de soya; mientras que generalmente se presenta una reducción de la fijación de nitrógeno atmosférico entre las etapas R5 y R7, por lo que se puede presentar una escasez de nitrógeno durante el llenado de semilla en ambientes de altos rendimientos (Zapata et al., 1987). En nuestro estudio una reducción del nitrógeno disponible durante el llenado de vainas redujo el peso de estas; mientras que, durante la formación de vainas, el nitrógeno disponible en el tratamiento inoculado fue suficiente para la formación de vainas, y el crecimiento de tallos y hojas de las plantas, ya que no se observaron diferencias entre tratamientos inoculados y fertilizados (Cuadro 2).

Cuadro 2. Componentes del rendimiento de tres especies leguminosas con fertilización nitrogenada y sin fertilización inoculadas con bacterias fijadoras de N.

Especie	Tratamiento	Número vainas por m <sup>2</sup>	Peso seco (g m <sup>-2</sup> )		
			Tallo-ramas	Hoja	Vainas
Soya	Fertilización	1325	369.3	535.4	327.1 a
	Inoculación	1268	361.3	553.1	256.2 b
	Promedio	1297 A	365.3 A	544.3 A	291.7 A
Crotalaria	Fertilización	593	363.7	161.7	76.6
	Inoculación	521	307.4	123.4	66.0
	Promedio	557 B	335.6 A	142.6 B	71.3 B
Lablab	Fertilización	0	144.1	213.3	0
	Inoculación	0	97.6	175.4	0
	Promedio	0 C	120.9 B	194.3 B	0 C
Fert-Inoc	Fertilización	639 a	292.4 a	303.5 a	134.6 a
	Inoculación	596 a	255.5 a	284.0 a	107.4 b

<sup>1</sup>Medias seguidas con distinta letra son significativamente diferentes (Tukey  $\leq 0.05$ ); letras minúsculas en cada columna, son para comparación entre tratamientos de fertilización-inoculación en cada especie y para el promedio de especies, y las mayúsculas para comparación del promedio de cada especie.

## CONCLUSIONES

La soya y la crotalaria presentaron nodulación con capacidad de fijación de nitrógeno, la cual les permitió obtener rendimientos de MS similares a los tratamientos con fertilización nitrogenada en cada especie. Sin embargo, en soya la disminución del peso de vaina (21.7%) en el tratamiento inoculado, probablemente indica que ocurrió una reducción del nitrógeno disponible durante la fase de llenado de la semilla. La soya mostró mayor capacidad de extracción de nitrógeno del suelo (218.0 kg ha<sup>-1</sup>) que crotalaria (105.4 kg ha<sup>-1</sup>) y lablab (51.7 kg ha<sup>-1</sup>), debido a su mayor rendimiento de MS, ya que el contenido de nitrógeno en la MS fue similar en las tres especies.

## REFERENCIAS

- Almeida-Santos, L. E., O.J.J. Obrador, L.E. García, E.M. Castelán, Á.E. Carrillo. 2019. Cultivo e incorporación de *Crotalaria juncea* L. en un suelo cañero de la Chontalpa, Tabasco, México. *Agroproductividad*. 12(7):87-93.
- Andrade V.M., Montero, M.M.J. 2014. Nuevas proyecciones de cambio de precipitación y temperatura para el siglo XXI en el Norte de México. E. Herrera, M. López, J. Carrillo (eds.). *Memorias del segundo congreso cambio climático del Estado de Chihuahua*. Primera edición. pp:26-35.
- Dzvene, A.R., Tesfahuney W., Walker S., Ceronio G. 2022. Effects of intercropping sunn hemp into maize at different times and densities on productivity under rainwater harvesting technique. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 6:1009443. Doi:10.3389/fsufs.2022.1009443.
- Chee, Y.K., Chen C.P. 1992. *Crotalaria juncea* L. In: Mannelje, L. and R.M. Jones (eds). *Plant Resources of South-East Asia No. 4. Forages*. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, the Netherlands. p. 98-100.
- Jiménez Suárez, A.M., F. Farfán Valencia, C.S. Morales-Leondoño. 2005. Biomasa seca y contenido de nutrientes de *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea* y *Tephrosia candida* empleadas como abonos verdes en cafetales. *Cenicafé* 56(2):93-109.
- Lötjönen, S., Ollikainen M. 2018. Does crop rotation with legumes provide an efficient means to reduce nutrient loads and GHG emissions?. *Review of Agricultural, Food and Environmental Studies*. 98:283-312. <https://doi.org/10.1007/s41130-018-0063-z>
- Macleod, D., P. Wright, L. McDonald. 1998. Using dolichos Lablab (*Lablab purpureus*) as a rotation crop for cotton. The ninth Australian Cotton Conference. 1998: Gold Coast, QLD. Papers and Presentations. Wednesday 12th to Friday 14th August 1998.
- Magaña Valenzuela, W., Obrador Olán J.J., García López E., Castelán Estrada M., Carrillo Ávila E. 2020. Rendimiento comparativo de la yuca bajo fertilización mineral y abono verde. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 11(6):1259-1271.
- [McDonald, L.M., P. Wright and D.A. MacLeod. 2001. Nitrogen fixation by lablab \(\*Lablab purpureus\*\) and lucerne \(\*Medicago sativa\*\) rotation crops in an irrigated cotton farming system. \*Australian Journal of Experimental Agriculture\*. 41\(2\):219-225.](#)
- [Negash, F., Mulualem T., Fikirie K. 2018. Effect of cropping sequence on agricultural crops: implications for productivity and utilization of natural resources. \*Advances in Crop Science and Technology\*. 6\(1\):1000326. DOI:10.4172/2329-8863.1000326](#)
- [Orozco H.G., Reta S.D.G., Quiroga G.H.M., Nava R.P. 2015. Potencial forrajero de variedades de soya pertenecientes a diferentes grupos de madurez en Delicias, Chihuahua. \*Agrofaz\*. 15\(1\):83-93.](#)
- [Palmero, F., Fernandez J.A., Garcia F.O., Haro R.J., Vara Prasad P.V., Salvagiotti F., Ciampitti I.A. 2022. A quantitative review into the contributions of biological nitrogen fixation to agricultural systems by grain legumes. \*European Journal of Agronomy\*. 136\(2022\):126514. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126514>](#)
- Reta S.D.G., J.S. Serrato C., R. Figueroa V., J.A. Cueto W., S. Berúmen P., J. Santamaría C. 2008. Cultivos alternativos con potencial de uso forrajero en la Comarca Lagunera. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP-CIRNOC-CELALA. 268 p.
- Salvagiotti, F., L. Magnano, O. Ortiz, J. Enrico, M. Barraco, P. Barbagelata, A. Condori, G. Di Mauro, A. Manlla, J. Rotundo, F.O. García, M. Ferrari, V. Gudelj, I. Ciampitti. 2021. Estimating nitrogen, phosphorus, potassium and sulfur uptake and requirement in soybean. *European Journal of Agronomy*. 127:126289. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126289>



- SAS Institute. 2011. The SAS system for windows, release 9.3. Statistical Analysis Systems Inst., Cary, NC.
- SIAP (Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Acciones y Programas. Cierre de la producción agrícola. Gobierno de México.
- Thaha, E.H. 2016. Nematicidal effect of sunn hemp amendment on infectivity and reproductivity of soil nematodes in vegetable plants. *Journal of Plant Protection and Pathology*. Mansoura Univ. 7(5):327-332
- Zapata, F., S.K.A. Danso, G. Hardarson, M. Fried. 1987. Time course of nitrogen fixation in field-grown soybean using nitrogen-15 methodology. *Agronomy Journal*. 79:172–176.

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE GRANOS DE MAÍZ PIGMENTADO PROVENIENTES DE 10 RAZAS

Hidalgo R. D. M.<sup>1\*</sup>; Mancera R. A.<sup>2</sup>; López B. A.<sup>2</sup>; Lozano R. J. A. García O. H. T.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Periférico Raúl López Sánchez, CP. 27054  
Torreón, Coahuila, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Colonia  
Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coahuila, México.

[dreyli\\_maygualida@hotmail.com](mailto:dreyli_maygualida@hotmail.com)

### RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cereal que más importancia ha tenido en varios sectores de la economía a escala mundial durante el siglo XX y en los inicios del XXI. La diversidad que existe sobre esta gramínea es muy amplia, así lo demuestran las más de 59 razas de maíz descritas. Dentro de esta diversidad se encuentran las poblaciones de granos pigmentados que son comunes de observar en las razas de maíz cultivadas en México. El objetivo de esta investigación fue evaluar las características físicas de grano de 10 razas de maíz pigmentado para promover su aprovechamiento en la industria de alimentos y programas de mejoramiento genético. Se analizaron accesiones de maíz con grano pigmentado pertenecientes a 10 razas, donde se evaluó índice de flotación para conocer la dureza del grano, peso de mil granos y tamaño de grano. Se encontró diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) para las tres variables evaluadas. El índice de flotación indica que la dureza de grano de las 10 razas evaluadas fueron: 4 razas granos duros, 4 razas dureza intermedia y 2 razas granos suaves. Las características físicas de granos evaluados en esta investigación aportan información para la industria de alimentos procesados.

**Palabras clave:** Accesiones, índice de flotación, peso de mil granos.

### ABSTRACT

Corn (*Zea mays* L.) is the cereal that has had the greatest importance in various sectors of the world economy during the 20th century and at the beginning of the 21st century. The diversity that exists in this grass is very wide, as demonstrated by the more than 59 described races of corn. Within this diversity are the populations of pigmented grains that are common to observe in the races of corn cultivated in Mexico. The objective of this research was to evaluate the physical characteristics of the grain of 10 races of pigmented corn to promote its use in the food industry and genetic improvement programs. Corn accessions with pigmented grain belonging to 10 races were analyzed, where the flotation index was evaluated to determine the hardness of the grain, weight per thousand grains and

grain size. Significant differences ( $p \leq 0.05$ ) were found for the three variables evaluated. The flotation index indicates that the grain hardness in the 10 races evaluated were: 4 races had hard grains, 4 races had intermediate hardness and 2 races had soft grains. The physical characteristics of grains evaluated in this research provide information for the processed food industry.

**Key words:** Accessions, flotation index, thousand grain weight.

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cereal que más importancia ha tenido en varios sectores de la economía a escala mundial durante el siglo XX y en los inicios del XXI. En los países industrializados, el maíz se utiliza principalmente como forraje, materia prima para la producción de alimentos procesados y recientemente, para la producción de etanol (Serratos, 2009). Es el cultivo más importante en México por ser el alimento básico de sus habitantes. México es considerado como el centro de origen y domesticación, así como uno de los centros más importantes de diversidad de esta especie (Matsuoka et al., 2002). La diversidad que existe sobre esta gramínea es muy amplia, así lo demuestran las más de 59 razas de maíz descritas (Sánchez et al., 2000). Dentro de esta diversidad se encuentran las poblaciones de granos pigmentados que son comunes de observar en las razas de maíz cultivadas en México (Ron et al., 2006). Los colores más frecuentes son rojo, azul, negro-púrpura y sus combinaciones (Abdel et al., 2006). Estos granos poseen una gran cantidad de pigmentos antioxidantes y una calidad nutricional mayor que el maíz típico (blanco o amarillo), su nivel de fibra es uno de los más elevados comparado con el resto de los cereales. Contienen alto nivel de carbohidratos de fácil digestión y son ricos en Magnesio, antioxidantes y vitaminas (Castañeda, 2011). El objetivo de esta investigación fue evaluar las características físicas de grano de 10 razas de maíz pigmentado para promover su aprovechamiento en la industria de alimentos y programas de mejoramiento genético.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron accesiones de maíz con grano pigmentado (rojo, naranja, azul y morado) pertenecientes a 10 razas. Las accesiones fueron proporcionadas por el banco de germoplasma del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

Las características físicas de grano evaluadas fueron: Peso de Mil Granos (PMG); Se cuantificó pesando 100 granos al azar de cada accesión en una balanza analítica precisa

gravimetrics, el valor obtenido se multiplica por diez, este procedimiento se repitió 3 veces por accesión y se promedió. Tamaño del grano (TG); Se determinó midiendo su largo, ancho y espesor con un calibrador digital Truper®, tomando una muestra aleatoria de 10 granos de cada accesión, los resultados se expresan en mm. Determinación de dureza de grano; Se obtuvo de manera indirecta por el índice de flotación (IF), el procedimiento se realizó como lo describe la norma NMXFF-034/1-SCFI-2002. Este método consiste en colocar 100 granos en una solución de Nitrato de Sodio con una densidad de 1,25 g/ml. El número de granos que ascienden a la superficie se utiliza como el índice de flotación. Dentro de un rango de 0 -12 granos flotantes se consideran granos muy duros, en un rango de 13 – 37 granos flotantes los granos son duros, en el rango 38 – 62 granos flotantes se consideran granos de dureza intermedia, con un rango 63 – 87 granos flotantes se encuentran los granos suaves y dentro del rango 88 – 100 granos flotantes se tienen granos muy suaves. Este procedimiento se repitió 3 veces por accesión. Los estudios fueron realizados en el laboratorio de calidad de semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se efectuó un análisis de varianza y comparación de medias Tuckey ( $p \leq 0.05$ ) para las variables: índice de flotación, peso de mil granos y espesor de grano. El análisis estadístico se realizó en el paquete estadístico Rstudio version 4.1.2, utilizando la librería agricolae.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos indican que se encontró diferencia significativa para la variable índice de flotación, la raza Bofo obtuvo el valor más alto donde el número de granos que ascienden a la superficie fueron 77 de 100 granos y el valor más bajo lo obtuvo la raza Celaya donde ascendieron a la superficie 15 granos de 100. En el Cuadro 1 se observa que para la variable peso de mil granos la raza Celaya obtuvo un mayor valor con 408 g y la raza Oloton obtuvo el menor valor con 344 g. Los valores obtenidos coinciden con los obtenidos por Maldonado-Astudillo et al. (2021) quienes reportaron valores entre 223 g y 522 g para el peso de mil granos y Cieza et al. (2020) que al evaluar 21 híbridos de maíz obtuvo resultados de peso de mil granos similares, con valores entre 297g y 381 g. En un investigación para determinar la calidad de diferentes híbridos de maíz colorado o flint para industria en la provincia de Corrientes, se concluye que las variedades de mayor peso son preferidas para el procesamiento de tortillas (Balbi et al., 2006), en este contexto, la raza Celaya presenta un gran potencial para la industria de alimentos. La variable tamaño de

grano obtuvo un valor mayor en las razas Celaya y Perla y un valor mínimo para la raza Tabloncillo, esta variable es definida por el genotipo y medio ambiente, con rangos de tamaño máximo y tamaño mínimo dentro de cada raza (Paredes-López et al., 2000).

**Cuadro 1.-** Comparación de medias de las variables índice de flotación, peso de mil granos y espesor de grano.

RAZA	ÍF	PMG	TG
ARROCILLO AMARILLO	27i	381c	0.50cd
AZUL	66b	376cd	0.53bc
BOFO	77a	367f	0.53bc
CACAHUACINTLE	58e	401b	0.50cd
CELAYA	15j	408a	0.60a
CONICO	32h	370def	0.54b
CONICO NORTENO	50f	368ef	0.50cd
OLOTON	37g	344g	0.49de
PERLA	60d	375cde	0.60a
TABLONCILLO	62c	367f	0.46e
DMS	1.86	6.82	0.034
CV	1.31	0.62	2.22

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; ÍF= Índice de Flotación; PMG= peso de mil granos; TG= Tamaño de grano; CV= Coeficiente de variación; DMS= Diferencia mínima significativa, Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Los resultados de índice de flotación indica que la dureza de grano en las 10 razas evaluadas fueron: 4 razas presentaron granos duros, 4 razas dureza intermedia y 2 razas presentaron granos suaves (Cuadro 2).

**Cuadro 2.-** Dureza de grano por obtención del índice de flotación según lo describe la norma NMXFF-034/1-SCFI-2002.

RAZA	DUREZA DE GRANOS
ARROCILLO AMARILLO	Duros
AZUL	Suaves
BOFO	Suaves
CACAHUACINTLE	Dureza intermedia
CELAYA	Duros
CONICO	Duros
CONICO NORTENO	Dureza intermedia
OLOTON	Duros
PERLA	Dureza intermedia
TABLONCILLO	Dureza intermedia

## CONCLUSIONES

Las características físicas de granos (índice de flotación, peso de mil granos y tamaño de grano) evaluados en esta investigación aportan información para la industria de alimentos procesados. Las 10 razas estudiadas presentan un gran potencial para utilizarlas en programas de mejoramiento genético.

## REFERENCIAS

- Abdel-Aal E S M, Young J C and Rabalski I (2006) Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple, and red cereal grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54:4696-4704.
- Balbi, C. N.; García, P. A.; Ferrero, A. R. y Bonilla, J. 2006. Calidad de diferentes híbridos de maíz colorado o flint para industria en la provincia de Corrientes. *Universidad Nacional del Norte, Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Resumen A-034.*
- Castañeda S. A. (2011) Propiedades nutricionales y antioxidantes del maíz azul (*Zea mays* L.). *Temas Seleccionados de Ingeniería de Alimentos*. 5 (2): 75 – 83.
- Cieza, R. I., T. W. Jara Calvo, R. Terrones Monteza, Y. C. Figueroa Cobeñas, y C. Valdera. 2020. Características agronómicas, componentes de producción y rendimiento de grano de híbridos de maíz (*Zea mays*). *Manglar*, 17(3), 261-267. <https://doi.org/DOI:http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.038>
- Maldonado-Astudillo, Y. I., A. A. Gutiérrez González, Y. L. Flores Rogel, G. Arámbula-Villa, V. Flores-Casamayor, J. Jiménez-Hernández, M. Ramírez, P. Álvarez-Fitz, y R. Salazar. 2021. Propiedades morfológicas, fisicoquímicas y actividad antiproliferativa de maíces pigmentados de Guerrero. *Nova scientia*, 13(27). <https://doi.org/https://doi.org/10.21640/ns.v13i27.2825>
- Matsuoka Y, Y Vigouroux, M M Goodman, J Sánchez, E Buckler, J Doebley (2002) A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 99:6080-6084.
- Norma Mexicana para Maíces Destinados al Proceso de Nixtamalización, NMX-FF-034/1-SCFI-PARTE -1. 2002. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano—cereales-maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado. Especificaciones y Métodos de prueba. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Dirección General de Normas. México, D. F. 18 p
- Paredes-López, O.; Serna-Saldívar, S. O. y GuzmánMaldonado, H. S. 2000. Los alimentos mágicos de las culturas indígenas de México- El caso de la tortilla. 1ra. Edition. Colegio de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa. 7-21 p.
- Ron P J, J J Sánchez G, A A Jiménez, J A Carrera V, J G Martín L, M M Morales R, L de la Cruz L, S A Hurtado de la P, S Mena M y J G Rodríguez F (2006) Maíces nativos del occidente de México 1. *Scientia-CUCBA* 8(1):1-139.
- Sánchez J J, M M Goodman, C W Stuber (2000) Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Econ. Bot.* 54:43-59.
- Serratos, H, J, A. (2009) El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. *Greenpeace*. 1: 1-6.

## MARCAJE DE FOLIOLOS DE TOMATE Y NINFAS DE *Bactericera cockerelli* (Šulc) CON COLORANTES ALIMENTICIOS.

Sánchez Peña Sergio Rene<sup>1</sup>, Delgado Luna Carolina<sup>2</sup>, Azuara Domínguez Ausencio<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, <sup>2</sup>Campo Experimental Río Bravo, INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61. Río Bravo, Tamaulipas, <sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. Ciudad Victoria, Tamaulipas.

\*Autor correspondencia: [azuarad@gmail.com](mailto:azuarad@gmail.com)

### RESUMEN

Los colorantes de grado alimenticio se emplean como marcadores o indicadores para estudios de longevidad, comportamiento de apareamiento y monitoreo de la dispersión de poblaciones en diversas especies de insectos. Actualmente, no se han documentado estudios sobre la aplicación de estos colorantes en psílidos y foliolos de plantas de tomate. Por consiguiente, el objetivo de este estudio fue evaluar la presencia y efecto de diferentes colorantes de grado alimenticio en foliolos y ninfas de *Bactericera cockerelli*. Se evaluaron tres colorantes y un testigo (agua), con cinco repeticiones por tratamiento, utilizando cámaras portátiles que contenían un foliolo de tomate con 10 ninfas. Los resultados indicaron que, de los colorantes evaluados, el colorante azul no provocó daños en los foliolos de tomate. Las ninfas de *B. cockerelli* fueron capaces de ingerir y digerir el colorante azul, lo cual se evidenció por la coloración turquesa que adquirieron. En contraste, los otros colorantes evaluados mostraron diversos efectos adversos en los foliolos y ninfas, lo que sugiere una menor compatibilidad y posibles efectos fitotóxicos. Estos hallazgos destacan el potencial del colorante azul como una herramienta no invasiva para estudios de monitoreo en *B. cockerelli* y su interacción con plantas de tomate.

**PALABRAS CLAVE:** colorante, cámara portátil, psílido.

### ABSTRACT

Food-grade colorants are used as markers or indicators in various insect species for studies on longevity, mating behavior, and population dispersion monitoring. However, studies on the application of these colorants to psyllids and tomato leaflets have not been documented. Therefore, this study aimed to evaluate the presence and effects of different food-grade colorants on the leaflets and nymphs of *Bactericera cockerelli*. Three colorants and a control (water) were tested, with five replications per treatment, using portable chambers that contained one tomato leaflet and ten nymphs each. The results indicated that, of the colorants evaluated, the blue colorant did not cause damage to the tomato leaflets. The nymphs of *B. cockerelli* were able to ingest and digest the blue colorant, as evidenced by the turquoise coloration they acquired. In contrast, the other colorants evaluated showed various adverse effects on the leaflets and nymphs, suggesting lower compatibility and possible phytotoxic effects. These findings highlight the potential of the blue colorant as a non-invasive tool for monitoring studies in *B. cockerelli* and its interaction with tomato plants.

**KEYWORDS:** dyes, portable chamber, psyllid.

## INTRODUCCIÓN

Desde hace décadas, los colorantes han sido empleados en investigaciones entomológicas como marcadores o indicadores en diversas especies de insectos, incluyendo *Heliothis virescens* (Fabricius, 1777), *Drosophila* sp. (Fallén, 1823) y *Aedes aegypti*. Estudios previos han demostrado que colorantes como la rodamina B y ciertos colorantes de grado alimenticio no poseen efectos tóxicos sobre los insectos en los que han sido aplicados (Blanco et al., 2006; Mascari and Foil, 2009; Vespór et al., 2015; Johnson et al., 2017). Estos colorantes se han utilizado con el propósito de evaluar la longevidad, el comportamiento de apareamiento y en el registro de la dispersión de insectos (Kalaw et al., 2002; Vespór et al., 2015).

La tinción de insectos puede ser aplicada de manera externa, directamente sobre el insecto o de manera interna, a través de la administración de alimentos sólidos y líquidos mezclados con el colorante (Schellhorn et al., 2004). En el caso específico de los psíidos, no existen estudios sobre la tinción interna debido a su hábito alimenticio particular. Estos insectos se alimentan del floema de las plantas, lo cual implica que el colorante debe ser absorbido primero por la planta para luego ser transferido al insecto a través de su alimentación.

Esta falta de estudios representa una brecha significativa en el conocimiento, dado que el psílido, especialmente *Bactericera cockerelli* (Šulc), transmite el patógeno, *Liberibacter solanacearum* (Lso), que causa las enfermedades conocidas como "zebra chip" en papa y permanente en tomate, lo que subraya la importancia de desarrollar métodos efectivos para su estudio y control.

Por consiguiente, el objetivo del presente estudio fue investigar la presencia y efecto de colorantes de grado alimenticio en ninfas de *B. cockerelli* y folíolos de la planta de tomate. Este enfoque innovador no solo busca proporcionar una herramienta para el monitoreo y estudio de la biología y ecología de *B. cockerelli*, sino también abrir nuevas vías para el manejo integrado de plagas, contribuyendo así a la sostenibilidad de la producción agrícola.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el experimento se utilizaron cámaras portátiles con ninfas y folíolos de planta de tomate, siguiendo el método descrito por Delgado-Luna et al. (2023). Se evaluaron cuatro tratamientos con cinco repeticiones (Fig. 1): 1). Testigo (agua), 2). Colorante azul a 0.001 mL/mL de agua, 3). Colorante rojo a 0.001 mL/mL de agua y 4). Colorante verde a 0.001 mL/mL de agua. El tratamiento fue aplicado en el tubo de depósito de la cámara y, después de 24 horas, se colocaron 10 ninfas de segundo-tercer estadio en cada folíolo por 48 horas. Posteriormente, se revisaron los folíolos para determinar la presencia del colorante y posibles daños visibles como manchas o decoloración. Además, se registró el número de ninfas muertas, las cuales se identificaron como aquellas que no respondieron al estímulo de un pincel de punta fina.

Los datos de mortalidad de las ninfas se transformaron utilizando la raíz cuadrada del arcoseno para cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas requeridos para el análisis de varianza (ANOVA). Posteriormente, se realizaron comparaciones de medias entre tratamientos utilizando el método de Tukey, con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ .

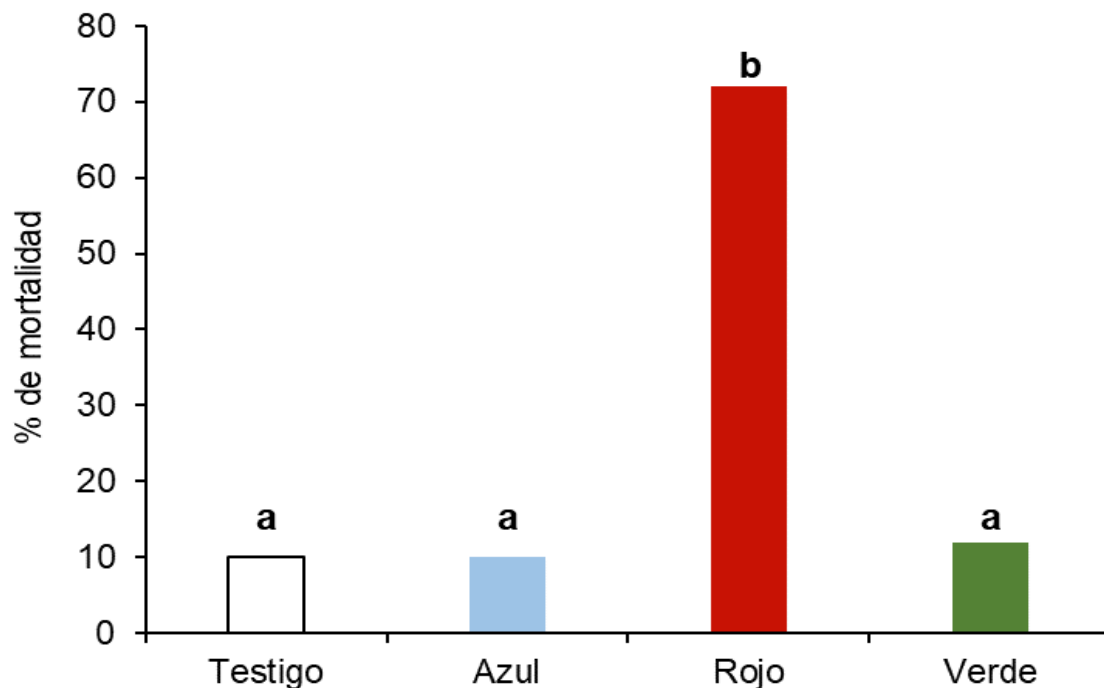




**Figura 1.** Cámaras portátiles con cada tratamiento previo a la colocación de las ninfas de *B. cockerelli*.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó una diferencia estadísticamente significativa en la mortalidad de las ninfas de *B. cockerelli* después de 48 horas de exposición a los diferentes tratamientos ( $p= 0.0002$ ). Los folíolos tratados con colorante rojo generaron el mayor porcentaje de mortalidad de las ninfas, seguidos por los folíolos con colorante verde, azul y el testigo (agua) (Fig. 2).



**Figura 2.** Mortalidad de ninfas de *B. cockerelli* expuestas a diferentes colorantes de grado alimenticio. Barras con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Los folíolos tratados con agua o con el colorante verde no presentaron alteraciones en su coloración ni en su apariencia. En contraste, los folíolos expuestos al colorante rojo mostraron signos de amarillamiento y desarrollaron pequeñas venaciones rojas (Fig. 3a), indicando que el colorante rojo podría haber tenido efectos tóxicos tanto para las ninfas como para los folíolos de tomate en el experimento. Por otro lado, los folíolos tratados con el colorante azul mantuvieron una apariencia saludable al término del experimento, aunque se detectaron pequeñas venaciones azules a las 24 horas de exposición al colorante (Fig. 3b).

Las ninfas alimentadas con folíolos tratados con agua o colorante verde, así como aquellas que sobrevivieron en folíolos tratados con colorante rojo, no presentaron alteraciones notables en su coloración. En contraste, las ninfas alimentadas con folíolos tratados con colorante azul desarrollaron una coloración turquesa. Esta coloración era claramente visible a simple vista y se acentuaba bajo el estereoscopio (Fig. 3c). Cabe destacar que, en sus estadios finales, las ninfas suelen exhibir una coloración verde natural.



**Figura 3.** Folíolos y ninfas tratados con agua o colorantes de grado alimenticio. **a)** apariencia de los folíolos al finalizar el experimento, **b)** apariencia de folíolos tratados con colorante azul a las 24 horas de ser expuestos al colorante, **c)** ninfas de *B. cockerelli* 1) sin o 2) con colorante azul.

En el presente estudio, se evaluaron los efectos de tres colorantes sobre los folíolos de tomate y las ninfas de *B. cockerelli*, observando resultados diferenciados para cada colorante. El colorante rojo demostró ser perjudicial para el material vegetal, causando daño evidente, y las ninfas expuestas a este colorante no pudieron digerirlo, resultando en su mortalidad. En contraste, el colorante verde no tuvo un efecto visible ni en los folíolos ni en las ninfas, ya que no se observó coloración en ninguno de los dos. Por otro lado, el colorante azul fue capaz de teñir tanto los folíolos como las ninfas sin causar daño visible en los folíolos, y la mortalidad observada en las ninfas expuestas al colorante azul fue comparable al testigo. Estos resultados son similares a los reportados por Johnson et al. (2017), quienes enfatizan la importancia de evaluar diferentes colorantes en estudios de este tipo. La investigación destaca que algunos colorantes pueden dañar el material vegetal, no lograr una adecuada coloración de los insectos, o, en casos más críticos, ser indigeribles para los insectos, afectando así su supervivencia. En nuestro estudio, el colorante azul se mostró como una opción viable, ya que no comprometió la integridad del material vegetal ni causó un incremento en la mortalidad de las ninfas. Estos resultados sugieren que, para estudios

similares, la selección del colorante debe ser cuidadosa, considerando sus efectos tanto en el material vegetal como en los organismos objeto de estudio.

### CONCLUSIONES

El uso del colorante azul aplicado a los foliolos de tomate evidencia que estos tienen la capacidad de absorber y translocar soluciones, facilitando así el acceso a las ninfas de *B. cockerelli*. Este método de marcaje con colorante azul de grado alimenticio se revela como una herramienta efectiva para el seguimiento y estudio del comportamiento alimenticio de las ninfas de este insecto. Su aplicación permite una observación precisa de la interacción entre el insecto y la planta, proporcionando datos valiosos para comprender mejor los patrones de alimentación de las ninfas.

### REFERENCIAS

- Blanco, C.A., Perera, O., Ray, J.D., Talierto, E., and Williams III, L. (2006). Incorporation of rhodamine B into male tobacco budworm moths *Heliothis virescens* to use as a marker for mating studies. *Journal of Insect Science*, 6(1): 5.
- Johnson, B.J., Mitchell, S.N., Paton, C.J., Stevenson, J., Staunton, K.M., Snoad, N, and Ritchie, S.A. (2017). Use of rhodamine B to mark the body and seminal fluid of male *Aedes aegypti* for mark-release-recapture experiments and estimating efficacy of sterile male releases. *PLoS neglected tropical diseases*, 11(9): e0005902.
- Kalaw, V., Drapeau, M.D., Long, A.D. (2002). Effects of food coloring on longevity and viability of *Drosophila melanogaster*. *Dros. Inf. Serv.* 85: 128-129.
- Mascari, T.M., and Foil, L.D. (2009). Evaluation of rhodamine B as an orally delivered biomarker for rodents and a feed-through transtadial biomarker for phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae). *Journal of medical entomology*, 46(5): 1131-1137.
- Schellhorn, N., Siekmann, G., Paull, C., Furness, G., and Baker, G. (2004). The use of dyes to mark populations of beneficial insects in the field. *International Journal of Pest Management*, 50(3): 153-159.
- Vespoor, R.L., Heys, C., and Price, T.A. (2015). Dyeing Insects for behavioral assays: the mating behavior of anesthetized *Drosophila*. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, 98: e52645.

## MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO EN UN AGOSTADERO DEGRADADO POR SOBREPASTOREO

Basave-Villalobos E.<sup>1\*</sup>; Nava-Reyna E.<sup>2</sup>; Urrieta-Velázquez J. A.<sup>2</sup>; Constante-García V.<sup>2</sup> y Marcial-Pablo M. J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Valle del Guadiana, INIFAP  
Carretera Durango-El Mezquital Km 4.5, C. P. 34170, Durango, Durango,

<sup>2</sup>CENID-RASPA-INIFAP  
Km. 6.5 margen derecha, Canal de Sacramento, C.P. 35079, Gómez Palacio, Durango.

\*Autor para correspondencia: basave.erickson@inifap.gob.mx

### RESUMEN

Los pastizales del norte centro de México presentan una problemática preocupante de degradación, principalmente por sobrepastoreo. Esto ha afectado la calidad del suelo, siendo necesarias estrategias para su recuperación. Para realizar actividades de rehabilitación o recuperación del suelo en agostaderos es conveniente disponer de información de línea base donde se cuantifique el nivel de afectación o alteración de un sitio, considerando la calidad del suelo y sus indicadores asociados. Por tal motivo, el objetivo de este estudio fue analizar la alteración de las propiedades físicas y químicas del suelo en un agostadero degradado principalmente por sobrepastoreo, a fin de conocer el grado de alteración de dichas propiedades. El estudio se realizó en la localidad Lázaro Cárdenas (Garabitos), en el municipio de Durango. Para analizar el grado de alteración de las propiedades del suelo, se compararon dos agostaderos con diferente grado de conservación: 1) conservado vs. 2) degradado. Se hizo un muestreo de suelo en una profundidad de 0-20 cm para analizar en laboratorio las propiedades fisicoquímicas del suelo de cada condición. Estas se compararon mediante una prueba *t* de muestras independientes con un nivel de significancia de 0.05. Los suelos de los agostaderos contrastaron en varias de sus propiedades físicas y químicas, siendo la densidad aparente, la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico, magnesio y el manganeso, las que difirieron estadísticamente. Los valores de estas propiedades fueron menores en el suelo del agostadero degradado, lo que sugiere una disminución de su calidad por la degradación.

**Palabras clave:** calidad del suelo, fertilidad, materia orgánica, propiedades fisicoquímicas.

### ABSTRACT

The grasslands of north-central Mexico present a concerning issue of degradation, due to overgrazing. This has affected soil quality, necessitating strategies for its recovery. To carry out soil rehabilitation or recovery activities in rangelands, it is useful to have baseline information that quantifies the level of impact or alteration of a site, considering soil quality and its associated indicators. Therefore, the objective of this study was to analyze the alteration of the physical and chemical properties of the soil in a rangeland degraded mainly by overgrazing, to determine the degree of alteration of these properties. The study was conducted in the locality of Lázaro Cárdenas (Garabitos), in the municipality of Durango. To analyze the degree of alteration of soil properties, two rangelands with different levels of conservation were compared: 1) conserved vs. 2) degraded. Soil sampling was done at a

depth of 0-20 cm to analyze the physicochemical properties of the soil in each condition in the laboratory. These properties were compared using an independent samples t-test with a significance level of 0.05. The soils of the rangelands differed in several of their physical and chemical properties, with bulk density, organic matter, cation exchange capacity, magnesium, and manganese showing statistical differences. The values of these properties were lower in the soil of the degraded rangeland, suggesting a decrease in its quality due to degradation.

**Key words:** soil quality, fertility, organic matter, physical and chemical soil properties.

## INTRODUCCION

Los pastizales del norte centro de México presentan una problemática preocupante de degradación. El sobrepastoreo es una de las causas principales de dicho proceso, lo cual se agudiza debido a las condiciones de aridez que caracterizan a los pastizales en esas regiones del país (SEMARNAT, 2016).

Se han propuesto diversas estrategias y prácticas de manejo para mitigar o revertir el deterioro de los pastizales, con énfasis en aquellos sitios o agostaderos que ya muestran procesos acelerados de degradación, en donde son urgentes actividades de rehabilitación (CONANP, 2021). Se han documentado algunos casos de éxito en la rehabilitación de agostaderos, pero desafortunadamente la degradación persiste e incluso ha aumentado en superficies grandes de terreno, por lo que este tema continúa siendo de gran preocupación (Jurado-Guerra *et al.*, 2021).

En las acciones de rehabilitación es conveniente disponer de información de línea base donde se cuantifique el nivel de afectación o alteración de un sitio, considerado, por ejemplo, la calidad del suelo y sus indicadores asociados. Esto puede ser de mucha ayuda para los técnicos y tomadores de decisiones para definir u orientar actividades concretas y medir los resultados de estas en la recuperación del suelo.

Partiendo del contexto anterior, el objetivo de este estudio fue analizar la alteración de las propiedades físicas y químicas del suelo en un agostadero degradado principalmente por sobrepastoreo, a fin de conocer el grado de alteración de dichas propiedades.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la localidad Lázaro Cárdenas (Garabitos), en el municipio de Durango, Durango. Esta área está dentro de una microcuenca que abastece a la Presa Garabitos (Figura 1).



**Figura 1.** Localización geográfica del área de estudio.



Para analizar el grado de alteración de las propiedades del suelo, se compararon dos agostaderos con diferente condición: 1) conservado vs. 2) degradado. Ambos terrenos están adyacentes con pendiente de 15% orientada al norte (Figura 2). De acuerdo con la clasificación de INEGI serie II con escala 1:250 000, el tipo de suelo es Leptosol con textura franco-arcillosa-arenosa. La vegetación dominante son de tipo matorral xerófilo con ejemplares de especies arbustivas del género *Acacia* y *Opuntia*. Hay presencia de pastos nativos del género *Bouteloua* mayormente de *B. gracilis* y *B. curtipendula* (Figura 2).



**Figura 2.** Condición de los agostaderos de estudio en la localidad Lázaro Cárdenas, Durango.

El agostadero conservado es de propiedad particular (Rancho Las Yucas) mientras que el degradado es ejidal. En ambos se pastorea ganado vacuno. El agostadero degradado muestra una alta pérdida cobertura vegetal y de suelo con afloramiento de material parental (rocas y piedras) (Figura 3).



**Figura 3.** Condición del agostadero degradado en el área de estudio.

En Julio de 2023 se hizo un muestreo con el método cinco de oros para recolectar muestras de suelo en una profundidad de 0-20 cm. En cada punto de muestreo se tomaron tres submuestras. El suelo recolectado se transportó en bolsas de plástico para su posterior secado en laboratorio. De cada área se enviaron tres muestras de suelo para su análisis. Se determinaron las siguientes propiedades físicas y químicas: densidad aparente ( $D_b$ ), materia orgánica (MOS), pH, conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio catiónico (CIC), nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, zinc, manganeso, cobre boro y azufre.

Con los resultados de laboratorio se hizo para una prueba  $t$  de muestras independientes, previo la validación de supuestos de normalidad y homocedasticidad. Los valores en porcentaje se transformaron a la función arcoseno. El nivel de significancia fue de 0.05. El análisis estadístico se realizó en InfoStat.

### RESULTADOS Y DISCUSION

Los suelos de los agostaderos contrastaron en varias de sus propiedades físicas y químicas, siendo la  $D_b$ , MOS, CIC, el magnesio y el manganeso, las que difirieron estadísticamente, aunque este efecto fue más remarcado en MOS y el manganeso con diferencias de más del 100% (Cuadro 1). Por ejemplo, la MOS en el agostadero degradado disminuyó 152%, mientras que el manganeso fue de 104%.

Cuadro 1. Resultados de la prueba  $T$  ( $\alpha = 0.05$ ) en las propiedades físicas y químicas evaluadas en agostaderos con diferente grado de conservación en la Localidad Lázaro Cárdenas, Durango.

Propiedad	Valor $p$	Agostadero conservado    Agostadero degradado	
		Promedios	
DA(g/cm <sup>3</sup> )	0.0177	1.17	1.36
Materia orgánica (%)	0.0006	2.80	1.11
pH	0.5273	6.20	6.35
CE (ds/m)	0.0291	0.20	0.11
CIC <sup>†</sup>	0.0286	5.57	4.62
Nitrógeno-NO <sub>3</sub> (mg/Kg)	0.2807	5.36	3.17
Fósforo-Olsen (mg/Kg)	0.1441	2.60	1.41
Potasio (mg/Kg)	0.0634	326.00	215.33
Calcio (mg/Kg)	0.0712	762.67	675.33
Magnesio (mg/Kg)	0.0163	105.37	76.77
Fierro (mg/Kg)	0.1845	25.57	42.27
Zinc (mg/Kg)	0.1849	0.59	0.36
Manganeso (mg/Kg)	0.0313	19.60	9.62
Cobre (mg/Kg)	0.6119	0.23	0.25
Boro (mg/Kg)	0.7226	0.07	0.06
Azufre (mg/Kg)	0.8895	3.43	3.91

<sup>†</sup>DA: densidad aparente, CE: conductividad eléctrica, CIC: capacidad de intercambio catiónico.

Aunque el cambio no fue tan marcado numéricamente como en MOS y manganeso, los valores de  $D_b$ , CIC, CE y magnesio evidencian una modificación de las propiedades del

suelo que sugieren una disminución de su calidad por la degradación, ya que estas propiedades suelen ser fácilmente modificables por las prácticas de manejo y sirven como indicador del estado de la calidad del suelo como refiere Weil y Brady (2022). Estos resultados ratifican la degradación que están experimentando una superficie importante de agostaderos o ecosistemas de pastizal en el norte de México, proceso que está siendo propiciado principalmente por el sobrepastoreo y el cambio en el uso del suelo para fines agrícolas como refiere Flores-Martínez y Briones (2021) y Jurado-Guerra *et al.* (2021). Particularmente, esta alteración de las propiedades del suelo ha repercutido negativamente en la cobertura vegetal, especialmente la herbácea, conduciendo a una disminución significativa, por ejemplo, de pastos nativos (Alcalá-Galván *et al.*, 2018). No obstante, estos autores señalan que es crucial disponer de información científica para caracterizar, cuantificar y localizar los impactos de pérdida de suelo para diseñar estrategias de conservación en los ecosistemas de pastizal. En ese sentido, los resultados de este estudio contribuyen a dicho propósito.

### CONCLUSIONES

En el agostadero degradado el suelo presenta alteración de sus propiedades por el sobrepastoreo que sugieren una disminución de su calidad.

### REFERENCIAS

- Alcalá-Galván, C. H.; Barraza-Guardado, R. H.; Ayala Álvarez, F. y Rueda-Puente, H. O. 2018. Uso sustentable de agostaderos y el sistema vaca-cría en el Noroeste de México. *Agronomía Mesoamericana*. 29 (2): 433-447.
- CONANP. 2021. Restauración de pastizales para enfrentar el cambio climático en la Reserva de la Biósfera Mapimí. Blog. Consultado en: <https://www.gob.mx/conanp/es/articulos/restauracion-de-pastizales-para-enfrentar-el-cambio-climatico-en-la-reserva-de-la-biosfera-mapimi?idiom=es>
- Flores-Martínez, A y Briones, O. 2021. Los pastizales olvidados. Nexos. Consultado en: <https://medioambiente.nexos.com.mx/los-pastizales-olvidados/>
- Jurado-Guerra, P.; Velázquez-Martínez, M.; Sánchez-Gutiérrez, R. A.; Álvarez-Holguín, A.; Domínguez-Martínez, P. A.; Gutiérrez-Luna, R.; Garza-Cedillo, R. D.; Luna-Luna, M. y Chávez-Ruiz, M. G. 2021. Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 12 (Supl 3): 261-285.
- SEMARNAT. 2016. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ecosistemas terrestres. En: Informe de la situación del medio ambiente en México 2015. México. 2016. [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Cap2\\_Ecosistemas.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Cap2_Ecosistemas.pdf) . Consultado 23 abril, 2024.
- Weil, R. R. and Brady, N. C. 2022. The nature and properties of soils. 15th Edition, Pearson Indian Education Services. 1104 p.



## MEJORA DE LA EFICIENCIA DEL GLUFOSINATO DE AMONIO AL 50% CON UREA: ESTRATEGIAS PARA REDUCCIÓN DE DOSIS

Arispe V. J. L.<sup>1</sup>; Ramírez S. S. E.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Iguala, <sup>2</sup>INIFAP C.E. Centro Altos Jalisco. [ramirez.susana@inifap.gob.mx](mailto:ramirez.susana@inifap.gob.mx); [arispe.jose@inifap.gob.mx](mailto:arispe.jose@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El manejo de arvenses es un desafío significativo en la agricultura debido a su impacto negativo en los cultivos, el rendimiento y la calidad de los productos agrícolas ya que compiten con los cultivos por nutrientes, agua y luz. El experimento abordó el manejo de arvenses de entre 10 y 20 cm de altura, principalmente de la familia Poaceae, incluyendo zacate Johnson y zacate estrella. Se emplearon cinco tratamientos diferentes, con dosis del 100 y 50%, cada uno replicado cuatro veces. El diseño usado fue de bloques al azar. Cada parcela experimental se definió con unas dimensiones de 4 m de ancho por 5 m de largo. La evaluación de los tratamientos se efectuó de manera semanal durante dos semanas, siguiendo una escala. El tratamiento del glifosato obtuvo mayor control con 94.25%, el glufosinato de amonio a dosis de etiqueta (100%) mostro un efecto de control de 91%, mientras que el glufosinato de amonio al 50% más la urea a dosis de 10 g por 1 L de agua presentó un efecto de 86.5%.

**Palabras clave:** Efecto, malezas, control

### ABSTRACT

Weed management is a significant challenge in agriculture due to its negative impact on crops, yield and quality of agricultural products as it competes with crops for nutrients, water and light. The experiment addressed the management of weeds between 10 and 20 cm tall, mainly from the Poaceae family, including Johnson grass and star grass. Five different treatments were used, with doses of 100 and 50%, each replicated four times. The design used was a randomized block. Each experimental plot was defined with dimensions of 4 m wide by 5 m long. The evaluation of the treatments was carried out weekly for two weeks, following a scale. Glyphosate treatment obtained greater control with 94.25%, ammonium glufosinate at label dose (100%) showed a control effect of 91%, while ammonium glufosinate at 50% plus urea at a dose of 10 g per 1 L of water presented an effect of 86.5%.

**Keywords:** Effect, weeds, control

### INTRODUCCION

El manejo de arvenses es un desafío significativo en la agricultura debido a su impacto negativo en los cultivos, el rendimiento y la calidad de los productos agrícolas ya que compiten con los cultivos por nutrientes, agua y luz, lo que puede llevar a una reducción considerable en los rendimientos y aumentar los costos de producción. Para abordar este problema, se han desarrollado diversas estrategias de control, entre las que destacan el uso de herbicidas, sin embargo, el control eficaz de las arvenses a menudo requiere el uso de herbicidas en concentraciones que pueden resultar costosas o tener efectos adversos

sobre el medio ambiente y en respuesta a estos desafíos, la investigación se ha centrado en encontrar métodos para aumentar la eficacia de los herbicidas y reducir las dosis necesarias, lo que puede contribuir a un manejo más sostenible y económico de las malezas.

Uno de los enfoques emergentes en este campo es la utilización de adyuvantes o productos que potencian la acción de los herbicidas, estos productos, como el caso de la urea en combinación con herbicidas específicos, tienen el potencial de mejorar la eficacia de los tratamientos herbicidas a dosis reducidas.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se desarrolló en un campo de limón mexicano, con variedades Colimex, ubicado en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - Campo Experimental Iguala (INIFAP-CEIGUA), en Iguala de la Independencia, Guerrero. Esta parcela se encuentra en las coordenadas 17° 52' 54" de latitud y 98° 45' 25" de longitud, a una altitud de 750 msnm. El experimento abordó el manejo de arvenses de entre 10 y 20 cm de altura, principalmente de la familia Poaceae, incluyendo zacate Johnson y zacate estrella. Se emplearon cinco tratamientos diferentes, con dosis del 100 y 50%, cada uno replicado cuatro veces (Cuadro 1). El diseño usado fue de bloques al azar. El agua utilizada para los tratamientos tenía un pH de 7.96 y una conductividad eléctrica (CE) de 0.62. Cada parcela experimental se definió con unas dimensiones de 4 m de ancho por 5 m de largo. La evaluación de los tratamientos se efectuó de manera semanal durante dos semanas, siguiendo la escala de medición de la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) (Cuadro 1) (Champion, 2000).

**Cuadro 1.** Tratamientos efectuados para el control de arvenses en Iguala de la Independencia, Guerrero.

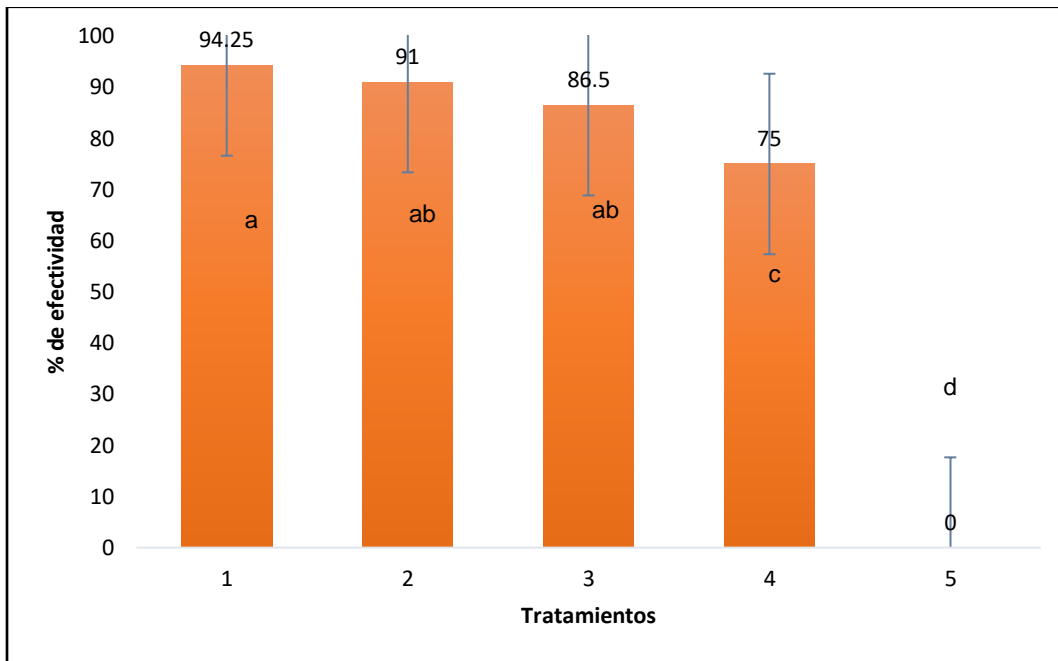
No	Tratamientos	mL/ L	Dosis (%)	Potencializador
1	Glufosinato de amonio	15	100	Sin potencializador
2	Glufosinato de amonio	7.5	50	10 g de urea/ 1 L agua 2 mL de producto a base de la mezcla de tensoactivos mezcla de acidificantes, orgánicos e inorgánicos, ácidos fúlvicos, potencializadores, diluyentes y elementos relacionados (MPD)
3	Glufosinato de amonio	7.5	50	
4	Glifosato	15	100	Sin potencializador
5	Control (agua)	30	100	Sin potencializador

### Análisis de datos

Los resultados se manejaron en termino de porcentaje y se realizó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias con Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), usando el programa estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2012).

## RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo al análisis estadístico se observa diferencia estadística entre tratamientos (Figura 1) ( $P < .0001$ ). El tratamiento del glufosinato de amonio al 100% obtuvo mayor control con 94.25% (dosis de etiqueta), el glufosinato de amonio (Figura 2) al 50 % mostro un efecto de control de 91%, mientras que el glufosinato de amonio al 50% más la urea a dosis de 10 g por 1 L de agua presentó un efecto de 86.5% y el glifosato solo logró un control de 75 %.



**Figura 1.** Efecto de control de los distintos tratamientos en estudio en arvenses de la parcela de limón. 1= Glufosinato de amonio al 100%, 2= Glufosinato de amonio al 50%, 3= Glufosinato de amonio al 50% más la urea a dosis de 10 g por 1 L de agua, 4= Glifosato al 100% y 5=Control (solo se aplicó agua). Las literales indican diferencias significativas, letras diferentes (a,c,d) indican diferencias significativas, literales combinadas (ab) sin diferencia significativa.



**Figura 2.** Efecto de control de arvenses con glufosinato de amonio a dosis de etiqueta (T1)

Se observó un efecto marcado en el control de maleza con la aplicación del glufosinato de amonio con la dosis recomendada (T1).





**Figura 3.** Efecto de control de arvenses glufosinato de amonio al 50% más la urea a dosis de 10 g por 1 L de agua (T2).



**Figura 4.** Efecto de control de arvenses con glufosinato de amonio al 50% más MPD a dosis de 2 mL por 1 L de agua (T3).



**Figura 5.** Efecto de control de arvenses con glifosato a dosis de etiqueta (T4).





**Figura 5.** Arvenses en el tratamiento control a la segunda evaluación (T5).

En la evaluación del control de malezas, se observó que el glufosinato de amonio logró un control superior, alcanzando un 94.25%, en comparación con el glufosinato de amonio al 100% que mostró una eficacia de 91%.

Aunque la combinación objetivo (glufosinato de amonio -X5 + urea) mostró una menor eficacia en comparación con el glufosinato de amonio a dosis completas, representa un avance significativo hacia la reducción de dosis de herbicidas sin comprometer excesivamente la efectividad del control de malezas.

Desde una perspectiva ecológica, la reducción de la dosis de glufosinato de amonio combinada con urea ofrece varios beneficios notables, en primer lugar, la disminución en el uso de herbicidas contribuye a la reducción de la contaminación química en el medio ambiente, disminuyendo el riesgo de efectos adversos en los ecosistemas circundantes y en la biodiversidad del suelo. La urea, al actuar como un potenciador del herbicida, permite una utilización más eficiente del glufosinato de amonio, lo que resulta en una menor carga química total aplicada (Alves-Rues et al, 2012).

Además, el uso de adyuvantes como la urea puede mitigar la resistencia de las malezas a los herbicidas al reducir la cantidad de herbicida necesario, se minimiza la presión selectiva sobre las poblaciones de malezas, ayudando a prevenir el desarrollo de cepas resistentes que podrían dificultar futuros tratamientos.

## CONCLUSIONES

El glufosinato de amonio reducido al 50% en combinación con urea a una dosis de 10 g por litro de agua resultó en un control del 86.5%, lo que coadyuva en la reducción de contaminantes químicos al ambiente y resulta una opción viable en el control de malezas.

## REFERENCIAS

Alves-Ruas, Renato Adriane; Lourenço Lima, Júlio Cesar; Appelt, Maicon Fábio; Dezordi, Luciel Rauni. Pesquisa Agropecuária Tropical. Goiânia Tomo 42, N.º 4, (Oct/Dec 2012). DOI:10.1590/S1983-40632012000400013

Champion, G. T. (2000). Bright and the field scale evaluations herbicides tolerant. G M Trials. AICC New slwtter, December 2000, 7.

SAS Institute, (2012). SAS/STAT User's Guide: Software Version 9.4. Statistical Analysis System Institute. Cary, North Carolina, USA.



## NIVELES DE FERTILIZACIÓN Y SU EFECTO SOBRE EL CRECIMIENTO Y ACUMULACIÓN DE MINERALES EN LA NUEZ PRODUCIDA EN DURANGO

Sierra Z. D.<sup>1</sup>; Puente V. C. O.<sup>2\*</sup>; Ponce G. O. C.<sup>3</sup>; Franco G. I.<sup>4</sup> y Rosales S. R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIFAP - Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango - El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. <sup>2</sup>INIFAP - CENID - RASPA, km 6.5 Margen derecha Canal de Sacramento S/N, Ejido Las Huertas, Gómez Palacio, Dgo., México. C. P. 35140. <sup>3</sup>INIFAP - Campo Experimental Delicias, km 2 Carretera Delicias - Rosales Centro, Cd. Delicias, Chih., México. C. P. 33000. <sup>4</sup>INIFAP - Campo Experimental La Laguna, Blvd. José Santos Valdez No. 1200 Pte. Col. Centro, Matamoros, Coah., México. C. P. 27440. \*e-mail: puente.cristo@inifap.gob.mx.

### RESUMEN

El nogal (*Carya illinoensis*) requiere nutrición abundante y equilibrada; la cual, en combinación con el suministro hídrico adecuado fortalece la producción de nuez con calidad alta. El objetivo fue evaluar el efecto de diferentes niveles de fertilización sobre la morfología y acumulación de minerales en la nuez producida en Durango, México. El experimento se realizó durante 2024, en una huerta comercial de nogal pecanero (cv. Western) con 24 años de edad, establecida en J. Refugio Salcido, Dgo., bajo la condición de riego. El suelo predominante es franco (arcillo-arenoso) y el clima predominante es templado semiárido, con régimen de lluvias en verano. Se evaluaron cuatro tratamientos de fertilización: T1) Dosis baja (180-30-61 N<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O), T2) Dosis media (200-50-100), T3) Dosis alta (220-100-150) y T4) Testigo (Tradicional). El primer muestreo se realizó 30 días después del amarre de fruto, mediante la cosecha de nueces en crecimiento. Los frutos cosechados en la parte media del dosel del árbol fueron pesados (balanza electrónica ± 0.01 g) y medidos (diámetro polar y ecuatorial) con un vernier digital. En el laboratorio se determinó el contenido de ocho minerales. Los datos obtenidos en la morfología de la nuez y proporción de ocho elementos, se sometieron al análisis de varianza en un diseño completamente aleatorio con tres repeticiones y la comparación de medias se obtuvo con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Se detectaron diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ), entre tratamientos de fertilización, para la mayoría de las variables evaluadas. Los frutos de nuez presentaron un peso entre 0.10 y 0.18 g, valores de diámetro ecuatorial de 3.7 y 4.7 mm y diámetro polar de 11.4 a 14.4 mm. El tratamiento testigo fue estadísticamente superior en las tres variables morfológicas de la nuez. La concentración de minerales en frutos de nuez mostró diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) para la mayoría de los elementos incluidos en el estudio. El contenido fue mayor en los tratamientos experimentales de fertilización para nitrógeno (T1 = 2.3% – T3 = 2.5%), potasio (T1 = T2 = T3 = 1.6%), magnesio (T1 = 0.72% – T3 = 0.75%), cobre (T1 = 18.9 ppm – T2 = 23.9 ppm), hierro (T3 = 103.3 ppm – T2 = 124.4 ppm) y zinc (T3 = 72.5 ppm – T2 = 79.1 ppm). Únicamente el contenido de calcio (Ca) fue más alto en el testigo (5.6%), en comparación con los tratamientos experimentales (3.1% a 3.4%); mientras que, la proporción de fósforo fue estadísticamente igual en todos los tratamientos evaluados (0.29% y 0.33%). Todos los tratamientos mantuvieron y en algunos casos sobrepasaron los niveles nutricionales recomendados para nogal. Además, se fortaleció la nutrición del nogal, lo que favorecerá la calidad nutricional y comercial de la nuez producida en Durango. El efecto de los niveles altos de macronutrientes presentes en los tratamientos experimentales de fertilización no se vio reflejado en el tamaño de la nuez.

La modificación de dosis de fertilización fortaleció la absorción y concentración de minerales acumulados en la nuez producida en Durango.

**Palabras clave.** *Carya illinoensis*, nutrición, productividad, calidad.

### ABSTRACT

Pecan trees (*Carya illinoensis*) require abundant and balanced nutrition, which in combination with adequate water supply, strengthens the production of high-quality pecans. The objective was to evaluate the effect of different levels of fertilization on the morphology and mineral accumulation in pecans produced in Durango, México. The experiment was carried out during 2024, in a 24-year-old commercial pecan orchard (cv. Western), established in J. Refugio Salcido, Dgo., under irrigation conditions. The predominant soil type is loam (sandy or clay) and the predominant climate is temperate semi-arid, with rainfall in summer. Four fertilization treatments were evaluated: T1) Low dose (180-30-61 N<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O), T2) Medium dose (200-50-100), T3) High dose (220-100-150) and T4) Control (Traditional). The first sampling was carried out 30 days after fruit set, by harvesting growing pecans. The fruits harvested in the middle part of the tree canopy were weighed (electronic scale  $\pm$  0.01 g) and measured (polar and equatorial diameter) with a digital vernier. The content of eight minerals was determined in the laboratory. The data obtained in the pecan's morphology and proportion of eight elements were subjected to analysis of variance in a completely randomized design with three replications and the comparison of means was obtained with the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). Significant differences ( $p \leq 0.01$ , 0.05) were detected between fertilization treatments for most of the variables evaluated. Pecan fruits registered a weight between 0.10 and 0.18 g, equatorial diameter values of 3.7 and 4.7 mm and polar diameter of 11.4 to 14.4 mm. The control treatment was statistically superior in the three pecans morphologic variables. The mineral concentration in walnut fruits showed significant differences ( $p \leq 0.05$ ) for most of the elements included in the study. The content was higher in the experimental fertilization treatments for nitrogen (T1 = 2.3% – T3 = 2.5%), potassium (T1 = T2 = T3 = 1.6%), magnesium (T1 = 0.72% – T3 = 0.75%), copper (T1 = 18.9 ppm – T2 = 23.9 ppm), iron (T3 = 103.3 ppm – T2 = 124.4 ppm) and zinc (T3 = 72.5 ppm – T2 = 79.1 ppm). Only the calcium (Ca) content was higher in the control (5.6%), compared to the experimental treatments (3.1% to 3.4%), while the phosphorus proportion was statistically similar in all the evaluated treatments (0.29% and 0.33%). All treatments maintained and, in some cases, exceeded the recommended nutritional levels for pecan trees. In addition, the nutrition of the pecan tree was strengthened, which will favor the nutritional and commercial quality of the pecans produced in Durango. The effect of the high levels of macronutrients present in the experimental fertilization treatments was not reflected in the size of the pecans. The modification of the fertilization dose strengthened the absorption and concentration of minerals accumulated in the pecans produced in Durango.

**KeyWords.** *Carya illinoensis*, nutrition, productivity, quality.

### INTRODUCCIÓN

La producción de nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] es una de las principales actividades agrícolas del Norte de México, predominando la producción de nuez en los estados de Chihuahua (100,206 t), Sonora (27,568 t), Coahuila (18,253 t) y Durango (10,758 t) (SIAP, 2023). El nogal es una especie vegetal que requiere nutrición abundante y equilibrada, combinada con un suministro adecuado de agua para lograr un rendimiento alto nueces con valores altos de la calidad comercial y nutricional. Se considera que los elementos más importantes para la nutrición de los árboles de nogal son el nitrógeno (N) y

zinc (Zn) (Anchondo, 2022). El volumen de aplicación de nitrógeno debe ser alto por su relación directa con la concentración foliar de nutrientes (Wells, 2011); es por ello que, se aplica durante todo el programa de fertilización anual. Además, se debe considerar que el requerimiento de zinc es alto en nogal, en comparación con la mayoría de las plantas. La deficiencia de zinc causa que las hojas del nogal sean pequeñas, con terminación abultada. Este elemento está disponible de manera limitada en suelos con pH alto ( $\geq 6.5$ ), por lo que deben realizarse aplicaciones foliares de zinc para prevenir y si es el caso, corregir las deficiencias (Nesbitt, 2020).

En la nutrición del nogal se requieren múltiples minerales que muestran efectos importantes, aunque son requeridos en cantidades reducidas, por ejemplo, el níquel (Ojeda *et al.*, 2009). El primer punto de control de un programa eficiente de fertilización del nogal, durante el año, es el análisis de suelo. Se ha observado que algunos minerales están disponibles de manera limitada en suelos alcalinos ( $\text{pH} \geq 7.5$ ); por lo que, a pesar de que los análisis de laboratorio detectan la presencia en cantidades altas, se deben manejar otras estrategias para optimizar la nutrición integral de las nogaleras. Se considera que el estudio del tejido vegetal proporciona una aproximación más precisa del estado actual de la nutrición del nogal. Con ello, se podrán tomar las medidas correctivas más eficientes para favorecer el rendimiento alto y calidad aceptable de la nuez, desde el punto de vista comercial y nutritivo.

Las aplicaciones de fertilizante incorporado al suelo y en aplicaciones foliares, son los métodos más utilizados en Durango para mantener niveles adecuados de los elementos más importantes en la nutrición del nogal. A pesar de lo anterior, existen niveles diferentes de respuesta a las aplicaciones regulares y correctivas de fertilizantes químicos. En el caso del nitrógeno la respuesta es evidente y rápida, por la movilidad alta de este elemento. Por ello, se observa un efecto acelerado cuando se realizan aplicaciones en suelos deficientes en nitrógeno, aunque la respuesta en rendimiento es lenta y puede durar varios años en la manifestación de sus efectos (NMU, 2005). También, se debe considerar que la cantidad de fertilizante requerido por los árboles de nogal depende del tamaño, edad, nivel de rendimiento esperado y tipo de suelo (Arreola y Reyes, 2002).

Se considera que los árboles jóvenes y pequeños de nogal responden más rápidamente a las aplicaciones de nitrógeno y en suelos arenosos se registra una respuesta alta a las aplicaciones de este elemento. La aplicación regular de zinc es necesaria en el cultivo del nogal, al igual que el hierro quelatado y fósforo, estos últimos especialmente en suelos con reacción alcalina como los que predominan en Durango. Por ello, el hierro y fósforo muestran disponibilidad baja para la planta, aunque el análisis de suelo muestre niveles aceptables de dichos elementos. En Durango, se desconoce el efecto de la fertilización sobre el tamaño y calidad de la nuez producida localmente. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de diferentes niveles de fertilización sobre la morfología y acumulación de minerales en la nuez producida en Durango, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Sitio de estudio:** El experimento se llevó a cabo durante el año 2024, en una huerta comercial de nogal pecanero establecida en la localidad de J. Refugio Salcido, Durango, Dgo., ( $23^{\circ} 56' 32'' \text{ N } 104^{\circ} 31' 39'' \text{ O}$  a 1,878 msm) en condiciones de riego por gravedad. El área experimental consta de una superficie de 1 ha con árboles de la variedad Western (80%) y Wichita (20%), de 24 años de edad, establecidos en un diseño de plantación en marco real de 12 x 12 m ( $70 \text{ árboles ha}^{-1}$ ). El suelo predominante es franco (arcillo-arenoso),

con capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media (1.5 a 2.0 m), pH de alcalino 7.9 y con niveles bajos de materia orgánica, nitrógeno y fósforo. El clima predominante en la región es templado semiárido, con régimen de lluvias en verano, fluctuación fuerte de temperatura y un valor promedio anual de 17.4 °C. La lluvia acumulada durante el año alcanza un promedio de 476 mm, con valores altos entre junio y septiembre (Medina *et al.*, 2005).

**Tratamientos:** Se evaluaron tres tratamientos de fertilización química: T1) Dosis baja (180-30-61 N<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O), T2) Dosis media (200-50-100), T3) Dosis alta (220-100-150) y T4) Testigo (fertilización convencional del productor). Los tratamientos de fertilización se aplicaron solubilizados de acuerdo con el calendario de riego, los cuales tuvieron intervalos de 20 días.

**Variabes evaluadas:** El primer muestreo se llevó a cabo 30 días después del amarre de fruto, mediante la cosecha de frutos en la variedad Western. Los frutos se cosecharon en la parte media del dosel del árbol, en ramas ubicadas hacia los cuatro puntos cardinales. Los frutos fueron pesados y medidos (diámetro polar y ecuatorial) con un vernier digital (Mitutoyo®). Posteriormente, las muestras fueron llevadas al laboratorio para determinar el contenido de nutrientes. El nitrógeno total se cuantificó por el método de Micro-Kjeldahl y el fósforo con la técnica de colorimetría en un espectrofotómetro (Jenway 73 UV/VIS) a una longitud de onda de absorción máxima de 490 nm (Plenecassagne *et al.*, 1997). El resto de los elementos se determinó por aspiración directa en flama aire-acetileno en espectrómetro de absorción atómica (Analyst700, Perkin Elmer®, México).

**Análisis estadístico:** Los datos obtenidos en la morfología de la nuez y proporción de ocho elementos, se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias empleando la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio, con tres repeticiones. El análisis de varianza y la comparación de medias se realizó mediante el uso del paquete estadístico Statgraphics versión plus 5.1 (Statistical Graphics Corp., Manugistics, Inc., Cambridge, MA, EUA).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Variabes morfológicas.** Se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ), entre tratamientos de fertilización, para todas las variables evaluadas en las nueces en crecimiento. Los frutos de nuez presentaron un peso entre 0.10 y 0.18 g, valores de diámetro ecuatorial de 3.7 y 4.7 mm y diámetro polar de 11.4 a 14.4 mm (Cuadro 1). El tratamiento testigo fue estadísticamente superior en las tres variables morfo-métricas de la nuez. Los resultados se asociaron con el efecto negativo ocasionado por el cambio en el manejo agronómico de la huerta, debido a que las aplicaciones constantes de fertilizante pudieron provocar desbalance nutricional por sinergismo y antagonismo entre elementos, lo que afectó, la formación y desarrollo de los frutos. Adicionalmente, existe la posibilidad de compensación entre los componentes del rendimiento, por lo que se tendrá un número alto de nueces por árbol y esto ocasionó una tasa menor de crecimiento del fruto en los tratamientos con fertilización T1, T2 y T3.

Cuadro 1. Atributos morfo-métricos para la calidad de la nuez con diferentes tratamientos de fertilización.

Tratamientos	Peso fruto (g)	Diámetro ecuatorial (mm)	Diámetro polar (mm)
T1	0.11 <sup>b</sup>	3.8 <sup>b</sup>	12.1 <sup>b</sup>
T2	0.10 <sup>c</sup>	3.7 <sup>b</sup>	11.4 <sup>c</sup>
T3	0.11 <sup>b</sup>	3.8 <sup>b</sup>	11.9 <sup>b</sup>
Testigo	<b>0.18<sup>a</sup></b>	<b>4.7<sup>a</sup></b>	<b>14.4<sup>a</sup></b>

<sup>a-c</sup>Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

**Nutrición vegetal.** La concentración de nutrientes en frutos de nuez mostró diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) para el contenido de la mayoría de los elementos incluidos en el estudio (Cuadro 2). Conforme a lo esperado, se observó que el contenido de nitrógeno fue significativamente mayor en las nueces cosechadas en los tratamientos con fertilización mediana (T2 = 2.6%) y alta (T3 = 2.5%) (Cuadro 2). Los resultados muestran que hubo respuesta a la aplicación de nitrógeno, el cual es el nutriente principal, con movilidad alta, que afecta el tamaño y porcentaje de almendra de las nueces (Yañez-Muñoz *et al.*, 2028). Los niveles de nitrógeno en dichos tratamientos se situó en los intervalos recomendados en hojas de nogal con uso alto de insumos (2.4 – 3.0%) (MSU, 2020).

El contenido de fósforo fue estadísticamente igual en todos los tratamientos evaluados, con valores entre 0.29 y 0.33%, debido a la aplicación constante de este elemento en los programas anuales de fertilización y la movilidad lenta (retención edáfica), por lo que se acumula paulatinamente en el suelo. Por ello, en algunos casos se observaron valores superiores a los niveles recomendados en hojas de nogal (0.14 – 0.30%). En el caso del potasio, se apreció superioridad estadística de todos los tratamientos experimentales de fertilización (1.6%), en comparación con el testigo de referencia (1.4%). A pesar de lo anterior, todos se mantuvieron dentro de los niveles recomendados para el contenido de potasio en hojas de nogal (1.0 – 2.5%). Las diferencias de potasio entre tratamientos no fueron tan marcadas, debido a la presencia abundante de este elemento en los suelos de Durango, aunque la disponibilidad es variable y muestra antagonismo para la absorción de otros elementos.

Se apreció que los frutos de los tratamientos experimentales de fertilización (T1 a T3) fueron estadísticamente inferiores en el contenido de calcio (Ca), con respecto al testigo (Cuadro 2). A pesar de lo anterior, en todos los casos se observó un nivel alto de este nutriente, el cual se ha observado en niveles máximos de 1.75% en las hojas de los árboles en huertas de nogal con uso alto de insumos (MSU, 2020). Los niveles de calcio en la nuez fueron altos por la acumulación normal en suelos ricos en calcio, aunque ésto pudo interferir con la absorción de otros elementos.

El contenido de magnesio fue alto en la mayoría de los tratamientos (0.69 – 0.75%) y únicamente en el tratamiento con fertilización media (T2) presentó un nivel significativamente inferior (0.65%). Los resultados mostraron que todos los valores de Mg superaron los niveles recomendados para huertas de nogal de alta productividad (0.30 a 0.60%) (MSU, 2020). En el caso del cobre, se registraron valores altos y estadísticamente iguales en los tratamientos de fertilización media (T2) (23.9 ppm) y luego decreció en el nivel alto (T3) (20.6 ppm). A pesar de lo anterior, todos los tratamientos mostraron niveles

que sobrepasaron las recomendaciones de fertilización con magnesio en nogal (6 a 30 ppm) (MSU, 2020).

Cuadro 2. Concentración nutrimental en frutos de nogal pecanero con diferentes tratamientos de fertilización.

Tratamiento	N total	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn
			(% )			(ppm)		
T1	2.3 <sup>b</sup>	0.33	1.6 <sup>a</sup>	3.1 <sup>c</sup>	0.72 <sup>ab</sup>	18.9 <sup>bc</sup>	120.9 <sup>ab</sup>	75.2 <sup>ab</sup>
T2	<b>2.6<sup>a</sup></b>	0.29	<b>1.6<sup>ab</sup></b>	3.4 <sup>b</sup>	0.65 <sup>b</sup>	<b>23.9<sup>a</sup></b>	<b>124.4<sup>a</sup></b>	<b>79.1<sup>a</sup></b>
T3	2.5 <sup>ab</sup>	<b>0.33</b>	<b>1.6<sup>a</sup></b>	3.1 <sup>b</sup>	<b>0.75<sup>a</sup></b>	20.6 <sup>ab</sup>	103.3 <sup>b</sup>	72.5 <sup>b</sup>
Testigo	1.9 <sup>c</sup>	0.29	1.4 <sup>b</sup>	<b>5.6<sup>a</sup></b>	0.69 <sup>ab</sup>	15.9 <sup>c</sup>	64.6 <sup>c</sup>	62.6 <sup>c</sup>

<sup>a-c</sup>Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

Se detectaron niveles significativamente altos de hierro (Fe) en los tratamientos T1 (120.9 ppm) y T2 (124.4 ppm), mientras que en el testigo el nivel fue estadísticamente inferior (64.6 ppm). El hierro mostró niveles aceptables en todos los tratamientos bajo estudio, conforme a las recomendaciones (50-300 ppm), aunque el tratamiento testigo registró un nivel cercano al límite inferior. El zinc (Zn) registró los niveles más altos y estadísticamente iguales en los tratamientos T1 (75.2 ppm) y T2 (79.1 ppm), mientras que en el testigo el nivel fue significativamente inferior (62.6 ppm). El contenido de Zn mostró niveles aceptables en todos los tratamientos, aunque el testigo registró un valor bajo pero dentro del intervalo recomendado para tejido foliar de nogal (60 – 150 ppm). Los tratamientos experimentales de fertilización, en combinación con el programa regular de aplicaciones foliares de nutrientes, fortalecieron la nutrición del nogal, lo que favorecerá la calidad nutricional y probablemente, la calidad comercial de los frutos. Lo anterior, se debe combinar con el suministro hídrico apropiado para lograr incrementos en el rendimiento y calidad de la nuez.

### CONCLUSIONES

Los niveles altos de macronutrientes presentes en los tratamientos experimentales de fertilización no se vio reflejado en el tamaño momentáneo de la nuez en las etapas iniciales del llenado de los frutos. Las dosis experimentales de fertilización, combinadas con las aplicaciones regulares de varios elementos en la huerta, fortalecieron acumulación de varios minerales considerados como nutrientes en el fruto de nogal pecanero. Los programas regulares de fertilización en Durango, cumplen con las recomendaciones para el suministro de los minerales requeridos por el nogal, aunque esto debe combinarse con el suministro apropiado de agua.

**Agradecimientos.** Se agradece al INIFAP el apoyo otorgado para el desarrollo del presente estudio a través del proyecto 11174536427: “Manejo nutrimental y aplicación de estimuladores para aumentar el tamaño del fruto en nogal pecanero en la zona productora de Durango”.

## REFERENCIAS

- Anchondo, A. 2022. Manejo del nitrógeno. PACANA 39: 28-31.
- Arreola, A. A. y J. I. Reyes. 2002. Tecnología de producción del nogal pecanero. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-CIRNOC- Campo Experimental La Laguna. Matamoros, Coah., México. 220 p.
- Medina G., G., G. Díaz P., J. López H., J. A. Ruiz C. y M. Marín S. 2005. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Durango (Periodo 1961-2003). Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Dgo. México. 224 p.
- MSU (Mississippi State University). 2020. Fertilizing pecan trees. Stafne, E. T., R. A. Melanson, and J. Wilson. MS, USA. 4 p.
- Nesbitt, M. L. 2020. Home pecan production tips. AgriLIFE Extension. Texas A&M System. 4 p. <https://wise.agrilife.org/files/2020/02/Home-Pecans.pdf>
- NMU (New Mexico State University). 2005. Pecan orchard fertilization. Byford, R. (Reviewer). Cooperative Extension Service. 4 p. Consulted online 05/08/2024. [https://pubs.nmsu.edu/\\_h/H602.pdf](https://pubs.nmsu.edu/_h/H602.pdf)
- Ojeda B., D. L., V. F. Fernández, E. S. Chávez y H. R. Rodríguez. 2009. Manejo de la nutrición y fertilización en el cultivo del nogal pecanero. Temas Modernos de Nutrición Vegetal. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. 200 p. Texcoco, México. ISBN: 978-607-95106-2-6
- Plenecassagne, A., E. Romero-Fierro y C. López-Borrego. 1997. Manual de Laboratorio, análisis de suelos, aguas, plantas, Gómez Palacio: CENID RASPA. Gómez Palacio, Dgo., México.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Anuario estadístico de la producción agrícola. Documento consultado en línea. 21 de julio de 2024. [https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/)
- Wells, M. L. 2011. Nitrogen availability in pecan orchard soil: implications for pecan fertilizer management. Hortscience 46(9): 1294-1297. doi: 10.21273/HORTSCI.46.9.1294
- Yáñez-Muñoz, R. M., J. M. Soto-Parra, A. Acevedo-Barrera y J. B. Flores-Plascencia. 2018 Fenología del nogal. PACANA 18: 28-31.

## ADAPTABILIDAD DEL NOGAL EN EL NORTE-CENTRO DE MÉXICO ESTABLECIDA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SUPERPOSICIÓN ADITIVA Y PONDERADA DE CAPAS

Sierra Z. D.<sup>1\*</sup>; Rosales S. R.<sup>1</sup>; Santana E. S.<sup>2</sup> y Becerra L. J. L.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>INIFAP – Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango – El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. <sup>2</sup>INIFAP – Campo Experimental La Laguna. Boulevard José Santos Valdéz 1200 Pte. Matamoros, Coah., México. C. P. 27440. <sup>3</sup>Laboratorio de Cambio Climático y Conservación de Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. Av. Universidad S/N Fracc. Filadelfia, Gómez Palacio, Dgo., México. C. P. 35020. \*e-mail: sierra.donaji@inifap.gob.mx

### RESUMEN

El nogal [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] es una planta arborea importante en el norte de México. El objetivo fue establecer la adaptabilidad del nogal en el norte-centro de México mediante el análisis de superposición aditiva y ponderada de capas. Se consideraron los estados de Chihuahua, Durango y Coahuila, de los cuales, se obtuvo el mapa con los municipios para aislar el área de estudio. Se utilizó la superposición aditiva y ponderada de capas, mediante la obtención de puntos con presencia de nogal (305), los cuales, se georeferenciaron y se obtuvieron los atributos productivos. La elevación en la que se cultiva nogal fluctuó entre 1,200 y 2,000 m. Además, se registró el uso de suelo y vegetación, presencia de agua subterránea, tipos de suelo y humedales. Los mapas y capas obtenidas se transformaron, ajustándolos a un tamaño de pixel de 30 arco-segundos. Se obtuvieron 19 capas bioclimáticas disponibles en la base de datos WorldClim ver. 2.1, con resolución de 30 arco-segundos. La información se utilizó en un análisis de correlación bivariada para disminuir la colinealidad entre variables; por lo que, se omitieron las que mostraron valores altos de correlación ( $r \geq 0.65$ ). Se generaron modelos de predicción MaxEnt 3.4.1 y mapas de idoneidad del hábitat. El análisis de superposición aditiva incluyó 12 variables cuantitativas, para obtener las frecuencias de ocurrencia en cada pixel, ajustado a 30 arco-segundos. Se reclasificaron los perfiles de cada variable, con jerarquía alta para las que tuvieron número alto de frecuencias en los pixeles, para luego procesarlas en la calculadora raster del programa ArcMap. Los factores ambientales relacionados con valores altos de idoneidad para el establecimiento de huertas de nogal fueron: disponibilidad de agua subterránea (63.2%; profundidades entre 50 y 200 m) y altitud, con 62.8% del área total de estudio (1,200 y 2,000 m). Lo anterior, se relacionó con una selección adecuada de sitios para el establecimiento de nogaleras, en cuanto a requerimientos térmicos y combinación obligada con disponibilidad de agua, para satisfacer las necesidades hídricas del nogal. Las plantaciones del nogal en el norte-centro de México requieren extracción anual de agua entre 1,000 a 2,000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, lo que compromete la disponibilidad hídrica para otras necesidades humanas y animales. Los factores menos importantes fueron: uso de suelo (5.8%), presencia de humedales (3.1%) y algunas variables climáticas (3.5%). El uso del suelo se tornó similar en todas las áreas productoras del nogal, debido a que la mayoría son considerados para uso agrícola, aunque estén en abandono (tierras en descanso) y exista presencia de arbustos endémicos. La superposición aditiva y ponderada de capas facilitó el análisis objetivo del sistema productivo de nogal en México y generó áreas reducidas de idoneidad para el establecimiento de huertas de nogal en Coahuila, Chihuahua y Durango. La producción de nuez en el norte-centro de México, ha generado un sistema de producción endeble; el cual,



es soportado artificialmente con la sobre-explotación de las fuentes de agua. Se debe considerar el ordenamiento productivo del nogal y otras especies, con base en el balance hídrico regional.

**Palabras clave.** Sostenibilidad, agua, productividad, calidad, ordenamiento productivo.

### ABSTRACT

The pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] is an important tree plant in north-central México. The objective was to establish the adaptability of pecan tree in north-central México through additive and weighted layer superposition analysis. The study area included the states of Chihuahua, Durango and Coahuila, from which the map with the municipalities was obtained to isolate the study area. The additive and weighted superposition of layers was used, by obtaining points with the presence of pecan orchards (305), which were georeferenced, and its productive attributes were obtained. The elevation at which pecan tree is grown fluctuated between 1,200 and 2,000 m. In addition, the use of the soil and vegetation type, presence of groundwater, soil profiles and wetlands were obtained. The maps and layers were transformed, adjusting them to a pixel size of 30 arc-seconds. 19 bioclimatic layers available in the WorldClim ver. 2.1 database were obtained with a resolution of 30 arc-seconds. The information was used in a bivariate correlation analysis to reduce collinearity between variables; therefore, those that showed high correlation values ( $r \geq 0.65$ ) were omitted. Prediction models and habitat suitability maps were generated using the MaxEnt 3.4.1. software. The additive superposition analysis included 12 quantitative variables, used to obtain the frequencies of occurrence in each pixel, adjusted to 30 arc-seconds. The profiles of each variable were reclassified, giving higher hierarchy for those that had a high number of frequencies in the pixels, to later process them in the raster calculator of the ArcMap computer software. The environmental factors related to high suitability values for the establishment of walnut orchards were groundwater availability (63.2%; depths between 50 and 200 m) and altitude, with 62.8% of the total study area (1,200 and 2,000 m). These factors were related to an adequate selection of sites for the establishment of pecan trees, in terms of thermal requirements and mandatory combination with water availability, to satisfy the water needs of the walnut tree. Walnut orchards in north-central México require annual water extraction between 1,000 to 2,000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, which reduce water availability for other human and animal needs. The least important factors were land use (5.8%), presence of wetlands (3.1%) and some less important climatic variables (3.5%). The use of the land became similar in all the pecan producing areas, because the majority are considered for agricultural use, although some plots are abandoned (land in rest) and the presence of endemic shrubs is common. The weighted superposition of layers facilitated the objective analysis of the pecan production system in México and generated reduced areas of suitability for the establishment of pecan orchards in Coahuila, Chihuahua and Durango. Pecan production in north-central México has generated a weak production system, which is artificially supported by the over-exploitation of water sources. The productive organization of the walnut tree and other species must be considered, based on the regional water balance.

**Key words.** Sustainability, water availability, productivity, nut quality, productive organization.

## INTRODUCCIÓN

El nogal [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] es cultivado en áreas amplias de los estados de Chihuahua (104,088 ha), Coahuila (22,511 ha) y Durango (10,399 ha). Los rendimientos promedio en dichas entidades oscilan entre 1.04 t/ha en Coahuila y 1.47 t/ha en Durango (SIAP, 2024). La demanda de nuez, precios pagados al productor y necesidad de cultivos alternativos para la reconversión productiva, favorecieron la ampliación de la superficie cultivada con nogal en el norte-centro de México. Se considera que el nogal tiene requerimientos hídricos altos, que pueden alcanzar los 1,524 mm (60 pulgadas) (U of G, 2016); lo cual, incrementó el nivel de competencia por agua en áreas del semidesierto donde este recurso es limitado. En algunos sitios de la región norte-centro se estableció que el nogal requiere entre 13.3 m<sup>3</sup> y 15.7 m<sup>3</sup> de agua para producir un kilogramo de nuez (Ríos y Navarrete, 2017).

El cultivo del nogal ha incrementado la competencia por agua entre la agricultura (67.5%) y el uso público urbano (14.6%), industrial (3.1%), generación de energía (4.5%), pecuario (0.26%) y doméstico (0.04%) (CONAGUA, 2024). El nogal requiere necesariamente agua de riego para su producción y esta necesidad, se incrementa en áreas áridas y semiáridas, debido a que más del 80% del requerimiento hídrico debe ser suministrado mediante la aplicación de riego. Lo anterior, genera competencia por recursos hídricos entre cultivos agrícolas y otras demandas de agua generadas por las poblaciones humanas, vegetales y animales. Es necesaria la evaluación de la adaptabilidad del nogal en los estados del norte-centro de México y el estudio de las repercusiones que tendrá el cultivo de esta especie en la sostenibilidad de la producción agropecuaria y forestal en dicha región. Lo anterior, requiere el estudio conjunto de varios factores para establecer la respuesta observada actualmente y la sostenibilidad futura del cultivo de huertas de nogal en el norte-centro de México.

La superposición aditiva y ponderada, es una herramienta que se usa para combinar las geometrías de varias capas de información en una sola, con una escala única y definida. Para ello, se debe establecer una escala de medición común y ponderada según su importancia, para luego agregar los datos de forma conjunta y generar un análisis integrado (Esri, 2024). Lo anterior, permite tomar decisiones con nivel mayor de certidumbre en comparación con las determinaciones realizadas mediante información individual, limitada y sin transformación y ponderación. El objetivo del presente estudio fue establecer la adaptabilidad del cultivo del nogal en el norte-centro de México mediante el análisis de superposición aditiva y ponderada de capas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Registros.** Los registros de huertas de nogal fueron obtenidos (SIAP, 2024) y depurados, hasta obtener 379 registros en municipios importantes en la producción de nogal en los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango. Debido a la cercanía de los registros (aglomerados), se realizó el procedimiento de adelgazamiento de presencias (Vollering *et al.*, 2019), el cual consiste en la aplicación de circunferencias (Buffers), cuyo punto central fue la georreferencia del registro de huerta de nogal y se agregó un diámetro de 2 km. En los casos de traslape de los diámetros de registros adyacente, se eliminó aleatoriamente uno de ellos, para evitar sesgo aglomerativo. Finalmente se consideraron únicamente 305 registros; de los cuales, se obtuvo la información de georeferencia y atributos productivos.

**Área de estudio.** El área de estudio consideró los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango. Para establecer el área específica, se inició con la descarga del mapa con los municipios de México (1:2 000 000) (INEGI: <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>), en el cual se aisló el área específica de estudio. **Elevación:** La capa de elevación constó de un

archivo shapefile con vectores tipo polilíneas, escala 1:50,000 (INEGI, <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>). El mapa se transformó a un archivo de gradiente altitudinal 3D-TIN, en píxeles, ajustando el tamaño de pixel a 30 arco-segundos (1 km<sup>2</sup> por pixel). Se extrajo la información de los registros para identificar la altitud en la que se cultiva el nogal y va de los 1,200 a 2,000 metros. **Usos de suelo.** Se obtuvo la carta uso de suelo y vegetación serie VII, escala 1: 250,000 (INEGI, <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>). Se seleccionaron los vectores de tipo poligonal de los usos de suelo donde se encuentran los registros de nogal, estos son: áreas de cultivos anuales, áreas de agricultura con cultivos perennes, áreas de agricultura bianuales y algunos sitios con vegetación halófila xerófila y matorral desértico rosetófilo.

**Perfiles de suelo.** Se consideró la carta edafológica, escala 1:250,000 (INEGI, <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825266707>). Se seleccionaron los perfiles geológicos: aluvial, sedimentario, roca ígnea extrusiva y suelo lacustre. Se consideró el perfil completo, considerando la clasificación primaria, secundaria y terciaria.

**Modelo de idoneidad bioclimática.** Se obtuvieron 19 capas bioclimáticas disponibles en WorldClim database versión 2.1 (Fick y Hijmans, 2017), con una resolución espacial de 30 arco-segundos. Se realizó un análisis de correlación bivariada con el fin de disminuir la colinealidad entre las variables de entrada (Merow *et al.*, 2013). Se omitieron las variables que tuvieron valores altos de correlación ( $r = 0.65$ ) y se eligieron las que presentaron variación alta desde el punto de vista biológico. Las variables seleccionadas fueron la precipitación media anual (Bio1), rango de la temperatura media diurna (Bio2), temperatura media del cuartil más húmedo (Bio8), temperatura media del cuartil más seco (Bio9), temperatura media del cuartil más cálido (Bio10), precipitación anual (Bio12), precipitación del mes más húmedo (Bio13), precipitación del mes más seco (Bio14), precipitación estacional (Bio15) y precipitación del mes más frío (Bio19).

Se implementó el modelado en MaxEnt 3.4.1 (Phillips *et al.*, 2006) y se generaron mapas de idoneidad del hábitat a escala de cero (baja idoneidad) a uno (alta idoneidad) (Elith *et al.*, 2011). Se calibró el modelo con base en la selección del área seleccionada (background), tipo de variables que MaxEnt genera y tipo de salida del modelo empleado, ya que estos parámetros afectan las inferencias que se realicen a partir del mismo (Merow *et al.*, 2013). La precisión del modelo se evaluó utilizando el Área Bajo la Curva (AUC), para evitar errores por omisión o comisión. El error por comisión predice la presencia de la especie donde no existe (falso positivo) y una omisión predice ausencia de la especie donde si existe (falso negativo), este valor AUC se obtuvo dentro de los resultados de Maxent para cada modelo obtenido.

**Humedales.** De igual forma, se consideró la información disponible para conocer la localización y distribución de las áreas potenciales para la presencia de humedales (sitios que, por sus características ecológicas como vegetación, suelo, agua y pendiente, tienen la capacidad de albergar un humedal) (<https://www.inegi.org.mx/temas/humedales/>). La información de los registros se extrajo del archivo vectorial tipo poligonal, y fue ajustada a 30 arco-segundos (equivalentes a 1 km<sup>2</sup> por pixel) y las áreas seleccionadas como posibles humedales dentro de los registros de presencia de nogal.

**Agua subterránea.** Se consideraron los registros de agua subterránea del Conjunto Nacional de Aguas subterráneas, escala 1:250,000 Serie II (INEGI, <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463598411>). Con la información de los vectores de tipo poligonal, se realizó una interpolación kriging considerando la variable de profundidad de agua subterránea; para lo anterior, fue

necesario convertir la capa a raster (archivo de imagen medido por píxeles) y se ajustó el píxel a 30 arco-segundos ( $1 \text{ km}^2$  por píxel). Además, se identificó que cuerpos de agua subterránea se encuentran en estado activo de extracción (pozos) dentro del área de estudio. Se consideró la capa de agua subterránea, debido a que los árboles de nogal requieren la explotación de los mantos freáticos para irrigación.

**Análisis de superposición aditiva (ASA).** El análisis de superposición aditiva incluyó las variables cuantitativas (Bio1, Bio2, Bio8, Bio9, Bio10, Bio12, Bio13, Bio14, Bio15, Bio19, elevación y agua subterránea), debido a que algunas fueron excluidas para evitar multicolinealidad. La información de las variables cuantitativas para cada punto de ocurrencia de nogal se obtuvo mediante la herramienta de extracción de puntos del software ArcMap. Una vez seleccionadas las variables de entrada, se procedió a analizar las frecuencias de ocurrencia de cada píxel, el cual fue ajustado a 30 arco-segundos ( $1 \text{ km}^2$  por píxel) por cada variable, dentro del área de estudio y se eliminaron las que se encontraron fuera de la curva de ocurrencia (valores atípicos). Las frecuencias para las variables depuradas se les consideró como los perfiles (intervalo ajustado para cada variable en sitios con presencia de nogal). Se reclasificaron los perfiles de cada variable, con jerarquía mayor para las que tuvieron un número más alto de frecuencias. La reclasificación estandarizó los valores para cada variable, homogeneizando cada una para después ser procesadas en la calculadora raster del software ArcMap. Este algoritmo proporcionó una sumatoria de la reclasificación por variable, y finalmente se obtuvo un mapa de idoneidad en porcentaje, donde la cercanía a 1 representa idoneidad alta; mientras que, la cercanía a 0 se relacionó con idoneidad baja.

Las variables categóricas (tipo y uso de suelo) fueron comparadas con el análisis de superposición aditiva y se identificaron sitios con idoneidad alta, como aquellos con la mayor probabilidad de presencia de las huertas de nogal; ya que, cumplen con los requerimientos agroecológicos para el cultivo de esta especie.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los factores ambientales que se relacionaron con una extensión mayor del área de idoneidad para el establecimiento de huertas de nogal fueron: disponibilidad de agua subterránea con 63.2% (profundidades entre 50 a 200 m) y altitud, con 62.8% del área total de estudio (1,200 y 2,000 msnm). Lo anterior, se relacionó con una selección adecuada de sitios para el establecimiento de nogaleras, en cuanto a requerimientos térmicos para la adaptación, aunque lo anterior, tuvo que ser, necesariamente, combinado con el conocimiento y satisfacción de las necesidades hídricas de la especie. Con base en lo anterior, se demostró que se requieren grandes cantidades de agua, de diferentes fuentes para abastecer el requerimiento hídrico del nogal durante la estación de crecimiento ( $1,446 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  a  $2,410 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) (Cruz *et al.*, 2023). Sí se considera la precipitación pluvial registrada en las áreas más comunes para la plantación del nogal, puede decirse que se requiere una extracción anual entre  $1,000$  a  $2,000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , lo que compromete la disponibilidad de agua para otros requerimientos humanos y animales.

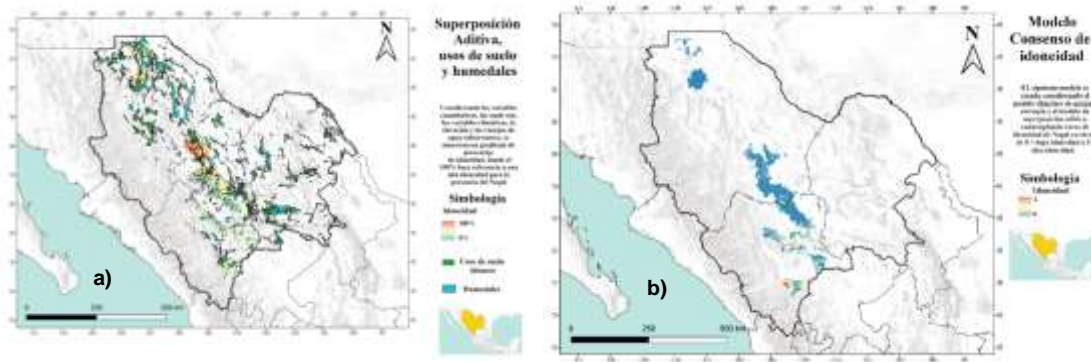


Figura 1. Mapas de idoneidad a) con superposición de tipos de uso-humedales y b) con el análisis de aditividad ponderada de capas.

Las capas que presentaron menor extensión del área de estudio fueron: uso de suelo (5.8%), humedales (3.1%) y algunas variables climáticas de importancia reducida (3.5%). Los resultados mostraron que las opciones en el uso del suelo fueron similares en todas las áreas productoras del nogal, debido a que la mayoría son considerados como de uso agrícola. Otra opción es que, dicha variable presentó importancia baja, porque otros factores, como el agua de riego, reduce la variabilidad en la respuesta del nogal entre sitios de siembra. Situación similar se registró con la presencia o ausencia de humedales y para la respuesta a algunas variables bioclimáticas.

La superposición aditiva de las variables cuantitativas generó áreas reducidas de idoneidad para el establecimiento de huertas de nogal en el área de estudio, las cuales, son soportadas artificialmente mediante la utilización de agua para el riego, que proviene de fuentes variadas. Es posible considerar que existen áreas que poseen amplios rangos de elevación y presencia de agua subterránea, que favorecen la supervivencia del nogal e incluso presentan áreas con idoneidad para el cultivo de esta especie (Figura 1). Es recomendable analizar las posibilidades de establecer el ordenamiento productivo del área agrícola, basado en la disponibilidad hídrica de cada entidad. Inicialmente se debe analizar el establecimiento de nuevas huertas con nogal, en suelos agrícolas; así como, en sitios con posibilidades para el almacenamiento de agua, por lo tanto, las áreas con traslape de uso de suelo y humedales pueden ser una opción para establecer huertas de nogal, por el tipo de vegetación y escorrentía de agua superficial. Se considera, que es necesario evitar el establecimiento de huertas de nogal en áreas vedadas por la sobre-explotación de los mantos freáticos en áreas con precipitación reducida (< 450 mm).

## CONCLUSIONES

La adaptabilidad y cultivo del nogal en áreas de riego del norte-centro de México ha generado un sistema de producción endeble, que es soportado artificialmente mediante la sobre-explotación de las fuentes de agua existentes en la región. La superposición aditiva y ponderada de capas facilitó el análisis objetivo del sistema productivo de nogal en el norte-centro de México. Se debe considerar el ordenamiento productivo, con base en el balance hídrico a nivel localidad, cuenca, municipio y otras formas de división territorial y ecológica.

**REFERENCIAS**

- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2024. Usos del agua. Consultado en línea 14/06/2024. <https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/UsosAgua/#/industrial>
- Cruz B., F., J. C. Rodríguez, D. G. Reyes M., J. E. López A., and S. Er-Raki. 2023. ¿Cuánta agua requiere el nogal pecanero en la costa de Hermosillo?. VIII Congreso Nacional y I Congreso Internacional de Riego, Drenaje y Biosistemas. COMEII-UAAAN. Saltillo, Coah. pp. 1-12.
- Elith, J., S. J. Phillips, T. Hastie, M. Dudík, Y. E. Chee, and C. J. Yates. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distribution* 17(1): 43-57.
- Esri. 2024. Diccionario SIG de Esri Support. Consultado en línea 14/06/2024. <https://support.esri.com/es-es/gis-dictionary/weighted-overlay>
- Fick, S. E. and R. J. Hijmans. 2017. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37(12): 4302-4315.
- Merow, C., M. J. Smith, and J. A. Silander Jr. 2013. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: What it does, and why inputs and settings matter. *Ecography* 36 (10): 1058-1069.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson, and R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modeling* 190(3-4): 231-259.
- Ríos F., J. L., y C. Navarrete M. 2017. Huella hídrica y productividad económica del agua en nogal pecanero (*Carya illinoensis*) al sur oeste de Coahuila, México. *Estudios de Economía Aplicada* 35(3): 697-715.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Anuario estadístico de la producción agrícola. Consultado en línea 14/06/2024. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- U of G (University of Georgia, Extension). 2016. Pecan water requirements and irrigation scheduling. Consulted on line 14/06/2024. <https://extension.uga.edu/publications/detail.html?number=C1106>
- Vollering, J., R. Halvorsen, I. Auestad, and K. Rydgren. 2019. Bunching up the background betters bias in species distribution models. *Ecography* 42 (10): 1717-1727.

## VIABILIDAD DE SEMILLAS DE CHILE DULCE (*Capsicum annuum* L.) EN RESPUESTA AL ALMACENAMIENTO

Basto P. C.<sup>1\*</sup>; Zavala L. M.<sup>1</sup>; Santamaria B. F.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Sureste, Campo Experimental Mocochoá, km 25 antigua carretera Mérida-Motul, C.P. 97454, Mocochoá, Yucatán, México.

\*Autor de correspondencia: [carolinabasto93@gmail.com](mailto:carolinabasto93@gmail.com)

### RESUMEN

En Yucatán el chile dulce (*C. annuum* L.) es el tercer chile más cultivado después del habanero e xcat ik, sin embargo, las semillas sufren de problemas de viabilidad y vigor, ocasionado por factores como almacenamiento, extracción, humedad entre otros. Por lo cual, el objetivo del estudio fue evaluar la capacidad germinativa de semillas de chile dulce en repuesta al contenido de humedad, temperatura y tipo de empaque. Las semillas fueron equilibradas a 10, 15 y 20 % de humedad, se almacenaron en sobres de papel y herméticos y se mantuvieron a temperatura ambiente, 5 y 10 °C hasta el momento de la evaluación que consistió a los 3 meses posteriores. Se evaluó la germinación (%), TG (germinada día<sup>-1</sup>) y CVG (% día<sup>-1</sup>). La germinación y TG inicial fue de 99 % y 41.94 germinada día<sup>-1</sup> respectivamente. A los 3 meses de almacenamiento las semillas presentaron 98 y 86 % de germinación con una TG entre 33.14 a 24.37 germinada día<sup>-1</sup>. La germinación disminuyó un 13 % respecto a la inicial por lo cual, los factores de humedad, temperatura y tipo de empaque influyeron significativamente sobre la calidad germinativa de las semillas.

**Palabras clave:** *Capsicum annuum*, semillas, germinación.

### ABSTRACT

In Yucatan, the sweet pepper (*C. annuum* L.) is the third most cultivated pepper after the habanero and xcat ik, however, the seeds suffer from viability and vigor problems, caused by factors such as storage, extraction, humidity, among others. Therefore, the objective of the study was to evaluate the germination capacity of sweet pepper seeds in response to moisture content, temperature and type of packaging. Seeds were equilibrated at 10, 15 and 20% humidity, stored in paper envelopes and kept at room temperature, 5 and 10 °C until the evaluation, which took place 3 months later. Germination (%), TG (germinated day<sup>-1</sup>) and CVG (% day<sup>-1</sup>) were evaluated. The germination and initial TG were 99 % and 41.94 germinated day<sup>-1</sup> respectively. After 3 months of storage, the seeds presented 98 and 86 % germination with a TG between 33.14 and 24.37 germinated day<sup>-1</sup>. Germination decreased by 13 % compared to the initial one, therefore, the factors of humidity, temperature and type of packaging significantly influenced the germination quality of the seeds.

**Key words:** *Capsicum annuum*, seeds, germination.

### INTRODUCCIÓN

El chile dulce (*Capsicum annuum* L.) es una de las principales hortalizas que se cultiva en Yucatán, es el tercer chile más cultivado después del habanero e xcat ik, es producido en diferentes sistemas de producción tanto a campo abierto como en agricultura protegida bajo sistema de riego (SIAP, 2024). Sin embargo, uno de los principales problemas es la pérdida de viabilidad y mala germinación de sus semillas (Garraña-Hernández *et al.*, 2014), atribuido a factores como proceso de extracción, almacenamiento, humedad, entre otros, que modifican la calidad fisiológica y vigor de las semillas (Vidigal *et al.*, 2009). Por lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar la capacidad germinativa de semillas de chile

dulce en repuesta al contenido de humedad, temperatura y empaque durante el almacenamiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Mocochoá, Yucatán.

### Obtención de semillas y tratamientos

Las semillas se extrajeron de manera manual, se desinfectaron con cloro al 2% por 3 min y, enseguida, se enjuagaron con agua destilada hasta eliminar el cloro. Posteriormente las semillas se dispusieron en bolsas de tela de tul en desecadores de vidrio herméticas a una temperatura constante de 25 °C hasta que alcanzaron un contenido de humedad de 10, 15 y 20 % en base al peso fresco. Se utilizó la solución de cloruro de litio para equilibrar las semillas en los niveles de humedad.

Cuando se alcanzó el contenido de humedad deseado, las semillas se almacenaron en sobres de papel y herméticos y se mantuvieron a temperatura ambiente, 5 y 10°C hasta el momento de la evaluación que consistió a los 3 meses posteriores.

### Prueba de germinación de semillas

La prueba de germinación se realizó después de 3 meses de almacenamiento. El porcentaje de germinación (%G) se evaluó en 100 semillas (25 semillas por cada caja Petri) por cada tratamiento. Posteriormente las cajas Petri fueron colocadas en una BOD a 16h luz y 8h oscuridad a 25 °C. La evaluación se realizó cada 24h durante 14 días. Con los datos obtenidos se estimó el porcentaje de germinación (%), tasa de germinación (germinadas día<sup>-1</sup>) y coeficiente de velocidad de germinación (% día<sup>-1</sup>).

### Modelo estadístico y análisis de datos

El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial de 3 x 3 x 2, siendo evaluado tres niveles de humedad (10, 15 y 20), tres niveles de temperatura (5, 10 y ambiente) y dos tipos de empaque (papel y hermético) con 4 repeticiones. Los datos en porcentaje fueron transformados con la raíz cuadrada de arcoseno, con los datos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y donde hubo diferencias significativas se realizó una comparación de medias (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ). Los análisis se realizaron en el software Statistica 7 (Statsoft, Tulsa, Ok, USA).



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El chile dulce registró 99 % de germinación inicial con una TG de 41.94 germinadas día<sup>-1</sup> y CVG de 40.92 % día<sup>-1</sup>. En este sentido, las semillas son viables y de buena calidad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Parámetros iniciales de las semillas de chile dulce.

Variables	Inicial
Germinación (%)	99
TG (germinada día <sup>-1</sup> )	41.94
CVG (% día <sup>-1</sup> )	40.92

TG= Tasa de germinación. CVG= Coeficiente de velocidad de germinación.

A los 3 meses de almacenamiento, el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ). El mayor porcentaje de germinación (98 %) se registró con 10 y 15 % CH. A temperatura de 5 y 10 °C, las semillas obtuvieron 99 % de germinación superando a las mantenidas a temperatura ambiente (amb), mientras que las semillas almacenadas en sobres de papel germinaron con 99 % siendo estadísticamente superiores a las almacenadas en sobres herméticos (89 %). En cuanto a la TG se observó que las semillas almacenadas en sobres de papel con humedad de 10 % y temperatura de 5 y 10 °C fueron superiores estadísticamente, registrando valores de 33.14, 31.47, 31.08 y 30.97 germinadas día<sup>-1</sup>, respectivamente (Cuadro 2). Al respecto, Matthews y Khajeh-Hosseini (2006) mencionan que tasas altas indican plantas homogéneas mientras que tasas bajas producen plántulas heterogéneas. En el CVG, el mayor porcentaje (41 % día<sup>-1</sup>) se registró con CH al 10 %, seguido de 31 % día<sup>-1</sup> a temperatura de 5 y 10 °C y las almacenadas en sobres de papel, siendo estadísticamente superiores a los demás tratamientos (Cuadro 2). En este sentido, la germinación disminuyó 13 % respecto a la inicial por lo cual los factores de humedad, temperatura y tipo de empaque influyeron significativamente sobre la calidad germinativa de las semillas. Al respecto, Linkies *et al.* (2010) mencionan que las condiciones de almacenamiento están altamente relacionadas con el deterioro en la viabilidad de las semillas.

**Cuadro 2.** Viabilidad de semillas de chile dulce en relación al contenido de humedad (CH), temperatura y tipo de almacenamiento a los 3 meses.

Variables	CH (%)			Temperatura (°C)			Almacenamiento	
	10	15	20	5	10	Amb	Papel	Hermético
Germinación (%)	98 a	98 a	86 b	99 a	99 a	85 b	99 a	89 b
TG (germinada día <sup>-1</sup> )	33.14 a	27.44 b	26.34 c	31.47 a	31.08 a	24.37 b	30.97 a	26.97 b
CVG (% día <sup>-1</sup> )	41 a	24 b	23 b	31 a	31 a	26 b	31 a	28 b

TG= Tasa de germinación. CVG= Coeficiente de velocidad de germinación. Amb= ambiente. Literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey;  $P \leq 0.05$ ).

### CONCLUSIONES

Los factores de humedad, temperatura y tipo de empaque modificaron significativamente la calidad germinativa de las semillas. Las semillas con menor contenido de humedad, mantenidas a temperaturas de 5 y 10 °C y almacenadas en sobres de papel durante 3 meses presentaron mayor viabilidad durante el almacenamiento.

### REFERENCIAS

- Garruña-Hernández, R., Latournerie-Moreno, L., Ayala-Garay, O., Santamaría, J. y Pinzón-López, L. (2014). Acondicionamiento pre-siembra: una opción para incrementar la germinación de semillas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agrociencia* 48: 420-422.
- Linkies, A., Graeber K., Knight C. & Leubner-Metzger G. (2010). The evolution of seeds. *New Phytologist*, v. 186, p. 817–831.
- Matthews, S. and Khajeh-Hosseini, M. (2006). Mean germination time as indicator of emergence performance in soil of seed lots of maize (*Zea mays*). *Seed Science and Technology* 34:339-347.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> [consultado el 10 de julio de 2024].
- Vidigal, D., Dias, D., Von-Pinho, E.R.V. and Dias, L.A.S. (2009). Sweet pepper seed quality and lea-protein activity in relation to fruit maturation and post-harvest storage. *Seed Science and Technology*. 37: 192-201.

## EFFECTO DE CALENDARIOS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO DE GENOTIPOS DE TRIGO DURO EN EL NOROESTE DE MÉXICO

Marroquín M. J. A.<sup>\*</sup>; Borbón G. A.; Chávez V.G.; Fuentes D.G.; y Cantúa A. J. A.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug. km. 12. Cajeme, Obregón, Sonora, México.  
[marroquin.jose@inifap.gob.mx](mailto:marroquin.jose@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

La producción de trigo en México enfrenta desafíos debido a la escasez de agua para riego, por lo que es necesario generar información evaluando genotipos con mayor tolerancia al déficit hídrico. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de nuevas variedades y líneas experimentales de trigo cristalino bajo condiciones de riego normal y riego limitado en el sur de Sonora, así como su impacto en el rendimiento del cultivo bajo riego por gravedad en el noroeste de México. Una de las principales limitantes para el cultivo de trigo en el sur de Sonora es la cantidad de agua, ya que puede requerir hasta cuatro riegos de auxilio, que en promedio suman un total de 85 cm de lámina (8.5 millares de m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>). Durante el ciclo otoño-invierno 2022-2023, en el Valle del Yaqui, Sonora, se evaluaron tres regímenes de riego (2, 3 y 4 riegos de auxilio) utilizando las variedades comerciales (CIRNO C2008, CENEB ORO C2017, DON LUPE C2020, NOROESTE C2021 y ROELY HP C2022) y dos líneas avanzadas (STOT//ALTAR y TARRO\_1/2\*YUAN). Las variables evaluadas fueron rendimiento de grano, días a floración, días a madurez fisiológica, altura de planta, peso de mil granos y peso hectolítrico. Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. El análisis de varianza reveló diferencias altamente significativas en el rendimiento entre los diferentes regímenes de riego. Los mayores rendimientos de grano se obtuvieron con el tratamiento de cuatro riegos de auxilio. Además, se demostró que las líneas avanzadas mantuvieron e incluso superaron a las variedades comerciales en algunos componentes de rendimiento como altura de planta, peso de mil granos y peso hectolítrico. Se observó que una mayor cantidad de agua aplicada resultó en un incremento en las variables evaluadas.

**Palabras clave:** Riego por gravedad, estrés hídrico, rendimiento.

### ABSTRACT

Wheat production in Mexico faces challenges due to water scarcity for irrigation, making it necessary to generate information by evaluating genotypes with greater tolerance to water

deficit. This study aimed to evaluate the performance of new varieties and experimental lines of durum wheat under normal and limited irrigation conditions in southern Sonora, as well as their impact on crop yield under gravity irrigation in northwestern Mexico. One of the main limitations for wheat cultivation in southern Sonora is the amount of water required, as it may need up to four supplementary irrigations, which on average total 85 cm of water (8.5 thousand  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ). During the autumn-winter cycle of 2022-2023 in the Yaqui Valley, Sonora, three irrigation regimes (2, 3, and 4 supplementary irrigations) were evaluated using commercial varieties (CIRNO C2008, CENEB ORO C2017, DON LUPE C2020, NOROESTE C2021, and ROELY HP C2022) and two advanced lines (STOT//ALTAR and TARRO\_1/2\*YUAN). The variables evaluated were grain yield, days to flowering, days to physiological maturity, plant height, thousand-grain weight, and hectoliter weight. A randomized block design with three replications was used. Analysis of variance revealed highly significant differences in yield between the different irrigation regimes. The highest grain yields were obtained with the four supplementary irrigations treatment. Additionally, it was demonstrated that the advanced lines maintained and, in some irrigation regimes, outperformed the commercial varieties in yield components such as plant height, thousand-grain weight, and hectoliter weight. It was also observed that an increase in the amount of water applied resulted in an increase in the evaluated variables.

**Key words:** Gravity irrigation, water stress, yield.

## INTRODUCCIÓN

México es un país vulnerable a la escasez de agua ya que gran parte del territorio está catalogado como una zona árida y semiárida y esto afecta al 52% de la población (Salinas *et al.*, 1998). En zonas de México donde la sequía es recurrente, aunque la agricultura bajo riego es el principal factor de desarrollo, la competencia por el agua es la principal amenaza para el mismo; por tanto, es necesario que la agricultura de riego disminuya los volúmenes de agua aplicados sin afectar considerablemente el rendimiento en los cultivos (Ojeda, Sifuentes y Unland, 2006). En condiciones de baja disponibilidad y alta competencia por el agua, se requiere una estrategia integral de su manejo para mejorar su productividad (Ojeda *et al.*, 2006). El trigo (*Triticum aestivum* L.) es el segundo cereal con mayor producción en el mundo. En México, el cultivo de trigo alcanza un valor aproximado de 12 mil mdp, cifra que lo coloca como el 10<sup>o</sup> cultivo más importante, al contribuir con el 2.9% del valor de la producción agrícola. En Sonora se siembra anualmente más del 90% de su superficie bajo

riego, teniendo el primer lugar a nivel nacional en la superficie cultivada y producción de trigo duro (SIAP, 2024). Una de las principales limitantes en la producción de trigo en el Valle del yaqui es la baja disponibilidad de agua, por lo que está clasificada dentro de las regiones hidrológicas con alto grado de estrés hídrico, y que, a futuro, deben de considerarse escenarios de mayor escasez (Herrera-Pantoja y Hiscock, 2015). El sur de Sonora, localizado en el Noroeste de México, está catalogada como una región semiárida, ya que se tiene una precipitación anual promedio de 300 mm, que proviene en un 75% aproximadamente de las lluvias de verano y el resto por las lluvias durante los meses de invierno (Minjares *et al.*, 2009). Por lo tanto, se deben implementar acciones dirigidas a optimizar el uso del agua en términos de productividad, conservación y sostenibilidad, adaptándose a diversos escenarios de disponibilidad hídrica (Fererres y Soriano, 2006).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el ciclo otoño-invierno 2022-2023 en terrenos del campo experimental Dr. Norman E. Borlaug del INIFAP, Cd. Obregón, Sonora, localizado en el Block 910 del Valle del Yaqui, se estableció bajo las condiciones de riego por gravedad; en un suelo de textura arcilloso. Se evaluaron las variedades comerciales (CIRNO C2008, CENEBO ORO C2017, DON LUPE C2020, NOROESTE C2021 Y ROELY HP C2022) y dos líneas avanzadas (STOT//ALTAR y TARRO\_1/2\*YUAN) provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Los materiales se evaluaron con tres regímenes de riego (dos, tres y cuatro riegos de auxilio). La siembra se realizó el 15 de diciembre de 2022 en tierra seca y posteriormente se aplicó el riego de nacencia. La parcela experimental fue de dos surcos separados a 80 cm por cinco metros de longitud (8 m<sup>2</sup>) sembrados a doble hilera, con una densidad de siembra de 100 kg ha<sup>-1</sup> de semilla. La fertilización fue de 241 unidades de nitrógeno por hectárea en forma de urea y 52 unidades de fósforo en forma de fosfato monoamónico (MAP). Se aplicó el 50% de fertilizante en presembrado y el resto antes del primer riego de auxilio. Para el manejo de riegos, el control maleza y el combate de plagas y enfermedades se siguieron las recomendaciones de INIFAP. El análisis de la información se realizó en el Software RStudio y se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Para obtener el rendimiento de grano (R), se cosechó el total de la parcela con una trilladora experimental. Las variables agronómicas que se midieron fueron: días a floración (DAF), días a madurez fisiológica (DMF), altura de planta (AP), peso de mil granos (PMG) y peso hectolítrico (PH).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se observa que para el caso de días a floración, madurez fisiológica y altura de planta los valores más bajos se presentaron con el tratamiento de dos riegos de auxilio, lo cual puede ser atribuido al estrés hídrico al que fue sometido el cultivo. Al respecto Buenrostro *et al.* (2022) concluyeron que la cantidad de agua disponible para el desarrollo del cultivo influye directamente en la manifestación de diferencias de DAF, DMF, AP, PMG, PH y R. El peso de mil granos y peso hectolítrico fue mayor para los tratamientos con tres y cuatro riegos de auxilio, esto se debió a que a estos dos tratamientos (3 y 4 RA) se le dieron todas las condiciones hídricas necesarias durante todo el ciclo al cultivo. Estos resultados son similares a los reportados por Martín *et al.* (2011) sobre el efecto de los componentes de rendimiento y la productividad de los genotipos, quienes concluyeron que el peso de mil granos y el peso hectolitrico son componentes esenciales en el rendimiento de grano por metro cuadrado.

**Cuadro 1.-** Comparación de medias (DMS) de variables agronómicas de trigo duro evaluados con dos, tres y cuatro riegos de auxilio en el Campo Experimental Norman E. Borlaug ciclo O-I 2022-2023.

TRATAMIENTOS	GENOTIPOS	DAF	DMF	AP (cm)	PMG (g)	PH (g)
2 RA	CIRNO C2008	83abcd	121fgh	85d	78.8bc	802kl
	CENEB ORO C2017	79g	118i	90bcd	73.8bcd	816fghi
	DON LUPE C2020	82defg	121fgh	87cd	72.9bcd	789m
	NOROESTE C2021	82bcde	123efg	87cd	73.0bcd	807jk
	ROELY HP C2022	82defg	120ghi	89bcd	67.8d	814ghij
	STOT//ALTAR	83bcde	123def	91bcd	73.3bcd	809ijk
	TARRO_1/2*YUAN	83bcd	119hi	86d	71.4cd	787m
3 RA	CIRNO C2008	84abcd	123def	87cd	83ab	817fgh
	CENEB ORO C2017	80fg	123def	98a	77bcd	834ab
	DON LUPE C2020	82defg	124bcdef	90bcd	73bcd	802kl
	NOROESTE C2021	83bcd	124abcde	88cd	73bcd	821efg
	ROELY HP C2022	82defg	124cdef	93abc	68d	829bcd
	STOT//ALTAR	83bcde	126abcd	95ab	80bc	826cde
	TARRO_1/2*YUAN	83abcd	123def	90bcd	72cd	798l

	CIRNO C2008	86a	127ab	87cd	90a	822def
	CENEB ORO C2017	80efg	124def	96ab	75bcd	839a
	DON LUPE C2020	83bcde	126abcd	90bcd	80bc	813hij
4 RA	NOROESTE C2021	85ab	127abc	87cd	72abc	832abc
	ROELY HP C2022	82cdef	125abcde	93abc	72cd	833abc
	STOT//ALTAR	84abc	128a	95ab	79bc	834ab
	TARRO_1/2*YUAN	86a	125abcde	90bcd	81abc	812
	CV (%)	0.94	0.77	2.29	4.27	0.292
	DMS ( $p \leq 0.05$ )	2.41	2.95	6.45	10.07	7.45

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; RA: Riego de auxilio; DAF: Días a floración; DMF: Días a madurez fisiológica; AP: Altura de planta; PMG: Peso de mil granos; PH: Peso hectolitrico; CV= Coeficiente de variación; DMS= Diferencia mínima significativa, Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

En el Cuadro 2 se presenta el rendimiento obtenido en los materiales evaluados. Se observa que los mayores rendimientos de grano se obtuvieron con el tratamiento de cuatro RA, para el caso de CIRNO C2008, DON LUPE C2020, NOROESTE C2021 Y ROELY HP C2022 fueron estadísticamente ( $p \leq 0.05$ ) igual en los tratamientos con tres y cuatro RA. Es importante mencionar que las líneas (STOT//ALTAR y TARRO\_1/2\*YUAN) superaron en rendimiento al testigo comercial (CIRNO C2008) en los tratamientos de 3 y 4 RA, estos datos son similares a lo reportado por Paquini-Rodríguez *et al.* (2016) quienes encontraron porcentajes bajos de rendimiento al pasar de riego normal a riego restringido en Celaya, Guanajuato. Para el caso de 2 RA los rendimientos se mantuvieron similares para todos los genotipos evaluados. Todos los materiales utilizados en este experimento se evaluaron por segundo año y presentaron rendimientos similares en ambos ciclos agrícolas.

El tratamiento con dos RA presentó en todos los genotipos un rendimiento entre 10 y 20% menor al de los tratamientos con tres y cuatro riegos, respectivamente. Moreno-Ramos *et al.* (2010) mencionaron que es factible obtener rendimientos adecuados con sólo tres riegos, en lugar de los cuatro que actualmente se aplican en la región del Noroeste de México. La lámina neta total de riego aplicada para cada uno de los tratamientos fue: 45, 58 y 75 cm para los tratamientos con dos, tres y cuatro RA.

**Cuadro 2.-** Comparación de medias (DMS) del rendimiento de grano de siete genotipos de trigo duro, evaluados con dos, tres y cuatro riegos de auxilio en el Campo Experimental Norman E. Borlaug ciclo O-I 2022-2023.

RA	CIRNO C2008	CENEB ORO C2017	DON LUPE C2020	NOROESTE C2021	ROELY HP C2022	STOT//A LTAR	TARRO_1/2* YUAN
2	6590b	6448b	6494b	6539b	6429b	6556c	6654c
3	7604a	7363b	7452ab	7915a	7769a	7975b	7604b
4	8331a	8359a	8159a	8486a	8486a	9112a	8448a
CV (%)	3.8	4.38	6.16	2.86	3.68	3.02	3.78
DMS (p ≤ 0.05)	831.4	941.6	1321.83	636.74	808.62	692.44	833.04

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; RA: Riego de auxilio; CV= Coeficiente de variación; DMS= Diferencia mínima significativa, Tukey (p ≤ 0.05).

## CONCLUSIONES

Es posible producir trigo con dos riegos de auxilio y obtener rendimientos similares a la media regional. Sin embargo, esto dependerá de la variedad, tipo de suelo y manejo agronómico del cultivo. Es importante mencionar que el programa de mejoramiento genético de trigo del CENEB actualmente cuenta con STOT//ALTAR y TARRO\_1/2\*YUAN, dos líneas experimentales con la capacidad de superar el rendimiento de las variedades comerciales que se establecen en la región.

## REFERENCIAS

- Buenrostro-Rodríguez, J. F., Covarrubias-Prieto, J., Solís-Moya, E., Ledesma-Ramírez, L., Cervantes-Ortiz, F., Mandujano-Bueno, A., Raya-Pérez, J. C., & Gámez-Vázquez, A. J. 2022. Impactos del ambiente y riego restringido en el rendimiento de grano de trigo en Guanajuato, México. *Revista fitotecnia mexicana*, 45(1), 65-73.
- Fereres, E., y M.A. Soriano. 2006. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *J. Exp. Bot. Integrated Approaches to Sustain and Improve Plant Production Under Drought Stress, Special Issue*. pp: 1-13.
- Herrera-Pantoja, M. y Hiscock, K. M. 2015. Projected impacts of climate change on water availability indicators in a semi-arid region of central Mexico. *Environ. Sci. Policy*. 54(12):81-89.
- Martín G. O., S. N. Agüero, J. R. Toll Vera, M. G. Nicosia, M. M. Fernández y J. Lucas (2011) Componentes del rendimiento y productividad, de trigo cultivado en secano en la llanura subhúmeda-húmeda de Tucumán. In: *Avances en la Producción Vegetal y Animal del NOA. 2009-2011*. E. L. Ulla y J. A. Rodríguez R. (eds.). Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán. San Miguel de Tucumán, Argentina. pp:332-337.
- Minjares L. José y Salmón C.Roberto. 2009. Índice económico para el manejo interanual del agua: caso del Distrito de Riego 041 Río Yaqui, México. *Ingeniería hidráulica en México*, vol. XXIV, no. 41-54.



- Moreno-Ramos O. H., J. Rodríguez-Casas, E. P. Canseco-Vichis, E. C. Martín, H. Herrera-Andrade y A. Turrent F. (2010) Época de aplicación del primer riego y densidad de plantas en el cultivo de trigo. *Biotecnía* 12:32-41.
- Ojeda-Bustamante, W., Sifuentes-Ibarra, E. y Unland W. H. (2006). Programación integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa, México. *Agrociencia*, 40(1), 13-25.
- Ojeda B. W., Sifuentes I. E. y Unland W. H. 2006. Programación integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa, México. *Agrociencia*. 40: 13-25.
- Paquini-Rodríguez, S. L.; Benítez-Riquelme, I.; Villaseñor-Mir, H. E.; Muñoz-Orozco, A. and Vaquera-Huerta, H. 2016. Incremento en el rendimiento y sus componentes bajo riego normal y restringido de variedades mexicanas de trigo. *Rev. Fito. Mex.* 39(4):367-378.
- Salinas-Zavala, C. A. et al., "La aridez en el noreste de México. Un análisis de su variabilidad espacial y temporal", *Atmósfera*, vol. 11, núm. 1, 1998, p. 29-44.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2024. Anuario estadístico de la producción agrícola 2022 en México. <http://www.siap.gob.mx> (consultado en junio de 2024).

## EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE TRIGO HARINERO CON DIFERENTES REGÍMENES DE HUMEDAD EN EL SUR DE SONORA

### EVALUATION OF BREAD WHEAT GENOTYPES ON PLANTING DATES IN SOUTH SONORA

Borbón-Gracia Alberto<sup>1\*</sup>, Marroquín-Morales José Ángel<sup>1</sup>, Chávez-Villalba Gabriela<sup>1</sup>, Fuentes-Dávila Guillermo<sup>1</sup> y Alvarado-Padilla Jorge Iván<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug. km. 12. Cajeme, Obregón, Sonora, México. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de Mexicali km. 7.5 San Felipe, Mexicali, B. C., México.

\*Autor correspondencia: borbon.alberto@inifap.gob.mx.

#### RESUMEN

Una evaluación de líneas y variedades de trigo harinero fue llevada a cabo en el Campo Experimental Norman E. Borlaug durante el ciclo otoño-invierno 2023-2024, se evaluaron 22 líneas avanzadas y tres variedades testigo con diferentes regímenes de humedad (dos, tres y cuatro riegos de auxilio). Se utilizó un diseño experimental alfa latice con tres repeticiones, el tamaño de parcela fue de dos surcos separados a 80 cm por cinco metros de longitud (8 m<sup>2</sup>). De acuerdo con el análisis de varianza se determinaron diferencias altamente significativas entre número de riegos y entre genotipos evaluados. El mayor rendimiento se obtuvo con cuatro riegos de auxilio, seguido por tres y dos riegos, con rendimiento de 7,954, 7,030 y 6,200 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. Cinco genotipos rindieron estadísticamente igual ( $P \leq 0.05$ ) al mejor testigo comercial CIANO M2018, los cuales se ubicaron en el primer grupo estadístico ( $p \leq 0.05$ ).

Palabras clave: Trigo, variedades, riegos.

#### ABSTRACT

An evaluation of lines and varieties of bread wheat was done in the Norman E. Borlaug Experimental Field during the autumn-winter cycle 2023-2024, 22 advanced lines and three control varieties with different irrigation regimes (two, three and four irrigations) were evaluated. An experimental alpha lattice design was used with three repetitions, the plot size was two grooves separated to 80 cm by five meters in length (8 m<sup>2</sup>). According to the analysis of variance, highly significant differences were determined between the number of irrigations and between genotypes evaluated. The highest yield was obtained with four irrigations, followed by three and two irrigations, with yields of 7,954, 7,030 and 6,200 kg ha<sup>-1</sup> respectively. Five genotypes performed statistically equal ( $P \leq 0.05$ ) to the best commercial control CIANO M2018, which were located in the first statistical group ( $p \leq 0.05$ ).

Key words: wheat, varieties, irrigation.

#### INTRODUCCIÓN

En México existe un déficit en la producción de trigo harinero, por tal motivo debe de importar anualmente, de Estados Unidos y Canadá, el 68.9 % del trigo panificable (*Triticum aestivum* L.) que consume, para satisfacer la demanda nacional (SADER, 2021). En

México, durante los años agrícolas 2020 al 2023 se produjeron 3.15 millones de toneladas en promedio, de estas, el estado de Sonora aportó el 57.4% de la producción nacional con 1.81 millones de toneladas cada año, para convertirse en el primer estado productor de trigo en México (SIAP, 2024). Sin embargo, en el estado de Sonora predomina la siembra de trigo cristalino (*Triticum durum* Desf) con alrededor de un 85% de la superficie sembrada, por lo que se tiene que importar grano de trigo harinero para abastecer la demanda nacional. Aunado a esto, la sequía recurrente que se presenta en el noroeste de México está afectando la superficie de cultivos como el maíz y el trigo, de ahí la importancia de generar variedades con alto potencial de rendimiento pero con menor demanda de agua, por lo que el objetivo del presente trabajo fue, evaluar líneas avanzadas que presenten alto potencial de rendimiento con menor número de riegos, para ser liberadas como nuevas variedades de trigo harinero para el noroeste de México.

### MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se realizó durante el ciclo otoño-invierno 2023-2024 en los terrenos del Campo Experimental Norman E. Borlaug del INIFAP, ubicado en el block 910 del Valle del Yaqui, Sonora. Se evaluaron 22 líneas avanzadas y tres variedades comerciales con diferentes regímenes de humedad, las cuales se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.- Genotipos de trigo harinero evaluados en el Campo Experimental Norman E. Borlaug ciclo O-I 2023-2024.**

VAR	CRUZA
1	ONAVAS F2009
2	BORLAUG 100
3	CIANO M2018
4	BECARD/FRNCLN//2*BORL14 (PITAHAYA M2024)
5	ATTILA/3*BCN//BAV92/3/PASTOR/4/TACUPETO F2001*2/ (FINORTE F2024)
6	BORL14*2//KACHU/KIRITATI
7	SR50/3*KENYA SUNBIRD
8	CHIBIA/PRLII/CM65531/3/FISCAL/4/DANPHE #1/5/CHIBIA/PRLII/CM65531/3/MISR...
9	NADI#1*2/3/ATTILA*2/PBW65*2//MURGA*2/4/BORL14*2//KFA/2*KACHU
10	WBLL1*2/BRAMBLING//JUCHI/3/KINGBIRD #1//INQALAB 91*2/TUKURU/4/WBLL1*...
11	VILLA JUAREZ F2009/SOLALA/WBLL1*2/BRAMBLING/3/PBW343*2/KUKUNA*2//F...
12	KACHU*2/3/ND643//2*PRL/2*PASTOR/4/KACHU//KIRITATI/2*TRCH
13	CAL/NH//H567.71/3/SERI/4/CAL/NH//H567.71/5/2*KAUZ/6/WH576/7/WH 542/8/...
14	KINGBIRD #1//INQALAB 91*2/TUKURU/3/KASUKO
15	PARUS/FRANCOLIN #1/4/MUU #1//PBW343*2/KUKUNA/3/MUU/5/BORL14*2...
16	WHEAR//2*PRL/2*PASTOR/3/WAXBI/4/COPIO/5/NELOKI*2//KACHU/KIRITATI
17	WBLL1*2/KKTS//PASTOR/KUKUNA/3/KINGBIRD #1//INQALAB 91*2/TUKURU/5/...
18	BORL14*2//MUNAL #1/FRANCOLIN #1/3/BORL14*2//KFA/2*KACHU
19	BORL14*2/3/WBLL1*2/TUKURU//CROSBILL #1/4/KASUKO
20	SUP152/HUIRIVIS #1//2*BORL14/3/KASUKO
21	SUP152/QUAIU #2//BECARD/QUAIU #1/6/KSW/SAUAL//SAUAL/3/TRCH/HUIRIVIS...

---

22	TACUPETO F2001/BRAMBLING//KACHU/8/REH/HARE//2*BCN/3/CROC_1/AE....
23	BORL14*2/3/KBIRD//WBLL1*2/KURUKU/4/MUU/KBIRD//2*KACHU/KIRITATI/5/...
24	BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000/4/NIGHAR*2/6/PASTOR//HXL7573/2*BAU/3/...
25	SUP152/TECUE #1//SUP152/3/2*BORL14/4/BORL14//KFA/2*KACHU

---

Los materiales se evaluaron con dos, tres y cuatro riegos de auxilio, aplicados de acuerdo a las recomendaciones de Figueroa *et al.* (2011); la siembra se realizó en seco el 15 de diciembre de 2023 y posteriormente se aplicó el riego de nacencia. La parcela experimental fue de dos surcos separados a 80 cm por cinco metros de longitud (8 m<sup>2</sup>) sembrados a doble hilera, con una densidad de siembra de 100 kg/ha de semilla. Se fertilizó con la fórmula 241-52-00, aplicándose 103-52-00 en presiembra y 138-00-00 antes del primer riego de auxilio. Antes del primer riego de auxilio se realizó una aplicación de herbicidas para el control de maleza de hoja ancha y angosta. Para el control de enfermedades no se realizaron aplicaciones preventivas ni curativas, ya que las líneas evaluadas presentan resistencia a las principales enfermedades como son la roya de la hoja y roya amarilla o lineal. Se utilizó un diseño experimental alfa latice con tres repeticiones. Para obtener el rendimiento de grano, se cosechó el total de la parcela con una trilladora experimental. Las variables evaluadas fueron: días a floración, días a madurez fisiológica, altura de planta y rendimiento de grano.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se puede observar que existió diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre riegos de auxilio, el tratamiento con cuatro riegos de auxilio presentó el mayor rendimiento de grano, seguido por los tres riegos de auxilio, mientras que el menor rendimiento de grano se presentó cuando se aplicaron solo dos riegos (Cuadro 2), misma tendencia reportada por Borbón *et al.*, (2022) con genotipos de trigo cristalino.

**Cuadro 2.- Rendimiento de grano de trigo evaluado con dos, tres y cuatro riegos de auxilio en el Campo Experimental Norman E. Borlaug ciclo O-I 2023-2024.**

N° de riegos	Kg/ha <sup>-1</sup>
Dos riegos de auxilio	6,200 c
Tres riegos de auxilio	7,030 b
Cuatro riegos de auxilio	7954 a

Nivel de significancia = 0.05  
DMS = 90.334 kg/ha

En el Cuadro 3, se presenta el rendimiento obtenido en kilogramos por hectárea de los materiales evaluados, estos datos son el promedio obtenido de los tres regímenes de humedad, donde se pueden observar cinco líneas que rindieron estadísticamente igual ( $P \leq 0.05$ ) al mejor testigo comercial CIANO M2018, mientras que la variedad de trigo harinero

más sembrada en el sur de Sonora BORLAUG 100 solamente superó a la variedad ONAVAS F2009 que presentó el rendimiento más bajo de todas.

La línea BECARD/FRNCLN//2\*BORL se ha mantenido en los primeros lugares en cuanto a rendimiento de grano, por lo cual se propuso como nueva variedad con el nombre de PITAHAYA M2024, mientras tanto, se cuenta con CIANO M2018 que sigue presentando alto rendimiento de grano y tolerancia a royas. Pero es necesario obtener nuevas líneas prometedoras para diversificar el mosaico de variedades a utilizar por los productores del sur de Sonora, y en este ciclo se identificaron las líneas 11, 19, 20 y 21 como las más sobresalientes de este trabajo.

**Cuadro 3.- Rendimiento de grano y aspectos agronómicos de líneas y variedades de trigo harinero evaluadas con diferentes regímenes de humedad en el Campo Experimental Norman E. Borlaug ciclo O-I 2023-2024.**

Genotipo	IF	MF	AP	Kg/ha
11) VILLA JUAREZ F2009/SOLALA/WBLL1*2/BRA	78	120	97	7497 a
20) SUP152/HUIRIVIS #1//2*BORL14/3/KASUKO	78	119	94	7446 ab
21) SUP152/QUAIU #2//BECARD/QUAIU #1/6/KSW/	78	119	96	7443 ab
19) BORL14*2/3/WBLL1*2/TUKURU//CROSBILL #	78	119	93	7266 abc
3) CIANO M2018	84	122	100	7254 abc
4) BECARD/FRNCLN//2*BORL (PITAHAYA M2024)	81	119	91	7242 abc
24) BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000/4/NIGHAR*2/6	78	118	97	7234 bcd
6) BORL14*2//KACHU/KIRITATI	79	119	92	7176 cde
25) SUP152/TECUE #1//SUP152/3/2*BORL14/4/B	78	119	96	7161 cde
8) CHIBIA//PRLII/CM65531/3/FISCAL/4/DANPHE	80	120	95	7066 cdef
9) NADI#1*2/3/ATTILA*2/PBW65*2//MURGA*2/4/	75	117	96	7056 cdef
13) CAL/NH//H567.71/3/SERI/4/CAL/NH//H567.71/5/	80	120	96	7052 cdef
23) BORL14*2/3/KBIRD/WBLL1*2/KURUKU/4/MUU	79	118	95	7049 cdef
2) BORLAUG 100	79	118	97	7013 cdefg
5) ATTILA/3*BCN//BAV92/3/PAS (FINORTE F2024)	81	120	97	6980 defg
22) TACUPETO F2001/BRAMBLING//KACHU/8/RE	79	120	93	6975 defg
14) KINGBIRD #1//INQALAB 91*2/TUKURU/3/KAS	80	119	95	6975 defg
10) WBLL1*2/BRAMBLING//JUCHI/3/KINGBIRD #1//	77	118	93	6965 efg
16) WHEAR//2*PRL/2*PASTOR/3/WAXBI/4/COPIO/5	79	119	95	6965 efg
18) BORL14*2//MUNAL #1/FRANCOLIN #1/3/BORL	78	118	97	6956 efg
15) PARUS/FRANCOLIN #1/4/MUU #1//PBW343*2/	80	120	95	6879 fg
7) SR50/3*KENYA SUNBIRD	78	118	92	6849 fg

17) WBLL1*2/KKTS//PASTOR/KUKUNA/3/KINGBI	78	119	92	6761	gh
12) KACHU*2/3/ND643//2*PRL/2*PASTOR/4/KACH	80	119	94	6756	gh
1) ONAVAS F2009	78	118	95	6519	h

Nivel de significancia = 0.05; DMS = 260.773 kg/ha; IF = días a floración; MF = madurez fisiológica; AP = altura de planta

## CONCLUSIONES

Todos los genotipos de trigo harinero responden a la aplicación de riegos de auxilio, sin embargo, se detectaron cinco líneas que presentan el mayor rendimiento de grano, a las cuales se les dará mayor seguimiento para obtener variedades que puedan producir con menor cantidad de agua.

## REFERENCIAS

- Borbón G. A., Díaz C. H. L., Marroquín M. J. Á., Fuentes D. G. y Chávez V. G. 2022. Evaluación de genotipos de trigo duro con diferentes regímenes de riego en el sur de sonora. Memoria de la XXXIV Semana Internacional de Agronomía. p: 809-813.
- Figueroa L. P., G. Fuentes D., J. M. Cortés J., L. M. Tamayo E., P. Félix V., J. E. Ortiz E., I. Armenta C., V. Valenzuela H. G. Chávez V. y J.L. Félix F. (2011) Guía para producir trigo en el sur de Sonora. Folleto para productores N° 39. Cd. Obregón, Sonora, México.
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural) (2021) Trigo panificable, saludable para el campo. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/trigo-panificable-saludable-para-el-campo>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2024) Disponible en [https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/)

## EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE TRIGO HARINERO EN FECHAS DE SIEMBRA EN EL SUR DE SONORA

### EVALUATION OF BREAD WHEAT GENOTYPES ON PLANTING DATES IN SOUTH SONORA

Borbón-Gracia, Alberto<sup>1\*</sup>, José Ángel Marroquín-Morales<sup>1</sup>, Chávez-Villalba Gabriela<sup>1</sup>, Fuentes-Dávila Guillermo<sup>1</sup> y Alvarado-Padilla Jorge Iván<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug. km. 12. Cajeme, Obregón, Sonora, México.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de Mexicali km. 7.5 San Felipe, Mexicali, B. C., México.

\*Autor principal: diaz.huizar@inifap.gob.mx.

#### RESUMEN

Una evaluación de líneas y variedades de trigo harinero fue llevada a cabo en el Campo Experimental Norman E. Borlaug durante el ciclo otoño-invierno 2023-2024, se evaluaron 22 líneas avanzadas y tres variedades testigo en cuatro fechas de siembra (15 y 30 de noviembre, 15 y 30 de diciembre de 2023). Se utilizó un diseño experimental alfa latice con tres repeticiones, el tamaño de parcela fue de dos surcos separados a 80 cm por cinco metros de longitud (8 m<sup>2</sup>). De acuerdo con el análisis de varianza se determinaron diferencias altamente significativas entre fechas de siembra y entre genotipos evaluados, la mejor fecha de siembra fue la del 15 de diciembre con un rendimiento medio de 7,954 kg ha<sup>-1</sup>, seguida por las fechas del 15 y 30 de noviembre con rendimiento de 7,338 y 7,298 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, el menor rendimiento se obtuvo en la fecha del 30 de diciembre. Siete genotipos rindieron estadísticamente igual ( $P \leq 0.05$ ) al mejor testigo comercial CIANO M2018, mientras que la variedad BORLAUG 100 se ubicó en el último grupo estadístico ( $p \leq 0.05$ ).

**Palabras clave:** Trigo, rendimiento, variedades.

#### ABSTRACT

An evaluation of lines and varieties of bread wheat was done in the Norman E. Borlaug Experimental Field during the autumn-winter cycle 2023-2024, 22 advanced lines and three varieties were evaluated on four planting dates (15 and 30 November and 15 and 30 December 2023). An experimental alpha lattice design was used with three repetitions, the plot size was two grooves separated to 80 cm by five meters in length (8 m<sup>2</sup>). According to the variance analysis, highly significant differences between planting dates and between genotypes assessed were determined, The best planting date was December 15 with an average yield of 7,954 kg ha<sup>-1</sup>, followed by the planting of November 15 and 30 with yields of 7,338 and 7,298 kg ha<sup>-1</sup> respectively, the lowest yield was obtained on the planting of December 30. Seven genotypes performed statistically equal ( $P \leq 0.05$ ) to the best commercial control CIANO M2018, while the BORLAUG 100 variety was located in the last statistical group ( $p \leq 0.05$ ).

**Key words:** wheat, yield, varieties.

## INTRODUCCIÓN

La producción mundial de trigo (*Triticum spp.*) para el año 2022 fue de 946 millones de toneladas y se ubicó en tercer lugar después de maíz y arroz (FAOSTAT, 2024). Entre los principales productores se encuentran China, India, Rusia y Estados Unidos, por su parte, México ocupa el lugar 34 de los países productores de trigo, con una producción de 3.28 millones de toneladas (FAO, 2023). Durante el ciclo otoño-invierno 2022-2023 la superficie promedio nacional de trigo alcanzó 502 mil hectáreas cosechadas, con un rendimiento medio de 6.67 t h<sup>-1</sup> y un volumen de producción de 3.35 millones de toneladas (SIAP, 2024). En ese mismo ciclo, en el estado de Sonora se cosecharon 268 hectáreas de trigo, con un rendimiento medio de 7.44 t h<sup>-1</sup> y una producción de 1.99 millones de toneladas, lo que representó el 59.4% de la producción nacional (SIAP, 2024). Sin embargo, en el estado de Sonora predomina la siembra de trigo cristalino (*Triticum durum* Desf) con alrededor de un 85% de la superficie sembrada de trigo, por lo que se tiene que importar grano de trigo harinero para abastecer la demanda nacional, de ahí la importancia de generar variedades de trigo harinero con alto potencial de rendimiento, calidad industrial y tolerantes a las principales enfermedades que afectan este cultivo, por lo que el objetivo del presente trabajo, fue evaluar líneas avanzadas que presenten características deseables para ser liberadas como nuevas variedades de trigo harinero para el noroeste de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se realizó durante el ciclo otoño-invierno 2023-2024 en los terrenos del Campo Experimental Norman E. Borlaug del INIFAP, ubicado en el block 910 del Valle del Yaqui, Sonora. Se evaluaron 22 líneas avanzadas provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) comparadas con tres variedades comerciales, las cuales se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.- Genotipos de trigo harinero evaluados en el Campo Experimental Norman E. Borlaug ciclo O-I 2023-2024.**

VAR	CRUZA
1	ONAVAS F2009
2	BORLAUG 100
3	CIANO M2018
4	BECARD/FRNCLN//2*BORL14 (PITAHAYA M2024)
5	ATTILA/3*BCN//BAV92/3/PASTOR/4/TACUPETO F2001*2/ (FINORTE F2024)
6	BORL14*2//KACHU/KIRITATI
7	SR50/3*KENYA SUNBIRD
8	CHIBIA//PRLII/CM65531/3/FISCAL/4/DANPHE #1/5/CHIBIA//PRLII/CM65531/3/MISR...
9	NADI#1*2/3/ATTILA*2/PBW65*2//MURGA*2/4/BORL14*2//KFA/2*KACHU
10	WBLL1*2//BRAMBLING//JUCHI/3/KINGBIRD #1//INQALAB 91*2/TUKURU/4/WBLL1*...
11	VILLA JUAREZ F2009/SOLALA//WBLL1*2//BRAMBLING/3/PBW343*2/KUKUNA*2//F...
12	KACHU*2/3/ND643//2*PRL/2*PASTOR/4/KACHU//KIRITATI/2*TRCH
13	CAL/NH//H567.71/3/SERI/4/CAL/NH//H567.71/5/2*KAUZ/6/WH576/7/WH 542/8/...
14	KINGBIRD #1//INQALAB 91*2/TUKURU/3/KASUKO
15	PARUS/FRANCOLIN #1/4/MUU #1//PBW343*2/KUKUNA/3/MUU/5/BORL14*2...



---

16	WHEAR//2*PRL/2*PASTOR/3/WAXBI/4/COPIO/5/NELOKI*2//KACHU/KIRITATI
17	WBLL1*2/KKTS//PASTOR/KUKUNA/3/KINGBIRD #1//INQALAB 91*2/TUKURU/5/...
18	BORL14*2//MUNAL #1//FRANCOLIN #1/3/BORL14*2//KFA/2*KACHU
19	BORL14*2/3/WBLL1*2/TUKURU//CROSBILL #1/4/KASUKO
20	SUP152/HUIRIVIS #1//2*BORL14/3/KASUKO
21	SUP152/QUAIU #2//BECARD/QUAIU #1/6/KSW/SAUAL//SAUAL/3/TRCH/HUIRIVIS...
22	TACUPETO F2001/BRAMBLING//KACHU/8/REH/HARE//2*BCN/3/CROC_1/AE....
23	BORL14*2/3/KBIRD//WBLL1*2/KURUKU/4/MUU/KBIRD//2*KACHU/KIRITATI/5/...
24	BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000/4/NIGHAR*2/6/PASTOR//HXL7573/2*BAU/3/...
25	SUP152/TECUE #1//SUP152/3/2*BORL14/4/BORL14//KFA/2*KACHU

---

Los materiales se evaluaron en cuatro fechas de siembra (15 y 30 de noviembre, y 15 y 30 de diciembre de 2023); en todas las fechas, la siembra se realizó en seco y posteriormente se aplicó el riego de nacencia. La parcela experimental fue de dos surcos separados a 80 cm por cinco metros de longitud (8 m<sup>2</sup>) sembrados a doble hilera, con una densidad de siembra de 100 kg/ha de semilla. Se fertilizó con la fórmula 241-52-00, aplicándose 103-52-00 en presiembra y 138-00-00 antes del primer riego de auxilio. En las cuatro fechas de siembra se aplicaron cuatro riegos de auxilio como lo recomiendan Figueroa *et al.* (2011). Antes del primer riego de auxilio se realizó una aplicación de herbicidas para el control de maleza de hoja ancha y angosta. Para el control de enfermedades no se realizaron aplicaciones preventivas ni curativas, ya que las líneas evaluadas presentan resistencia a las principales enfermedades como son la roya de la hoja y roya amarilla o lineal. Se utilizó un diseño experimental alfa latice con tres repeticiones. Para obtener el rendimiento de grano, se cosechó el total de la parcela con una trilladora experimental. Las variables evaluadas fueron: días a floración, días a madurez fisiológica, altura de planta y rendimiento de grano.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se puede observar que existió diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre fechas de siembra, siendo la fecha del 15 de diciembre la que presentó el mayor rendimiento de grano, seguida por las fechas del 15 y 30 de noviembre que rindieron estadísticamente similar entre sí, mientras que el menor rendimiento de grano se presentó en la fecha del 30 de diciembre como se observa en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.- Rendimiento de grano de tres fechas de siembra evaluadas en el Campo Experimental Norman E. Borlaug ciclo O-I 2023-2024.**

Fecha de Siembra	Kg/ha <sup>-1</sup>
15 de noviembre	7338 b
30 de noviembre	7298 b
15 de diciembre	7954 a
30 de diciembre	6563 c

Nivel de significancia = 0.05  
DMS = 109.126 kg/ha

En el Cuadro 3, se presenta el rendimiento obtenido en kilogramos por hectárea de los materiales evaluados, estos datos son el promedio obtenido de las cuatro fechas de siembra, donde se pueden observar siete genotipos que rindieron estadísticamente igual ( $P \leq 0.05$ ) al mejor testigo comercial CIANO M2018, mientras que la variedad de trigo harinero más sembrada en el sur de Sonora BORLAUG 100 quedó en el último grupo junto a ONAVAS F2009. CIANO M2018 es una variedad que sigue presentando alto rendimiento de grano y tolerancia a royas, pero es necesario obtener nuevas líneas prometedoras para diversificar el mosaico de variedades a utilizar por los productores del sur de Sonora, en este caso se identificó la línea #4 BECARD/FRNCLN//2\*BORL, la cual después de cuatro años de evaluación se envió a registro con el nombre de PITAHAYA M2024. Materiales como la línea 11 y 21 son los más sobresalientes de este trabajo, por lo que se seguirán evaluando para ver su estabilidad en otros ciclos y en otras localidades.

**Cuadro 3.- Rendimiento de grano y aspectos agronómicos de 22 líneas avanzadas y tres variedades, evaluadas en cuatro fechas de siembra en el Campo Experimental Norman E. Borlaug ciclo O-I 2023-2024.**

Genotipo	IF	MF	AP	Kg/ha
21) SUP152/QUAIU #2//BECARD/QUAIU #1/6/KSW/	78	122	97	7700 a
4) BECARD/FRNCLN//2*BORL (PITAHAYA M2024)	82	124	91	7666 ab
3) CIANO M2018	85	127	97	7664 ab
11) VILLA JUAREZ F2009/SOLALA/WBLL1*2/BRA	79	124	97	7608 abc
20) SUP152/HUIRIVIS #1//2*BORL14/3/KASUKO	78	122	96	7578 abc
6) BORL14*2//KACHU/KIRITATI	80	123	93	7517 abcd
7) SR50/3*KENYA SUNBIRD	79	122	94	7495 abcd
24) BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000/4/NIGHAR*2/6	78	120	96	7414 bcde
8) CHIBIA//PRLII/CM65531/3/FISCAL/4/DANPHE	81	124	96	7407 bcde
19) BORL14*2/3/WBLL1*2/TUKURU//CROSBILL #	78	123	94	7388 cde
25) SUP152/TECUE #1//SUP152/3/2*BORL14/4/B	79	122	95	7355 cdef
22) TACUPETO F2001/BRAMBLING//KACHU/8/RE	79	124	93	7284 defg

16) WHEAR//2*PRL/2*PASTOR/3/WAXBI/4/COPIO/5	79	122	95	7260	defgh
15) PARUS/FRANCOLIN #1/4/MUU #1//PBW343*2/	79	123	94	7189	efgh
23) BORL14*2/3/KBIRD//WBLL1*2/KURUKU/4/MUU	79	122	95	7155	efgh
5) ATTILA/3*BCN//BAV92/3/PAS (FINORTE F2024)	82	125	97	7150	efgh
17) WBLL1*2/KKTS//PASTOR/KUKUNA/3/KINGBI	78	122	92	7148	efgh
14) KINGBIRD #1//INQALAB 91*2/TUKURU/3/KAS	79	123	94	7113	fgh
18) BORL14*2//MUNAL #1/FRANCOLIN #1/3/BORL	78	120	97	7108	fgh
9) NADI#1*2/3/ATTILA*2/PBW65*2//MURGA*2/4/	75	120	97	7102	fgh
12) KACHU*2/3/ND643//2*PRL/2*PASTOR/4/KACH	82	123	95	7076	gh
10) WBLL1*2/BRAMBLING//JUCHI/3/KINGBIRD #1//	77	122	92	7056	gh
2) BORLAUG 100	79	121	97	7014	ghi
13) CAL/NH//H567.71/3/SERI/4/CAL/NH//H567.71/5/	79	123	95	7006	hi
1) ONAVAS F2009	78	121	97	6756	i

Nivel de significancia = 0.05; DMS = 272.815 kg/ha; IF = días a floración; MF = madurez fisiológica; AP = altura de planta

## CONCLUSIONES

Los productores de trigo harinero cuentan con la variedad CIANO M2018 que presenta alto potencial de rendimiento, estabilidad en las diferentes fechas de siembra y tolerancia a royas. Se envió a registro la línea BECARD/FRNCLN//2\*BORL con el nombre de PITAHAYA M2024 con lo que se espera una mayor diversificación de variedades, así también se siguen identificando nuevas líneas con alto potencial de rendimiento como la 11 y 21.

## REFERENCIAS

- FAOSTAT 2024. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QI>.
- Figuerola L. P., G. Fuentes D., J. M. Cortés J., L. M. Tamayo E., P. Félix V., J. E. Ortiz E., I. Armenta C., V. Valenzuela H. G. Chávez V. y J.L. Félix F. (2011) Guía para producir trigo en el sur de Sonora. Folleto para productores N° 39. Cd. Obregón, Sonora, México.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2024) Disponible en [https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/)

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO de GENOTIPOS DE Frijol EN EL VALLE DE SANTO DOMINGO, BAJA CALIFORNIA SUR**  
**Navejas-Jiménez, Jesús<sup>1\*</sup>, Padilla-Valenzuela, Isidoro<sup>1</sup>, Cota-Barreras, Carlos Ivan<sup>1</sup>, Loya-Ramírez, José Guadalupe<sup>2</sup>, Mercado-Mancera, Gustavo<sup>3</sup>**

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, INIFAP<sup>1</sup>. Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS<sup>2</sup>. Departamento de Ciencias Agrícolas, FES-C, UNAM. Cuautitlán Izcalli, México<sup>3</sup>

\*Autor correspondencia: [navejasjesus@hotmail.com](mailto:navejasjesus@hotmail.com)

### RESUMEN

La estrategia mexicana para impulsar la mejor calidad de vida y crear oportunidades para el desarrollo socio-político rural, busca el beneficio de los pequeños y medianos productores con garantía para el abastecimiento de granos básicos para los habitantes del país. Además, el cultivo de frijol resulta importante en la economía agrícola del país, tanto por la superficie que se le destina 761 mil ha, como por la derrama económica que genera 14 mil millones de pesos. El presente trabajo se estableció con el objetivo de conocer el comportamiento productivo de genotipos de frijol con características de aceptación en el mercado nacional y adaptadas a las condiciones de agua, clima y suelo de Baja California Sur. En condiciones de riego por goteo, por segundo año se evaluaron 14 variedades de frijol: Pinto Saltillo, Pinto Durango, Pinto Centauro, Pinto Salinas, Raramuri, P-14036, Max, Chasse, San Rafael, Bill-z, Az. Regional 33, Az. Regional 87, Az. Higuera y Aluyori. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar. Se encontró diferencia significativa entre tratamientos o genotipos ( $p \leq 0.05$ ). Los mayores rendimientos fueron: 1.948, 1.805, 1.796, 1.794, 1.792 y 1.755 t ha<sup>-1</sup>, obtenidos con los genotipos Bill-z, Max, Chasse, Pinto Durango, Pinto Salinas y Pinto Centauro, respectivamente. Los genotipos A. Higuera, y Aluyori, resultaron con el menor rendimiento 1.261, 1.204 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Se encontró diferencia significativa entre variedades ( $p \leq 0.05$ ), acorde al análisis de varianza (ANOVA), por lo que su comportamiento fue diferente en peso específico, resultaron con mayor peso específico los genotipos Az. Regional 87, Az. Higuera y Pinto Salinas obtuvieron 84.7, 83.2 y 82.3 kg hL<sup>-1</sup> respectivamente. La comparación productiva mostró en rendimiento una brecha potencial de 49 %, la desviación en la relación b/c fue de 38 % y en la productividad con relación al agua utilizada, se lograron índices de 8.31 \$ m<sup>-3</sup> y 0.692 kg m<sup>-3</sup> de agua con el genotipo Bill-z; lo que representa una desviación de 161 % con respecto a la media regional.

**Palabras Clave.** *Frijol, genotipos, producción.*

### ABSTRACT

The Mexican strategy to promote the best quality of life and create opportunities for rural socio-political development seeks the benefit of small and medium producers with a guarantee for the supply of basic grains for the country's inhabitants. Furthermore, bean cultivation is important in the country's agricultural economy, both due to the surface area allocated to it, 761 thousand hectares, and due to the economic benefit that generates 14 billion pesos. This work, was established with the objective of evaluating bean varieties with characteristics of acceptance in the national market and adapted to the water, climate and soil conditions of Baja California Sur. Under drip irrigation conditions. Therefore, 14 bean varieties for the second year, were evaluated. Pinto Saltillo, Pinto Durango, Pinto Centauro,

Pinto Salinas, Raramuri, P-14036, Max, Chasse, San Rafael, Bill-z, Az. Regional 33, Az. Regional 87, Az. Fig tree and Aluyori. A randomized block experimental design was used. A significant difference was found among treatments or genotypes ( $p \leq 0.05$ ). The highest yields were: 1,948, 1,805, 1,796, 1,794, 1,792 and 1,755 t ha<sup>-1</sup>, obtained with the genotypes Bill-z, Max, Chasse, Pinto Durango, Pinto Salinas and Pinto Centauro, respectively. The A. Higuera and Aluyori genotypes had the lowest yield, 1,261 and 1,204 t ha<sup>-1</sup>, respectively. A significant difference was found among varieties ( $p \leq 0.05$ ), according to the analysis of variance (ANOVA), so their behavior was different in specific weight, the Az genotypes resulted with higher specific weight. Regional 87, Az. Higuera and Pinto Salinas obtained 84.7, 83.2 and 82.3 kg hL<sup>-1</sup> respectively. The productive comparison showed a potential gap of 49% in performance, the deviation in the b/c ratio was 38% and in productivity in relation to the water used, rates of 8.31 \$ m<sup>-3</sup> and 0.692 kg m<sup>-3</sup> were achieved of water with the Bill-z genotype; which represents a deviation of 161% with respect to the regional average.

Keywords. *Bean, genotypes, production.*

## INTRODUCCIÓN

La estrategia mexicana para impulsar la mejor calidad de vida y crear oportunidades para el desarrollo socio-político rural, busca el beneficio de los pequeños y medianos productores, con garantía para el abastecimiento de granos básicos, para los habitantes del país (Terrazas, 2024). El cultivo de frijol ocupa un lugar importante en la economía agrícola del país, tanto por la superficie que se le destina, como por la derrama económica que genera. En conjunto con el maíz constituyen la dieta básica del pueblo mexicano y en consecuencia son los productos de mayor importancia socioeconómica tanto por la superficie de siembra como por la cantidad consumida per cápita. La importancia del frijol en la dieta humana radica en su contenido de proteína (22-28%), su aporte calórico (341 cal/100 g), fibra, hierro, zinc, potasio, vitamina B6 y ácido fólico, entre otros elementos esenciales (Piza, 2012). Ahora es conocido que el grano de frijol posee muchos compuestos con actividad biológica funcional relacionada con la salud, particularmente en el control de enfermedades crónico-degenerativas. Sin embargo, la disponibilidad de este grano se ha visto limitada en los últimos años por factores climáticos adversos en las diversas regiones productoras. el cultivo de frijol bajo riego para aumentar su productividad, estabilizar el rendimiento e incrementar el valor comercial del grano, así como el mejoramiento genético, se ha requerido generar variedades de frijol precoces y de bajo requerimiento hídrico, con las que se han logrado incrementos significativos en el rendimiento durante años con climas favorables (> 450 mm) y distribución apropiada de la lluvia. En este contexto, es necesario determinar la capacidad de la producción de grano y de adaptación a las condiciones ambientales de la región por parte de las nuevas variedades mejoradas de frijol. La caracterización de las variedades es fundamental para la tecnificación y planeación del riego, la predicción de la fenología, la mayor productividad del agua y rendimiento de grano (Rosales-Serna et al., 2021). En México en el último año, se cosecharon 761 mil ha de frijol con rendimiento de 0.95 t ha<sup>-1</sup>, en Baja California Sur. El promedio cosechado en el último lustro fue de 932 ha, con rendimiento de 1.41 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2024).

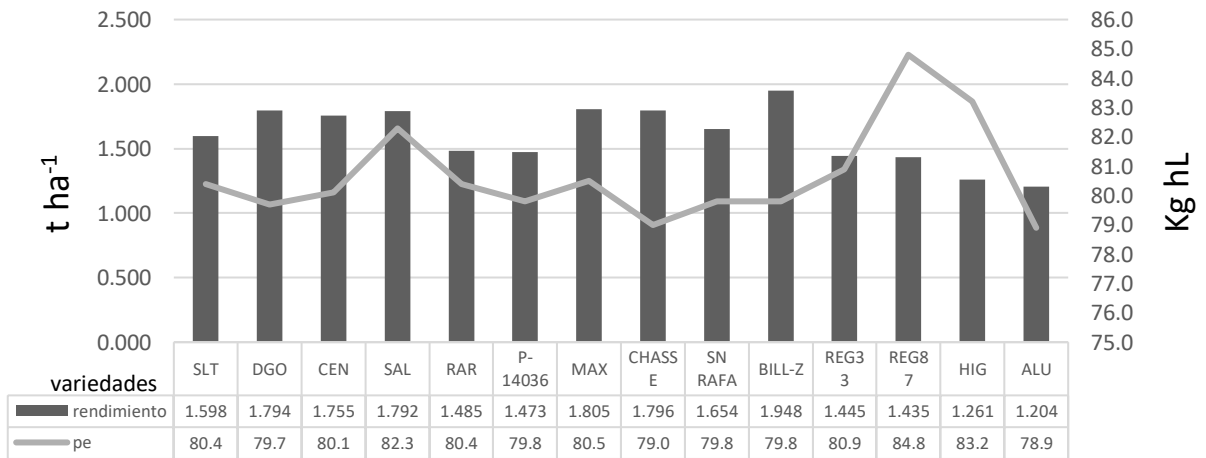
## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el año 2023, en INIFAP, Campo Experimental Valle de Santo Domingo, B.C.S, en condiciones de aridez típicas de la zona, con ubicación geográfica en las coordenadas 24° 30' latitud norte y 111° 41' longitud oeste. El tipo de labranza consistió en un rastreo cruzado para acondicionar apropiadamente el terreno para

la siembra, considerándose como labranza mínima. Se evaluaron 14 genotipos de frijol, se sembró el 15 de febrero de 2023, en seco, manualmente dejando 20 semillas por metro lineal, con surcos de 0.80 metros de ancho, en hilera sencilla, Se usaron 60 kg ha<sup>-1</sup> de semilla. La fertilización se efectuó con 90 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 20 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo aplicándose después de la germinación; el fósforo en las primeras etapas del cultivo en desarrollo, y el nitrógeno (N) fraccionado en tres ocasiones, Para el control de maleza se realizó un deshierbe manual, sin aplicación, de herbicida. Se realizaron tres aplicaciones de agua jabonosa + 1.0 L de algas marinas y dos aplicaciones de insecticida Imidacloprid y fungicida biológico con trichoderma en dosis de 1.0 + 2.0 L ha<sup>-1</sup>, para el control de mosquita blanca y complejo de chupadores. Asimismo, se realizaron 15 riegos frecuentes mediante cinta de goteo 6.0 mil, cuyo gasto fue de 4.35 lhm, con una lámina total de 32.5 cm. Se evaluaron las variables agronómicas de la planta, como peso de 100 semillas, peso específico, número de vainas, granos por vaina, altura de planta y rendimiento de grano.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos con genotipos de frijol, acorde al análisis de varianza ANOVA mostraron diferencia significativa (Cuadro 1). Se comportaron de manera diferente al considerar el rendimiento obtenido por genotipo ( $p \leq 0.05$ ), los valores más altos fueron: 1.948, 1.805, 1.796, 1.794, 1.792 y 1.755 t ha<sup>-1</sup>, obtenidos con los genotipos Bill-z, Max, Chasse, Pinto Durango, Pinto Salinas y Pinto Centauro, respectivamente. Los genotipos A. Higuera, y Aluyori, resultaron con el menor rendimiento 1.261, 1.204 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Se encontraron diferencias significativas entre variedades ( $p \leq 0.05$ ), acorde al análisis de varianza (ANOVA), por lo que su comportamiento fue diferente en peso específico, resultaron con mayor peso específico los genotipos Az. Regional 87, Az. Higuera y Pinto Salinas obtuvieron 84.7, 83.2 y 82.3 kg hL<sup>-1</sup> respectivamente. (Figura 1).



**Figura 1.** Rendimiento de 14 variedades de frijol en B.C.S. INIFAP 2023

Las características del suelo utilizado para la evaluación de las variedades de frijol con riego por goteo fueron: textura media franco arcillo arenosa, cc: 33.0, pmp: 13.3, da: 1.25, PH: 8.26, CE: 1.25 dS m<sup>-1</sup>, y MO: 0.67 %. resultaron con concentración regular de nitrógeno en el suelo 42 mg Mg<sup>-1</sup>, el potasio alto 150 mg Mg<sup>-1</sup>, el pH medianamente alcalino 8.26 y la

conductividad eléctrica  $1.25 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , denotan condición muy ligeramente salina en la parcela. Llevar a cabo análisis de suelo consecutivos conforme a los ciclos productivos permite saber el aprovechamiento de nutrimentos en suelos con condiciones de aridez, reconocer las condiciones edáficas y predecir la capacidad de respuesta productiva según el nivel tecnológico que se implementa. El frijol requiere de  $56 \text{ kg ha}^{-1}$  de N por cada tonelada de grano producida (IPNI, 2007). Por ello, para producir por ejemplo  $2.0 \text{ t ha}^{-1}$  de grano, el cultivo debería disponer de alrededor de  $112 \text{ kg de N ha}^{-1}$  para ser absorbidos por el cultivo. La dosis recomendada para la siembra de frijol en el Valle de Santo Domingo bajo condiciones de riego es 90-20-00 de nitrógeno, fósforo, y potasio, respectivamente. Dicha práctica fue generada para variedades de ciclo intermedio y precoz; sin embargo, para variedades más tardías, se esperaría una variación en los requerimientos de elementos nutricionales. Por tanto, es necesario generar nuevas fórmulas de fertilización que en caso de ser mayor la demanda de fertilizante repercutiría en la contaminación de mantos acuíferos, en los costos de producción, en la rentabilidad del cultivo, y en el tamaño y calidad del grano. La planta de frijol demanda mayor cantidad de nitrógeno que de otros nutrimentos, ya que éste interviene en la formación de las proteínas que contiene la semilla (20 a 22%) y los requerimientos del nitrógeno aumentan durante las fases de formación y llenado de vainas, además de ser considerado el nutrimento que tiene mayor movilidad en el suelo y alta solubilidad. Pruebas de aplicaciones fraccionadas de este elemento realizadas por estos autores indican que es mejor aplicarlo todo a la siembra. Diversos estudios han demostrado que con la fertilización nitrogenada se puede incrementar el rendimiento del frijol (Padilla et al, 2009).

El empleo de los genotipos con mayor rendimiento, Bill-z, Max, Chasse, Pinto Durango, Pinto Salinas y Pinto Centauro, comparados con el rendimiento medio regional, significa una brecha de 49 %, la desviación de 38 % en la relación beneficio-costo (b/c), en la productividad en relación al agua utilizada se obtuvieron índices de  $8.31 \text{ \$ m}^{-3}$  y  $0.692 \text{ kg m}^{-3}$  de agua con el genotipo Bill-z, lo que representa desviaciones de 161 % con respecto a estos índices (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Productividad por unidad de superficie y por utilización del agua de riego del genotipo de frijol sobresaliente (INIFAP, 2023).**

Tratamiento	Índices Productivos								
	R	P	b	c	b/c	utilidad	lámina	productividad	
	$\text{t ha}^{-1}$	$\text{\$ t}^{-1}$	$\text{\$ ha}^{-1}$	$\text{\$ ha}^{-1}$		$\text{\$ ha}^{-1}$	$\text{m}^{-3}$	$\text{\$ m}^{-3}$	$\text{kg m}^{-3}$
Bill-z	2.250	28000	63000	35978	1.75	27022	3250	8.31	0.692
Media DDr	1.510	28000	42280	33905	1.27	8375	5700	1.47	0.265
Desviación %	49		49		38				161

*R= rendimiento, P= precio, b= beneficio, c= costo, frijol 12 % hum.*

Los índices de productividad económica y los índices de uso del agua resultaron bajos. Por lo que, se debe continuar la validación de variedades in situ con productores. Sin embargo, como se señala en FAO, 2021. las presiones económicas inducen a los agricultores a producir un cultivo particular de la manera más rentable posible, llevándolos a ignorar las prácticas sostenibles, enfoque integral basado en un conjunto de procesos que resulta en un ecosistema sostenible, alimentos seguros, buena nutrición, bienestar animal y justicia social (FAO, 2024).

## CONCLUSIONES

Las variedades sobresalientes fueron: Bill-z, Max, Chasse, Pinto Durango, Pinto Salinas y Pinto Centauro. La comparación productiva mostró que el rendimiento con el mejor genotipo significa una brecha potencial de 49 %, la desviación en la relación b/c fue de 38 % y en la productividad con relación al agua utilizada, se lograron índices de  $8.31 \text{ \$ m}^{-3}$  y  $0.692 \text{ kg m}^{-3}$  de agua con la variedad Bill-z; lo que representa una desviación de 161 % con respecto a la productividad media regional. Para mejorar la capacidad productiva del frijol en condiciones de aridez, resulta recomendable un paquete tecnológico de menor costo, superar el límite de  $2.0 \text{ t ha}^{-1}$ , contar con el apoyo para el empleo de variedades de alto rendimiento y promoción de la cadena sistema producto.

## REFERENCIAS

- FAO. 2021. Seguridad alimentaria y medio ambiente. Cumbre mundial sobre desarrollo sostenible. Disponible en: [www.fao.org/3/y1780s/y1780s06.htm#TopOfPage](http://www.fao.org/3/y1780s/y1780s06.htm#TopOfPage). Consultado el 15 de agosto de 2021.
- FAO. 2024. Capítulo 1. conceptos y temas generales de la agricultura orgánica. Disponible en: [www.fao.org/4/y4137s/y4137s03.htm](http://www.fao.org/4/y4137s/y4137s03.htm). Consultado el 29 junio de 2024.
- IPNI. 2007. Informaciones agronómicas del cono sur, No 33. Requerimientos nutricionales. absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. cereales, oleaginosos e industriales. Archivo agronómico, 11: 13-16.
- Padilla, V.I., Castillo, T.N., Ramírez, A.J.A., Armenta, C.I., Cabrera, C.F., Madrid, C.M., Ortiz, E.J. E. 2009. Manual para la producción de frijol en el sur de Sonora. Folleto técnico 69. CEVY-CIRNO-INIFAP. Cd. Obregón, Son. México. 122 p.
- Piza, E.M. 2012. Las legumbres y sus beneficios. Centro Médico Nutricional. San José de Costa Rica. Disponible en: <http://www.perder-peso-ya.com/Laslegumbres-y-sus-beneficios.html>
- Rosales, S.R., Flores, G.H., López, G.J.C., Rubiños, P.J.E., Ortiz, S.I.A., Flores, M.H., Santana, E.S., Martínez, D.P.A. 2021. Fenología y productividad del agua en variedades mejoradas de frijol pinto cultivadas en Durango, México. Revista Fitotecnia Mexicana, 44(4): 511-519.
- SIAP. 2024. Producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Consulta el 29 de junio de 2024.
- Terrazas V. 2024. Fijan precios de garantía para maíz (6915), frijol (21,000), trigo (7600), para pequeños productores en 2024. La verdad. Tamaulipas. Mex. Disponible en: <https://laverdad.com.mx/2024/01/fijan-precios-de-garantia-para-maiz6915-frijol-21000-trigo-7600-para-pequenos-productores-en-2024/>. Consulta el 09 de enero de 2024.



## ENSAYO PARA LA SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE CÁRTAMO EN AMBIENTE ÁRIDO

Navejas-Jiménez, Jesús<sup>1\*</sup>, Montoya-Coronado, Lope<sup>1</sup>, Ochoa-Espinoza, Xochitl Militza<sup>1</sup>, Loya-Ramírez, José Guadalupe<sup>2</sup>, Mercado-Mancera, Gustavo<sup>3</sup>.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, INIFAP<sup>1</sup>. Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS<sup>2</sup>. Departamento de Ciencias Agrícolas, FES-C, UNAM. Cautitlán Izcalli, México<sup>3</sup>

\*Autor correspondencia: [navejasjesus@hotmail.com](mailto:navejasjesus@hotmail.com)

### RESUMEN

En los ambientes áridos, los sistemas socioeconómicos se relacionan al uso sostenible de los recursos naturales, entonces la búsqueda de alternativas agrícolas productivas como el cártamo, representa un valor económico importante para la industria aceitera y gran adaptabilidad a dichas condiciones. Así, los factores limitantes pueden evaluarse mediante ensayos de genotipos en diferentes localidades. El objetivo del presente trabajo fue evaluar por segundo año un ensayo para la selección de genotipos de cártamo en ambiente árido. Se evaluaron 11 genotipos de cártamo, en condiciones de riego por goteo. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar. Sin diferencia significativa entre tratamientos ( $P \geq 0.05$ ). Los mayores rendimientos fueron: 3.381, 2.902, 2.858, 2.763, y 2.738 t ha<sup>-1</sup>, obtenidos con SEMAY-OL, C 62- MOC, CCC 1651-1-1-1-2-OY, C 63-1-MOC y PALO ROJO, respectivamente. Los genotipos HUATSON OL y S-323, resultaron con el menor rendimiento, obtuvieron 2.174 y 1.959 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. La comparación productiva mostró que el rendimiento mayor significa una brecha potencial de 143 %, la desviación en la relación b/c fue de 163% y en la productividad con relación al agua utilizada, se obtuvieron índices de 10.16 \$ m<sup>-3</sup> y 1.036 kg m<sup>-3</sup> de agua, lo que representa una desviación de 163% con el genotipo SEMAY-OL.

**Palabras Clave.** *Cártamo, genotipos, árido.*

### ABSTRACT

In arid environments, socioeconomic systems are related to the sustainable use of natural resources, so the search for productive agricultural alternatives such as safflower represents an important economic value for the oil industry and great adaptability to these conditions. Thus, limiting factors can be evaluated through genotype trials in different locations. The objective of this work was to evaluate for the second year a trial for the selection of safflower genotypes in an arid environment. 11 safflower genotypes were evaluated under drip irrigation conditions. A randomized block experimental design was used. No significant difference among treatments ( $P \geq 0.05$ ). The highest yields were: 3,381, 2,902, 2,858, 2,763, and 2,738 t ha<sup>-1</sup>, obtained with SEMAY-OL, C 62- MOC, CCC 1651-1-1-1-2-OY, C 63-1-MOC and PALO ROJO, respectively. The HUATSON OL and S-323 genotypes had the lowest yield, obtaining 2,174 and 1,959 t ha<sup>-1</sup>, respectively. The productive comparison showed that the highest yield means a potential gap of 143%, the deviation in the b/c ratio was 163% and in productivity in relation to the water used, indices of 10.16 \$ m<sup>-3</sup> and 1,036

kg m<sup>-3</sup> of water were obtained., which represents a deviation of 163% with the SEMAY-OL genotype.

**Key words:** Safflower, *genotypes, arid.*

## INTRODUCCIÓN

La principal problemática hídrica en zonas áridas está relacionada con el abasto de agua, calidad y su disponibilidad para necesidades humanas y productivas. En las zonas áridas, los sistemas socioeconómicos han estado siempre estrechamente ligados a un uso inteligente y sostenible de los recursos naturales, especialmente del agua. La escasez natural del agua ha limitado la explotación intensiva del territorio a la vez que ha dado lugar a ecosistemas propios que suelen albergar una biodiversidad singular de gran interés. De la misma forma, en las zonas áridas se han desarrollado históricamente formas tradicionales de aprovechamiento del agua muy sofisticadas y adaptadas a las condiciones específicas, dando lugar a una cultura del agua muy rica, especializada y de gran valor. Prácticamente cada zona árida y semiárida ha desarrollado sus propios sistemas tradicionales de aprovechamiento del agua (Martínez, 2012), Los factores ambientales la intrusión salina y la baja precipitación en el valle de Santo Domingo en Baja California Sur, así como las condiciones mundiales de cambio climático y el escenario socioeconómico, han provocado cambios en proporción directa hacia la búsqueda de alternativas agrícolas productivas. Tal es el caso de las especies oleaginosas como el cártamo, cultivo que tiene un valor económico importante para la industria aceitera y gran adaptabilidad a dichas condiciones (Navejas *et al.*, 2022). Los factores económicos, de adaptación y los agroecológicos (interacción suelo-planta-atmósfera), hacen del cultivo de cártamo un producto sumamente interesante y atractivo para los productores, los industriales y los consumidores de la región noroeste de México (Sotelo *et al.*, 2011). En México existe un déficit de más de 5.0 millones de toneladas en la producción de oleaginosas, el rendimiento medio nacional de la producción de cártamo, en el último año fue de 1.95 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2024). En el Valle de Santo Domingo la superficie establecida con cártamo en los últimos ciclos ha disminuido con preferencia por cultivos altamente remunerativos como el espárrago y la papa. Sin embargo, representa una alternativa ante la emergencia de escasez de agua por sequía excepcional declarada para la región; donde esquemas alternativos de producción deben considerar sistemas apropiados hacia la sostenibilidad hidro-social (Trovo *et al.*, 2010). Puesto que, el desarrollo rural no planificado ha utilizado extensivamente los recursos naturales con la concepción de que son ilimitadamente renovables. (Carabias, 2017). El objetivo del presente trabajo fue el de conocer la producción y determinar el potencial de rendimiento que puede existir con el uso de nuevos materiales genéticos de cártamo provenientes del programa de mejoramiento genético del INIFAP.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el ciclo O-I 2023-24, en INIFAP, Sitio Experimental Valle de Santo Domingo, B.C.S, en condiciones de aridez típicas de la zona; con ubicación geográfica en las coordenadas 24° 30' latitud norte y 111° 41' longitud oeste. El tipo de labranza consistió en un rastreo cruzado para acondicionar apropiadamente el terreno para la siembra, considerándose como labranza mínima. Se sembró el 10 de enero de 2024, en seco, manualmente dejando 20 semillas por metro lineal, con surcos de 0.80 metros de ancho. Se usaron 15 kg ha<sup>-1</sup> de semilla. La fertilización se efectuó con 120 kg ha<sup>-1</sup> de

nitrógeno y 40 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo aplicándose después de la germinación; el fósforo en las primeras etapas del cultivo en desarrollo, y el nitrógeno (N) fraccionado en cuatro ocasiones, Para el control de maleza se realizó un deshierbe manual. No se aplicaron insecticidas. Se realizaron 18 riegos frecuentes mediante cinta de goteo calibre 6.0 mil, cuyo gasto fue de 4.35 lhm, con una lámina total de 31.5 cm. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones, parcelas de cuatro surcos de 0.8 m y 4 m de longitud, equivalente a 12.8 m<sup>2</sup> y dos surcos con 2 m de longitud como parcela útil con 3.2 m<sup>2</sup>. Se analizó mediante un ANOVA y la comparación de medias con la prueba de Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los genotipos de cártamo evaluados, con base en el análisis de varianza ANOVA no mostraron diferencia significativa en el rendimiento obtenido ( $P \geq 0.05$ ), los valores más altos obtenidos fueron: 3.381, 2.902, 2.858, 2.763, y 2.738 t ha<sup>-1</sup>, con los genotipos SEMAY-OL, C 62- MOC, CCC 1651-1-1-1-2-OY, C 63-1-MOC y PALO ROJO, respectivamente. Los valores más bajos obtenidos fueron 2.174 y 1.959 t ha<sup>-1</sup> con los genotipos HUATSON OL y S-323, respectivamente (Cuadro 1). Los factores ambientales la intrusión salina y la baja precipitación en el valle de Santo Domingo en Baja California Sur, así como las condiciones mundiales de cambio climático y el escenario socioeconómico, han provocado cambios en proporción directa hacia la búsqueda de alternativas agrícolas productivas. Tal es el caso de las especies oleaginosas como el cártamo (Navejas *et al.*, 2022).

**Cuadro 1. Rendimiento de 11 genotipos de cártamo en B.C.S. INIFAP 2024.**

Genotipo	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )
1 SEMAY-OL	3.381
5 C 62- MOC	2.902
10 CCC 1651-1-1-1-2-OY	2.858
9 C 63-1-MOC	2.763
8 PALO ROJO	2.738
3 CHEY OL	2.563
7 M-CW-3268	2.313
6 C 45-2 MOC	2.313
11 C 63-OY	2.289
2 HUATSON OL	2.174
4 S-323	1.959

CV= 23.7 %

NS

Llevar a cabo análisis de suelo consecutivos conforme a los ciclos productivos permite saber el aprovechamiento de nutrimentos en suelos con condiciones de aridez, además de reconocer las condiciones edáficas y predecir la capacidad de respuesta productiva según el nivel tecnológico que se implementa. El cártamo requiere de 27 a 35 kg ha<sup>-1</sup> de N por cada tonelada de grano producida (IPNI, 2007). Por ello, para producir por ejemplo 3.0 t ha<sup>-1</sup> de grano, el cultivo debería disponer de alrededor de 81 a 105 kg de N ha<sup>-1</sup> para ser absorbidos por el cultivo. La dosis recomendada para la siembra de cártamo en el Valle de Santo Domingo bajo condiciones de riego es 100-40-00 de nitrógeno, fósforo, y potasio, respectivamente.

El empleo de los genotipos con mayor rendimiento, SEMAY-OL, C 62- MOC, CCC 1651-1-1-1-2-OY, C 63-1-MOC y PALO ROJO, comparado con el testigo DDR, significa una brecha de 143%. La desviación en la relación beneficio-costo (b/c) fue de 163%; en la productividad en relación al agua utilizada se obtuvieron índices de 10.16 \$ m<sup>-3</sup> y 1.073 kg m<sup>-3</sup> de agua con el genotipo SEMAY-OL, lo que representa desviación de 163% con respecto a estos índices (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Productividad por unidad de superficie y por utilización del agua de riego con genotipo sobresaliente de cártamo (INIFAP, 2024).**

Tratamiento	Índices Productivos								
	R	P	b	c	b/c	utilidad	lámina	productividad	
	t ha <sup>-1</sup>	\$ t <sup>-1</sup>	\$ ha <sup>-1</sup>	\$ ha <sup>-1</sup>		\$ ha <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup>	\$ m <sup>-3</sup>	kg m <sup>-3</sup>
SEMAY-OL	3.381	15000	50715	18712	2.71	32003	3150	10.16	1.073
Testigo DDR	1.390	15000	20850	20299	1.03	551	3400	0.16	0.408
Desviación %	143		143		163				163

*R= rendimiento, P= precio, b= beneficio, c= costo, cártamo 6 % humedad,*

Los índices de productividad económica y de uso del agua resultaron bajos en la condición testigo. Por lo que, se debe continuar la validación de variedades in situ con productores. Sin embargo, las presiones económicas inducen a los agricultores a producir un cultivo particular de la manera más rentable posible, llevándolos a ignorar las prácticas sostenibles (FAO, 2002).

## CONCLUSIONES

Los resultados del ensayo con genotipos sobresalientes como: SEMAY-OL, C 62- MOC, CCC 1651-1-1-1-2-OY, C 63-1-MOC y PALO ROJO, mostraron desviaciones positivas. Resulta recomendable el paquete tecnológico productivo que supere el límite de 3.0 t ha<sup>-1</sup>.

**REFERENCIAS**

- Carabias, J. (2017). Conservación de los ecosistemas y el desarrollo rural sustentable en América Latina: condiciones, limitantes y retos. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/363/cap11.html>. (Consulta 07-07- 2022).
- FAO.2002. Seguridad alimentaria y medio ambiente. Cumbre mundial sobre desarrollo sostenible. disponible en: [www.fao.org/3/y1780s/y1780s06.htm#TopOfPage](http://www.fao.org/3/y1780s/y1780s06.htm#TopOfPage). (Consulta 15 de agosto de 2021).
- IPNI. 2007. Informaciones agronómicas del cono sur, No 33. Requerimientos nutricionales. absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. cereales, oleaginosos e industriales. Archivo agronómico 11:13-16.
- Martínez F, J. 2012. Agua y sostenibilidad: algunas claves desde los sistemas áridos. <http://journals.openedition.org/polis/5096>
- Navejas J, J., C.I. Cota B., Montoya C, L., S. Zamora S., G. Mercado M. 2022. Ensayo con genotipos de cártamo en el Valle de Santo Domingo, Baja California Sur. In memoria XXXIV Semana internacional de Agronomía. 07 y 09 de septiembre de 2022. Gómez Palacio, Durango, México. 828-833.
- SIAP, 2024. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP. <http://www.siap.gob.mx>. (Consulta 29-06-2024).
- Sotelo, N. E. O., R. Vargas M., G. Mercado M., E.Troyo D., J. Navejas J. 2011. Evaluación agroecológica del cultivo de cártamo en el valle de Santo Domingo, Baja California Sur. In memoria XXXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. 21 al 25 de noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche, México.
- Troyo D, E., Cruz F, A., Norzagaray C, M., Beltrán M, L. F., Murillo A, B., Beltrán M, F. A., García H, J. L., Valdez C, R. D. 2010. Agotamiento hidro-agrícola a partir de la Revolución Verde: extracción de agua y gestión de la tecnología de riego en Baja California Sur, México. Estudios Sociales, vol. 18, núm. 36, 78-201.

## PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y FERTILIZACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD DE MAÍZ

<sup>1</sup>Báez-Pérez, A.; <sup>1</sup>Grageda-Cabrera, O.A.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato. [baez.aurelio@inifap.gob.mx](mailto:baez.aurelio@inifap.gob.mx).

### RESUMEN

Se estableció un experimento para evaluar algunas prácticas de manejo agronómicas y uso de fertilizantes en la producción de maíz. El ensayo se estableció en el Campo Experimental Bajío en Celaya, Guanajuato. Se sembró maíz variedad “Cimarrón” en surcos de 80 cm de ancho en terreno sin preparar, con residuos de cosecha en la superficie del suelo. Se evaluaron los siguientes tratamientos: (1) testigo sin aplicación de fertilizantes; (2) 3 t ha<sup>-1</sup> de composta; (3) 6 t ha<sup>-1</sup> de composta; (4) 250 unidades de N ha<sup>-1</sup> de urea de lenta liberación; (5) aplicación de 400 unidades de N ha<sup>-1</sup> de urea de lenta liberación; (6) 250 unidades de N ha<sup>-1</sup> de urea normal; (7) 400 unidades de N ha<sup>-1</sup> de urea normal. El fertilizante químico de lenta liberación se aplicó todo a la siembra, y en dos fracciones la urea normal: la mitad a la siembra y la otra mitad durante el aporque. Las compostas se aplicaron cuando las plantas tenían 20 cm de altura, se remarcaron los surcos, se colocó en banda al pie del cultivo y se efectuó la labor de aporque. Los resultados mostraron un rendimiento máximo de 16.8 t ha<sup>-1</sup> en los tratamientos con dosis de 400 unidades ha<sup>-1</sup> de urea (5 y 7) no hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos por el tipo de urea. Con aplicación de 250 unidades ha<sup>-1</sup> el maíz alcanzó una producción entre 13.3 y 13.9 t ha<sup>-1</sup>, mientras que con la aplicación de composta en los tratamientos 2 y 3 la producción fue de 6.6 y 7.9 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El tratamiento testigo fue el que tuvo menor producción, con 5.0 t ha<sup>-1</sup>. La máxima relación beneficio costo (2.1) se alcanzó con la aplicación de 400 unidades ha<sup>-1</sup> de urea normal.

**Palabras clave:** Cereales, productividad agrícola, fertilización.

### ABSTRACT

An experiment was established to evaluate some agronomic management practices and fertilizer use in corn production. The trial was established in the Bajío Experimental Field in Celaya, Guanajuato. “Cimarrón” variety corn was planted in 80 cm wide furrows in unprepared land, with crop residues on the soil surface. The following treatments were evaluated: (1) control without application of fertilizers; (2) 3 t ha<sup>-1</sup> of compost; (3) 6 t ha<sup>-1</sup> of compost; (4) 250 units of N ha<sup>-1</sup> of slow-release urea; (5) application of 400 units of N ha<sup>-1</sup> of slow-release urea; (6) 250 units of N ha<sup>-1</sup> of normal urea; (7) 400 units of N ha<sup>-1</sup> of normal urea. The slow-release chemical fertilizer was applied entirely at sowing, and normal urea was applied in two fractions: half at sowing and the other half during hilling. The composts were applied when the plants were 20 cm tall, the furrows were marked, they were placed in a band at the base of the crop and the hilling work was carried out. The results showed a maximum yield of 16.8 t ha<sup>-1</sup> in the treatments with doses of 400 units ha<sup>-1</sup> of urea (5 and 7). There were no significant differences ( $p < 0.05$ ) between treatments due to the type of urea. With the application of 250 units ha<sup>-1</sup> the corn reached a production between 13.3 and 13.9 t ha<sup>-1</sup>, while with the application of compost in treatments 2 and 3 the production was 6.6 and 7.9 t ha<sup>-1</sup>, respectively. The control treatment had the lowest production, with 5.0 t ha<sup>-1</sup>.

The maximum cost-benefit ratio (1.8) was achieved with the application of 400 units ha<sup>-1</sup> of normal urea.

**Key words:** Cereals, agricultural productivity, fertilization.

## INTRODUCCION

El uso eficiente de insumos agrícolas contribuye con el aumento significativo en la rentabilidad y producción de maíz. En sistemas de producción agrícolas con disponibilidad de riego: el uso de variedades de maíz con alto potencial de producción, densidad de población de alrededor de 70, 000 plantas ha<sup>-1</sup> y una aplicación eficiente del fertilizante contribuyen con una mayor rentabilidad para el agricultor, comparado con sistemas de producción con más de 100, 000 plantas ha<sup>-1</sup> y uso excesivo de insumos agrícolas, que frecuentemente practican los agricultores del Bajío (Báez-Pérez *et al.* 2012). Actualmente el uso de fertilizantes nitrogenados es esencial para suministrar la demanda nutrimental que requiere la producción de granos básicos; sin embargo, el uso irracional de estos insumos provoca serios problemas de contaminación ambiental (Camargo y Alosa, 2007). Los residuos de nitrógeno reactivo (Nr), que no es aprovechado por los cultivos o inmovilizado por los microorganismos del suelo, se mueven de un sistema a otro y, a lo largo de este continuo movimiento se da lugar a modificaciones y cambios ambientales de manera secuencial, ocasionando serios problemas de contaminación. Lo anterior pone en riesgo la integridad de los agro-ecosistemas y la salud humana. El uso indiscriminado de los fertilizantes químicos además representa un aumento significativo en los costos de producción, lo que reduce la rentabilidad de esta actividad para los agricultores. Es por ello que es imprescindible una fertilización balanceada y eficiente, que limite las pérdidas. Para ello es necesario implementar prácticas agronómicas integrales, congruentes con el potencial de producción y determinadas condiciones edáficas y climáticas (Báez-Pérez *et al.*, 2015). El uso de abonos orgánicos como las compostas constituyen fuentes orgánicas al suelo y es importante su aplicación para mejorar la fertilidad del suelo, aunque el suministro de N disponible para los cultivos sería limitado. El requerimiento de nitrógeno para la producción de grano, de materia seca, área foliar, altura de la planta y diámetro del tallo, son proporcionales a la acumulación de nitrógeno en la planta durante su crecimiento. De acuerdo con estas consideraciones la aplicación de nitrógeno en diferentes dosis y fuentes puede tener diferente respuesta en el crecimiento y rendimiento del cultivo (Rodríguez-Sifuentes, 1993). El propósito del presente estudio fue evaluar prácticas de manejo agronómico y fertilización en la producción y rentabilidad del maíz.

## MATERIALES Y METODOS

### Sitio de estudio

El experimento se estableció en el INIFAP, Campo Experimental Bajío en Celaya, Guanajuato. Se ubica a los 20°34'47'' LN, 100°49'13''LO; se encuentra a una altitud de 1765 m, el clima de la región corresponde a un BS1hw (W) eq (semiseco semicálido). La temperatura media anual oscila en 18.4 °C y la precipitación media anual es de 601 mm.

### Descripción del suelo

El suelo en el que se estableció el experimento correspondió a un *Vertisol pélico*, color oscuro y profundo (>1 m). El resultado del análisis físico-químico de suelos, para los

primeros 30 cm de profundidad, evidenció un contenido de arcilla de cerca de 60 % (Cuadro 1), pH ligeramente alcalino, mediano contenido de materia orgánica y alto contenido de P extractable-Olsen, K, Ca y Mg. Sin embargo, los contenidos de Fe y Zn fueron bajos. Estas deficiencias son frecuentes en este tipo de suelos en la región Bajío.

**Cuadro 1. Características básicas físicas y químicas del suelo.**

pH	MO	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	Cu	Aren a	Limo	Arcill a	
	----- % -----							----- mg kg <sup>-1</sup> -----				----- % -----			
	-														
7.2	1.97	14.8	23.3	859	5441	1027	294	6.11	1.66	6.47	0.79	24.92	18.36	56.72	

### El experimento

Se establecieron siete tratamientos que se describen en el Cuadro 2. El diseño experimental fue en bloques al azar con tres repeticiones y se efectuó como comparación de medias la prueba de Tukey con  $\alpha=0.05$ . Las variables agronómicas evaluadas fueron: número de plantas y mazorcas por unidad de superficie, altura de planta y rendimiento de grano.

Se sembró en seco maíz variedad "Cimarrón" en surcos de 80 cm de ancho en terreno sin preparar, con residuos de cosecha de trigo del cultivo anterior en la superficie del suelo. El fertilizante químico de lenta liberación se aplicó todo a la siembra, y en dos fracciones la urea normal: la mitad a la siembra y la otra mitad durante el aporque. Las compostas se aplicaron cuando las plantas tenían 20 cm de altura, se remarcaron los surcos, se colocó en banda al pie del cultivo y se efectuó la labor de aporque. No fue necesario el riego porque el temporal abasteció el requerimiento hídrico del cultivo.

**Cuadro 2. Descripción de tratamientos.**

Tratamiento	Urea lenta liberación	Urea normal	Composta t ha <sup>-1</sup>
	Unidades ha <sup>-1</sup>		
1	0	0	0
2	0	0	3
3	0	0	6
4	250	0	0
5	400	0	0
6	0	250	0
7	0	400	0

### RESULTADOS Y DISCUSION

La población fluctuó entre 70,000 y 80,000 plantas ha<sup>-1</sup> y no hubo diferencias significativas ( $p<0.05$ ) entre tratamientos. Por otra parte, en el número de mazorcas si hubo diferencias significativas ( $p<0.05$ ); tanto el testigo como la dosis de composta más baja tuvieron 6.3 mazorca m<sup>-2</sup> en contraste con los tratamientos con fertilizante, que tuvieron entre 7.3 y 7.9 mazorca m<sup>-2</sup>, lo cual favoreció el rendimiento de grano. Deficiencias nutricionales, principalmente por escasez de nitrógeno puede ocasionar estrés y reflejarse en la emisión de mazorcas.



**Cuadro 3. Resultados de componentes de rendimiento**

Trat	Número		Altura planta m	Peso grano t ha <sup>-1</sup>	Relación beneficio costo
	plantas m <sup>-2</sup>	mazorcas			
1	7.6a*	6.3b	2.5a	5.0c	0
2	7.3a	6.4b	2.5a	6.7bc	0.3
3	8.0a	7.1ab	2.5a	9.0b	0.5
4	7.2a	7.1ab	2.8a	13.9ab	1.0
5	8.1a	7.9a	2.7a	16.8a	1.6
6	7.3a	7.0ab	2.7a	13.3ab	1.5
7	7.0a	7.3a	2.9a	16.7a	2.1

\*Letras semejantes son estadísticamente iguales

Los resultados en la producción de maíz mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) por efecto de los tratamientos (Cuadro 3). El testigo, sin aplicación de fertilizante (1) tuvo la menor producción con 5 t ha<sup>-1</sup> (Cuadro 3). La producción de maíz aumentó en función de la dosis de composta, en los tratamientos 2 y 3 con 6.7 y 9.0 t ha<sup>-1</sup>. Los mayores rendimientos se obtuvieron con la aplicación de las dosis más altas de fertilizante, como puede apreciarse en el Cuadro 3; sin embargo, no hubo diferencias significativas en el rendimiento de grano por el tipo de urea: normal o de lenta liberación. Se evidenció que la producción de maíz estuvo en función del suministro de N. Por otra parte, se observó que la relación beneficio costo disminuyó con la aplicación de la urea de lenta liberación, ya que es hasta 50 más cara comparado con la urea normal. Con base en lo anterior, la urea normal, si se aplica correctamente, puede mantener un costo de producción que favorezca una mayor rentabilidad en la producción de maíz para el productor. Los costos del proceso productivo y el índice de ganancia en la producción de maíz variaron en función a los tipos de fertilizantes y dosis de aplicación. El costo de fertilizante químico representa entre el 33 y 51 % de la inversión total. Se aprecia que el nivel de producción de maíz por efecto de los tres tipos de fertilizantes y dosis de aplicación tuvo una respuesta lineal en función de la cantidad de N suministrado en cada uno de los tratamientos.

### CONCLUSIONES

La respuesta en la producción de maíz por efecto de la fertilización, con ambos tipos de urea, no difirieron entre sí de manera significativa. La aplicación de urea normal en dos aplicaciones (a la siembra y la primera labor) para la producción de maíz, y la aplicación total de urea de lenta liberación a la siembra, produjeron los mismos resultados. Con base en lo anterior la aplicación de urea normal representó una mayor relación beneficio-costos y mayor rentabilidad en la producción de maíz. El empleo de abonos orgánicos como la composta debe aplicarse con alguna dosis de fertilización química como complementos para el suministro de nitrógeno. La implementación de prácticas de agricultura de conservación constituyó un ahorro de 30 % en los costos de producción.

**REFERENCIAS**

- Báez-Pérez, A., Arreola-Tostado, J. M., Triomphe, B., Bautista-Cruz, A. y Licea-Morales, P. J. 2014. Implementación de la siembra directa para producción de cebada maltera en el estado de Guanajuato. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(8), 1509-1519.
- Báez-Pérez, A., V. Saynes, J.D. Etchevers-Barra. 2015. Efecto de la fertilización nitrogenada en la emisión de N<sub>2</sub>O y el potencial de producción de maíz en el estado de Guanajuato. In: *Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2015*. Paz-Pellat, F., C.J. Wong-González, R. Torres-Alamilla (Eds.) Libro del Programa Mexicano del Carbono. Villa Hermosa, Tabasco México. pp. 169-178.
- Camargo, J.A., A. Alonso. 2007. Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. *Ecosistemas* 6:98-110.
- Rodríguez-Sifuentes, J. 1993. *La fertilización de los cultivos un método racional*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de agronomía. Santiago de Chile, Chile.

## CUANTIFICACIÓN DE LAS FRACCIONES DE NITRÓGENO Y CARBONO EN SUELO CON DIFERENTE NIVEL DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN

Puente-V. C. O<sup>1</sup>.; Nava-R. E<sup>1</sup>.; Martínez-G. A<sup>2</sup>.; González-C. G<sup>1</sup>.; González-B. J. L<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID RASPA) INIFAP, <sup>2</sup>Campo experimental de San Luis Potosí INIFAP.

[puente.cristo@inifap.gob.mx](mailto:puente.cristo@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El manejo del suelo tiene un impacto significativo en las actividades biológicas y los ciclos geoquímicos de los sistemas productivos. Liyan et al. (2021) demostraron que reducir el movimiento del suelo mejora la fertilidad y la actividad enzimática. Von Lutzow et al. (2008) señalaron que la estabilización de la materia orgánica depende de factores químicos como el tamaño molecular, la presencia de nutrientes y la complejidad estructural. Rovira et al. (2002) sugirieron que la calidad de la materia orgánica debería evaluarse según la oxidación del carbono y su reactividad, influenciando así la actividad microbiana. Este estudio analiza las fracciones de carbono y nitrógeno en suelos con diferentes niveles de conservación y restauración, comparándolos con una zona inalterada, para entender mejor los procesos biogeoquímicos que sostienen la vida vegetal. El experimento se llevó a cabo en el campo experimental del INIFAP en Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, se realizaron muestreos en parcelas de maíz forrajero bajo cuatro tratamientos: C (área natural inalterada), R1 (restaurado con labranza cero y 33% de residuos por 25 años), R2 (labranza mínima con 5 años de manejo) y D (trabajado con barbecho y rasta). Se evaluaron el carbono y nitrógeno en sus fracciones lábil, media recalcitrante y recalcitrante, así como el pH, la conductividad eléctrica, la materia orgánica, potasio y nitratos. El sitio conservado mostró los indicadores de fertilidad más altos, especialmente en nitrógeno y potasio disponible. Las fracciones de carbono y nitrógeno fueron mayores en el sitio conservado, observándose una disminución en los sitios restaurados. Esto subraya la importancia de manejar adecuadamente estos sitios y la diversidad de materia orgánica aportada al suelo.

**Palabras clave:** Restauración, Suelo, Fracciones de Nitrógeno

### ABSTRACT

Soil management has a significant impact on biological activities and geochemical cycles in productive systems. Liyan et al. (2021) demonstrated that reducing soil disturbance improves fertility and enzymatic activity. Von Lutzow et al. (2008) pointed out that the stabilization of organic matter depends on chemical factors such as molecular size, nutrient presence, and structural complexity. Rovira et al. (2002) suggested that the quality of organic matter should be evaluated based on carbon oxidation and reactivity, thus influencing microbial activity. This study analyzes carbon and nitrogen fractions in soils with different levels of conservation and restoration, comparing them to an undisturbed area to better understand the biogeochemical processes that sustain plant life. The experiment was conducted at the INIFAP experimental field in Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, with sampling carried out in forage corn plots under four treatments: C (unaltered natural area), R1 (restored with zero tillage and 33% residue for 25 years), R2 (minimum tillage with 5 years of management), and D (worked with fallow and harrow). Carbon and

nitrogen were evaluated in their labile, medium recalcitrant, and recalcitrant fractions, along with pH, electrical conductivity, organic matter, potassium, and nitrates. The conserved site showed the highest fertility indicators, particularly in available nitrogen and potassium. Carbon and nitrogen fractions were higher in the conserved site, with a decrease observed in the restored sites. This highlights the importance of proper site management and the diversity of organic matter added to the soil.

**Keywords:** Restoration, Soil, Nitrogen Fraction

## INTRODUCCION

Dentro de las practicas agronómicas se ha discutido que el manejo del suelo tiene una gran influencia en las actividades biológicas, generando por defecto cambios relevantes en los ciclos geoquímicos que se desarrollan en los sistemas productivos. Se ha observado diferencias en actividades biológicas e enzimáticas según el tipo de labranza, como lo discute Liyan *et al*; 2021, quien encuentra diferencias entre las variables de fertilidad y actividades enzimáticas según el uso de arado, subsuelo y el no mover el suelo, resultando con mejores indicadores el poco movimiento del suelo y el subsuelo, es decir evitar voltear el suelo da mejores indicadores. Von Lutzow *et al*; 2008 mencionan diferentes características que debe tener la materia orgánica del suelo que influyen es su estabilización, una ellas son las características químicas de las moléculas que conforman esta materia, como lo es el tamaño, presencia de nutrientes (como lo es el nitrógeno, fosforo, azufre etc.), estado de oxidación del carbono, reactividad y complejidad estructural. Rovira *et al*; 2002 establecen una metodología que permite evaluar la calidad de la materia orgánica, enfocándose en el estado de oxidación del carbono y su reactividad y la presencia de nitrógeno en las fracciones que determina, este desde una perspectiva de etiqueta energética atrayente de actividad microbiana. Derrien *et al*; 2023 menciona el que el estudio de la estequiometria de las moléculas orgánicas es importantes para la estabilización de la materia orgánica en el suelo de manera que una relación importante es la relación carbono – nitrógeno desde una perspectiva de materia con contenido energético, lo que hace importante un mayor detalle del estudio de las fracciones o reservas rápidas, medias y tardías del carbono y el nitrógeno, lo cual podrá apoyarnos en la elucidación de los procesos biogeoquímicos implicados en el suelo para el sostenimiento de la vida de las plantas, generando diferentes escenarios de acumulación de reservas y abatimientos de las mismas según el manejo o grado de impacto que tengan nuestro suelo. De manera que en este trabajo se analizan las fracciones de carbono y nitrógeno en suelo con diferente nivel de conservación y restauración, contra una zona inalterada.

## MATERIALES Y METODOS

Los sitios de muestreo se realizaron en el campo experimental INIFAP ubicado en Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí. Los cuales consistieron en parcelas de diez surcos a una distancia de 0.8 metros y 30 metros de largo para cada tratamiento, los cuales consistieron en C: conservado o área natural, sitio inalterado, R1: restaurado con labranza cero con 33 porciento de residuos de cosecha con una antigüedad de 25 años con este manejo, R2: labranza mínima con manejo semejante al anterior solo con 5 años de este manejo, finalmente D: sitio trabajado con barbecho y rasta. En todos los sitios se cultivó maíz forrajero con una fertilización con formula 200-100-00, con una dosificación

del nitrógeno del 50 por ciento y el resto aplicado a la primera escarda. La evaluación del perfil del carbono y nitrógeno en sus fracciones lábil, medio recalcitrante y recalcitrante, derivada de una adaptación de la metodología propuesta por Rovira y Vallejo *et al*; 2002. La determinación de pH y conductividad eléctrica se realizó de acuerdo con la metodología AS-02 y AS-18 respectivamente de la NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. La materia orgánica fue realizada siguiendo la metodología propuesta por Carrillo *et al*; 2022. Finalmente, potasio y nitratos fueron determinados por métodos clásicos a partir de la pasta de saturación.

### RESULTADOS Y DISCUSION

En la tabla 1 se muestran los principales parámetros asociados con la fertilidad del suelo, los cuales son consistentes con los mostrados por Araujo *et al*; 2023, encontrando niveles similares de materia orgánica y nitrógeno, con respecto al contenido de nitrógeno de nitratos observado en la zona conservada y los niveles de potasio disponible y/o soluble puede explicarse por un aumento en la mineralización de la materia orgánica mediada por los microorganismos, donde Sales *et al*; 2024 señalan una correlación positiva entre el potasio disponible y bacterias fijadoras de nitrógeno. En la figura 1 se muestra el contraste estadístico de los parámetros principales de fertilidad del suelo, en el panel A puede observarse los cambios en el pH, donde se observa una diferencia significativa entre el conservado y el restaurado 1 y 2. Con respecto a la conductividad eléctrica no se observaron cambios muy significativos, con respecto al contenido de potasio disponible y nitratos el área conservada mostro una mayor concentración, con significancias marcadas entre los distintos sitios.

Tabla 1. Parámetros analizados en el suelo de los distintos sitios

Sitio	PH	CE	K	N-NO3	%MO
C	7.96 ± 0.17	1.37 ± 0.39	1.39 ± 0.23	42.05 ± 32.75	3.18 ± 0.17
D	8.15 ± 0.1	1.28 ± 0.09	0.82 ± 0.12	0.66 ± 0.75	2.84 ± 0.23
R1	8.35 ± 0.1	0.95 ± 0.15	0.63 ± 0.2	1.23 ± 0.03	2.61 ± 0.18
R2	8.42 ± 0.04	0.91 ± 0.12	0.74 ± 0.21	3.83 ± 1.88	2.3 ± 0.24

En todos los casos se muestra la media y la desviación estándar de una n de tres repeticiones

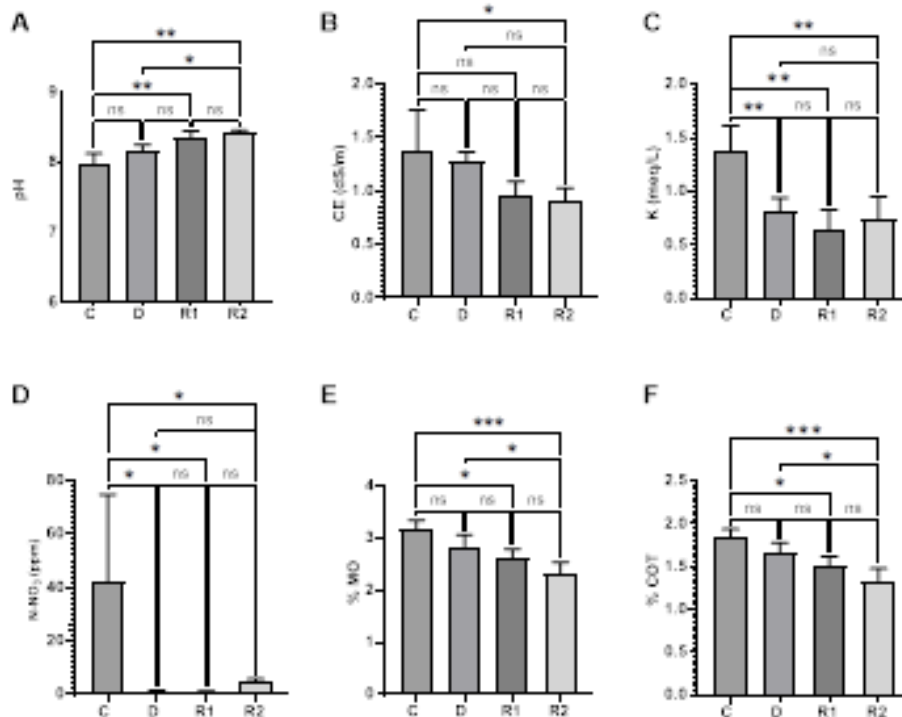


Figura 1. Variables de principales de fertilidad evaluadas. Para todos los casos representa la media de tres repeticiones con su desviación estándar asociada. Se realiza un análisis de *anova* con comparación un análisis sin corrección de Fisher. En el panel A se muestra valores de pH, panel B valores de Conductividad eléctrica, panel C valores de potasio soluble, panel D nitratos en pasta saturada, Panel E por ciento de materia orgánica y Panel F por ciento de carbono orgánico total.

Tabla 2. Fracciones de carbono y nitrógeno en suelo

Sitio	COL	CMR	CR	NOL	NMR	NR
C	0.58 ± 0.06	0.71 ± 0.03	0.55 ± 0.01	0.066 ± 0.036	0.091 ± 0.016	0.091 ± 0.016
D	0.54 ± 0.03	0.58 ± 0.02	0.53 ± 0.11	0.077 ± 0.024	0.072 ± 0.017	0.072 ± 0.017
R1	0.52 ± 0.05	0.56 ± 0.01	0.44 ± 0.08	0.043 ± 0.005	0.032 ± 0.005	0.032 ± 0.005
R2	0.47 ± 0.09	0.46 ± 0.05	0.4 ± 0.04	0.042 ± 0.017	0.024 ± 0.003	0.024 ± 0.003

En todos los casos se muestra la media y la desviación estándar de una n de tres repeticiones

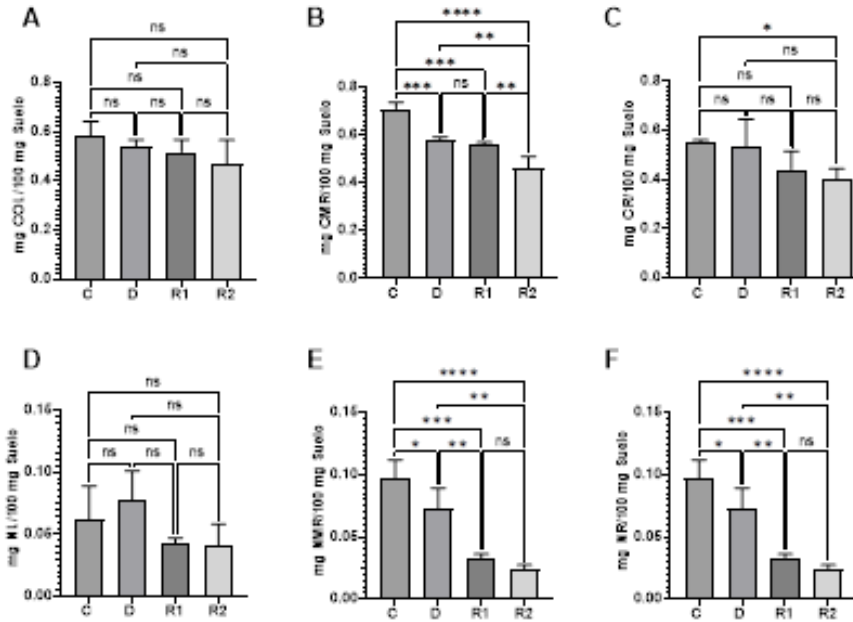


Figura 2. Fracciones de carbono orgánico y de nitrógeno en suelo. Para todos los casos se grafica la media de tres repeticiones con su desviación estándar asociada. Se realiza un análisis de *anova* con comparación un análisis sin corrección de Fisher. En los paneles A, B y C se muestran las fracciones de carbono: Lábil (COL), medio recalcitrante (CMR) y recalcitrante respectivamente (CR). En los paneles D, E y F las fracciones de nitrógeno lábil (NL), medio recalcitrante (NMR) y recalcitrante respectivamente (NR).

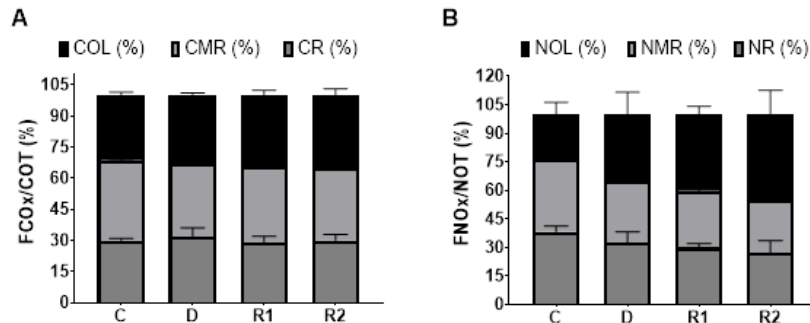


Figura 3. Porcentaje de fracciones de carbono y nitrógeno. Para todos los casos se grafica la media de tres repeticiones con su desviación estándar asociada de los porcentajes que representa las concentraciones de las fracciones de carbono y nitrógeno con respecto al contenido total de estos. Panel A fracciones de carbono; carbono orgánico lábil (COL), carbono orgánico medio recalcitrante (CMR) y carbono recalcitrante (CR). Panel B fracciones de nitrógeno; nitrógeno lábil (NL), nitrógeno medio recalcitrante (NMR) y nitrógeno recalcitrante (NR).

Los resultados mostrados en este trabajo son coincidentes con los reportados por Morelli *et al*; 2022, quien también muestra una mayor acumulación de la fracción lábil en los sitios conservados tras dos años de monitoreo para el caso del carbono, quien también reporta un incremento en la fracción recalcitrante, Singh *et al*; 2023, comentan una influencia marcada de las practicas agronómicas y coberteras en la estabilidad del carbono orgánico y con ello sus fracciones efecto que se observa al mostrar contraste entre sitios, representado distinto manejo. Sera necesario un seguimiento en un periodo de tiempo

mayor para evaluar la evolución de los cambios asociados por el manejo y la restauración del suelo, esto con el objeto de observar mayores contrastes entre sitios.

Este comportamiento puede asociarse con el incremento de la actividad microbiana y la calidad y diversidad de la materia orgánica aportada al suelo, los sitios manejados con poca labranza pero con un solo tipo de materia orgánica que han sido los residuos de la cosecha que ha sido el maíz, se conoce que el aporte de la integración de los residuos de cosecha del maíz agota el contenido de nitrógeno del suelo, fenómeno observado en este trabajo, por lo que se deberá de considerar incrementar la diversidad de materia orgánica integrada en estos sitios, de manera que estos suelos puedan generar reservas más estables que permitan sostener la vida del suelo.

### CONCLUSIONES

El manejo del suelo genera diferencias entre las principales variables de fertilidad, siendo el conservado con los mejores indicadores, con respecto a las reservas de carbono la parte conservada aporta mayores concentraciones de todas las fracciones de carbono y de las fracciones media y tardía del nitrógeno.

### REFERENCIAS

- Araujo Justiniano, Tamara, & Navarro Sánchez, Gonzalo. (2023). Impacto de los incendios forestales en el estado natural de suelos afectados en la Chiquitania (Santa Cruz, Bolivia) y propuesta de índices para su evaluación. *Acta Nova*, 11(1), 51-64. Epub 31 de marzo de 2023. <https://doi.org/10.35319/acta-nova.202312>
- Carrillo-Castañeda Janeth Berenice, Puente-Valenzuela Cristo Omar, Tovalín-Villarreal María Fernanda y Domínguez Coronado Karen Lizbeth. (2022) Adaptación y optimización de la técnica de Walkley-Black para la cuantificación de carbono orgánico en el suelo por colorimetría. XII Reunión Nacional de Investigación Agrícola. Memoria. Villahermosa Tabasco, 286-288
- Derrien, D., Barré, P., Basile-Doelsch, I. *et al.* Current controversies on mechanisms controlling soil carbon storage: implications for interactions with practitioners and policy-makers. A review. *Agron. Sustain. Dev.* **43**, 21 (2023). <https://doi.org/10.1007/s13593-023-00876-x>
- Liyan He, Sixu Lu, Chenguang Wang, Jun Mu, Yulin Zhang, Xudong Wang, 2021. Changes in soil organic carbon fractions and enzyme activities in response to tillage practices in the Loess Plateau of China, *Soil and Tillage Research*, Volume 209, <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.104940>.
- Raffaella Morelli, Daniela Bertoldi, Daniela Baldantoni, Roberto Zanzotti. (2022) Labile, recalcitrant and stable soil organic carbon: comparison of agronomic management in a vineyard of Trentino (Italy) BIO Web Conf. 44 02007 (2022) DOI:10.1051/bioconf/20224402007
- Rovira, P., & Vallejo, V. R. (2002). Labile and recalcitrant pools of carbon and nitrogen in organic matter decomposing at different depths in soil: an acid hydrolysis approach, *Geoderma*, 107, 1–2, pp 109-141, [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(01\)00143-4](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(01)00143-4).
- Sales Ordoñez, Guillermo, Aguirre Escalante, Casiano, Cerna Cueva, Alberto Franco, OrtegaSilva, Doive Salvador, Pérez Hernández, Víctor Ernesto, Aguilar Carazas, Nicolas Walter, & Reateguilnga, Manuel Emilio. (2024). Análisis de microorganismos funcionales y su relación con parámetros fisicoquímicos del suelo en un bosque reservado. *Manglar*, 21(1), 19-28. Epub 02 de abril de 2024. <https://dx.doi.org/10.57188/manglar.2024.002>
- Singh, P., Nazir, G., & Dheri, G. S. (2022). Influence of different management practices on carbon sequestration of agricultural soils – a review. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 69(12), 2471–2492. <https://doi.org/10.1080/03650340.2022.2158326>



von Lützwow, M., Kögel-Knabner, I., Ludwig, B., Matzner, E., Flessa, H., Ekschmitt, K., Guggenberger, G., Marschner, B. and Kalbitz, K. (2008), Stabilization mechanisms of organic matter in four temperate soils: Development and application of a conceptual model†. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 171: 111-124. <https://doi.org/10.1002/jpln.200700047>

## MÉTODO Y DENSIDAD DE SIEMBRA EN TRIGO, VALLE DEL YAQUI, SONORA.

Cortés-Jiménez Juan Manuel<sup>1\*</sup>; Ortiz-Ávalos Alma Angélica<sup>1</sup>; Félix-Fuentes José Luis<sup>1</sup>; Rosas Jáuregui Ivón Alejandra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP. Calle Norman E. Borlaug km 12, C.P. 85000,

Cd. Obregón, Sonora, México, Tel. (55) 38718700 Ext. 81210.

\*Autor principal: cortes.juanmanuel@inifap.gob.mx

### RESUMEN

Durante el ciclo otoño-invierno 2023-2024, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug del INIFAP, en un suelo de textura arcillosa se evaluó el rendimiento de grano y algunos de sus componentes en dos métodos de siembra en trigo duro variedad CIRNO C2008. El suelo se preparó con cincel, tres pasos de rastra, nivelación y surcado a 80 cm de separación. Se fertilizó en banda con 553 kg ha<sup>-1</sup> de urea. No se aplicó fósforo. La siembra se realizó sobre humedad el 25 de noviembre de 2023 con 50 y 100 kg ha<sup>-1</sup> de semilla con una y dos hileras de plantas por surco respectivamente. Se aplicaron dos riegos de auxilio, el primero en la etapa Zadoks 2.4 y el segundo en Zadoks 5.9. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron la producción de biomasa, rendimiento de grano al 12% de humedad, espigas por metro cuadrado, peso de 1000 granos y proteína en grano en base seca. Se observaron diferencias significativas entre métodos de siembra para las variables biomasa, rendimiento de grano y espigas por metro cuadrado. En todos los casos, la siembra en dos hileras superó a la siembra en una hilera. El peso de 1000 granos y el porcentaje de proteína fueron mayores en la siembra con una hilera, pero la diferencia no fue significativa. Aun cuando se dejó de sembrar el 50% de la superficie, la reducción de biomasa, rendimiento de grano y espigas por metro cuadrado fue de 23.7, 22.2 y 24.6% respectivamente. Se concluyó que la siembra con una hilera de plantas es una buena opción para reducir tiempos y movimientos durante la cosecha de experimentos de trigo.

**Palabras clave:** biomasa, rendimiento de grano, proteína

### ABSTRACT

During the autumn-winter 2023-2024 season, in the Norman E. Borlaug Experimental Station of INIFAP, in a clay soil, grain yield and some yield components were evaluated in two seeding methods in durum wheat variety CIRNO C2008. Soil was prepared with chisel, three steps of harrowing, leveling and furrowing, 80 cm apart. It was band fertilized with 553 kg ha<sup>-1</sup> of urea without phosphorus. Sowing was carried out on November 25, 2023 with 50 and 100 kg ha<sup>-1</sup> of seed with one and two rows of plants per furrow respectively. Two complementary irrigations were applied; first at Zadoks stage 2.4 and second at Zadoks stage 5.9. Randomized block design with four replications was used. Significant differences were observed for biomass, grain yield and spikes m<sup>-2</sup>. In all cases, seeding with two rows was better than one row. The 1000 grains weight and grain protein content was higher in one row but not significantly. Although 50 percent of the surface was not planted, biomass, grain yield and spikes m<sup>-2</sup> reduction was of 23.7, 22.2 y 24.6% respectively. It was concluded

that sowing with a row of plants is a good option for reduce time and movements during harvesting wheat experiments.

**Key words:** biomass, grain yield, protein

## INTRODUCCION

Durante el año 2023, se establecieron en México 560,369 ha de trigo, se cosecharon 3,476,026.8 toneladas y se obtuvo un rendimiento promedio de 6.2 t ha<sup>-1</sup>. En Sonora, se establecieron 268,056.7 ha de este cultivo, se cosecharon 1,994,574 toneladas y se obtuvo un promedio de 7.44 t ha<sup>-1</sup>. En el sur de Sonora, en los valles del Yaqui y Mayo que comprenden los municipios de BÁCUM, Cajeme, Etchojoa, Guaymas, Huatabampo, Navojoa, Benito Juárez y San Ignacio Río Muerto, se establecieron 254,071 ha, que representaron 45.34% de la superficie nacional y 94.78% de la estatal. La superficie establecida en cada uno de los municipios mencionados fue de 18,428, 57,130, 52,380, 12,278, 42,000, 31,820, 21,337 y 18,697 hectáreas respectivamente. El rendimiento por hectárea correspondiente fue de 7.55, 7.90, 7.34, 7.60, 6.66, 7.24, 8.03 y 7.93 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2023).

En el Valle del Yaqui, el trigo se siembra en surcos a 80 o 76 cm de separación con tres y generalmente cuatro hileras de plantas, con 170 a 220 kg ha<sup>-1</sup> de semilla. Se han documentado los efectos de las condiciones ambientales sobre la composición química de la semilla de trigo. Las semillas producidas en condiciones de estrés abiótico tienen una cantidad significativamente menor de materia seca. Las semillas pueden verse muy afectadas por las temperaturas extremas y la cantidad y distribución de la lluvia. Además, prácticas agronómicas como la dosis de semilla y la aplicación de nitrógeno también afectan la calidad de las semillas de trigo. La dosis de semilla adecuada ayuda a tener semillas de mejor tamaño y la aplicación de fertilizantes nitrogenados mejora su porcentaje de proteína (Nadew, 2018). El rendimiento de grano es un atributo de varios componentes relacionados, como la longitud de la espiga, el número de macollos productivos, el número de granos por espiga y el peso de mil granos, lo cual es afectado por la cantidad de semilla. Por lo tanto, algunos autores recomiendan utilizar semillas de fuentes confiables a una dosis de 150 kg ha<sup>-1</sup> para maximizar su producción (Yadelew et al., 2024). Otros autores recomiendan 100 kg ha<sup>-1</sup> (Behzad et al., 2021), 140 kg ha<sup>-1</sup> (Behzad and Amani, 2020), de 50 a 200 kg ha<sup>-1</sup> dependiendo de la variedad (Hussain, I. et al., 2010). Investigaciones de varios años permitieron recomendar en el Valle del Yaqui la siembra de trigo en surcos con dos hileras de plantas. Este método, permite el control mecánico de maleza y la aplicación en banda de fertilizantes antes del riego de auxilio, el cual continúa utilizándose en los experimentos que se realizan en el INIFAP. El objetivo de esta evaluación, fue determinar la pérdida de rendimiento asociado a la siembra con una hilera de plantas de trigo en surcos a 80 cm.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se realizó durante el ciclo otoño-invierno 2023-2024, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) del INIFAP. El campo se ubica en el block 910 del Valle del Yaqui, Sonora, México, a 27° 22' 06.12" de latitud norte y 109° 55' 18.59" de longitud oeste a 41 msnm. El clima es (BW (h)) de acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1988) y el suelo es de textura arcillosa. Se evaluó el rendimiento de grano y algunos de sus componentes en dos métodos de siembra en trigo duro variedad CIRNO C2008. El cultivo anterior fue trigo. El suelo se preparó con cincel, tres pasos de

rastra, nivelación y surcado a 80 cm de separación. Se fertilizó en banda con 553 kg ha<sup>-1</sup> de urea. No se aplicó fósforo. La siembra se realizó sobre humedad el 25 de noviembre de 2023 con 50 y 100 kg ha<sup>-1</sup> de semilla con una y dos hileras de plantas por surco respectivamente. Se aplicaron dos riegos de auxilio, el primero en la etapa Zadoks 2.4 y el segundo en Zadoks 5.9 (Rawson y Gómez, 2001). Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de 8 surcos de 110 m de longitud. La parcela útil de un surco de un metro de longitud. Las variables evaluadas fueron la producción de biomasa, rendimiento de grano al 12% de humedad, espigas por metro cuadrado, peso de 1000 granos y proteína en grano en base seca.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias significativas entre métodos de siembra para las variables biomasa, rendimiento de grano y espigas por metro cuadrado. En todos los casos, la siembra en dos hileras superó a la siembra en una hilera. El peso de 1000 granos y el porcentaje de proteína fue mayor en la siembra con una hilera, pero la diferencia no fue significativa (Cuadro 1). Aun cuando se dejó de sembrar el 50% de la superficie, la reducción de biomasa, rendimiento de grano y espigas por metro cuadrado fue de 23.7, 22.2 y 24.6% respectivamente. Lo anterior se explica por la menor competencia intra-específica al sembrar en una hilera. La información obtenida, respalda la recomendación de no sembrar el trigo con dos hileras de plantas, ya que, en caso de fallar la siembra de una hilera, la restante no compensa la pérdida.

Cuadro 1. Diferenciación de medias para las variables biomasa, rendimiento de grano, espigas por metro cuadrado, peso de 1000 granos (PMG) y proteína en grano en base seca.

Tratamiento	Biomasa t ha <sup>-1</sup>	Grano t ha <sup>-1</sup>	Espigas m <sup>-2</sup>	PMG	Proteína %
1 Hilera	11.913 a	4.666 a	235 a	50.22 a	14.72 a
2 Hileras	15.613 b	5.994 b	312 b	48.95 a	14.41 a
DMS	3.308	1.113	64	2.89	0.616

Los experimentos de trigo se establecen en surcos a 80 cm de separación con dos hileras de plantas (Figura 1), debido principalmente a que la cosecha se realiza de forma manual con hoz. Este método de siembra, obliga a validar los resultados en el método y la densidad de siembra usados por los agricultores. Experimentalmente, lo mejor es obtener la información con la siembra de una hilera por surco, ya que se reduce a la mitad el trabajo manual de la cosecha y su costo en los experimentos.



Figura 1. Aspecto de la siembra de trigo con dos hileras de plantas, a los 74 días después de la siembra con  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de semilla variedad CIRNO C2008.

Los resultados obtenidos, se deben analizar desde la perspectiva de un sistema agrícola de bajos costos de producción y de escasos recursos para la investigación. Por este motivo, es necesario diseñar experimentos donde se requiera menor cantidad de semillas, fertilizantes e insumos de campo en general. Sin embargo, el factor más crítico es la mano de obra, la cual es escasa y ha incrementado su costo durante los últimos años. Por lo anterior, se deben reducir los tiempos y movimientos necesarios para la estimación de las variables de respuesta en los experimentos de campo. Por otra parte, se ratifica la recomendación de no sembrar trigo con dos hileras en agricultura comercial, ya que cualquier falla en la germinación de la semilla o taponamiento de la sembradora afectará el rendimiento.

### CONCLUSIONES

En un esquema de investigación con baja disponibilidad de recursos humanos y financieros, el establecimiento de experimentos de fertilización en surcos a 80 cm de separación con una hilera de plantas y  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de semilla, es una opción que permite reducir los tiempos y movimientos durante la cosecha del trigo.

**REFERENCIAS**

- Behzad, M.A., Omerkhil, N. and Faqiryar, F. 2021. Influence of Different Seed Rates on the Growth and Yield Characteristics of Wheat Crop (*Triticum aestivum* L.): Case Study of Takhar Province, Afghanistan. *Grassroots Journal of Natural Resources*, 4(4): 1-12. Doi: <https://doi.org/10.33002/nr2581.6853.040401>
- Behzad, M.A. and Amani, A. 2020. Effect of seeding rate on growth and yield of wheat. *International Journal of Advanced Academic Studies*; 2(4): 483-485
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Libros número 6. México, D.F. 90 pp.
- Hussain, I., Khan, M.A. and Khan, H. 2010. Effect of seed rates on the agro-physiological traits of wheat. *Sarhad J. Agric.* Vol.26, No.2, p. 169-176
- Nadew, B.B. 2018. Effects of Climatic and Agronomic Factors on Yield and Quality of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Seed: A Review on Selected Factors. *Adv Crop Sci Tech* 6: 356. doi:10.4172/2329-8863.1000356
- Rawson, H.M. y Gómez, M.H. 2001. Trigo regado. Manejo del cultivo. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. fao.org.
- SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP). 2023. [https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/)
- Yadelew, Z., Tadesse, T.M. and Tarekegn, W. 2024. Appropriate seed source and rate enhanced the productivity of bread wheat varieties under irrigated conditions in North Mecha, Amhara region, Ethiopia. *Heliyon* 10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31568>

## INHIBIDORES DE LA UREASA EN TRIGO, VALLE DEL YAQUI, SONORA

Cortés-Jiménez Juan Manuel<sup>1\*</sup>; Ortiz-Ávalos Alma Angélica<sup>1</sup>; Félix-Fuentes José Luis<sup>1</sup>; Rosas Jáuregui Ivón Alejandra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP. Calle Norman E. Borlaug km 12, C.P. 85000, Cd. Obregón, Sonora, México, Tel. (55) 38718700 Ext. 81210. Autor principal: cortes.juanmanuel@inifap.gob.mx

### RESUMEN

La evaluación de inhibidores de la ureasa en el rendimiento de trigo se llevó a cabo durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2023-24 en un suelo arcilloso del Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora. La fecha de siembra fue el 25 de noviembre de 2023, con 100 kg ha<sup>-1</sup> de semilla variedad CIRNO C2008. Para el estudio se utilizaron 24 surcos de 110 metros de largo, separados a 80 cm (2,112 m<sup>2</sup>), con dos hileras de plantas separadas a 30 cm. Se aplicó un riego de presembrado y tres riegos de auxilio. Se aplicó al voleo manualmente una dosis total de 553 kg ha<sup>-1</sup> de urea, fraccionada en 253 kg antes de la siembra la cual fue incorporada con un paso de cultivadora, y 300 kg ha<sup>-1</sup> antes del primer riego, la cual se incorporó con el agua de riego. La misma cantidad se aplicó con la urea con los inhibidores de la ureasa NBPT y Duromide, la cual tiene el nombre comercial de Nitroperfecto. En ambas etapas, el fertilizante se dejó sobre la superficie del suelo durante cinco días. La dosis total de nitrógeno fue de 254 unidades por hectárea. No se aplicó fósforo. Se utilizó un diseño de bloques al azar con ocho repeticiones por tratamiento. Las variables evaluadas fueron la biomasa total, rendimiento de grano e índice de cosecha. No se encontraron diferencias significativas para el uso de inhibidores de la ureasa en ninguna de las variables evaluadas. Los rendimientos para urea y nitroperfecto fueron de 7.969 y 8.309 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. Se concluyó que bajo las condiciones de suelo, clima y manejo en que se realizó el ensayo, no existió un efecto significativo del uso de inhibidores de la ureasa en el rendimiento de trigo.

**Palabras clave:** urea, nbpt, duromide

### ABSTRACT

The evaluation of urease inhibitors on wheat yield was carried out during the autumn-winter 2023-24 agricultural season in a clay soil at the Norman E. Borlaug Experimental Station in the Yaqui Valley, Sonora. The sowing date was November 25, 2023, with 100 kg ha<sup>-1</sup> of CIRNO C2008 variety seed. For the study, 24 rows 110 meters long were used, separated at 80 cm (2,112 m<sup>2</sup>), with two rows of plants separated at 30 cm. A pre-sowing irrigation and three complementary irrigations were applied. A total dose of 553 kg ha<sup>-1</sup> of urea was manually broadcast, divided into 253 kg before sowing, which was incorporated with a cultivator step, and 300 kg ha<sup>-1</sup> before the first irrigation, which was incorporated with irrigation water. The same amount was applied with urea with the urease inhibitors NBPT and Duromide, which has the commercial name Nitroperfecto. In both stages, the fertilizer was left on the soil surface for five days. The total nitrogen dose was 254 units per hectare. No phosphorus was applied. A randomized block design was used with eight repetitions per treatment. The variables evaluated were total biomass, grain yield and harvest index. No significant differences were found for the use of urease inhibitors in any of the variables

evaluated. The yields for urea and nitroperfect were 7.969 and 8.309 t ha<sup>-1</sup> respectively. It was concluded that under the soil, climate and management conditions in which the trial was carried out, there was no significant effect of the use of urease inhibitors on wheat yield.

**Key words:** urea, nbpt, duromide

## INTRODUCCIÓN

En el año 2023 en el Valle del Yaqui, Sonora se cosecharon 127,870 hectáreas de trigo. Mientras que, en el sur de Sonora, se cosecharon 254,071 ha (SIAP, 2023). Se aplicó un promedio de 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, lo que representó 76,221 ton de nitrógeno aplicadas en la superficie total. Las principales fuentes de nitrógeno son el amoníaco anhidro y la urea. En general, la urea se aplica al voleo y se incorpora con rastra, un paso de cultivadora o con el agua de riego. La urea es el fertilizante nitrogenado más utilizado en el mundo. Después de su aplicación al suelo, la urea se hidroliza a través de la enzima ureasa, provocando aumentos en el pH del suelo en el área circundante de los gránulos y resultando en pérdidas de NH<sub>3</sub> que promedian el 16% del N aplicado en todo el mundo y pueden alcanzar el 40% o más en climas cálidos y húmedos (Cantarella et al., 2018). Las emisiones antropogénicas de NH<sub>3</sub>, principalmente de la agricultura, han provocado daños significativos a la salud humana y los ecosistemas (Hu y Schmidhalter, 2021). En alineación con la legislación de la Unión Europea sobre la regulación de las emisiones de amoníaco de los fertilizantes minerales después de 2030, se permitirá que fertilizantes como la urea con emisiones de amoníaco reducidas en al menos un 30% sigan en uso (Klimczyk et al., 2021). El riesgo de volatilización de NH<sub>3</sub> de los fertilizantes a base de amonio se ha reconocido durante mucho tiempo en el contexto del uso de fertilizantes nitrogenados (Powlson y Dawson, 2022). La aplicación de nitrógeno y su momento tiene un efecto significativo sobre el rendimiento y la concentración de proteína de trigo de invierno. Los datos sugieren que el momento óptimo agronómico no estuvo relacionado con el momento de la deficiencia de N. Aunque se observó un efecto negativo en el rendimiento de grano, fue sólo en los escenarios donde se aplicó N después de Feekes 8. No se documentó ningún impacto negativo en el rendimiento del grano o la concentración de proteína, cuando la aplicación de N se realizó después de que había ocurrido una deficiencia. Los valores de rendimiento y proteína de la aplicación de N durante el desarrollo del cultivo hasta Feeks 7 fueron iguales o mayores que los de los tratamientos de pre-siembra (Souza et al., 2022). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de inhibidores de la ureasa en el rendimiento de trigo en el Valle del Yaqui, Sonora.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación del efecto de la urea y el producto nitroperfecto en el rendimiento de trigo se llevó a cabo durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2023-24 en un suelo arcilloso con un valor de pH de 7.5 en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, México (27°22'4.9"N latitud y 109°55'36.86"W longitud, 40 msnm). Esta región presenta un clima cálido (BW(h)) y calor extremo según la clasificación de Köppen, modificada por García (1988). La fecha de siembra fue el 25 de noviembre de 2023, con 100 kg ha<sup>-1</sup> de semilla variedad CIRNO C2008. Para el estudio se utilizaron 24 surcos de 110 metros de largo, separados a 80 cm (2,112 m<sup>2</sup>), con dos hileras de plantas separadas a 30 cm. Se aplicó un riego de pre-siembra y tres riegos de auxilio. Se aplicó al voleo manualmente una dosis total de 553 kg ha<sup>-1</sup> de urea, fraccionada en 253 kg antes de la siembra la cual fue incorporada con un paso de cultivadora, y 300 kg ha<sup>-1</sup> antes del primer



riego, el cual se incorporó con el agua de riego. La misma cantidad se aplicó con la urea con los inhibidores de la ureasa NBPT y Duromide, la cual tiene el nombre comercial de Nitroperfecto. En ambas etapas, el fertilizante se dejó sobre la superficie del suelo durante cinco días. La dosis total de nitrógeno fue de 254 unidades por hectárea. No se aplicó fósforo. Para determinar las variables de respuesta, la parcela útil fue de 0.8 m<sup>2</sup> la cual se cosechó manualmente con hoz. Se tomaron 4 muestras por cada 12 surcos de tratamiento. La trilla se realizó en trilladora estacionaria tipo Pullman. El trigo se limpió de impurezas, se pesó y se determinó su contenido de humedad. Se utilizó un diseño de bloques al azar con ocho repeticiones por tratamiento. Las variables evaluadas fueron la biomasa total, rendimiento de grano e índice de cosecha.

### RESULTADOS Y DISCUSION

No se encontraron diferencias significativas para el uso de inhibidores de la ureasa en el producto nitroperfecto con relación a la urea normal en ninguna de las variables evaluadas. La diferencia en rendimiento fue de 0.34 t ha<sup>-1</sup> a favor del uso de inhibidores de la ureasa. También el índice de cosecha se incrementó con el uso de nitroperfecto pero no de manera significativa (Cuadro 1).

Cuadro 1. Diferenciación de medias para las variables biomasa, rendimiento de grano e índice de cosecha en la evaluación del tratamiento de urea con inhibidores de la ureasa.

Tratamiento	Biomasa t ha <sup>-1</sup>	Grano t ha <sup>-1</sup>	Índice de cosecha
UREA	17.369 a	7.969 a	0.458 a
NITROPERFECTO	17.125 a	8.309 a	0.485 a
DMS	1.433	1.213	0.058

El costo del nitroperfecto es 70 dólares por tonelada mayor al de la urea, lo que representa un incremento de 14.0 por ciento. Por esta razón, la respuesta en rendimiento o calidad de trigo de los fertilizantes con inhibidores debe ser mayor que la obtenida con la urea normal. En esta evaluación, tanto la urea normal como el nitroperfecto se adquirieron en la misma empresa. El aspecto del cultivo en ambos tratamientos se observa en la Figura 1.



Figura 1. A la izquierda: urea con dos inhibidores de la ureasa. Derecha: urea normal

La urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) es el fertilizante nitrogenado mineral más utilizado en todo el mundo y representa alrededor de la mitad de todo el nitrógeno mineral aplicado. Es el fertilizante mineral con el mayor contenido de nitrógeno, aproximadamente un 46 %, está ampliamente disponible, es asequible y seguro de usar y transportar. Esto significa que juega un papel muy importante en la productividad agrícola y la seguridad alimentaria. El problema cuando se aplica urea al suelo en presencia de agua y enzimas de ureasa, el dióxido de carbono que se fijó en la molécula de urea durante la fabricación se libera por hidrólisis. Estas emisiones son intrínsecas a la estructura química de la urea y son inevitables (IFA, 2022). Una solución es incorporar la urea o bien tratarla con inhibidores de la ureasa.

Para cumplir con los requisitos impuestos en condiciones de campo, además se deben considerar factores como: dosis y fecha de aplicación, método de aplicación, tipo de suelo, de cultivo, y pH del mismo y condiciones atmosféricas (Klimczyk *et al.*, 2021).

### CONCLUSIONES

Se concluyó que bajo las condiciones de suelo, clima y manejo en que se realizó el ensayo, no existió un efecto significativo del uso de inhibidores de la ureasa en el rendimiento de trigo. Sin embargo, su efecto fue positivo y es posible que mejore la calidad del grano.

**REFERENCIAS**

- Cantarella H. Otto R., Rodrigues S.J., Gomes de Brito S.A. 2018. Agronomic efficiency of NBPT as a urease inhibitor: A review. *Journal of Advanced Research* 13 (2018) 19–27. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2018.05.008>
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Libros número 6. México, D.F. 90 pp.
- Hu Y. and Schmidhalter U. 2021. Urease inhibitors: opportunities for meeting EU national obligations to reduce ammonia emission ceilings by 2030 in EU countries. *Environ. Res. Lett.* 16 (2021) 084047. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac16fe>
- IFA (INTERNATIONAL FERTILIZER ASSOCIATION). 2022. Reducing emissions from fertilizer use. Helping to feed the world sustainably. 86 p. [https://www.systemiq.earth/wp-content/uploads/2022/11/Fertilizer\\_Report\\_Executive\\_Summary\\_Final.pdf](https://www.systemiq.earth/wp-content/uploads/2022/11/Fertilizer_Report_Executive_Summary_Final.pdf)
- Klimczyk M., Siczek A. Schimmelpfennig L. 2021. Improving the efficiency of urea-based fertilization leading to reduction in ammonia emission. *Science of the Total Environment* 771 (2021) 145483.
- Powlson S. and Dawson Chris J. 2022. Use of ammonium sulphate as a sulphur fertilizer: Implications for ammonia volatilization. *Soil Use Manage.* 2022; 38:622–634.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2023. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Souza, J.L.B.; Antonangelo, J.A.; de Oliveira Silva, A.; Reed, V.; Arnall, B. 2022. Recovery of Grain Yield and Protein with Fertilizer Application Post Nitrogen Stress in Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy* 2022, 12, 2024. <https://doi.org/10.3390/agronomy12092024>

## EVALUACIÓN DE DOS METODOLOGÍAS PARA LA FORMACIÓN DE GRUPOS HETERÓTICOS EN MAÍZ

Cubedo Ruiz Edgar Aadalberto<sup>1\*</sup>; Peinado Fuentes Luis Alberto<sup>2</sup>; Barrales Gámez Benjamín<sup>1</sup>; Ortiz Enríquez José Eliseo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Noerman E. Borlaug-INIFAP. Calle Norman Borlaug, km 12, Valle del Yaqui, Sonora, México. <sup>2</sup>Campo Experimental Valle del Fuerte-INIFAP. Km. 1609, Carretera Internacional México – Nogales, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa

\*Autor correspondencia: cubedo.edgar@inifap.gob.mx

### RESUMEN

El agrupamiento de líneas endogámicas de maíz en función de patrones heteróticos es esencial en un programa de mejoramiento genético. Existen diversas metodologías para llevar a cabo el agrupamiento; sin embargo, es necesario medir su eficiencia. El programa de mejoramiento genético del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en el Campo Experimental Valle del Fuerte (CEVAF) deriva líneas endogámicas haploide duplicado (HD) a partir de dos poblaciones blancas de maíz, la Población Blanca del Noroeste (PBN) y la Población Blanca del Bajío (PBB). Este programa ha secuenciado sus líneas mediante GBS (siglas en inglés para Genotypin By Sequencing) y calculado sus distancias genéticas (DGs). A pesar de esto, no se han realizado investigaciones para agruparlas y mejorar la eficacia de los cruzamientos. Por esto último, la presente investigación se enfocó en medir la eficiencia de dos metodologías para agrupar 9 líneas endogámicas HD en grupos heteróticos. Para ello se compararon los métodos de DGs y los mapas de calor de doble cluster que utilizan la correlación de Pearson como distancia. Se utilizó el rendimiento de grano procedente de cruzas generadas el año 2014 y evaluadas durante el ciclo de otoño-invierno de los años 2015-2016, así como una matriz de DGs de las líneas. El diseño de cruzas fue el correspondiente al modelo I de Griffing. Se estimaron la Aptitud Combinatoria General (ACG), Aptitud Combinatoria Específica (ACE) y los efectos recíprocos. Con los grupos formados de ambos métodos, se realizaron comparaciones entre y dentro de grupos, así como entre métodos, utilizando el rendimiento de grano y la heterosis. Hubo diferencias significativas del rendimiento de grano entre cruzas, así como en ACG, ACE y efectos recíprocos. Las DGs generaron dos posibles grupos heteróticos, mientras que con los mapas de calor tres. Al comparar el rendimiento de grano entre y dentro de grupos, estos fueron diferentes ya que dentro de los grupos la media del rendimiento fue significativamente menor. Al comparar los métodos, se encontraron diferencias tanto en rendimiento de grano como en heterosis, siendo el método de mapas de calor el más eficiente al momento de agrupar en función de los patrones.

**Palabras clave:** grupos, heterosis, rendimiento, distancias genéticas.

### ABSTRACT

Grouping maize inbred lines by heterotic patterns is essential goal for breeding program. Different procedures are used to carry out the grouping; however, estimate its efficiency is necessary. The genetic breeding program from INIFAP, at the experimental station Valle del Fuerte got duplicated haploid (HD) inbred lines from two white maize populations, the White Northwest (PBN) and Bajío population (PBB). The Breeding program have been sequenced the inbred and estimates the genetic distances (GD) using GBS (Genotypin By Sequencing).

Despite this, no research has been carried out to group inbred and improve the effectiveness for crossings. Due this, the present research focus on the efficiency of two methodologies to group 9 HD inbred maize lines into heterotic groups. GD and the double cluster heat maps methods that use the Pearson correlation as distance were compared. A GD matrix from inbred lines and grain yield crosses from 2014 and evaluated in fall-winter cycle in 2015-2016 years was used. The cross design was Griffing's model I. General and Specific Combining Ability (GCA and SCA) and reciprocal effects were estimated. With groups created from both, genetic distance and heat map, comparisons of grain yield and heterosis were made between and within groups, as well among methods. Significant differences in grain yield between crosses, GCA, SCA and reciprocal effects were found. With GD two possible heterotic groups were generated, while the heat maps generated three groups. Significant differences between and within groups grain yields were found, within groups the average yield was significantly lower. Differences were found in both grouping methods for grain yield and heterosis being the heat map method the most efficient.

**Key words:** Maize, inbred lines, grain yield, heterosis, genetic distance, heterotic groups

## INTRODUCCION

En los programas de mejoramiento genético de maíz (*Zea mays* L.) donde el objetivo es la obtención de híbridos, contar con información respecto a grupos y patrones heteróticos facilita la planeación de los cruzamientos (Balderrama Castro et al., 2016). Un grupo heterótico es descrito como un conjunto de genotipos que manifiestan igual habilidad combinatoria y respuesta heterótica al ser cruzados con otro grupo genéticamente distintos. Mientras que los patrones heteróticos hacen referencia a cruces específicas de dos grupos heteróticos distintos y que la combinarse generan híbridos de alto rendimiento (Scheffler, 2006). Por lo tanto, el agrupamiento de líneas endogámicas de maíz a partir de patrones heteróticos permite una mayor seguridad en la formación de híbridos sobresalientes (Barata & Carena, 2006). Dentro de las metodologías utilizadas para definir grupos heteróticos se encuentra la DG a partir de marcadores moleculares (Sang et al., 2022). Esta metodología ha sido utilizada para predecir cruzamientos, ya que se ha supuesto que a mayor DG mayor heterosis (Suwarno et al., 2014). Otro método muy actual, que podría ser utilizado es el uso de mapas de calor de doble cluster que utiliza la correlación de Pearson como distancia (Tiessen et al., 2017). Esta herramienta ha permitido visualizar información de la relación fenotipo-genotipo de forma significativa (Chamorro-Flores et al., 2020; Torres-García et al., 2018) y recientemente se utilizó para agrupar líneas de maíz azul generadas en México y reagrupar líneas endogámicas desarrolladas en Argentina (Cubedo-Ruiz et al., 2024). Desde hace algunos años, el INIFAP, en el CEVAF, se han generado líneas homocigotas mediante la tecnología Haploide Duplicados (HD) a partir de dos poblaciones de maíz blanco, la PBB y la PBN. Las líneas obtenidas han sido secuenciadas mediante GBS, se han calculado sus DG y realizado cruzamientos en base a ella. No obstante, el programa de mejoramiento de maíz del CEVAF no ha utilizado la DG, ni cualquier otro método para el establecimiento de grupos heteróticos, paso de vital importancia para la obtención de cruzar con alto potencial productivo. Debido a esto último, y a la necesidad de planificar de mejor manera la generación de híbridos, el presente trabajo tuvo el siguiente objetivo: Comparar la eficiencia para la formación de grupos heteróticos entre la metodología de DGs y los mapas de calor de doble cluster que utilizan la correlación de Pearson como distancia. Hubo diferencias significativas

## MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en el Campo Experimental Norman E. Borlaug del INIFAP, localizado en el Valle del Yaqui, Cajeme, Sonora. Se utilizó información del ciclo de cultivo de otoño-invierno de los años 2015 y 2016. Los datos utilizados fueron las DGs de 9 líneas de maíz blanco HD (Cuadro 1) y los rendimientos de grano ajustado al 14% de humedad provenientes de un cruzamiento realizado entre las 9 líneas. Las cruzas se hicieron el año 2014 obteniendo un total de 80, 40 directas y 40 recíprocas. El diseño de cruzas y análisis de varianza de los rendimientos se obtuvieron acorde al método I propuesto por Griffing (1956).

Para la obtención de las DGs las líneas de secuenciaron mediante GBS (siglas en inglés para Genotyping By Sequencing). Para ello, se prepararon las bibliotecas del ADN de acuerdo a la metodología propuesta por Elshire y colaboradores en el 2011 utilizando la plataforma de un Illumina HiSeq 2500 de CIMMYT. Posteriormente se obtuvo la matriz de la distancia genética de Rogers partiendo de los datos de presencia o ausencia de SNPs de cada una de las líneas de maíz mediante el software Bio-R (Pacheco *et al.*, 2016). Una vez obtenida la matriz de distancia, las líneas se agruparon por medio de un dendrograma. Para el agrupamiento mediante mapas de calor, se utilizaron los rendimientos grano de cada una de las cruzas realizadas. Con ellas se construyó una matriz para realizar el cálculo de las correlaciones con la función *cor.dist* (Tiessen *et al.*, 2017). Posteriormente, las correlaciones se utilizaron como distancias para obtener al agrupamiento en un mapa de calor de doble cluster como se muestra a continuación: `hv<- heatmap(datam, distfun=cor.dist, col = gray(24:0/24), scale="none", main="R cor.dist ")` (Tiessen *et al.*, 2017). Posteriormente se compararon los rendimientos de grano dentro y entre los grupos mediante una prueba de t. Finalmente, se realizó el cálculo de la heterosis en base a la diferencia de las medias entre las cruzas y el mejor padre (Falconer and Mackay, 1996). Con la heterosis y el rendimiento de grano se realizaron análisis de varianza con la finalidad de comparar los grupos formados con cada método y determinar la eficiencia. Todos los análisis fueron realizados con RStudio versión 4.4.1.

**Cuadro 1.** Nombre y genealogía de líneas progenitoras de maíz blanco HD generadas en el CEVAF.

<b>Genealogía de líneas progenitoras</b>			
<b>Código</b>	<b>Genealogía</b>	<b>Código</b>	<b>Genealogía</b>
PBB187	PBB 187-DH10	PBN85	PBN 85-DH85
PBB178	PBB 178-DH1	PBN39	PBN 39-DH39
PBB183	BB 183-DH6	PBN9	PBN 9-DH9
PBB180	PBB 180-DH3	PBN57	PBN 57-DH57
PBB198	PBB 198-DH25		

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

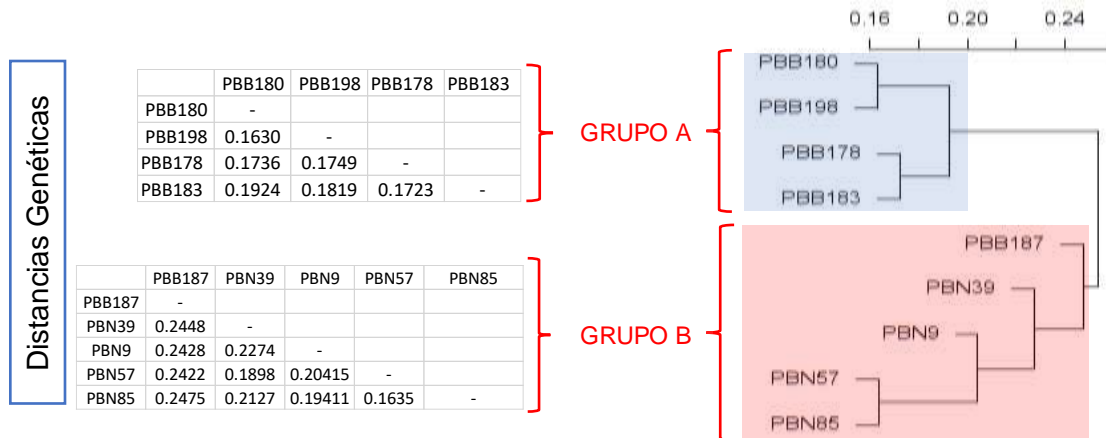
El resultado del análisis de varianza según el diseño y método I de Griffing se muestra en el cuadro 2. Se observaron diferencias significativas del rendimiento de grano entre las cruzas, indicando suficiente diversidad genética del germoplasma en estudio. La variación debida a la aptitud combinatoria general (ACG), aptitud combinatoria específica (ACE) y efectos recíprocos también fue significativa. Esto muestra evidencia de que tanto efectos aditivos como no aditivos intervinieron el desempeño híbrido de las líneas de maíz blanco HD. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Amiruzzaman *et al.*, 2011 y Fan *et*

al., 2009, donde la ACG (efectos aditivos) y la ACE (efectos no aditivos), simultáneamente dictaron el comportamiento del desempeño productivo en diversos cruzamientos que realizaron. Por otra parte, se ha reportado que el mejoramiento por hibridación tendrá mayor éxito si las líneas que se cruzan poseen efectos positivos y altos de ACE y ACG simultáneamente (Reyes-López et al., 2004).

**Cuadro 2.** Análisis de varianza y nivel de significancia estadística de las cruzas, ACG, ACE y efectos recíprocos según el diseño I de Griffing.

Fuente de variación	GL	Cuadrados medios	Valor de F	Pr (> F)
Cruzas	80	17.9	17.5	<0.001***
ACG	8	16.2	11.7	<0.001***
ACE	36	14.0	10.1	<0.001***
Materno	8	1.6	1.2	0.291
Recíproco	36	1.6	9.6	<0.001***
Residuales	80	1.4		

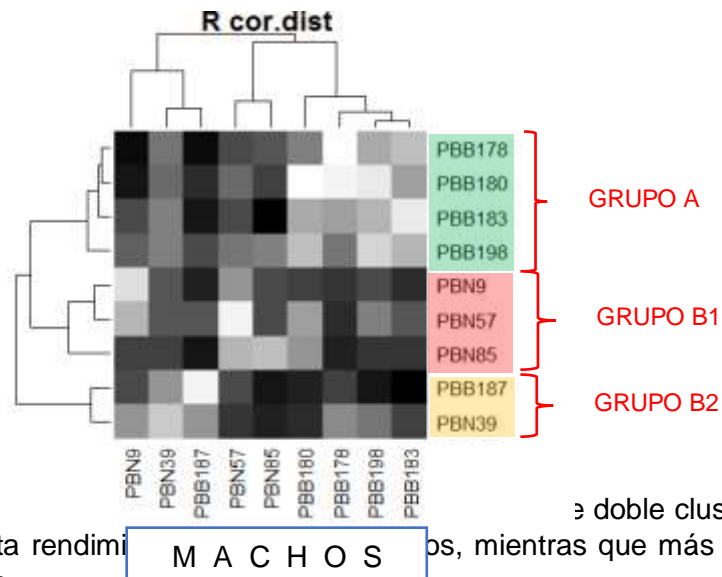
En la figura 1 se muestran los grupos formados mediante las DGs. El método generó dos grupos, uno de ellos constituido por cuatro líneas provenientes de la PBB (PBB178, PBB180, PBB183 y PBB198) (GRUPO A) y en otro más donde la línea PBB187 se agrupó con todas las líneas provenientes de la PBN (GRUPO B). Las DGs dentro de GRUPO A fueron más cortas a diferencia del GRUPO B. Esto podría deberse a que dentro de la PBB existe menor diversidad que dentro de la PBN.



**Figura 1.** Grupos heteróticos formados mediante distancias genéticas de Rogers.

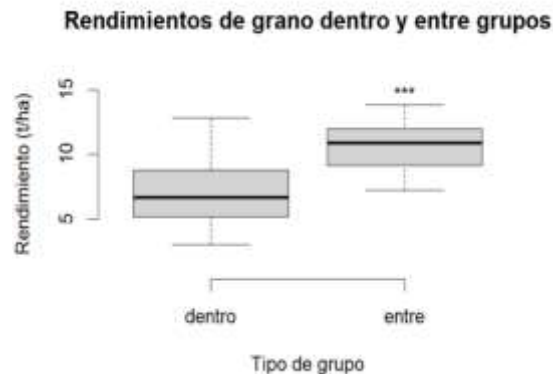
En la figura 2 se muestra el mapa de calor realizado con la función cor.dist. El cluster horizontal muestra a los machos en la formación de cruzas y el vertical los grupos que se formaron. Se observa que las líneas PBB178, PBB180, PBB183 y PBB198 formaron un solo grupo al igual que con las DGs (GRUPO A). El resto de las líneas formaron dos grupos diferenciados; uno constituido por las líneas PBN9, PBN57 y PBN85 (GRUPO B1) y otro más con las líneas PBB187 y PBN39 (GRUPO B2). Esta agrupación se debe a que el método de mapas de calor considera los efectos recíprocos entre cruzamientos (Cubedo-Ruiz et al., 2024). Además, se ha reportado que dichos efectos impactan en las características cuantitativas del maíz como el rendimiento de grano (John et al., 2024).

Sumado a lo anterior, la selección de las hembras en los cruzamientos es mucho más importante en un programa de mejoramiento de maíz dirigidos a producir híbridos altamente productivos (Kumar et al., 2016).



**Figura 2.** Grupos de machos en un análisis de doble cluster. El color más oscuro representa rendimiento menor, mientras que más claro representa mayor rendimiento.

Al comparar los rendimientos de grano entre y dentro de los grupos formados con ambas metodologías, se encontró diferencia a un nivel de significancia del 0.001 (Figura 3). Como se esperaba, el rendimiento de grano fue mayor entre grupos, oscilando entre 7.25 y 13.80 t/ha. Este resultado es indicativo de mayor vigor híbrido en cruces formadas entre grupos a causa de una mayor diversidad (Suwarno et al., 2014).



**Figura 3.** Comparación del rendimiento de grano dentro y entre grupos heteróticos formados.

Para medir la eficiencia entre las metodologías de agrupamientos utilizadas, se realizó un análisis de varianza del rendimiento de grano y la heterosis, buscando diferencias entre los métodos y entre y dentro de los grupos. Se encontraron diferencias muy significativas tanto para el rendimiento como para la heterosis (Cuadro 3). Al realizar la separación de medias mediante la prueba de Tukey, el resultado fue que el promedio del rendimiento grano (RG) y la heterosis fueron estadísticamente iguales entre grupos (E-G) con ambas metodologías de agrupamiento. Caso contrario pasó dentro de grupos (D-G), ya que tanto rendimiento



como heterosis fueron estadísticamente diferentes entre las metodologías de agrupamiento. Ahora bien, los mapas de calor registraron dentro de grupos las medias de rendimiento y heterosis más bajas, indicativo de un mejor agrupamiento, puesto que dentro de grupos se espera una menor heterosis y mayor con grupos distintos (Fan et al., 2009).

**Cuadro 3.** Separación de medias del rendimiento de grano promedio y heterosis entre métodos, dentro y entre de grupos.

Método	Grupo	RG (t/ha)	Heterosis (t/ha)
DG	E-G	10.73 a	4.87 a
	D-G	7.67 b	1.87 b
MC	E-G	10.65 a	4.86 a
	D-G	6.3 c	0.65 c

DG: Distancias Genéticas; MC: Mapas de Calor; E-G: Entre Grupos; D-G: Dentro de Grupos; RG: Rendimiento de Grano. Promedios con la misma letra indican igualdad estadística en sus valores promedios de acuerdo a la prueba de Tukey (HSD  $\alpha = 0.05$ )

## CONCLUSIONES

La significancia en la ACE de las líneas evaluadas pone de manifiesto la existencia de patrones heteróticos específicos. Por otro lado, la ACG de las líneas evaluadas manifiesta diversidad entre ellas. Con las DGs se formaron dos posibles grupos heteróticos. Un GRUPO A constituido exclusivamente por líneas procedentes de la PBB y un GRUPO B integrado por cuatro líneas blancas del noroeste y la PBB187. Las DGs fueron más cortas entre los miembros del GRUPO A que entre los del GRUPO B. Los mapas de calor de doble cluster formaron tres posibles grupos heteróticos. GRUPO A, GRUPO B1 y GRUPO B2. Este agrupamiento se debió a que la metodología contempla los efectos recíprocos de las cruza.

La diferencia en el rendimiento dentro y entre grupos fue significativa. Esto permite mejorar el potencial de hibridación entre grupos. Los mapas de calor registraron los rendimientos de grano y heterosis más bajos, indicando un mejor agrupamiento debido a una mejor clasificación de la diversidad.

## REFERENCIAS

- Amiruzzaman, M., Islam, M. A., Pixley, K. V., & Rohman, M. M. (2011). Heterosis and Combining Ability of CIMMYT's Tropical  $\times$  Subtropical Quality Protein Maize Germplasm. *International Journal of Sustainable Agriculture*, 3(3), 76–81.
- Balderrama Castro, S., Ron Parra, J., de Jesús Sánchez González, J., Rodríguez Guzmán, E., & Adolfo Uhart, S. (n.d.). *Formación de un patrón heterótico con líneas templadas y tropicales de maíz\** *Formation of a heterotic pattern with temperate and tropical maize lines.*
- Barata, C., & Carena, M. J. (2006). Classification of North Dakota maize inbred lines into heterotic groups based on molecular and testcross data. *Euphytica*, 151(3), 339–349. <https://doi.org/10.1007/s10681-006-9155-y>
- Chamorro-Flores, A., Tiessen-Favier, A., Gregorio-Jorge, J., Villalobos-López, M. A., Guevara-García, Á. A., López-Meyer, M., & Arroyo-Becerra, A. (2020). High levels of glucose alter Physcomitrella patens metabolism and trigger a differential proteomic response. *PLoS ONE*, 15(12 December). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242919>
- Edgar Adalberto Cubedo-Ruiz, Benjamín Barrales-Gámez, Axel Tiessen, & Guillermo Fuentes-Dávila. (2024). Multiple patterns of heterotic grouping in temperate and tropical maize hybrids. *Magna*

- Scientia Advanced Research and Reviews*, 11(2), 080–089.  
<https://doi.org/10.30574/msarr.2024.11.2.0109>
- Elshire, R. J., Glaubitz, J. C., Sun, Q., Poland, J. A., Kawamoto, K., Buckler, E. S., & Mitchell, S. E. (2011). A robust, simple genotyping-by-sequencing (GBS) approach for high diversity species. *PLoS ONE*, 6(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019379>
- Falconer, D.S., and T.F.C. Mackay. 1996. Introduction to quantitative genetics. 4th ed. Longman, New York.
- Fan, X. M., Zhang, Y. M., Yao, W. H., Chen, H. M., Tan, J., Xu, C. X., Han, X. L., Luo, L. M., & Kang, M. S. (2009). Classifying maize inbred lines into heterotic groups using a factorial mating design. *Agronomy Journal*, 101(1), 106–112. <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0217>
- John, B. A., Kachapur, R. M., Naidu, G., Talekar, S. C., Rashid, Z., Vivek, B. S., Patne, N., Salakinkop, S. R., & Gu, P. (2024). Maternal effects, reciprocal differences and combining ability study for yield and its component traits in maize (*Zea mays* L.) through modified diallel analysis. *PeerJ*, 12(6). <https://doi.org/10.7717/peerj.17600>
- Kumar, V., Singh, S. K., Singh, N. P., & Mahajan, V. (2016). Combining ability studies for grain yield other agronomic traits in maize (*Zea mays* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 7(3), 544–554. <https://doi.org/10.5958/0975-928X.2016.00070.3>
- Pacheco-Gil, R. Á., Alvarado, G., Rodríguez, F., & BURGUEÑO, J. (2016). BIO-R (Biodiversity analysis with R for Windows) Version 3.2. CIMMYT Research Data & Software Repository Network.
- Reyes López, D., Molina Galán, J. D., Antonio, M., Rosas, O., Del, E., & Moreno Pérez, C. (n.d.). CRUZAS DIALÉLICAS ENTRE LÍNEAS AUTOFECONDADAS DE MAÍZ DERIVADAS DE LA RAZA TUXPEÑO DIALLEL CROSSES AMONG MAIZE INBRED LINES DERIVED FROM THE TUXPEÑO RACE. In *Artículo Científico Rev. Fitotec. Mex* (Vol. 27, Issue 1).
- SANG, Z. qin, ZHANG, Z. qin, YANG, Y. xin, LI, Z. wei, LIU, X. gang, XU, Y. bi, & LI, W. hua. (2022). Heterosis and heterotic patterns of maize germplasm revealed by a multiple-hybrid population under well-watered and drought-stressed conditions. *Journal of Integrative Agriculture*, 21(9), 2477–2491. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2022.07.006>
- Scheffler, T. E. (2006). *Evaluation of seven stiff-stalk and five non-stiff-stalk corn populations, hybrids, and S1' s*. <http://lib.dr.iastate.edu/rtd>
- Suwarno, W. B., Pixley, K. V., Palacios-Rojas, N., Kaeppler, S. M., & Babu, R. (2014). Formation of heterotic groups and understanding genetic effects in a provitamin a biofortified maize breeding program. *Crop Science*, 54(1), 14–24. <https://doi.org/10.2135/cropsci2013.02.0096>
- Tiessen, A., Cubedo-Ruiz, E. A., & Winkler, R. (2017). Improved Representation of Biological Information by Using Correlation as Distance Function for Heatmap Cluster Analysis. *American Journal of Plant Sciences*, 08(03), 502–516. <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.83035>
- Torres-García, J. R., Tafoya-Razo, J. A., Velázquez-Márquez, S., & Tiessen, A. (2018). Double herbicide-resistant biotypes of wild oat (*Avena fatua*) display characteristic metabolic fingerprints before and after applying ACCase- and ALS-inhibitors. *Acta Physiologiae Plantarum*, 40(6). <https://doi.org/10.1007/s11738-018-2691-y>

## RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FORRAJE EN MAÍZ DE TEMPORAL CON DIFERENTES DOSIS FERTILIZACIÓN DE NITRÓGENO

Ramírez-Uribe, Emanuel<sup>1</sup>, Gayosso-Barragán, Odilon<sup>2\*</sup>, Marroquín-Morales, José Ángel<sup>3</sup>, Tirado-González, Deli Nazmín<sup>4</sup>, Hidalgo-Ramos, Dreyli Maygualida<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México. <sup>2</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar-INIFAP, Ojuelos de Jalisco, Jal., México. <sup>3</sup>Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP, Obregón, Sonora, México. <sup>4</sup>Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes-TecNM, El Llano, Aguascalientes, México. <sup>5</sup>Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui-TecNM, San Ignacio Río Muerto, Sonora, México.

\*Autor principal: [gayosso.odilon@inifap.gob.mx](mailto:gayosso.odilon@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de tres dosis de fertilización nitrogenada en el rendimiento y calidad de forraje en el cultivo de maíz. En condiciones de temporal se estableció una parcela de maíz en surcos separados a 0.80 m y a 0.20 m entre planta y planta, con una densidad de plantación de 62,500 plantas por hectárea; en un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Se evaluaron tres dosis de nitrógeno: 0, 40, 80 y 120 kg ha<sup>-1</sup>, suministradas 10 días después de la germinación. Se midieron variables agronómicas y de calidad de forraje, se realizó análisis de varianza y comparación de medias (Tukey 0.05). Respecto a la aplicación de la dosis de N, el rendimiento de forraje aumentó a medida que se incrementó la cantidad de N hasta 80 kg ha<sup>-1</sup>, observándose el máximo rendimiento de 43.9 t ha<sup>-1</sup> y el valor más bajo para esta característica con 19.6 t ha<sup>-1</sup> para el testigo. La calidad del forraje tuvo una respuesta baja a las tasas de aplicación de N, a excepción del contenido de proteína con mayor respuesta a la aplicación de N.

**Palabras clave:** fertilizante nitrogenado, producción de forraje, calidad de forraje.

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the influence of three doses of nitrogen fertilization on forage yield and quality in maize. Under rainfed conditions, a maize plot was established in furrows separated by 0.80 m and 0.20 m between plants, with a planting density of 62,500 plants per hectare; in a randomized complete block experimental design, with three replications. Three doses of nitrogen were evaluated: 0, 40, 80 and 120 kg ha<sup>-1</sup>, supplied 10 days after germination. Agronomic and forage quality variables were measured, and analysis of variance and comparison of means (Tukey 0.05) were performed. Regarding the application of the N dose, forage yield increased as the amount of N increased up to 80 kg ha<sup>-1</sup>, observing the maximum yield of 43.9 t ha<sup>-1</sup> and the lowest value for this characteristic with 19.6 t ha<sup>-1</sup> for the control. Forage quality had a low response to N application rates, except for protein content, which responded more to N application.

**Key words:** nitrogen fertiliser, forage production, forage quality

### INTRODUCCIÓN

Producir alimentos de manera sostenible y suficiente para la humanidad ha sido un desafío a lo largo del tiempo. A nivel mundial, el maíz (*Zea mays* L.) es el grano más producido, con 1, 200 millones de toneladas producidas por año, y será responsable de un aumento del 45% en la producción de cereales en los próximos años (Hubert, *et al.*, 2010), impulsado

por una expansión de la población estimada a 9,700 millones de personas para 2050. Aunque el potencial de producción de los híbridos de maíz ha aumentado gracias al mejoramiento genético y al desarrollo de cultivos técnicamente más avanzados, el rendimiento promedio mundial es de 5 980 kg ha<sup>-1</sup> (FAO, 2021), muy por debajo del potencial productivo del cultivo.

En México, el maíz tiene un papel importante en el sector agrícola, pues representa una tradición productiva, de consumo y socioeconómica, que ha permitido a esta planta llegar a trascender hasta la actualidad. Además, México es el centro de origen del maíz, razón por la que existe un gran número de variedades y muchas de ellas aún sin catalogar, lo que denota que es una planta que, aunque ha sido domesticada, tiene una enorme diversidad en cuanto a sus variedades.

En los sistemas de producción de maíz para regiones semiáridas en condiciones de temporal, en ocasiones los productores no tienen claro la dosis óptima de nitrógeno (N), por lo que a menudo aplican un exceso de N elevando los costos de producción o simplemente la dosis aplicada es inferior a lo requerido por el cultivo, considerando la poca fertilidad de los suelos. Para reducir estos costos y mitigar la contaminación por N, es necesario contar con estrategias que mejoren el aprovechamiento de este nutriente, que contribuya a optimizar el uso de los fertilizantes suministrados. El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de tres dosis de fertilización nitrogenada en el rendimiento y calidad de forraje en el cultivo de maíz bajo condiciones de temporal.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Municipio Ojuelos de Jalisco, en los Altos Norte del estado de Jalisco, México (21°33'00" a 22°02'00" de latitud norte y a 101°02'30" a 101°53'00" de longitud oeste, a una altura de 2,100 metros sobre el nivel del mar). El suelo donde se estableció la parcela experimental bajo temporal es de textura franco arenosa, con pH de 7.5 clasificado como moderadamente alcalino, moderadamente bajo en materia orgánica (0.89%) y muy bajo contenido de nitrógeno y fósforo (4.38 y 3.17 ppm, respectivamente). Estos datos, son resultado del análisis físico y químico del suelo (Cuadro 1); el cual permitió conocer el contenido de nitrógeno y materia orgánica en el suelo, para calcular la cantidad de urea aplicada en cada planta, de acuerdo a cada tratamiento.

La siembra de la semilla se realizó en surcos separados a 0.80 m y a 0.20 m entre planta y planta, con una densidad de plantación de 62,500 plantas por hectárea; en un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Las dosis de nitrógeno aplicadas fueron tres: 0, 40, 80 y 120 kg ha<sup>-1</sup>; y se realizó 15 días después de la germinación.

Se midieron variables agronómicas y de calidad de forraje, se realizó análisis de varianza, comparación de medias (Tukey 0.05) con el paquete estadístico InfoStat.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis físico y químico de suelo del sitio experimental muestran bajo porcentaje de materia orgánica (0.89%) y nitrógeno (4.38 ppm) (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Resultados del análisis físico y químico de suelo del sitio experimental

Clase textural	Saturación (%)	CC (%)	PMP (%)
Franco arenosa	28.69	21.1	10.8
<b>CE (dS/m)</b>	<b>CaCo3-total</b>	<b>CIC (meq/100g)</b>	<b>MO (%)</b>
0.53	0.10	7.44	0.89
<b>K (ppm)</b>	<b>Ca (ppm)</b>	<b>Mg (ppm)</b>	<b>Cu (ppm)</b>
463.00	884.08	135.02	0.24
<b>Mn (ppm)</b>	<b>S (ppm)</b>	<b>B (ppm)</b>	<b>Na (ppm)</b>
63.59	9.16	2.40	38.35
<b>DA (g/cm3)</b>	<b>pH</b>	<b>N (N-NO3 ppm)</b>	<b>P disponible (ppm)</b>
1.57	7.58	4.38	3.17

En el Cuadro 2, se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza para variables agronómicas y rendimiento de forraje en maíz, en condiciones de temporal con tres dosis de fertilización nitrogenada. Se observan diferencias significativas en la mayoría de las variables evaluadas, para rendimiento de forraje el valor medio observado para esta característica fue de 32.5 t ha<sup>-1</sup>. Con el objetivo estimar el rendimiento de forraje verde en líneas y cruces de maíz, Guerrero *et al.*, (2012), evaluaron el potencial de rendimiento en campo, encontrando rendimientos de forraje verde con valores de 76 a 104 t ha<sup>-1</sup>. Por su parte, De la Cruz, *et al.*, (2007) al realizar evaluaciones en genotipos de maíz reportan valores de rendimiento de forraje de 40 a 70 t ha<sup>-1</sup> en líneas endogámicas de maíz de alta calidad proteica.

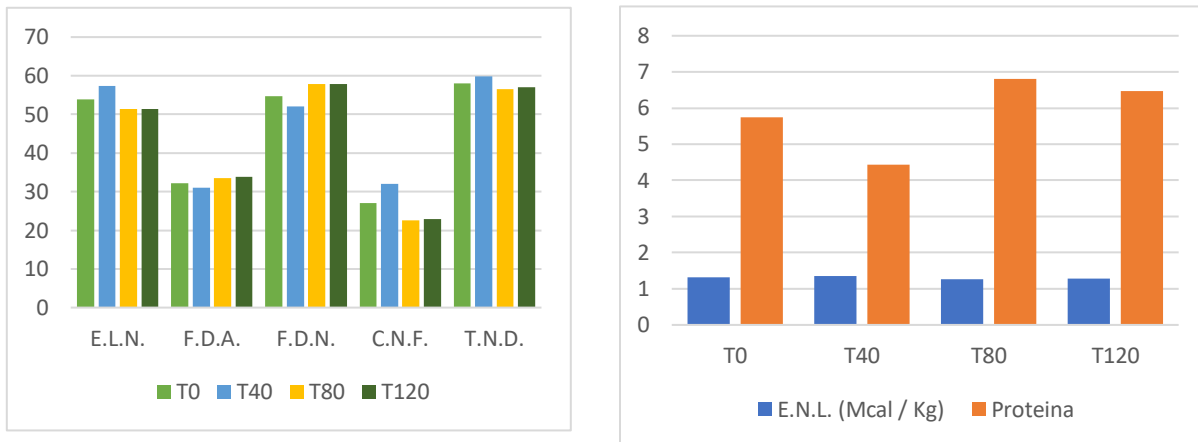
**Cuadro 2.** Cuadrados medios del análisis de varianza caracteres agronómicos y rendimiento de forraje de maíz con tres dosis de fertilización nitrogenada.

Fuentes de variación	GL	DT	AP	AMZ	PFT	RFV	PST	PSR
Bloques	2	4.11	105.33ns	32.33	6796.00	26.55	97.47	35.26
Dosis de N	3	97.21**	168.97ns	132.08*	88560.53*	345.94*	4730.68**	319.73**
Error	6	9.41	121.22	23.67	10322.11	40.32	181.37	10.61
CV	11	12.08	8.98	7.38	19.49	19.49	11.11	13.02
Valor medio		25.39	122.58	65.91	521.25	32.58	121.21	25.02

\*, \*\* = significativo al 5% y 1%, respectivamente, ns: No significativo; GL: grados de libertad; CV=Coeficiente de variación. DT: Diámetro de tallo (mm), AP: altura de planta (cm), AMZ: altura de mazorca (cm), PFT: peso fresco total de planta (g), RFV: rendimiento de forraje verde (t ha<sup>-1</sup>), PST: peso seco total (g), PSR: peso seco raíz (g).

Respecto a la aplicación de la dosis de N, el rendimiento de forraje aumentó a medida que se incrementó la cantidad de N hasta 80 kg ha<sup>-1</sup>, observándose el máximo rendimiento de 43.9 t ha<sup>-1</sup> y el valor más bajo para esta característica con 19.6 t ha<sup>-1</sup> para el testigo. Con lo anterior, se muestra que el suministro de N a las plantas por medio de fertilizantes químicos mejora la productividad del maíz, sin embargo, el uso incorrecto de fertilizantes químicos podría incrementar los problemas ambientales, motivo por el cual ha surgido la necesidad de impulsar alternativas de producción sustentables como el uso de los biofertilizantes (Kong *et al.*, 2022).

La calidad del forraje tuvo una respuesta baja a las tasas de aplicación de N (Figura 1). Sin embargo, el contenido de proteína respondió a la tasa de aplicación de N. El contenido de proteína aumentó, ya que aumentar la tasa de aplicación de N conduce a una mayor acumulación de N en las mazorcas y la masa vegetativa (Masoero *et al.*, 2011). El efecto de la tasa de aplicación de N en la calidad del forraje de maíz ha sido generalmente poco claro.



**Figura 1.** Resultados de variables de calidad de forraje en maíz, con la aplicación de tres dosis de fertilización nitrogenada. ELN: Elementos libres de nitrógeno, FDA: Fibra detergente acida, FDN: Fibra detergente neutra, CNF: Carbohidratos no fibrosos, TND: Total de nutrientes digestibles.

Existe una base genética estrecha para las características relacionados con la calidad del forraje. En el proceso de selección para la obtención de híbridos modernos de maíz se ha considerado prioridad el rendimiento de grano, biomasa y acame del tallo (la celulosa por unidad de longitud del tallo es el principal determinante de la fuerza internodal). En dichos híbridos se ha observado menos digestibilidad de la pared celular, a pesar de una tendencia a un aumento en el contenido de grano (Barrière *et al.*, 2005). La arquitectura de la pared celular vegetal es muy dinámica y se reestructura sustancialmente durante el crecimiento y el desarrollo. Más allá de la dinámica fisiológica, la estructura de la pared celular sufre cambios ante tensiones bióticas o abióticas (Giulia *et al.*, 2019).

## CONCLUSIONES

El rendimiento de forraje aumentó a medida que se incrementó la cantidad de N hasta 80 kg ha<sup>-1</sup>, observándose el máximo rendimiento de 43.9 t ha<sup>-1</sup> y el valor más bajo para esta característica con 19.6 t ha<sup>-1</sup> para el testigo. La calidad del forraje tuvo una respuesta baja a las tasas de aplicación de N, a excepción del contenido de proteína con mayor respuesta a la aplicación de N.

## REFERENCIAS

- Barrière, Y., Alber, O., Dolstra, C., Lapiere, M., Motto, A., Ordas, J., Van Waes, L., Vlaswinkel, C., Welcker, J, Monod, P. (2005). Past and prospects of forage maize breeding in Europe: I. The grass cell wall as a basis of genetic variation and future improvements in feeding value. *Maydica*, 50(3):259-274.
- FAO (2021). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. Sistemas al límite. Informe de síntesis 2021. Roma. <https://doi.org/10.4060/cb7654es>

- Giulia De L., Simone F., Moira G., Benedetta M., Felice C. (2019). Cell wall traits that influence plant development, immunity, and bioconversión. *The Plant Journal* 97,134–147doi: 10.1111/tpj.14196
- Kong F., Y. Wu, S. Cui, X. Wang, G. Wei, Q. Liu, T. Lan, F. Liu, B. Zhao, D. Feng, et al. (2022). Effect of chemical fertilizer application on maize production in China over the past 15 years: A Meta analysis. *Agronomy* 12(12), 3005. <https://doi.org/10.3390/agronomy12123005>
- Masoero, F., Gallo, A., Zanfi, C., Giuberti, G., Spanghero, M. (2011). Effect of nitrogen fertilization on chemical composition and rumen fermentation of different parts of plants of three corn hybrids. *Anim. Feed Sci. Technol.* 164, 207–216.

## CONSERVACIÓN Y USO DE LA DIVERSIDAD DE MAÍCES NATIVOS PIGMENTADOS

Campos-Alvarado, José Roberto<sup>1</sup>, Gayosso-Barragán, Odilón<sup>2\*</sup>, José Ángel Marroquín-Morales<sup>3</sup>, Hidalgo-Ramos, Dreyli Maygualida<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Estudios superiores de Zamora-TecNM, Zamora de Hidalgo, Michoacán, México. <sup>2</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar-INIFAP, Ojuelos de Jalisco, Jal., México. <sup>3</sup>Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP, Obregón, Sonora, México. <sup>4</sup>Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui-TecNM, San Ignacio Río Muerto, Sonora.

\*Autor principal: [gayosso.odilon@inifap.gob.mx](mailto:gayosso.odilon@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

En México el maíz es uno de los principales cereales por ser una de las bases de la alimentación de las familias rurales en condiciones de marginación y pobreza, por lo tanto, es clave en la seguridad alimentaria. La fuente principal de abastecimiento de este grano en el mercado nacional proviene de alrededor de 2.6 millones de pequeños productores que cultivan este cereal en superficies menores a cinco hectáreas. En este trabajo se evaluó el comportamiento agronómico y potencial de rendimiento de maíces nativos pigmentados en temporal, en una región semiárida con el fin de identificar genotipos más eficientes y sostenibles para su aprovechamiento y conservación. Bajo condiciones de temporal se establecieron en campo 28 poblaciones de maíz pigmentado correspondientes a 8 razas de México de diferentes regiones agroecológicas, en surcos separados a 0.80 m y a 0.20 m entre planta y planta, con una densidad de plantación de 62,500 plantas por hectárea; en un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones, se registraron variables agronómicas y de rendimiento. Se identificaron las poblaciones de maíz con mayor rendimiento QUER GP15 con 5107.20 kg ha<sup>-1</sup>, PUEB 546 con 4687.20, kg ha<sup>-1</sup> y GUAN 146 con 4368.00 kg ha<sup>-1</sup>. La conservación de las variedades locales de maíz es importante porque contienen la mayor parte de la diversidad genética y, por lo tanto, son vitales para superar los desafíos actuales y futuros para la producción de maíz a través del mejoramiento genético.

**Palabras clave:** recursos fitogenéticos, seguridad alimentaria, variedades locales de maíz.

### ABSTRACT

In Mexico, maize is one of the main cereals because it is one of the bases of the diet of rural families in conditions of marginalization and poverty, therefore, it is key to food security. The main source of supply of this grain in the national market comes from around 2.6 million small producers who grow this cereal on surfaces smaller than five hectares. In this work, the agronomic behavior and yield potential of native pigmented maize under rainfed conditions were evaluated in a semiarid region in order to identify more efficient and sustainable genotypes for their use and conservation. Under rainfed conditions, 28 populations of pigmented maize corresponding to 8 Mexican races from different agroecological regions were established in the field, in furrows separated by 0.80 m and



0.20 m between plants, with a planting density of 62,500 plants per hectare; in a randomized complete block experimental design, with three replications, agronomic and yield variables were recorded. The corn populations with the highest yield were identified: QUER GP15 with 5107.20 kg ha<sup>-1</sup>, PUEB 546 with 4687.20 kg ha<sup>-1</sup> and GUAN 146 with 4368.00 kg ha<sup>-1</sup>. Conservation of local maize varieties is important because they contain most of the genetic diversity and are therefore vital to overcoming current and future challenges to maize production through genetic improvement.

**Key words:** plant genetic resources, food security, local maize varieties.

## INTRODUCCIÓN

México es el centro de origen y diversificación del maíz (*Zea mays* L.), existen 3.2 millones de productores de maíz y es el cultivo de mayor superficie cosechada. El maíz desde el punto de vista alimentario, económico, cultural y social es el cultivo más importante de México. A nivel mundial, México es el 8° productor de este grano, en 2021 la producción de maíz fue de 27 millones de toneladas, su participación en la producción nacional de granos es del 88.2%, siendo cultivado en los 32 estados del país, los principales estados productores son Sinaloa, Jalisco, Estado de México, Guanajuato y Michoacán, se destinan más de 7 millones de hectáreas para este cultivo, alrededor de las cosechas de maíz grano se logran de mayo a julio, el 60% se obtiene de noviembre a enero (SIAP, 2022).

En la actualidad se cultivan maíces de diferentes formas y tonalidades de grano; los azules, negros, guindas, púrpura y rojos se conocen como maíces pigmentados. A pesar de que los maíces son apreciados en las comunidades productoras y los utilizan para preparar platillos tradicionales, éstos se encuentran en riesgo de desaparecer por la disminución del área de cultivo, su limitado uso y la baja demanda como materia prima para los molinos de maíz. Ante ello las universidades y centros de investigación realizan estudios para conservarlos, promover su siembra y mejorar su productividad en el campo.

Comúnmente cada grupo de maíz se diferencia de otro en precocidad, color de grano y usos. Adicionalmente, las variedades se diferencian por su siembra en un sitio particular del nicho o microrregión y en un periodo específico que depende de la humedad del suelo, la temperatura, la altitud o del inicio de las lluvias. El estrato o nivel ambiental es cada sitio del nicho con un régimen higrótérmico específico. El patrón varietal se puede describir con base en tres características básicas: color del grano, precocidad y otras características agronómicas, particularmente rendimiento de grano (Gil *et al.*, 2004). La diversidad de maíz se encuentra principalmente en donde imperan condiciones de temporal o seco y sistemas campesinos de producción (Herrera *et al.*, 2000), y los agricultores generalmente disponen de más de una variedad nativa adaptada a su ambiente.

El objetivo de este trabajo es evaluar el comportamiento agronómico y potencial de rendimiento de maíces nativos pigmentados en temporal, en una región semiárida con el fin de identificar genotipos más eficientes y sostenibles para su aprovechamiento y conservación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Municipio Ojuelos de Jalisco, en los Altos Norte del estado de Jalisco, México. En el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar (CENID AF), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y pecuarias (INIFAP), con las coordenadas 21°33'00" a 22°02'00" de latitud norte y a

101°02'30" a 101°53'00" de longitud oeste, a una altura de 2,100 metros sobre el nivel del mar. El suelo donde se estableció la parcela experimental bajo temporal es de textura franco-arenosa, con pH de 7.5 clasificado como moderadamente alcalino, moderadamente bajo en materia orgánica (0.89%) y muy bajo contenido de nitrógeno y fósforo (4.38 y 3.17 ppm, respectivamente). Estos datos, son resultado del análisis físico y químico del suelo; el cual permitió conocer el contenido de nitrógeno y materia orgánica en el suelo, para calcular la cantidad de urea aplicada en cada planta, de acuerdo con el tratamiento. La siembra de la semilla de 28 poblaciones de maíz pigmentado de colectas de diferentes regiones agroecológicas de México, se realizó en surcos separados a 0.80 m y a 0.20 m entre planta y planta, con una densidad de plantación de 62,500 plantas por hectárea; en un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones.

Previo al establecimiento del cultivo se realizaron las prácticas de preparación del suelo (barbecho y paso de rastra), la siembra se realizó de forma manual, a una densidad de 62,500 plantas por hectárea. Se realizó el manejo agronómico correspondiente al cultivo de maíz en la región, referente al manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas.

En madurez fisiológica se registraron variables agronómicas y de rendimiento, se realizó análisis de varianza y comparación de medias (Tukey 0.05) con el paquete estadístico InfoStat.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observan las diferencias significativas y los valores medios para las variables agronómicas evaluadas se muestran en el cuadro 1. Las diferencias significativas observadas en todas las variables ponen en evidencia la diversidad genética presente en los genotipos evaluados y la capacidad de adaptación en condiciones ambientales y de tipo de suelo.

**Cuadro 1.** Valores medios para variables de rendimiento en poblaciones nativas de maíz en condiciones de temporal.

Poblaciones de maíz	Rendimiento de grano (kg ha <sup>-1</sup> )	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Largo de hoja (cm)	Largo de espiga (cm)
GUAN 146	4368.5 abc	125.45 fghi	16.9 h	62.7 defg	32.8 j
GUAN 158	3628.8 abcdefg	128.95 efghi	17.09 gh	64.69 abcdefg	44.71 abcdef
GUAN 164	3897.6 abcdef	133.45 fghi	19.82 abcde	59.24 g	40.58 defgh
HIDA 150	4183.2 abcde	132.15 defgh	20.06 abcde	66.09 abcdefg	42.08 abcdefgh
HIDA 74	3410.4 bcdefg	113.35 ij	18.61 cdefgh	66.15 abcdefg	39.33 fghi
HIDA 85	2839.2 cdefg	125.42 fghi	17.85 defgh	67.65 abcdef	44.22 abcdefg
JALI 307	4300.8 abcd	127.62 efghi	18.61 cdefgh	67.22 abcdef	41.32 bcdefgh
MEXI 250	3796.8 abcdefg	151.47 ab	21.51 ab	67.68 abcdef	34.29 ij
MEXI 275	2856.5 cdefg	146.07 abcd	19.33 abcdefgh	67.5 abcdef	47.41 a
MEXI 282	3074.4 cdefg	133.95 cdefghi	19.96 abcde	71.49 a	41.68 bcdefg
MEXI 521	2721.6 defg	142.38 abcde	19.65 abcdef	62.86 defg	46.03 abcd
MEXI 628	3696.5 abcdefg	127.96 efghi	20.65 abc	70.84 ab	41.43 bcdefgh
MICH 414	3192.5 bcdefg	124.85 fghi	19 bcdefgh	70.06 abcd	44.98 abcde
PUEB 149	3628.8 abcdefg	140 bcdef	19.42 abcdefg	66.48 abcdefg	40.89 cdefgh
PUEB 39	2284.8 g	122.51 ghi	18.89 cdefgh	64.72 abcdefg	37.53 hij
PUEB 414	2704.8 efg	137.02 bcdefg	20.19 abcd	70.67 abc	44.76 abcdef

PUEB 509	4267.2 abcde	119.5 hij	19.53 abcdefg	67.54 abcdef	39.05 ghi
PUEB 510	2772 defg	142.65 abcde	18.78 cdefgh	66.62 abcdefg	44.38 abcdefg
PUEB 546	4687.2 ab	133.5 cdefgh	21 abc	63.57 bcdefg	46.21 abc
PUEB 561	3528.5 abcdefg	157.15 a	19.86 abcde	65.98 abcdefg	41.04 bcdefgh
PUEB 594	3880.8 abcdef	150.4 abc	20.51 abc	70.95 ab	39.13 ghi
QUER 17	3074.4 cdefg	126.78 efghi	17.64 efgh	61.99 efg	44.32 abcdefg
QUER 58	2486.4 fg	121.64 ghi	17.16 fgh	63.14 cdefg	47.64 a
QUER GP15	5107.2 a	125.05 fghi	17.94 defgh	69.81 abcd	46.57 ab
SNLP 76	2889.6 cdefg	137.07 bcdefg	17.93 defgh	69.23 abcde	46.17 abc
ZACA 168	3780.5 abcdefg	127.3 efghi	20.72 abc	61.41 fg	44.9 abcdef
ZACA 180	3662.4 abcdefg	103.53 j	21.64 a	68.42 abcdef	40.29 efgh
ZACA 194	2889.6 cdefg	120.97 ghi	20.08 abcde	61.42 fg	38.29 hij
CV	22.25%	14.63%	14.78%	13.04%	14.99%

En el análisis de comparación de medias se observa que QUER GP15, PUEB 546 y GUAN 146, fueron las poblaciones que tuvieron los mayores rendimientos con 5107.20, 4687.20 y 4668.00 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Así mismo PUEB 39 fue la población que presentó un menor rendimiento con 2284.80 kg ha<sup>-1</sup>. También las poblaciones con las variables con los valores más altos son para altura planta PUEB 561, MEXI 250 y PUEB 594 con una media de 157 a 150 cm; diámetro de tallo ZACA 180, MEXI 250 y PUEB 546 con media de 21.00 cm; longitud de hojas MEXI 282, PUEB 594 y MEXI 628 con media de 70 cm; longitud espigas QUER 58, MEXI 275 y QUER GP15 con media de 47 cm y número de espigas ZACA 194, ZACA 168 y MEXI 521 con media de 11 espigas.

Identificar poblaciones con las mejores características agronómicas y un rendimiento óptimo en términos de producción de grano proporciona información crucial para asegurar la sostenibilidad y rentabilidad del cultivo de maíz bajo las condiciones de producción de temporal. Además, es importante identificar aquellas poblaciones que se adaptan mejor a las condiciones locales, como el tipo de suelo y el clima. Trabajar con múltiples poblaciones también permite conservar y promover la diversidad genética del maíz, lo cual es esencial para la resiliencia del cultivo frente a plagas y enfermedades.

### CONCLUSIONES

Se identificaron las poblaciones de maíz con mayor rendimiento, QUER GP15 con 5107.20 kg ha<sup>-1</sup>, PUEB 546 con 4687.20, kg ha<sup>-1</sup> y GUAN 146 con 4368.00 kg ha<sup>-1</sup>. La gestión sostenible de la diversidad genética de las poblaciones locales de maíz por parte de los agricultores dentro de los sistemas agrícolas tradicionales permite que evolucionen en su área original de distribución bajo selección de los mismos agricultores y factores ambientales específicos.

### REFERENCIAS

- Herrera, C., Castillo, G., Sánchez, G., Ortega, P., Goodman, M. (2000) Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones de maíz en una región: caso la raza Chalqueño. *Rev. Fitotec. Mex.* 23:335–354.
- Gil, M.A., López, A., Muñoz O., López, S. (2004) Variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) en el Estado de Puebla, México: diversidad y utilización. In: Manejo de la Diversidad de los

Cultivos en los Agroecosistemas Tradicionales. J L Chávez–Servia, J Tuxill y D I Jarvis (eds). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. pp:18–25.  
SIAP (2022). Cierre de la producción agrícola. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola>

## CALIDAD DE CULTIVARES DE MANDARINA DE LA REGIÓN CITRÍCOLA DE NUEVO LEÓN

Emilia Raquel Pérez-Evangelista<sup>1</sup>, Carlos Miguel Ramos-Cruz<sup>2\*</sup>, Guillermina Areli Tochiuitl-Martión<sup>2</sup>, Juan Vargas-Hernández<sup>3</sup>; Manuel de Jesús Bermúdez Guzmán<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez y carretera Santa Fe. C.P. 27054. Torreón Coahuila, México. <sup>2</sup>Campo Experimental General Terán-INIFAP. Km 31 Carretera Montemorelos-China. C.P. 67400. General Terán, Nuevo León, México. <sup>3</sup>Campo Experimental San Luis-INIFAP. Domicilio Conocido, Ejido Palma de la Cruz Soledad de Graciano Sánchez, C.P. 78431. San Luis Potosí, México.

<sup>4</sup>Campo Experimental Tecomán-INIFAP. Carretera Colima-Manzanillo km 35, Tecomán, Colima, México.

\*Autor principal: [ramos.carlos@inifap.gob.mx](mailto:ramos.carlos@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

Las mandarinas presentan mayor resistencia al frío que las naranjas y toronjas. Sin embargo, las variedades de mandarinas son específicas en cuanto a requerimientos climáticos para producir frutos de calidad. Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar un grupo de cuatro cultivares de mandarina, mediante parámetros que establezcan la calidad del fruto, como: peso fresco, diámetro polar y ecuatorial, espesor de cáscara, número de semillas, sólidos solubles totales y contenido de jugo. Se utilizaron cultivares de mandarina de una réplica del Banco de Germoplasma de Cítricos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), establecido en una parcela de un productor cooperante en el municipio de General Terán, Nuevo León, México. Dentro de los parámetros evaluados el cultivar Okisu se destacó en todos los criterios. Asimismo, el cultivar Kawano Wase presentó cinco criterios considerados de calidad, sin embargo, presentó el menor contenido de jugo. Con la información de los cultivares analizados se puede tener una referencia práctica para el citricultor en la selección de materiales para el establecimiento de huertos o reposición de árboles en plantaciones existentes y que no se dependa solo de un cultivar.

**Palabras clave:** Calidad de frutos, mandarina, cultivares.

### ABSTRACT

Tangerines have greater resistance to cold than oranges and grapefruits. However, mandarin varieties are specific in terms of climatic requirements to produce quality fruits. Based on the above, the objective of this work was to characterize a group of four mandarin cultivars, using parameters that establish the quality of the fruit, such as: fresh weight, polar and equatorial diameter, peel thickness, number of seeds, soluble solids totals and juice content. Tangerine cultivars from a replica of the Citrus Germplasm Bank of the National Institute of Forestry, Agricultural and Livestock Research (INIFAP) were used, established on a plot of a cooperating producer in the municipality of General Terán, Nuevo León, Mexico. Within the parameters evaluated, the Okisu cultivar stood out in all criteria. Likewise, the Kawano Wase cultivar presented five criteria considered quality, however, it had the lowest juice content. With the information on the analyzed cultivars, a practical reference

can be had for the citrus grower in the selection of materials for the establishment of orchards or replacement of trees in existing plantations and that does not depend only on one cultivar.

**Key words:** Fruit quality, mandarin, cultivars.

## INTRODUCCIÓN

Los cítricos son la especie de árboles frutales más cultivados en el mundo en áreas tropicales y subtropicales (USDA, 2020). Los principales países productores son China, Brasil, India, Estados Unidos de América, España y México (USDA, 2019). A nivel nacional, la citricultura genera una derrama económica superior a los 375 millones de dólares anuales (González *et al.*, 2020), en una superficie de 590,000 hectáreas, con un volumen de producción anual de 8 millones de toneladas (Sáenz *et al.*, 2019). Asimismo, se estima que más de 90,000 hogares dependen de las actividades cítricas (Hernández *et al.*, 2022). Los estados de Veracruz, Tamaulipas, San Luis Potosí y Nuevo León contribuyen con el 75% de la producción nacional (Martínez *et al.*, 2020).

Los cítricos pertenecen a la clase Angiospermae; subclase dicotiledónea; orden Rutae; familia Rutaceae y al género *Citrus* y cuenta con más de 145 especies, entre las que se destacan: naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*), limón (*Citrus limon*), lima (*Citrus aurantifolia*), toronja (*Citrus paradisi*) (Hernández *et al.*, 2022). El grupo de las mandarinas presentan mayor adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas, desarrollan desde regiones desérticas hasta semitropicales (Orduz *et al.*, 2012). Presentan mayor resistencia al frío que las naranjas y toronjas (Rocha y Padrón, 2009). Sin embargo, las variedades de mandarinas son específica en cuanto a requerimientos climáticos para producir frutos de calidad (Miranda *et al.*, 2021).

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), cuenta con una Colección *ex situ* de germoplasma de *C. sinensis* establecido en terrenos del Campo Experimental General Terán, Nuevo León, de materiales nacionales e internacionales de diferentes especies y ciclos de producción que se pueden aprovechar para su caracterización y posterior utilización en programas de mejoramiento genético. Con el propósito de coadyuvar, preservar y aprovechar la diversidad de cultivares de mandarina, en el presente trabajo se presentan algunas características de cuatro cultivares promisorias como donadoras de yemas vegetales como posible fuente de portainjerto.

Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar un grupo de cuatro cultivares de mandarina, mediante parámetros que establezcan la calidad del fruto, como: peso fresco, diámetro polar y ecuatorial, espesor de cáscara, número de semillas, sólidos solubles totales y contenido de jugo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en una réplica de mandarinas del Banco de Germoplasma de cítricos dulces del Campo Experimental General Terán ubicado en una huerta de un productor cooperante (Figura 1), en el municipio de General Terán, Nuevo León, México

(25°17'11.52" N, 99°36'14.44" O una altitud de 274 m). El municipio pertenece a la región citrícola de Nuevo León y se caracteriza por presentar un clima subtropical semiseco, con temperaturas promedio anual de 23.9 °C, mínima de 0.8 °C y máxima de 40 °C. Durante los meses de noviembre a marzo se presentan las temperaturas más bajas y las máximas de julio a agosto. La precipitación promedio anual es de 610 mm.



Figura 1. Localización de la Región Citrícola de Nuevo León, México y área de estudio.

El manejo del área de estudio se realiza de manera similar a un lote comercial; la fertilización química (N-P-K), el control de malezas (mecánico, manual y químico), los riegos (por inundación), así como el control integral de plagas y enfermedades.

A madures fisiológica, se cosecharon 20 frutos por árbol, éstas se adquirieron a la altura del tercio medio de la copa del árbol de cada cultivar, se colectaron en bolsas de papel adecuadamente identificadas y se llevaron al Laboratorio de Frutales del Campo Experimental General Terán. La calidad de los frutos se determinó mediante la evaluación de las variables: peso del fruto, diámetro polar y ecuatorial, grosor de cascara, número de semillas, sólidos solubles totales.

El peso de fruto se determinó en gramos y se utilizó una báscula OHAUS Scout® modelo ITEAM No. SC4010. El diámetro polar, diámetro ecuatorial y grosor de cáscara se midió con un vernier electrónico digital marca Knova®, y se expresaron en milímetros. El contenido de sólidos solubles totales se cuantificó en °Brix con un refractómetro digital de bolsillo de la marca ATAGO® modelo PAL-1. El contenido de jugo se determinó al exprimir cada uno de los frutos, mediante un procesador de la marca Taurus® modelo TC700, posteriormente, se determinó: volumen de jugo obtenido por cada muestra medido con una probeta graduada de 250 ml, y se registró en mL.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Peso del fruto.** El cultivar Okisu presento el mayor peso promedio del fruto (201.52 g), seguido del cultivar Kawano Wase (165.16 g) y por el cultivar Dobashi Benl presento los valores más bajo de preso de fruto (116.64 g) (Cuadro 1). En un trabajo para conocer el

efecto de la fertilización sobre los parámetros de calidad de frutas en variedades de naranjas y mandarinas reportado por Gaiga (2016), encontró para el cultivar Okisu valores de peso del fruto (83.1 g) por debajo a lo encontrado en el presente estudio.

**Para el caso del diámetro polar.** Los mayores valores se presentaron en cultivar Kawano Wase (66.60 mm); seguido del cultivar Napolitana (65.35 mm) y los valores más bajos se presentaron en el cultivar Dobashi Benl (61.45 mm). Para el caso del diámetro ecuatorial se encontró que el cultivar Kawano Wase presentó el mayor promedio (75.63 mm); seguido del cultivar Oki su (74.35 mm) y el cultivar Napolitana presentó el menor diámetro ecuatorial (73.35 mm).

**Grosor de cascara.** Los frutos del cultivar Napolitana presentaron el mayor promedio de grosor de cascara (4.02 mm), seguido del cultivar Kawano Wase con un grosor de cascara promedio de (3.88 mm) y el cultivar Okisu presentó el menor promedio (2.65 mm) (Cuadro 1). De acuerdo con Ariza *et al.* (2010), el grosor de cascara en cítricos es una de las características más importantes debido a que los frutos de cáscara delgada y fácil de pelar son los preferidos por el consumidor. Sin embargo, en la práctica, los frutos con cáscara gruesa son más fáciles de pelar, no obstante, pero cáscara demasiado gruesa tampoco es deseable. Futch y Tucker (2020), indica que el grosor de la cáscara está relacionada a la insuficiencia de fósforo. Lo anterior, se atribuye a que el naranjo agrio como portainjerto es ineficaz en la absorción de fósforo (Pérez, 2004). La deficiencia de fósforo en cítricos, ocasiona que los frutos presenten rugosidad, ásperos, cascara gruesa y hueco interiormente, alto contenido de acidez, bajo en azúcares y se desprenda antes de tiempo del árbol (Rocha y Padron, 2009).

**Número de semillas (NS).** La presencia de semillas en los frutos es una característica no deseable por el consumidor, motivo por el que han desarrollado trabajos de mejoramiento genético en cítricos con el objetivo de disminuir o eliminar su presencia. Para el caso de número de semillas por fruto, los cultivares Dobashi Benl y Kawano Wase presentaron en promedio el menor número de semillas por fruto y el cultivar Napolitana presentó el mayor número de semillas (Cuadro 1). De acuerdo con Ladaniya (2008), los frutos sin semilla son los más consumidos, mientras que frutos con una gran cantidad de semilla son comercialmente inviables.

**Sólidos Solubles Totales.** De acuerdo con los valores presentados en el Cuadro 1, se encontró que el valor más alto se presentó en el cultivar Okisu (10.61 °Brix), seguido del cultivar Dobashi Benl (8.83 °Brix) y el menor contenido de SST se presentó en el cultivar Napolitana (8.65 °Brix). Sin embargo, los resultados encontrados en el presente estudio están por debajo a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-173-SCFI-2009, que determina como mínimo 11.8 °Brix para el jugo de mandarina. Lo anterior, indica que los cultivares utilizados en el presente estudio podrían ser adecuados para su consumo en fresco. Asimismo, en un trabajo reportado por Gaiga (2016), encontró valores similares a los del presente trabajo para el cultivar.

**Cantidad de jugo (CJ).** Con respecto a la cantidad de jugo, los valores oscilaron de 30.10 mL en el cultivar Dobashi Benl; 30.40 mL para Napolitana; 54.80 mL para Kawano Wase y 100.50 mL para el cultivar Okisu (Cuadro 1). La cantidad de jugo es una característica de importancia para determinar la calidad del fruto; hasta el momento, no existe información regional o local que permita establecer parámetros para el cultivo de mandarina; a pesar de ello, en la región existen procesadoras de jugo que destinan su manufactura a la



exportación, especialmente a Estados Unidos y en menor proporción a Canadá, Japón y la Unión Europea (Rocha y Padrón, 2009).

Cuadro 1. Características de calidad de frutos de mandarina.

Cultivar	PF (g)	DP (mm)	DE (mm)	GC (mm)	SST (°Brix)	NS	CJ (mL)
Dobashi Benl	116.64	61.45	70.49	3.53	8.83	0.50	30.10
Kawano Wase	165.16	66.60	75.63	3.88	8.77	0.60	54.80
Nepolitana	134.20	65.35	73.68	4.02	8.65	3.40	30.40
Okisu	201.52	63.37	74.35	2.65	10.61	0.70	100.50

PF = Peso de fruto; DP = Diámetro polar; DE = Diámetro ecuatorial; GC = Grosor de cáscara; SST = Sólidos solubles totales; NS = Número de semillas; CJ = Volumen de jugo.

## CONCLUSIONES

Dentro de los parámetros de calidad evaluados de los cuatro cultivares de mandarina, el cultivar Okisu destacó en todos los criterios. Sin embargo, el cultivar Kawano Wase también presentó algunos criterios considerados de calidad, pero con menor contenido de jugo. Con la información de los cultivares analizados se puede tener una referencia práctica para el citricultor en la selección de materiales para el establecimiento de huertos o reposición de árboles en plantaciones existentes y que no se dependa solo de un cultivar.

## REFERENCIAS

- Ariza, R., Alia, I., Nicolás, M., Rafael, A., Lugo, A., Barrios, A., and Barbosa, F. (2010). Calidad de los frutos de naranja 'valencia' en Morelos, México. *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha* 11 (2), 148-153.
- Futch, S. H., and Tucker, D. P. (2020). *A Guide to Citrus Nutritional Deficiency and Toxicity Identification*. HS-797. IFAS Extension. University of Florida, 5.
- Gaiga, E. (2016). Efecto de la fertilización sobre los parámetros de calidad de frutas en variedades de naranjas y mandarinas. XX Encuentro de Jóvenes Investigadores de la Universidad Nacional del Litoral 18 y 19 de octubre de 2016 1-4.
- González, Á., Guillén, D., Alia, I., López, V., Juárez, P., and Bárcenas, D. (2020). Comportamiento de variedades de naranja injertadas en diferentes portainjertos en Xalostoc, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11 (5), 1123-1134.
- Hernández, J. L., Vargas, M. E., Enríquez, F., Uranga, L. P., and Morelos, P. (2022). Principales cítricos cultivados en Veracruz, México. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan* 9 (1), 212-218.
- Ladaniya, M. (2008). "Citrus Fruit. Biology, Technology and Evaluation," Elsevier Inc. All rights reserved, Goa, India.
- Martínez, A., García, J. A., García, G., Ramírez, G., Mora, J. S., and Matus, J. A. (2020). Control de la oferta de naranja en México como mecanismo para controlar volatilidad de precios. *Rev. Fitotec. Mex* 43 (82), 223 - 231.
- Miranda, D., Figueroa, J., Orduz, J., Caicedo, Á., Pérez, C., Parada, F., Rodríguez, R., and Arias, E. (2021). "Mandarina (*Citrus reticulata* Blanco). Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca," Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Bogotá, D.C. Colombia.

- NOM-173-SCFI-2009 NORMA Oficial Mexicana NOM-173-SCFI-2009, Jugos de frutas preenvasados-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación.
- Orduz, J., Monroy, J., Barrera, S., Núñez, V., and Ligarreto, G. (2012). Caracterización morfo-agronómica y molecular de mandarina 'Arrayana' en el piedemonte del Meta (Colombia). *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 13 (1), 5-12.
- Pérez, O. (2004). Concentración nutrimental en hojas, rendimiento, eficiencia de producción, calidad de jugo e índices nutrimentales de naranjo valencia injertado en portainjertos de cítricos. *Agrociencia* 38, 141-154.
- Rocha, M., and Padron, J. (2009). El cultivo de los cítricos en el estado de Nuevo León. In "El cultivo de los cítricos en el estado de Nuevo León" (M. Rocha and J. Padrán, eds.), Vol. Libro científico No. 1, pp. 19-26. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental General Terán, General Terán Nuevo León.
- Sáenz, C., Osorio, E., Estrada, B., Delgado, R., and Rodríguez, R. (2019). Principales enfermedades en cítricos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10 (7), 1653-1665.
- USDA (2019). "Agricultural Statistics 2019." United States Department of Agriculture, Washington.
- USDA, F. (2020). *Citrus: World markets and trade*. United States Department of Agriculture.

## SERVICIO WEB PARA COMPARTIR DATOS DE INDICADORES DEL SUELO: ESTUDIO DE CASO

### WEB SERVICE FOR SHARING SOIL INDICATOR DATA: CASE STUDY

Medina G. G.,<sup>1\*</sup> Rodríguez M. V. M.,<sup>2</sup> Echavarría Ch. F. G.,<sup>3</sup> Casas F. J. I.<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup>INIFAP- Campo Experimental Zacatecas, Carretera. Zacatecas-Fresnillo km 24.5, Calera de Víctor Rosales, Zac., México. <sup>2</sup>INIFAP- Campo Experimental Pabellón, Kilómetro 32.5 Carretera Aguascalientes – Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Ags., México.

### RESUMEN

Compartir datos es una práctica que beneficia y nutre a la ciencia abierta. Ante la creciente oferta de grandes bases de datos de clima y suelo a escala global es evidente la necesidad de generar un banco de datos que den seguimiento a la dinámica del uso del suelo. El INIFAP, a través del Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos (LNMSR) pone a disposición un servicio WEB para compartir datos de clima y suelo. Para demostrar el uso de los datos del servicio, se descargaron datos de suelo para el estado de Zacatecas y se estimó la reserva de humedad aprovechable del suelo a partir de la capacidad de campo, punto de marchitez permanente, densidad aparente y profundidad del suelo. Los datos proporcionados por el servicio WEB del LNMSR resultaron efectivos para el estudio de caso de este trabajo.

**Palabras clave:** Bases de datos, humedad aprovechable, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, densidad aparente.

### ABSTRACT

Sharing data is a practice that benefits and nourishes open science. Given the growing supply of large climate and soil databases on a global scale, the need to generate a data bank that monitors the dynamics of land use is evident. INIFAP, through the Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos (LNMSR), makes available a WEB service to share climate and soil data. To demonstrate the use of the service data, soil data for the state of Zacatecas was downloaded and the reserve of usable soil moisture was estimated based on field capacity, permanent wilting point, apparent density and soil depth. The data provided by the LNMSR WEB service was effective for the case study of this work.

**Key words:** Databases, reserve of usable soil moisture, field capacity, permanent wilting point, apparent density.

### INTRODUCCIÓN

Compartir datos es una práctica que beneficia y nutre a la ciencia abierta. Ante la creciente oferta de grandes bases de datos de clima y suelo a escala global es evidente la necesidad de generar un banco de datos que den seguimiento a la dinámica del uso del suelo. Los conjuntos de datos son de origen diverso, se obtienen mayormente por dos procesos ampliamente documentados: conjuntos de datos re-escalados por asimilación de datos, y

estimaciones directas por plataformas satelitales. Cualquiera que sea su origen, dependiendo de la fecha de inicio del registro de datos, estos conjuntos de datos se caracterizan por demandar grandes recursos de cómputo para su manejo y para su almacenamiento. Una tarea relevante que va de la mano con la distribución de estos grandes volúmenes de datos es el desarrollo de servicios web.

Las diferencias entre disciplinas científicas en cuanto a la disponibilidad de datos publicados y administrados a través de servicios web, demuestran su papel relevante en la toma de decisiones y en sustentar planes de administración de recursos naturales. En un número importante de disciplinas, como la agricultura, silvicultura, ganadería extensiva, ciencias de la tierra, servicios ambientales, generación de energía, etc., los datos críticos siguen sin estar disponibles para su re análisis o meta análisis en ningún portal donde se publican.

Con relación a la disponibilidad de bases de datos en línea, cifras globales coinciden aproximadamente con las comunicadas en revistas científicas de diversos campos de investigación de alrededor del 10% de datos disponibles (Hardwicke *et al.*, 2018; Vines *et al.*, 2014). Compartir los datos también es importante para garantizar la posibilidad de volver a analizar e interpretar resultados inesperados (OSC, 2015).

El INIFAP, a través del Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos (LNMSR), entiende que el uso compartido de datos es vital para el fortalecimiento de los programas de investigación, contribuir con los indicadores institucionales y para delinear nuevas oportunidades de agro negocios. Se presenta en este trabajo un estudio de caso a partir de los datos de suelo del servicio WEB del LNMSR del INIFAP.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el sitio de internet del LNMSR <https://clima.inifap.gob.mx/lnmysr/> del INIFAP, se implementó un servicio para compartir datos de indicadores del clima y parámetros del suelo a gran escala de México. En ese sitio se selecciona el menú “Datos indirectos” y se escoge la opción “Malla de suelos de México”.

Las variables que se pueden descargar tanto en formato Excel como en formato GeoTiff son:

Variables físicas:

- Densidad aparente de la fracción de tierra fina.
- Proporción de partículas de arcilla (< 0.002 mm) en la fracción de tierra fina.

- Proporción de partículas de arena ( $> 0.05$  mm) en la fracción de tierra fina.
- Proporción de partículas de limo ( $\geq 0.002$  mm y  $\leq 0.05$  mm) en la fracción de tierra fina.
- Fracción volumétrica de fragmentos gruesos ( $> 2$  mm).

VARIABLES QUÍMICAS:

- Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo.
- Nitrógeno Total.
- Contenido de carbono orgánico del suelo en la fracción de tierra fina.
- pH del suelo.

VARIABLES DERIVADAS:

- Densidad de carbono orgánico.
- Reservas de carbono orgánico.

Los datos provienen de SoilGrids que es una herramienta cartográfica que genera mapas mundiales de propiedades del suelo con una resolución espacial media de 250 m utilizando técnicas avanzadas de aprendizaje automático. El conjunto de datos utiliza observaciones de suelos de aproximadamente 240,000 lugares de todo el mundo e incorpora más de 400 covariables medioambientales globales (Poggio *et al.*, 2021).

Para demostrar el uso de los datos del servicio, se descargaron en formato GeoTiff para el estado de Zacatecas las variables densidad aparente (DA), arena, limo y arcilla de los estratos de profundidad del suelo (Pr) 0-5, 5-15, 15-30 y 30-60 cm. Con estas variables se estimó la reserva de humedad aprovechable del suelo (RHAS) siguiendo la metodología de Echavarría *et al.* (2009).

$$RHAS = (CC - PMP) * DA * Pr$$

Donde:

RHAS = Reserva de humedad aprovechable del suelo (mm)

CC= Capacidad de campo (mm)

PMP= Punto de marchitamiento permanente (mm)

DA= Densidad aparente ( $\text{kg/dm}^3$ )

Pr= Profundidad de suelo de cada estrato (cm)

Para determinar la CC se utilizó la fórmula empírica siguiente:

$$CC = 0.233[0.53 * \% \text{Arcilla} + 0.25 * \% \text{Limo} + 0.023 \% \text{Arena}]^{1.45}$$

Los porcentajes de arena, limo y arcilla se derivaron de las imágenes descargadas. A partir del valor de CC, se calculó el PMP por medio de la siguiente fórmula empírica:

$$PMP = CC * 0.595$$

La profundidad utilizada fue la del estrato y también se estimó la profundidad 0-30 partir de las profundidades 0-5, 5-15 y 15-30 cm. Finalmente las imágenes resultantes se recortaron para presentar únicamente la DA de las áreas agrícolas en el estado de Zacatecas.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las imágenes GeoTiff de las variables de suelo del estado de Zacatecas descargadas del sitio de internet del LNMSR se recortaron con las áreas agrícolas, de tal manera que todas las estimaciones que se hicieron corresponden únicamente a las áreas agrícolas del Estado. En el Cuadro 1 se presentan promedios de las variables arena, limo, arcilla y densidad aparente de cinco profundidades, la profundidad 0-30 es el promedio de las profundidades 0-5, 5-15 y 15-30 cm.

Cuadro 1. Promedios de las variables de suelo descargadas del sitio de internet del LNMSR a diferentes profundidades y solo de las áreas agrícolas del estado de Zacatecas.

PROFUNDIDAD cm	ARENA	LIMO %	ARCILLA	DA kg/dm <sup>3</sup>
0 - 5	54.9	22.3	22.4	1.36
5 - 15	54.0	21.9	23.7	1.37
15 - 30	51.2	20.8	27.6	1.39
0 - 30	53.3	21.7	24.6	1.37
30 - 60	49.0	20.0	30.6	1.43

En dicho cuadro se observa que el contenido de arena es mayor en los estratos superficiales que en los más profundos, al contrario, el contenido de arcilla es menor en los estratos superficiales y mayor en los estratos profundos, esto posiblemente se deba al efecto de la erosión eólica (Rojas *et al.*, 2013). El contenido de limo tiene también una

tendencia a disminuir con la profundidad al igual que la arena. La densidad aparente presenta una tendencia inversa, va aumentando conforme aumenta la profundidad (Figura 1A).

En el Cuadro 2 se presentan los parámetros del suelo CC, PMP y RHAS en cinco profundidades para las áreas agrícolas del estado de Zacatecas. En dicho cuadro se observa que CC y PMP aumentan conforme aumenta la profundidad de los diferentes estratos, independientemente del espesor o tamaño del estrato; el estrato 0-30 aparentemente no sigue la tendencia de los otros estratos, pero esto se debe a que es un promedio de los estratos 0-5, 5-15 y 15-30 cm.

Cuadro 2. Promedios de CC, PMP, RHAS estimados a partir de los datos descargados del LNMSR a diferentes profundidades y solo de las áreas agrícolas del estado de Zacatecas.

<b>PROFUNDIDAD</b>	<b>CC</b>	<b>PMP</b>	<b>RHAS</b>
<b>cm</b>		<b>Mm</b>	
0 - 5	16.4	9.8	4.5
5 - 15	17.1	10.2	9.5
15 - 30	19.3	11.5	16.4
0 - 30	17.6	10.5	29.4
30 - 60	21.2	12.6	36.8

La RHAS es el contenido de humedad aprovechable por las plantas entre CC y PMP (Figura 1 A y B), este parámetro depende obviamente de los valores de CC y PMP, pero también del tamaño del estrato, a mayor tamaño del estrato aumenta la cantidad de agua que se puede almacenar en el suelo. En la Figura 1D se presenta el mapa de RHAS del estrato 0-30, ahí se observa que los valores más bajos de este parámetro se localizan en la región centro del Estado, que es parte de la franja agrícola más importante, estos valores bajos se deben posiblemente a que también en esa región se presentan los mayores contenidos de arena y menores contenidos de arcilla y valores más bajos de CC y PMP posiblemente debido a la degradación del suelo en esa zona por su uso intensivo (Torres *et al.*, 2014; Echavarría *et al.*, 2023).

La RHAS es un parámetro muy importante porque es la base para realizar el balance hídrico de un suelo tanto para riego como para temporal. En el caso de riego, nos va a ayudar a decidir cuando y cuanto regar y en el caso de temporal donde están sufriendo más los cultivos por falta de humedad en el suelo (Castro *et al.*, 2021).

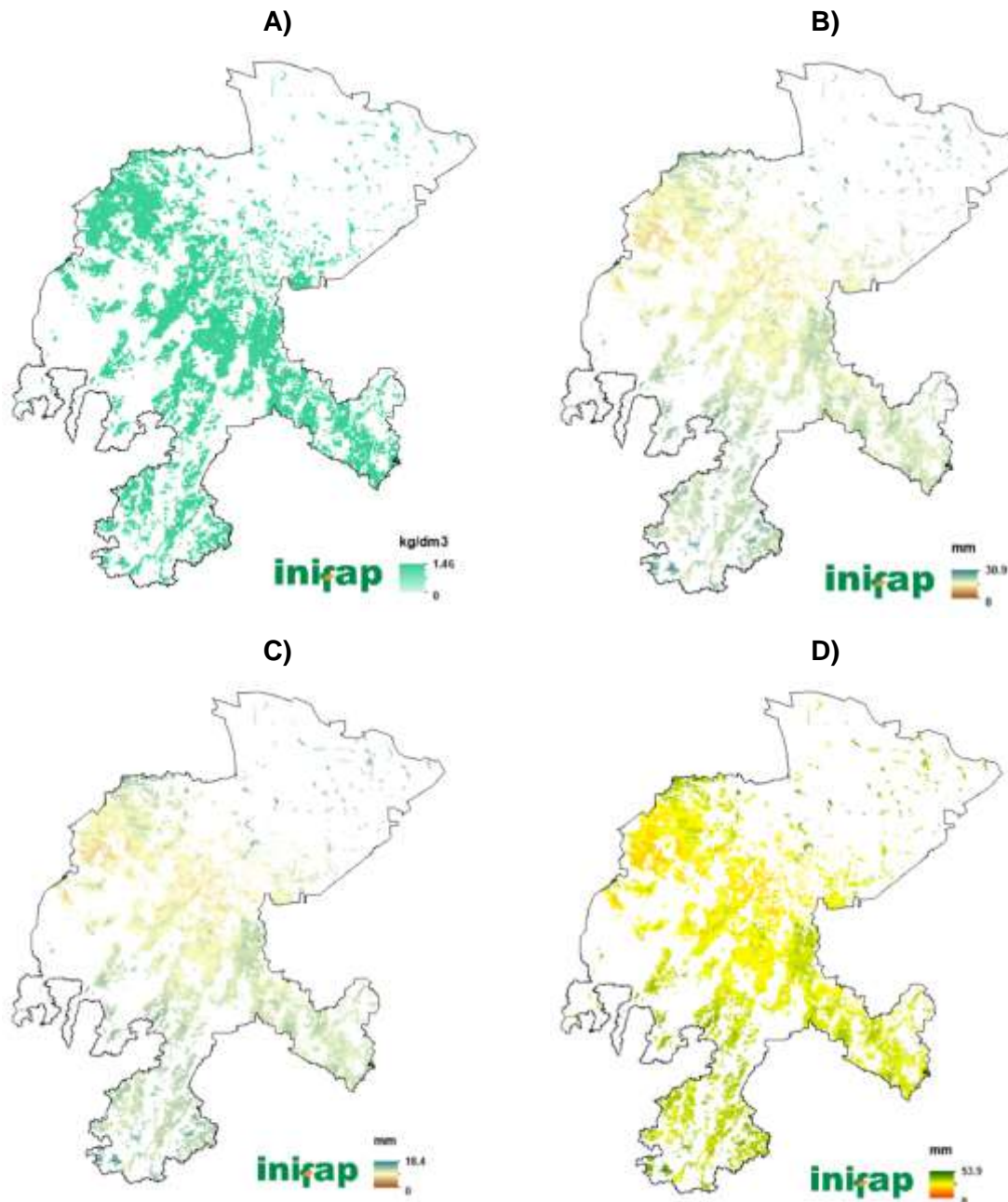


Figura 1. A) Densidad aparente, B) Capacidad de campo, C) Punto de marchitez permanente y D) Reserva de humedad aprovechable del suelo en las áreas agrícolas del estado de Zacatecas.



## CONCLUSIONES

Los datos de suelo proporcionados por el servicio WEB del LNMSR resultaron efectivos para el estudio de caso de este trabajo.

La CC, el PMP y la RHAS promedio resultaron en 17.6, 10.5 y 29.4 mm, respectivamente en el estrato 0-30 cm.

Los valores más bajos de RHAS se presentan en la región centro del estado de Zacatecas posiblemente por la degradación del suelo en esa zona debido a su uso intensivo.

## REFERENCIAS

- Castro M., C. E., Guzmán L., D. M., Cortés D., D. L. 2021. El almacenamiento y la disponibilidad de agua en la determinación del uso potencial de las tierras. *Revista GEOESPACIAL*, 18(1):36-48.
- Echavarría C., F. G.; Medina G., G.; Rumayor R., A. F.; Serna P., A.; Salinas G., H. y Bustamante W., J. G. 2009. Diagnóstico de los recursos naturales para la planeación de la intervención tecnológica y el ordenamiento ecológico. INIFAP-CIRNOC. Libro Técnico No. 10. Calera de V. R., Zac., México. 174 p.
- Echavarría-Chairez, F. G., Alvarado-Sabag, M. N., Serna-Perez, A., Medina-García, G., & Casas-Flores, J. I. (2023). Acumulación y pérdida de suelo por erosión eólica en el norte de Zacatecas. *Terra Latinoamericana*, 41, 1-14. e1649. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1649>
- Hardwicke T. E. *et al.* 2018 Data availability, reusability, and analytic reproducibility: evaluating the impact of a mandatory open data policy at the journal *Cognition*. *R. Soc. open sci.* 5: 180448. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.180448>
- OSC (Open Science Collaboration). 2015. Estimating the reproducibility of psychological science. *Science* 349, aac4716. DOI: 10.1126/science.aac4716.
- Poggio, L. de Sousa, L. M., Batjes, N. H., Heuvelink, G. B. M., Kempen, B., Ribeiro, E. and Rossiter, D. 2021. SoilGrids 2.0: producing soil information for the globe with quantified spatial uncertainty. *SOIL*, 7, 217–240. <https://doi.org/10.5194/soil-7-217-2021>.
- Rojas, J. M., De Buschiazzi y Arce O. 2013. Parámetros edáficos relacionados con la erosión eólica en inceptisoles del Chaco. *Cienc Suelo (Argentina)* 31(1): 133-142.
- Torres D., Constanza M., Hernández F. F. y Triana F. A. 2014. Efecto del Uso del Suelo en la Capacidad de Almacenamiento Hídrico en el Páramo de Sumapaz - Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 67(1), 7189-7200. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v67n1.42642>
- Vines, T. H., Albert A. Y. K., Andrew R. L., Débarre F., Bock D. G., Franklin M. T., Gilbert K. J., Moore J. S., Renaut S., Rennison D. J. 2014. The Availability of Research

Data Declines Rapidly with Article Age, *Current Biology*, Volume 24, Issue 1, Pages 94-97.

## DESARROLLO DE SOFTWARE PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y DIVULGACIÓN DE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA.

González J. L. \*, Chávez S. N. \*\*, Corrales S. A. \*, González G. M. \*

\*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Pabellón, Km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México.

\*\*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Delicias, Carretera Km 2 Delicias-Rosales, Delicias, Chihuahua. México.

[gonzalez.luis@inifap.gob.mx](mailto:gonzalez.luis@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

Con el objetivo de consolidar una red de estaciones agrometeorológicas automatizadas que permita el registro continuo de variables meteorológicas para integrar una base de datos que proporcione información meteorológica en tiempo real e histórica para definir estrategias y prácticas de producción en las actividades del sector agrícola, pecuario, forestal, pesquero y del medio ambiente, se estructuró una base de datos de información meteorológica del Centro de Datos Hidrometeorológicos del Estado de Chihuahua, para hacer disponible la información de datos e índices meteorológicos, así como tecnología de alertas fitosanitarias y aplicaciones para el manejo del riego en tiempo real. Se realizó la instalación y configuración del sistema operativo, se configuró una base de datos de la unidad central sobre el motor SQL, la cual contiene información meteorológica que se conecta con un servidor web en internet para brindar el acceso a información, recursos y resolución de solicitudes de los usuarios. Una de las aplicaciones web permite la disponibilidad de información meteorológica generada por las estaciones, aplicaciones web para alertas fitosanitarias, pronóstico de heladas, aplicaciones en dispositivos móviles para el manejo del riego en tiempo real, posteriormente se integrarán aplicaciones para determinar puntos de calor en áreas forestales, determinación de sequía, alertas de plagas forestales e información para relacionar los índices de agostadero, con la climatología, entre otras.

**Palabras clave:** Software, Estación meteorológica, SQL.

### ABSTRACT

With the objective of consolidating a network of automated agrometeorological stations that allows the continuous recording of meteorological variables to integrate a database that provides real-time and historical meteorological information to define production strategies and practices in the activities of the agricultural, livestock, forestry, fisheries and the environment, a meteorological information database was structured from the Hydrometeorological Data Center of the State of Chihuahua, to make available information on meteorological data and indices, as well as phytosanitary alert technology and applications for the management of the irrigation in real time. The installation and configuration of the operating system was carried out, a database of the central unit was configured on the SQL engine, which contains meteorological information that connects with a web server on the Internet to provide access to information, resources and resolution of requests of the users. One of the web applications allows the availability of meteorological

information generated by the stations, web applications for phytosanitary alerts, frost forecasts, applications on mobile devices for irrigation management in real time, later applications will be integrated to determine heat points in areas forestry, drought determination, forest pest alerts and information to relate rangeland indices with climatology, among others.

**Key words:** Software, Weather station, IA.

## INTRODUCCIÓN

Dado el liderazgo de Chihuahua en la diversidad y altos niveles de producción en diferentes sistemas de producción agrícola, pecuario y forestal, así como los contrastes de relieve, clima y suelos que originan un desarrollo heterogéneo de la cubierta vegetal y regiones específicas de alto potencial para la producción agrícola, pecuaria y forestal, es fundamental consolidar una red de estaciones agrometeorológicas automatizadas (Campos, 2005) que permita el registro continuo de variables meteorológicas para integrar una base de datos que proporcione información meteorológica en tiempo real e histórica para definir estrategias y prácticas de producción en las actividades del sector agrícola, pecuario, forestal, pesquero y del medio ambiente, al alcance de productores que les permita lograr un incremento en la productividad, reducir costos en las actividades de estos sistemas de producción y sean sustentables; así mismo definir estrategias de reconversión y nuevas prácticas de manejo para mitigar los efectos del cambio climático. Uno de los principales beneficios del desarrollo de software en la agricultura es su capacidad para mejorar la eficiencia operativa. Los sistemas de gestión agrícola integrados permiten a los agricultores monitorizar en tiempo real diversos parámetros de sus cultivos, tales como el estado del suelo, las condiciones climáticas y los niveles de nutrientes. Los programas pueden proporcionar a los usuarios plataformas para registrar y analizar datos detallados, facilitando una toma de decisiones informada basada en datos precisos (FarmLogs, 2023). Esto no solo optimiza el uso de insumos como agua y fertilizantes, sino que también reduce los costos y el impacto ambiental. Además, el software de agricultura de precisión ha permitido el desarrollo de técnicas avanzadas como la siembra variable y el riego de precisión. Estos sistemas utilizan datos geoespaciales y modelos predictivos para aplicar insumos solo donde y cuando son necesarios. Según un estudio de Chen et al. (2017), el uso de estas tecnologías puede aumentar significativamente el rendimiento de los cultivos y reducir el desperdicio de recursos. Por ejemplo, los sistemas de riego automatizados ajustan la cantidad de agua aplicada en función de las necesidades específicas de cada sección del campo, lo que contribuye a una gestión más eficiente del agua. El análisis predictivo, impulsado por el software de inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático, también está ganando relevancia en la agricultura. Estos algoritmos pueden predecir enfermedades y plagas con base en patrones históricos y datos ambientales actuales. Un estudio de Patel et al. (2021) destaca que las herramientas de IA pueden identificar brotes potenciales antes de que se vuelvan infecciones generalizadas, lo que permite a los agricultores intervenir a tiempo y minimizar daños.

Para lograr lo anteriormente descrito, es necesario formular la estructura y programación de base de datos de información meteorológica del centro de Datos Hidrometeorológicos del estado de Chihuahua, para organizar la información y elaborar modelos, herramientas, desarrollar software para disponer en internet de información climatológica, modelos y herramientas que permitan el acceso a usuarios y se apoye a la toma de decisiones en las actividades del sector agrícola, pecuario, forestales y del medio ambiente. Se desarrollarán modelos para pronósticos climatológicos a corto, mediano y largo plazo útiles para identificar la vulnerabilidad ante eventos climatológicos extremos que afectan a las diferentes actividades productivas del estado; también se desarrollarán programas de aplicaciones web para visualizar mapas temáticos de focos de calor, índices de sequía, precipitación, heladas, unidades térmicas, índices de estrés hídrico y otros índices bioclimáticos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

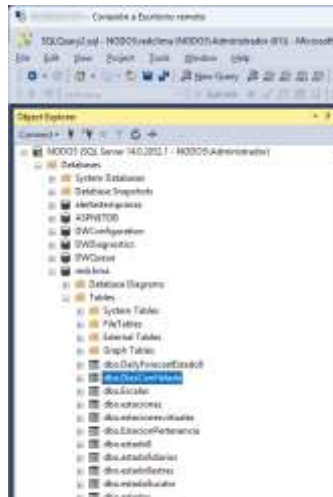
El sistema operativo que se instaló en los servidores destinados a aplicaciones web y base de datos es Windows Server 2019 Datacenter. El sistema operativo instalado de fábrica en ambos servidores era Windows 11, y este por la seguridad requerida, tenía que ser sustituido por versiones de servidor. La instalación se centró exclusivamente en la instalación del sistema operativo y se dejó para siguientes fases la configuración y mantenimiento del mismo. Windows Server 2019 Datacenter se instaló con una edición de interfaz gráfica. Para poder realizar la configuración de cada uno de los dos servidores con sistema operativo Windows Server 2019, se solicitó al departamento de sistema de la SDR el acceso mediante una red privada virtual (VPN) a estos servidores; una VPN es una tecnología que permite crear una conexión segura a través de Internet, ayuda a proteger la privacidad y sus datos en línea al cifrar su conexión a Internet.

Se configuró una base de datos, la cual se montó sobre el motor de SQL Server 2017 y es una base de datos de entidad-relación principalmente. Mediante este esquema se describen los tipos de entidades y las relaciones básicas existentes. La configuración de la base de datos se realizó de forma estándar con acceso al administrador del sistema y a un usuario que puede leer y escribir la base de datos creada pero no puede realizar labores de administrador de la base de datos como crear nuevos usuarios, esquemas o bases de datos.

Con la base de datos instalada, se instaló un cliente que permitiera la administración de la base de datos, tal como crear bases de datos, usuarios, procedimientos y funciones, esquemas entre otros, así como otorgar los permisos correspondientes a cada uno de estos.

Con los accesos establecidos, se desarrolló la base de datos para contener la información meteorológica que se genere, además de la información necesaria para las aplicaciones web y móviles, en la Figura 1 muestra el esquema de la base de datos meteorológica con sus tablas correspondientes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN



**Figura 8. Estructura parcial de la base de datos meteorológica y de aplicaciones web y móviles.**

El software que se desarrolla no solo beneficia a los productores agrícolas, sino que también va beneficiar al sector forestal y pecuario. Las aplicaciones móviles y la plataforma pretenden reducir significativamente las barreras que existe en cuanto a la información gratuita disponible en el estado. Con el poder de cómputo adquirido por la Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Chihuahua, se está implementando el modelo de WRF a una escala de 3 Km. de resolución que permitirá alimentar las aplicaciones desarrolladas de plagas, determinación de heladas y otras que se contemplan como pronóstico de incendios, estimación de sequía mensual por medio de IA, entre otras

## CONCLUSIONES

El software está revolucionando la agricultura al mejorar la eficiencia operativa, optimizar el uso de recursos y permitir una gestión más precisa y basada en datos. La integración de tecnologías avanzadas como la agricultura de precisión y el análisis predictivo no solo aumenta la productividad, sino que también promueve prácticas agrícolas sostenibles. A medida que la tecnología sigue avanzando, es probable que el papel del software en la agricultura se vuelva aún más central, ofreciendo nuevas oportunidades para enfrentar los desafíos globales relacionados con la seguridad alimentaria y la sostenibilidad. Para lograr esto, es necesario formular la estructura y programación de base de datos de información meteorológica del centro de Datos Hidrometeorológicos del estado de Chihuahua, para organizar la información y elaborar modelos, herramientas, desarrollar software para disponer en internet de información climatológica, modelos y herramientas que permitan el acceso a usuarios y se apoye a la toma de decisiones en las actividades del sector agrícola,

pecuario, forestales y del medio ambiente. Se desarrollarán modelos para pronósticos climatológicos a corto, mediano y largo plazo útiles para identificar la vulnerabilidad ante eventos climatológicos extremos que afectan a las diferentes actividades productivas del estado; también se desarrollarán programas de aplicaciones web para visualizar mapas temáticos de focos de calor, índices de sequía, precipitación, heladas, unidades térmicas, índices de estrés hídrico y otros índices bioclimáticos.

### **REFERENCIAS**

Campos, D. F. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. Ed. Trillas.

Chen, X., et al. (2017). "Precision Agriculture Technology and Its Applications." *Journal of Agricultural Science and Technology*, 19(2), 135-149.

FarmLogs. (2023). *FarmLogs - Plataforma de gestión agrícola*.

Patel, V., et al. (2021). "Application of Artificial Intelligence in Crop Disease Prediction and Management." *International Journal of Agriculture and Environmental Research*, 7(3), 45-59.

## EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN GENERADA POR LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMATIZADAS UBICADAS EN CHIHUAHUA.

González J. L. \*, Chávez S. N. \*\*, Corrales S. A. \*, González G. M. \*

\*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Pabellón, Km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México.

\*\*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Delicias, Carretera Km 2 Delicias-Rosales, Delicias, Chihuahua, México.  
Correo electrónico: [gonzalez.luis@inifap.gob.mx](mailto:gonzalez.luis@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

Actualmente en Chihuahua, cuenta con una red de estaciones meteorológicas automatizadas, que se inició en el año 2000 con 20 estaciones, a través del tiempo la red se ha ampliado y actualmente se cuenta con 82 estaciones con una unidad central en la Fundación Produce Chihuahua. Desde el inicio del funcionamiento de la Red de Estaciones en Chihuahua, se han realizado reparaciones de varios sensores, medios de interconexión y reubicaciones de estaciones, en varias estaciones existen fallas en el funcionamiento de la estación o de algunos de sus sensores, por lo que existen varios vacíos de información en la base de datos; para contar con una base de datos completa de información climatológica en Chihuahua es necesario el buen funcionamiento e interconexión de las estaciones y cada uno de sus sensores, lo que hace necesario contar con un presupuesto continuo en el tiempo para su mantenimiento.

**Palabras clave:** WRF, Estación meteorológica, sensor

### ABSTRACT

Currently, Chihuahua has a network of automated weather stations, which began in 2000 with 20 stations. Over time, the network has expanded and currently has 82 stations with a central unit at the Produce Chihuahua Foundation. Since the beginning of the operation of the Station Network in Chihuahua, repairs have been carried out on several sensors, interconnection means and station relocations, in several stations there are failures in the operation of the station or some of its sensors, so There are several information gaps in the database; To have a complete database of climatological information in Chihuahua, the proper functioning and interconnection of the stations and each of their sensors is necessary, which makes it necessary to have a continuous budget over time for their maintenance.

**Key words:** WRF, weather station, sensor

### INTRODUCCIÓN

Las estaciones meteorológicas son fundamentales para el estudio y la predicción del clima y el tiempo, desempeñando un papel crucial en diversos sectores de la sociedad moderna. Estas estaciones recopilan datos sobre variables atmosféricas como la temperatura,



humedad, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento, y precipitación, entre otras. Este monitoreo continuo es esencial para múltiples aplicaciones que van desde la agricultura hasta la gestión de desastres naturales. En primer lugar, la precisión y la fiabilidad de las predicciones meteorológicas dependen en gran medida de la calidad de los datos proporcionados por las estaciones meteorológicas (Smith et al., 2022). Los pronósticos del tiempo y del clima permiten a los ciudadanos y a las autoridades planificar y tomar decisiones informadas. Por ejemplo, la agricultura, una industria altamente dependiente de las condiciones meteorológicas, utiliza estos datos para optimizar el riego, prevenir heladas y gestionar la cosecha (Koster et al., 2004). La capacidad de anticipar eventos meteorológicos extremos, como tormentas o sequías, puede significar la diferencia entre una cosecha exitosa y una pérdida devastadora.

Además, las estaciones meteorológicas contribuyen significativamente a la investigación científica y al monitoreo del cambio climático. Los datos recopilados permiten a los científicos analizar tendencias a largo plazo en el clima y evaluar el impacto de las actividades humanas en el medio ambiente. Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la recopilación de datos precisos y consistentes a través de estaciones meteorológicas es vital para comprender las variaciones en el clima global y regional (OMM, 2020). Estos estudios son cruciales para desarrollar estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático. En el ámbito de la gestión de desastres, las estaciones meteorológicas proporcionan información vital para la preparación y respuesta ante eventos extremos. Los datos en tiempo real sobre condiciones meteorológicas adversas permiten a las autoridades emitir alertas tempranas y tomar medidas preventivas para proteger a la población y reducir los daños materiales. Por ejemplo, durante huracanes o tormentas severas, los sistemas de alerta temprana basados en datos meteorológicos pueden salvar vidas al proporcionar información oportuna sobre la intensidad y trayectoria de estos fenómenos (Landsea et al., 2010).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un diagnóstico de las estaciones climatológicas automatizadas existentes en la red del estado de Chihuahua, donde se determinará las condiciones físicas de los sensores y la intercomunicación realizando pruebas de conexión entre protocolos de comunicación, servidores, estaciones, bases receptoras y bases de datos. Se realizó una revisión de la información que reporta cada una de las estaciones a la base de datos, se identificarán las estaciones que están activas, de ellas se revisará el historial de reportes para identificar el funcionamiento de cada sensor; posteriormente se revisaran las estaciones que no están en conexión, para identificar las causas, se obtendrá el inventario de las condiciones de cada estación.

Se consideran datos diarios para este análisis el cual se calcula de los datos de cada 15 minutos que generan las Estaciones Meteorológicas Automatizadas (EMA's). Para realizar el diagnóstico de las estaciones, los valores se correlacionan con el dato generado por el modelo Weather Research and Forecast (WRF) al punto de la estación. El sistema de

modelado WRF es producto de múltiples agencias para proporcionar un sistema de nueva generación de modelo de pronóstico de mesoescala (Janjic , 2003). Los datos generados por el modelo WRF son datos diarios, estimados el mismo día, es decir pronosticado no más de 24 horas antes. Como ejemplo, para los datos del 01/01/2024 se utilizó el pronóstico generado ese mismo día. Esto es solamente para el inicio del diagnóstico de las estaciones, cuando ya se tienen algunas estaciones revisadas, para revisar una nueva estación se utiliza la estación más cercana con información completa. Cabe resaltar que se diagnostica con la tendencia de los datos y su cercanía entre los valores escalares, ya que se espera que no tengan el mismo valor. Dado que el modelo WRF no reporta la radiación global directa, para analizar este sensor se coteja con el dato de la estación más cercana que cuente con datos, que no supere los 10 Km de distancia entre una y otra estación y que la tendencia de los datos sea similar. En caso de no contar con una estación menos de 10 Km, se buscará una de 20 Km para revisar solo la tendencia. El periodo analizado contempla seis meses de datos (del 01/08/2023 al 31/01/2024) los resultados se muestran en tablas y de tres meses (del 01/11/2023 al 31/01/2024) para los datos graficados. En las gráficas, las líneas azules pertenecen a datos de las EMA's y las líneas naranjas a datos del modelo WRF. En forma general, se empezó estableciendo el periodo a evaluar, revisando que sensores reportaban datos y qué porcentaje de datos tiene cada sensor y los meses en que hubo información de cada uno de los sensores, posteriormente se describe el análisis de correlación entre la información de los sensores con la información del modelo WRF o de la estación más cercana a la estación analizada y la relación gráfica de lo reportado por la estación y estimaciones del modelo WRF.

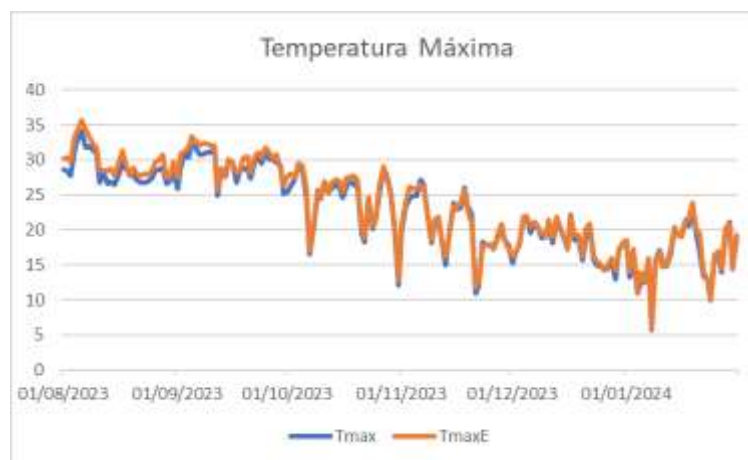
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación de los datos de cada que cada uno de los sensores de las más de 80 estaciones revisadas arrojó información muy importante, tanto para notificar los ajustes y remplazos que necesita cada estación a nivel de sensor como para diseñar un protocolo de revisión de los datos de cada estación, es decir, permitió desarrollar una metodología para automatizar la revisión de los datos en busca de situaciones anómalas. La Tabla 1 muestra la información de la temperatura de la estación Pascual Orozco y Ciudad Guerrero, donde ambas cunetas con un buen porcentaje de datos disponibles y se puede realizar su comparación directamente, ya que se encuentran a no más de 15 Km. de distancia.

**Tabla 1. Datos de temperatura y porcentaje de la información disponible de las estaciones Pascual Orozco y Ciudad Guerrero.**

DATOS DE TEMPERATURA DURANTE LOS ÚLTIMOS 6 MESES									
Porcentaje	%	Año	Me s	MaxTem p	MaxTemp E	MinTem p	MinTemp E	PromTem p	PromTemp E
99.43%	100.00 %	202 3	8	34.1	35.6	8.3	8.2	19.9	19.9
99.79%	100.00 %	202 3	9	32.2	33.3	8.2	9.3	19.2	19.2
99.66%	99.87%	202 3	10	29.4	29.4	-1	-1.3	14.8	14.8
99.65%	100.00 %	202 3	11	27.2	26.5	-7.1	-8.2	10.7	10.7
99.36%	100.00 %	202 3	12	22.1	22	-9.3	-11.5	6.2	6.2
99.76%	100.00 %	202 4	1	22.7	23.8	-14.2	-16.1	5.2	5.2

Los datos de la temperatura máxima y mínima tienen coeficientes de correlación y determinación superior al 95%, como se puede apreciar en la Figura 1 y Tabla 2. Los datos tabulados conservan una tendencia y valores congruentes con los datos de la estación más cercana. En este tipo de casos los datos faltantes de alguna estación pueden ser remplazados por los de la otra estación para casos de aplicaciones web o móviles, pero no se recomienda hacer el remplazo directamente en la base de datos.



**Figura 9 Gráfica de temperatura Máxima de las estaciones Pascual Orozco y Ciudad Guerrero en Chihuahua.**

<i>Estadísticas de la regresión TMax</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.994300793
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.988634066
R <sup>2</sup> ajustado	0.988571616
Error típico	0.631504056
Observaciones	184

**Figura 10. Estadísticas de la regresión entre las estaciones Pascual Orozco y Ciudad Guerrero, Chihuahua.**

Con este análisis se pudo observar que los sensores que mejor correlación tienen entre estaciones cercanas son los de temperatura y humedad relativa, donde incluso con distancias superiores a los 40 Km. mantenían valor por arriba de 0.7 en los coeficientes de correlación múltiple y de determinación R<sup>2</sup>. Para los casos de precipitación, los coeficientes más altos obtenidos no superaron el 0.75 en ambos coeficientes. Este tipo de datos podría llegar a ser utilizado en casos muy especiales, como determinar si el sensor está funcionando correctamente o no o bien en el remplazo de información no crítica.

## CONCLUSIONES

Las estaciones meteorológicas son herramientas esenciales para la ciencia, la economía y la seguridad pública. Proporcionan datos críticos que permiten la predicción precisa del tiempo, la investigación del cambio climático y la gestión eficaz de desastres. La inversión en la expansión y modernización de estas estaciones no solo mejora la calidad de las predicciones meteorológicas, sino que también fortalece la capacidad de las sociedades para enfrentar desafíos ambientales y climáticos futuros. Los datos faltantes pueden distorsionar los resultados y conclusiones. Al completar los conjuntos de datos con información de otras estaciones, se pueden obtener resultados de mayor precisión. La temperatura y humedad relativa son los sensores con mayor similitud entre estaciones a menos de 20 Km. de distancia. A pesar de esto, no se podría decir que se pueden remplazar los datos entre estaciones que se encuentren a esta distancia una de la otra, ya que depende de las condiciones orográficas donde esté cada una de ellas. Con este análisis sensor por sensor que se realizó se puede establecer que estaciones se pueden utilizar para el remplazo de información en el caso que sea necesario.

## REFERENCIAS

- Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA). (2021). The Importance of Weather Stations. Recuperado de [noaa.gov](https://www.noaa.gov)
- Janjic, Zavisla I. "A Nonhydrostatic Model Based on a New Approach." *Meteorology and Atmospheric Physics*, vol. 82, no. 1–4, 2003, pp. 271–85, doi:10.1007/s00703-001-0587-6.
- Jones, A., Thompson, S., & Williams, R. (2024). Weather Extremes and Public Health. *Environmental Health Perspectives*, 132(2), 89-101.

Koster, R. D., & Milly, P. C. D. (2004). The role of land surface in climate variability and change. *Journal of Climate*, 17(3), 438-452.

Landsea, C. W., Knaff, J. A., & Franklin, J. L. (2010). Climatic Factors in the Variability of Atlantic Hurricane Activity. *Journal of Climate*, 23(13), 3560-3585.

Smith, J., Brown, R., & Lee, M. (2022). The Role of Meteorological Stations in Climate Research. *Journal of Climate*, 35(4), 123-137.

## IDENTIFICACIÓN DEL SITIO DE ESTACIONES EN LAS ÁREAS DE MAYOR REPRESENTATIVIDAD DE ZONAS FORESTALES Y DE PASTIZAL

González J. L.\*, Chávez S. N.\*\*\*, Corrales S. A.\*, González G. M. \*

\*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Pabellón, Km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México.

\*\*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Delicias, Carretera Km 2 Delicias-Rosales, Delicias, Chihuahua. México.

Correo electrónico: [gonzalez.luis@inifap.gob.mx](mailto:gonzalez.luis@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

Actualmente en el estado de Chihuahua se encuentran instaladas 82 estaciones meteorológicas automatizadas, la mayor densidad de distribución de estas se localizan en las zonas agrícolas y falta cubrir las zonas de bosque y pastizal, dada su importancia socioeconómica, condición que muestra la necesidad de la instalación de varias estaciones climatológicas automatizadas para lograr una mayor resolución para caracterizar la diversidad de condiciones ambientales por la orografía compleja, variabilidad climática y gran extensión espacial del estado. Con la ubicación de las estaciones instaladas se elaboraron tres buffers de 10, 20 y 30 Km. de radio de influencia por cada estación, para determinar gráficamente el área de influencia de cada una de ellas y evitar traslape en la ubicación de las nuevas, luego se realizó en base al shape (formato de datos vectorial) de pastizales y bosques del estado de Chihuahua, con el objetivo de que la ubicación esté dentro de estas zonas de interés, por otra parte se consideró la transmisión de la señal telefónica GSM (Global System For Mobile Communication) de la red celular, para asegurar la comunicación de cada una de las estaciones a la unidad central. Considerando la metodología antes descrita, se ubicaron las 30 nuevas estaciones meteorológicas que cubren de una manera uniforme las regiones de bosques y pastizales en el estado, tomando en cuenta la ubicación de las 55 estaciones que están funcionando, pertenecientes a la Fundación Produce Chihuahua y su área de influencia de 30 Km de cada estación, de tal manera que ninguna nueva estación se ubicara dentro de los primeros 20 Km de influencia de estas estaciones.

**Palabras clave:** estación climatológica, GSM, Shape

### ABSTRACT

Currently, 84 automated meteorological stations are installed in the state of Chihuahua, the highest distribution density of these is located in agricultural areas and the forest and grassland areas need to be covered, given their socioeconomic importance, a condition that shows the need for the installation. of several automated climatological stations to achieve greater resolution to characterize the diversity of environmental conditions due to the complex orography, climatic variability and great spatial extent of the state. With the location of the installed stations, three buffers of 10, 20 and 30 km radius of influence were created for each station, to graphically determine the area of influence of each of them and avoid overlap in the location of the new ones, then was carried out based

on the shape (vector data format) of grasslands and forests of the state of Chihuahua, with the objective that the location is within these areas of interest, on the other hand, the transmission of the GSM telephone signal (Global System For Mobile Communication) of the cellular network, to ensure communication from each of the stations to the central unit. Considering the methodology described above, the 30 new meteorological stations that uniformly cover the forest and grassland regions in the state were located, taking into account the location of the 55 stations that are operating, belonging to the Produce Chihuahua Foundation and its influence area of 30 km of each station, in such a way that no new station would be located within the first 20 km of influence of these stations.

**Key words:** weather season, pests, diseases

## INTRODUCCIÓN

La ubicación adecuada de estaciones meteorológicas es fundamental para la obtención de datos precisos y representativos sobre el clima de una región. Estas estaciones proporcionan información vital que apoya desde la investigación científica hasta la toma de decisiones en políticas públicas y la planificación urbana. La correcta ubicación de estas estaciones garantiza la calidad y la precisión de los datos recopilados, lo que tiene implicaciones significativas en diversos ámbitos. En primer lugar, la ubicación estratégica de estaciones climatológicas asegura la representatividad de los datos obtenidos. Según Buis (2019), la colocación de estaciones en zonas representativas de diferentes microclimas y características geográficas permite capturar una visión completa del comportamiento climático de una región. Si las estaciones están mal ubicadas, pueden producirse sesgos en los datos que no reflejen las verdaderas condiciones meteorológicas del área, afectando la precisión de los modelos climáticos y las predicciones meteorológicas. Además, la adecuada ubicación de estas estaciones es crucial para el monitoreo de fenómenos climáticos extremos y eventos meteorológicos. Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2020), una red de estaciones bien distribuidas permite una vigilancia más eficaz de fenómenos como tormentas, sequías y olas de calor. Esto no solo ayuda a mitigar los impactos de estos eventos al permitir una respuesta más rápida y coordinada, sino que también contribuye a la elaboración de estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático. Por otro lado, la localización precisa de las estaciones climatológicas es esencial para la investigación científica y la evaluación de impactos ambientales. Los estudios de cambio climático, como los realizados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2021), dependen de datos precisos y detallados para modelar y predecir los efectos del cambio climático en diversas regiones. La falta de estaciones bien ubicadas puede llevar a conclusiones erróneas y a una comprensión incompleta de los impactos del cambio climático en el medio ambiente y en las comunidades humanas. La planificación urbana y la gestión de recursos naturales también se benefician de una correcta ubicación de estaciones climatológicas. Según el Centro Nacional de Datos Climáticos (NCDC, 2022), datos climáticos precisos son esenciales para diseñar infraestructuras resilientes, gestionar recursos hídricos y planificar actividades agrícolas. Una red de estaciones climatológicas bien distribuida permite a las autoridades locales y a los planificadores tomar decisiones informadas y basadas en datos

fiables, promoviendo el desarrollo sostenible y la resiliencia ante condiciones climáticas adversas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Actualmente en Chihuahua, se encuentran instaladas 84 estaciones meteorológicas automatizadas, la mayor densidad de distribución de estas se localizan en las zonas agrícolas dada su importancia socioeconómica. Sin embargo, existen zonas de igual importancia económica con relación a la producción pecuaria y productos maderables y no maderables donde es necesaria monitorear a detalle el comportamiento de las variables meteorológicas para generar alternativas de manejo; condición que muestra la necesidad de la instalación de varias estaciones climatológicas automatizadas para lograr una mayor resolución para caracterizar la diversidad de condiciones ambientales por la orografía compleja, variabilidad climática y gran extensión espacial del estado. La ubicación de las nuevas estaciones meteorológicas se estableció de considerando la dispersión de las estaciones existentes pertenecientes a la fundación Produce Chihuahua; en la Figura 1, se muestra el mapa del uso de suelo y vegetación del estado de Chihuahua, donde puede observarse que se tiene una mayor densidad de distribución en las zonas agrícolas y una reducida cantidad en áreas forestales y de pastizal.

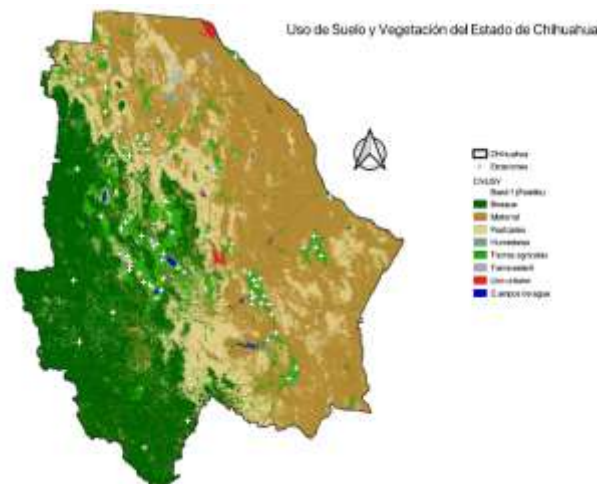


Figura 1. Mapa de Uso de Suelo y Vegetación del Estado de Chihuahua.

Condición que muestra la necesidad de la instalación de varias estaciones climatológicas automatizadas para lograr una mayor resolución para caracterizar la diversidad de condiciones ambientales por la orografía compleja, variabilidad climática y gran extensión espacial del estado. Con la ubicación de las estaciones instaladas se elaboraron tres buffers de 10, 20 y 30 Km. de radio de influencia por cada estación, para determinar gráficamente el área de influencia de cada una de ellas como se muestra en la Figura 2. El buffer interno de color verde tiene el radio de influencia de 10 Km, el amarillo y el rojo son 20 y 30 Km respectivamente.



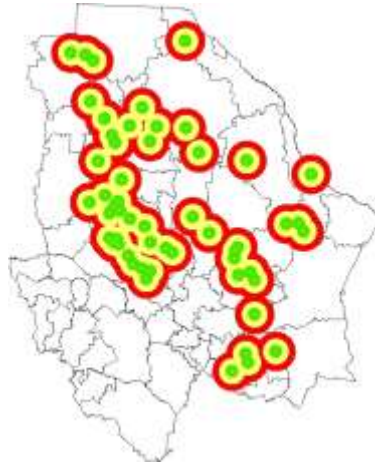


Figura 2. Buffer a 10, 20 y 30 Km. de influencia de cada estación meteorológica que esta actualizada a día de hoy.

Con la ubicación de las estaciones instaladas se elaboraron tres buffers de 10, 20 y 30 Km. de radio de influencia por cada estación, para determinar gráficamente el área de influencia de cada una de ellas como se muestra en la Figura 2. El buffer interno de color verde tiene el radio de influencia de 10 Km, el amarillo y el rojo son 20 y 30 Km respectivamente. La ubicación de las nuevas estaciones se realizó en base al shape (formato de datos vectorial) de pastizales y bosques del estado de Chihuahua, con el objetivo de que la ubicación esté dentro de estas zonas de interés. En la Figura 3 se muestran las regiones de bosque (encino y pino) y pastizales (halófilo y natural) en el estado.

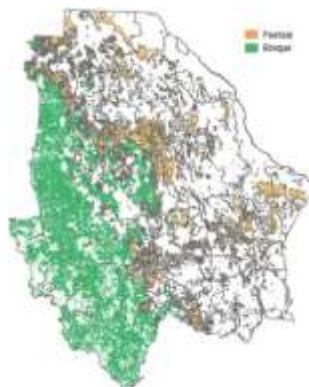


Figura 3. Ubicación de bosques (encino y pino) y pastizales en el estado de Chihuahua.

Por la topografía tan diversa de planicies, mesetas, montañas y cañadas que se presenta en el territorio Chihuahuense, no fue posible utilizar como criterio de ubicación a los modelos de elevación digital, en su lugar se consideró la transmisión de la señal telefónica GSM (Global System For Mobile Comunicación) de la red celular. La información de la cobertura de la red GSM fue obtenida del Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando la metodología antes descrita, se ubicaron las 30 nuevas estaciones meteorológicas que cubren de una manera uniforme las regiones de bosques y pastizales en el estado, tomando en cuenta la ubicación de las estaciones pertenecientes a la Fundación Produce Chihuahua y su área de influencia de 30 Km de cada estación, de tal manera que ninguna nueva estación se ubicara dentro de los primeros 20 Km de influencia de estas estaciones. Solo se existe la excepción de dos estaciones: INIFAP Delicias e INIFAP Aldama, que por su importancia en el desarrollo de experimentos y validaciones se ubicó una estación en cada predio. En la ubicación de las restantes 28 estaciones, se tomó en consideración reemplazar 14 estaciones que dejaron de transmitir información y que cumplen con los criterios de distribución uniforme y que no estuvieran en el área de influencia de las estaciones que están actualmente funcionando, lo anterior se realizó con el fin de hacer uso de la información histórica generada por estas estaciones.

Como resultado de la determinación de la ubicación, en la Figura 4, se muestra la ubicación de las 14 estaciones a reemplazar (rojas), las dos estaciones (azules) en Campos experimentales de INIFAP (Delicias y Aldama) y las restantes 14 estaciones (verdes).



Figura 4. Ubicación de las nuevas estaciones meteorológicas automatizadas.

## CONCLUSIONES

La correcta ubicación de estaciones climatológicas es indispensable para asegurar la precisión y representatividad de los datos climáticos. La representatividad de los datos, la capacidad de monitorear fenómenos extremos, el apoyo a la investigación científica y la planificación efectiva son aspectos cruciales que dependen de una red de estaciones bien posicionada. Invertir en la ubicación estratégica de estas estaciones no solo mejora la calidad de la información climática disponible, sino que también fortalece la capacidad de respuesta ante desafíos ambientales y promueve una gestión más eficaz de los recursos naturales. Las estaciones que se ubicaron fueron integradas a la unidad central de estaciones hidrometeorológicas y nuevas estaciones meteorológicas automatizadas adquiridas por la Secretaría de Desarrollo Rural Gobierno del Estado de Chihuahua, para

ello se desarrollarán programas computacionales para estandarización de la información realizando pruebas de validación y homogeneidad con las bases de datos de las estaciones meteorológicas automatizadas.

### **REFERENCIAS**

- Buis, A. (2019). La Importancia de una Red de Estaciones Meteorológicas Bien Distribuida. *Journal of Climate Research*, 34(3), 245-260.
- Centro Nacional de Datos Climáticos (NCDC). (2022). Mejores Prácticas para la Ubicación de Estaciones Climáticas. National Oceanic and Atmospheric Administration. Recuperado de <https://www.ncdc.noaa.gov>.
- IPCC. (2021). Informe de Evaluación del Cambio Climático. Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. Recuperado de <https://www.ipcc.ch>.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2020). Guía sobre la Instalación y Mantenimiento de Estaciones Climáticas. Recuperado de <https://www.wmo.int>.

## PRODUCCIÓN DE AJO PLATERO CON RIEGO POR CINTILLA EN LA COMARCA LAGUNERA

Cervantes V. M. G.<sup>1\*</sup>; Cervantes V. T. J. Á.<sup>1</sup>; Vázquez V. C.<sup>1</sup>; Luna O. J. G.<sup>2</sup>; Navarro M. M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, ejido Venecia. C.P. 34371. Gómez Palacio, Durango, México.

<sup>2</sup>Universidad Politécnica de la Región Laguna, ejido Santa Teresa, San Pedro de las Colonias, Coahuila.

\*Autor de correspondencia (cevga@hotmail.com)

### RESUMEN

El ajo es un cultivo económicamente importante en México. Este producto es valorado por su sabor y su uso en la preparación de una infinidad de platillos, la investigación continúa para descubrir y afinar su utilidad con fines medicinales (Boriss, 2006; Lucier y Biing-Hwan, 2000), por ello es necesario el desarrollo de nuevos genotipos de ajo para satisfacer las demandas de productores y consumidores. La variedad de ajo denominada Platero fue desarrollada a partir de colectas en Zacatecas (Reveles-Hernández *et al.*, 2015), los bulbos de esta variedad tienen un promedio de 15 dientes el color de los dientes es blanco a crema, cubiertos individualmente por una hoja envolvente de coloración rosa. La variedad Platero tiene un ciclo intermedio de 175 días a cosecha en comparación con variedades de bulbo blanco que tienen un ciclo de 240 días. El rendimiento potencial de esta nueva variedad es cercano a 26 t ha<sup>-1</sup>. El rendimiento obtenido mostró un comportamiento similar al de otros estados productores en México (SIAP-SAGARPA, 2021), ocupando el cuarto lugar con 13.76 t ha<sup>-1</sup>, superando la media nacional. La frecuencia del número promedio de dientes que se encontraron por bulbo en la variedad Platero concuerda a lo reportado por Reveles-Hernández *et al.*, 2017, con 13 dientes.

**Palabras clave:** ajo, producción, Comarca Lagunera.

### ABSTRACT

Garlic is an economically important crop in Mexico. This product is valued for its flavor and its use in the preparation of an infinite number of dishes. Research continues to discover and refine its usefulness for medicinal purposes (Boriss, 2006; Lucier and Biing-Hwan, 2000), which is why it is necessary to development of new garlic genotypes to satisfy the demands of producers and consumers. The variety of garlic called Platero was developed from collections in Zacatecas (Reveles-Hernández *et al.*, 2015), the bulbs of this variety have an average of 15 cloves, the color of the cloves is white to cream, individually covered by an enveloping pink leaf. The Platero variety has an intermediate cycle of 175 days to harvest compared to white bulb varieties that have a cycle of 240 days. The potential yield of this new variety is close to 26 t ha<sup>-1</sup>. The yield obtained showed a behavior similar to that of other producing states in Mexico (SIAP-SAGARPA, 2021), occupying fourth place with 13.76 t ha<sup>-1</sup>, exceeding the national average. The frequency of the average number of cloves found per bulb. in the Platero variety it agrees with what was reported by Reveles-Hernández *et al.*, 2017, with 13 teeth.

**Key words:** garlic, production, Comarca Lagunera.

## INTRODUCCION

La segunda especie más cultivada a nivel mundial es el ajo (*Allium sativum* L.) de la familia *Alliaceae*; tiene uso frecuente debido a su sabor, por ello su utilización como condimento en un sinnúmero de platillos alrededor del mundo. Además de otras propiedades usadas en la prevención y cura de enfermedades en el hombre, plantas y animales domésticos (Koch, 1993; Eagling y Sterling, 2000; Roy y Lundy, 2005).

China por sí sola, representa poco más del 80% de la producción mundial de este cultivo. Según la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2024), la producción de ajo en China fue de 20.8 millones de toneladas.

En 2022, en nuestro país se produjeron 94,428 toneladas en 20 entidades, destacándose Zacatecas y Guanajuato. Al mismo tiempo se destinaron 7,335 hectáreas a su cultivo. En la actualidad, el ajo es utilizado en prácticamente todas las gastronomías del mundo, adquiriendo un importante papel en lo económico. De acuerdo a la consultora de mercados Mordor Intelligence, su mercado se contabiliza en 539.35 millones de dólares y se prevé que para 2029 alcance 616.20 millones de dólares. (SIAP, 2024).

El ajo se reproduce de manera asexual a través de la siembra de bulbillos o dientes, para ello es común asignarle la categoría de especie homogénea con reducida variabilidad genética. Sin embargo, de manera natural se producen mutaciones en las células reproductivas del disco basal las cuales favorecen la presencia de variabilidad genética y es precisamente esta oportunidad de practicar selección clonal en los programas de mejoramiento genético (Mathew, 2007; Etoh y Nakamura, 1988; Khar *et al.*, 2005).

El mejoramiento genético del cultivo de ajo ha estado relacionado con la selección clonal, única herramienta en esta especie que permite aprovechar la variabilidad genética (Burba, 2009). Otra herramienta utilizada en el mejoramiento genético del ajo es la selección individual, la cual ha representado una alternativa para el mejoramiento genético de la especie (Macías *et al.*, 2000).

El tamaño de bulbo es una característica deseable por los productores al momento de seleccionar la variedad a establecer (Youssef *et al.*, 2011), otros atributos importantes tomados en cuenta al momento de evaluar genotipos de ajo son: peso del bulbo, cantidad de dientes o bulbillos por bulbo y rendimiento por hectárea (Fanaei *et al.*, 2014; Jabbes *et al.*, 2012); por ello es importante definir claramente las variables y criterios de selección al momento de conducir el mejoramiento para obtener nuevas variedades ya que los parámetros serán importantes para definir la estabilidad de los genotipos de ajo (Khar *et al.*, 2005).

La falta de variedades adaptadas a las condiciones agroecológicas de cada región productora, es uno de los problemas más limitantes para la producción y productividad del cultivo del ajo en México. Los objetivos del trabajo fueron determinar la producción de ajo bajo las condiciones climáticas edáficas de la Comarca Lagunera.

## MATERIALES Y METODOS

### Características del sitio experimental

Ubicación del campo experimental. La investigación se realizó en un área designada de 2500 m<sup>2</sup> en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del estado de Durango (CAE-FAZ-UJED), localizada en el km 30 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo en el ejido Venecia, Municipio de Gómez Palacio,

Durango, México. Ubicada en los paralelos 25° 46' 56" N y 103° 21' 02" O, a una altitud de 1110 m.

**Características edafoclimáticas del campo experimental.** La precipitación pluvial es de 258 mm y la temperatura media anual es de 22.1 °C. Los suelos típicos de la región presentan pH alcalinos y ricos en carbonatos (Flores-Sánchez *et al.*, 2015), con contenidos pobres de materia orgánica, clasificados como suelos de aluvión, tipo Aridisol.

**Factores de estudio y tratamientos.** La variedad usada para este experimento fue Platero. La variedad Platero se genera a partir de la colecta de plantas de ajo de origen Coreano en parcelas de productores (selección individual), para obtener una serie de plantas con características deseables desde el punto de vista agronómico, tales como vigor, color, estructura de planta (altura y número de hojas) y sanidad; una vez realizada esta selección en campo, se procedió a elegir los bulbos con las mejores características de forma y color, y número de dientes o bulbillos con lo que se obtuvo un grupo elite de bulbos, a cada uno de estos bulbos se le denominó clon. Las catáfilas o capas que cubren a los bulbos son de color blanco con vetas de coloración rosa violáceo dispuestas de manera vertical; el número promedio de bulbillos o dientes es de 15 de los cuales generalmente 10 se encuentran en la periferia del bulbo y el resto en el interior del mismo (Reveles- Hernández *et al.*, 2015).

La siembra se realizó el día 30 de septiembre de 2020, establecidas en camas de siembra de 0.85 m de ancho y 5 m de largo con una separación entre camas de 1 m, con seis hileras de plantas por cama y regadas con tres cintillas de riego por goteo, colocando una cintilla para cada dos hileras de plantas.

Se utilizó un sistema de riego por goteo, con el cual se realizan los riegos cada tercer día. La fertilización se realizó cuando se estableció el experimento usándose una dosis química (80-240-00). Se le aplicó un herbicida cuando se establece el cultivo y después del primer riego. Se midió al finalizar el experimento el peso del ajo y se le conto el número de dientes.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La variedad Platero ha superado en al menos un 10% de productividad a la variedad Calerense, (Reveles-Hernández *et al.*, (2015). Además de la obtención de rendimientos superiores a la media nacional.

### Adaptabilidad y supervivencia

Bajo condiciones de la Comarca Lagunera a 1 100 msnm, la variedad de ajo Platero presento una tasa de supervivencia del 43%. El rendimiento obtenido en el ciclo agrícola 2020, mostró un comportamiento similar al de otros estados productores en México (SIAP-SAGARPA, 2021), siendo Zacatecas el primer lugar con 15.99 t ha<sup>-1</sup> la variedad probada Platero ocupó el cuarto lugar con 13.76 t ha<sup>-1</sup>, superando la media nacional en un 7.69% (Figura 1).

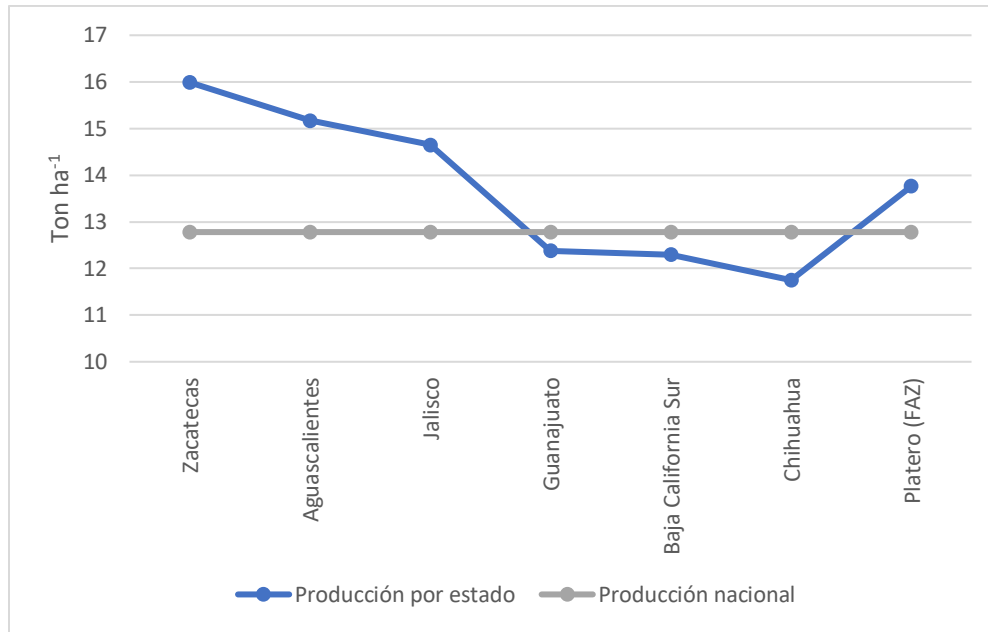


Figura 1. Comparación de Rendimientos de ajo en México 2020.  
Fuente SIAP-SAGARPA, 2021.

La frecuencia del número promedio de dientes que se encontraron por bulbo en la variedad Platero concuerda a lo reportado por Reveles-Hernández *et al.* (2015), con un promedio de 13.2 y destacando las frecuencias más altas con 14 y 15 dientes (Figura 2). Con 13 números de dientes se asegura la aceptación del mercado y probablemente un cultivo de aceptación en la región.

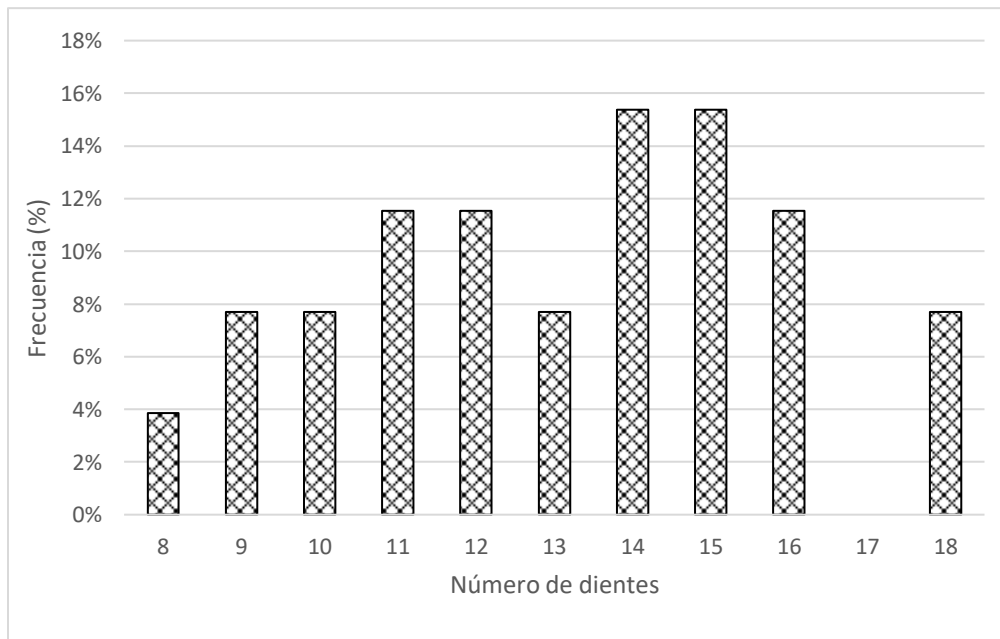


Figura 2. Frecuencia en porcentaje de número de dientes por cabeza de ajo, Platero 2020 FAZ-UJED.

## CONCLUSIONES

La variedad de ajo Platero presenta rendimientos superiores a la media nacional, la frecuencia 14 y 15 ajos, con la que se presentan 13.2 dientes en promedio por cabeza de ajo es favorable para la aceptación en el mercado. Se requiere investigar la capacidad de adaptabilidad de otras variedades de ajo en la Comarca Lagunera.

## REFERENCIAS

- Boriss, H. 2006. Commodity Profile: Garlic. Agricultural Issues Center. Pittsboro, NC, USA. 10p.
- Burba J. L. 2009. Mejoramiento genético y producción de "semilla" de ajo (*Allium sativum* L.). Posibilidades de adaptación a diferentes ambientes. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 3: 28-44
- Eagling D. and S. Sterling. 2000. A cholesterol-lowering extract from Garlic. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. 24p.
- Etoh T. and Nakamura N. 1988. Comparison of the peroxidase isozyme between fertile and sterile clones of garlic. In: Proc. 4th EUCARPIA *Allium* Symposium, 6–9 September 1988, Wellesbourne, UK. pp. 115–119.
- Fanaei, H.; Narouirad M.; Farzanjo M.; Ghasemi, M. 2014. Evaluation of Yield and Some Agronomical Traits in Garlic Genotypes (*Allium sativum* L.). *Annual Research & Review in Biology* 4: 3386-3391
- FAO. 2024. Sin ajo el mundo sería insípido. gov.mx. <https://www.gob.mx/siap/es/articulos/sin-ajo-el-mundo-seria-insipido?idiom=es#:~:text=Seg%C3%BAn%20la%20Organizaci%C3%B3n%20para%20la,m%C3%A1s%20elaborado%20de%20nuestra%20cocina>. consultada en línea el 11 de julio de 2024.
- Flores-Sánchez, B.; M. Á. Segura-Castruita, M. Fortis-Hernández, L. Martínez-Corral, R. A. Aldaco-Nuncio y J. A. Orozco-Vidal. 2015. Enmiendas de estiércol solarizado en la estabilidad de agregados de un Aridisol cultivado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6: 1543-1555.
- Jabbes, N.; Arnault I.; Auger J.; Dridi B. A. M.; Hannachi Ch. 2012. Agro-morphological markers and organo-sulphur compounds to assess diversity in Tunisian garlic Landraces. *Scientia Horticulturae* 148: 47–54
- Khar, A.; Asha D. A.; Mahajan V.; Lawande K. E. 2005. Genotype x environment interactions and stability analysis in elite lines of garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Spices and Aromatic Crops*. 14: 21 – 27
- Koch, H. P. 1993. Garlicin-factor fiction? The antibiotic substance from garlic (*Allium sativum*). *Phytotherapy Research* 7:278-280.
- Lucier, G. and Biing-Hwan. L. 2000. Garlic, Flavor of Ages. *Agricultural Outlook*. Economic Research Service. USDA, 4p
- Macías V. L. M.; Robles. E. F. J.; Velásquez V. R. 2000. *Guía para que los productores de ajo seleccionen su semilla. Folleto para Productores Núm. 27. Campo Experimental Pabellón-INIFAP. Aguascalientes, Aguascalientes, México. 12 p.*
- Mathew, D. 2007. A note on frost induced garlic (*Allium sativum* L. var. *sagittatum* Kuz.) mutant with larger aerial bulbils. *Journal of Spices and Aromatic Crops*.16: 122–124
- Reveles-Hernández M.; Velásquez-Valle R.; Cid-Ríos J.A. 2015. Platero, nueva variedad de ajo jaspeado para Zacatecas. Folleto Técnico. Núm. 69. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC - INIFAP, 28 páginas.
- Reveles-Hernández, Manuel, Cid-Ríos, José Ángel, Velásquez-Valle, Rodolfo y Reveles-Reveles-Hernández, Manuel, Velásquez-Valle, Rodolfo y Cid-Ríos, José Ángel. (2017). Barretero: nueva variedad de ajo jaspeado para Zacatecas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(6), 1455-1462.



- Roy, H. and Lundy, S. 2005. Health benefits of garlic. Pennington Nutrition Series. Healthier lives through education in nutrition and preventive medicine. No. 20, 4p
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (SIAP-SAGARPA). 2021. En: <http://www.siap.gob.mx>, consultada en línea el 15 de julio de 2023.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (SIAP-SAGARPA). 2024. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> En: <http://www.siap.gob.mx>, consultada en línea el 1 de julio de 2024.
- Youssef N., S.; El-Morsy A., H. A.; and El-Deen S. U. M. 2011. Comparative effects of scape removal and seed-clove selection on yield and storage ability of garlic Cv. "Egaseed 2". *Minia Journal of Agriculture Research & Development*. 31: 455-475

## INFECCIÓN NATURAL DE LÍNEAS AVANZADAS ELITE DE TRIGO HARINERO CON PUNTA NEGRA

Fuentes D. G.\*; Borbón G. A.; Díaz C. H. L.; Torres C. M. M.; y Félix V. P.

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora 85000. Autor principal: \*[fuentes.guillermo@inifap.gob.mx](mailto:fuentes.guillermo@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

Ciento siete líneas avanzadas elite de trigo harinero se evaluaron para resistencia a la punta negra durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2019-2020 en el Campo Experimental Norman E. Borlaug. Las fechas de siembra fueron noviembre 15 y 26 y diciembre 6, 2019. La cosecha se hizo a mano y la evaluación mediante inspección visual contando el número de granos sanos e infectados en 10 espigas por línea y de esta forma se calculó el porcentaje de infección. El rango de infección para la primera fecha de siembra fue de 0 a 11.0% con un promedio de 1.1, para la segunda fue de 0 a 33.0% con un promedio de 2.7, y para la tercera fue de 0 a 29.0% con un promedio de 4.9. Dentro de las categorías de infección en base al promedio de los datos de las tres fechas, 5 líneas no presentaron granos infectados, 59 líneas estuvieron en la categoría 0.1-2.5%, 23 en la de 2.6-5.0%, 16 en la de 5.1-10.0% y 4 en la de 10.1-30%.

**Palabras clave:** *Triticum aestivum*, trigo harinero, punta negra

### ABSTRACT

One hundred and seven elite bread wheat lines were evaluated for resistance to black point during the crop season fall-winter 2019-2020, at the Norman E. Borlaug Experimental Station in three sowing dates (November 15, 26, and December 6, 2019). Harvest and threshing were done manually in ten spikes per line, and the evaluation by visual inspection, counting healthy and infected grains to calculate the percentage of infection. The range of infection for the first sowing date was 0 to 11.0% with an average of 1.1, for the second date 0 to 33.0% with an average of 2.7, and for the third 0 to 29.0% with an average of 4.9. Within the infection categories based on the average of the three dates, 5 lines did not show any infected grains, 59 lines fell in the 0.1-2.5% category, 23 in 2.6-5.0%, 16 in 5.1-10.0%, and 4 in 10.1-30%.

**Key words:** *Triticum aestivum*, bread wheat, black point

## INTRODUCCIÓN

Existe una gran cantidad de especies de hongos que se pueden aislar de la semilla de trigo recién cosechada. Son comunes los géneros *Alternaria*, *Fusarium* y *Helminthosporium*, los cuales pueden infectar la semilla cuando la humedad relativa es superior al 90% y el de la semilla al 20%. Cuando madura la semilla, la lluvia así como la alta humedad favorecen el desarrollo de la punta negra (Prescott *et al.*, 1986; Watkins, 2013). La semilla en desarrollo expandiéndose es la más susceptible y la semilla con senescencia prematura también es más propensa a desarrollar punta negra, ya que muchos de los agentes causales son saprófitos (Wiese, 1987). *Alternaria alternata* y *Bipolaris sorokiniana* se consideran en general, como agentes primarios causantes de esta enfermedad (Mathur y Cunfer, 1993). Las espigas infectadas pueden tener una apariencia normal, pero en el interior de las glumas se pueden presentar lesiones elípticas de color café a negras. La enfermedad es más pronunciada en áreas con un color café oscuro a negro, usualmente alrededor del embrión de la semilla (Figura 1); las infecciones severas causan decoloración y chupado de la semilla (Mathur y Cunfer, 1993). La punta negra es una enfermedad endémica de trigo cristalino o duro y de trigo harinero en el sur de Sonora, y también afecta al triticale (Fuentes-Dávila *et al.*, 2014). En Sonora, no existe un programa específico para evaluar esta enfermedad, tanto en introducciones, poblaciones segregantes y/o líneas avanzadas. El objetivo de este trabajo fue evaluar la reacción de un grupo selecto de líneas avanzadas elite de trigo harinero a la punta negra bajo infección natural, durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2019-2020.



Figura. 1. Síntomas de punta negra en el grano de trigo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Ciento siete líneas avanzadas elite de trigo harinero se evaluaron para resistencia a la punta negra durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2019-2020 en el Campo Experimental Norman E. Borlaug perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ubicado en el block 910 del Valle del Yaqui, Sonora a 27°22'3.01" N y 109°55'40.22" W en un suelo de textura arcillosa y pH de 7.8. Las fechas de siembra fueron noviembre 15 y 26 y diciembre 6, 2019, usando aproximadamente 8 g de semilla para un surco de 0.7 m de largo en cama de dos hileras sin repeticiones. La fertilización consistió en 150 kg/ha de urea antes de la siembra. Se aplicó un riego de germinación y tres riegos de auxilio durante el ciclo y al momento del primer riego de auxilio se aplicaron 100 kg/ha de urea. Treinta días después de la siembra, se aplicó el herbicida Situi® xl (metsulfuron metil) (FMC, 2020) a dosis de 25 g/ha de producto comercial. La cosecha se hizo a mano y la evaluación mediante inspección visual contando el número de granos sanos e infectados en 10 espigas por línea, sin tomar en consideración el tamaño de las lesiones. De esta forma se calculó el porcentaje de infección. Las líneas avanzadas elite que se probaron se originaron del programa colaborativo CIMMYT-INIFAP.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro del grupo, el rango de infección para la primera fecha de siembra fue de 0 a 11.0% con un promedio de 1.1; 64 líneas no presentaron granos infectados, 25 presentaron entre 0.1-2.5% de infección, 11 entre 2.6-5.0%, 5 entre 5.1-10% y 2 entre 10.1-30%. El rango de infección para la segunda fecha fue de 0 a 33.0% con un promedio de 2.7; 44 líneas no presentaron granos infectados, 32 presentaron entre 0.1-2.5% de infección, 14 líneas entre 2.6-5.0%, 8 entre 5.1-10%, 8 entre 10.1-30% y 1 más de 30%. El rango de infección para la tercera fecha fue de 0 a 29.0% con un promedio de 4.9; 16 líneas no presentaron granos infectados, 33 presentaron entre 0.1-2.5% de infección, 24 líneas entre 2.6-5.0%, 19 entre 5.1-10% y 15 entre 10.1-30%. El promedio de infección de cada línea en las tres fechas se muestra en la Figura 2.

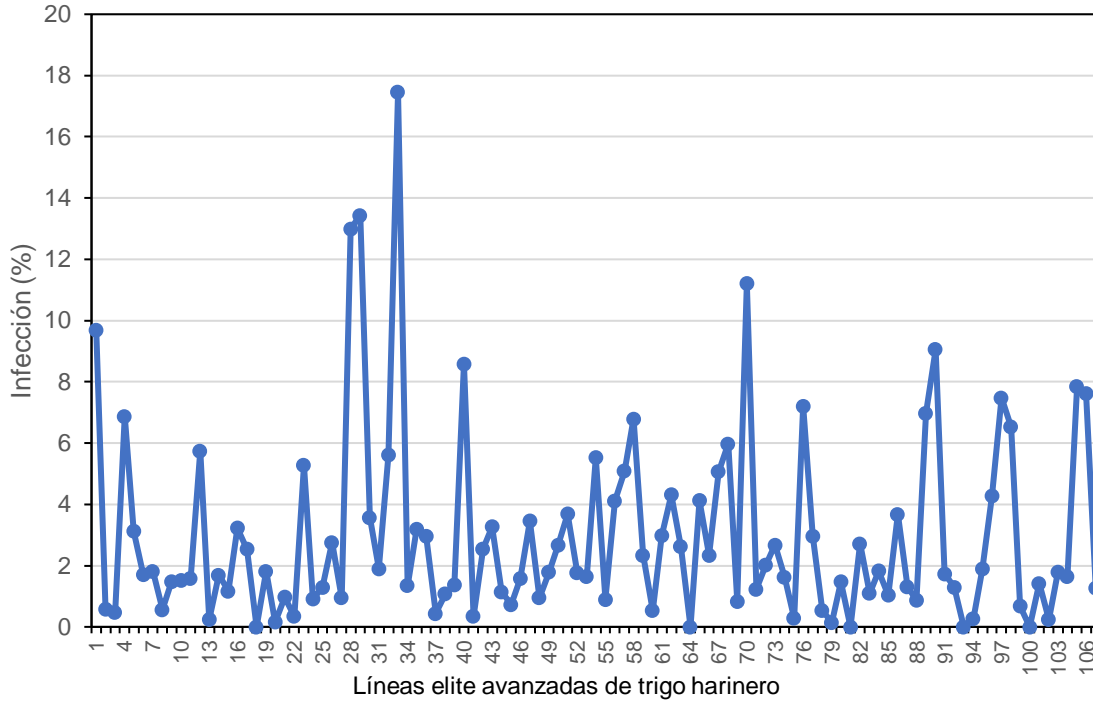


Figura 2. Porcentaje promedio de infección de tres fechas de siembra con punta negra, en 107 líneas avanzadas elite de trigo harinero, evaluadas bajo condiciones naturales en el ciclo agrícola otoño-invierno 2019-2020, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, Mexico.

Las líneas que no presentaron granos infectados en las tres fechas de siembra se presentan en el Cuadro 1, mientras que las que presentaron los porcentajes promedio más altos de infección fueron: WBLL1\*2/BRAMBLING\*2//BAVIS\*2/4/SWSR22T.B.//TACUPETOF2001\*2/BRAMBLING/3/2\*TACUPETOF2001\*2/BRAMBLING con 17.4, CHIPAK\*2//SUP152/KENYASUNBIRD con 13.4 y FRNCLN\*2/TECUE#1\*2//KACHU/DANPHE con 13.0%. Dentro de las categorías de infección en base al promedio de los datos de las tres fechas, 5 líneas no presentaron granos infectados, 59 líneas estuvieron en la categoría 0.1-2.5%, 23 en la de 2.6-5.0%, 16 en la de 5.1-10.0% y 4 entre 10.1-30%. El promedio general de infección del grupo fue de 2.9% con un rango de 0 a 17.4%, aunque algunas líneas presentaron porcentajes más altos de infección en las diferentes fechas, como la misma línea CHIPAK\*2//SUP152/KENYA SUNBIRD que presentó 33.0% en la segunda fecha, MUNAL#1 que presentó 29.0% en la tercera fecha y WBLL1\*2/BRAMBLING\*2//BAVIS\*2/4/SWSR22T.B.//TACUPETOF2001\*2/BRAMBLING/3/2\* TACUPETO F2001\*2/BRAMBLING que presentó 27.8% en la segunda fecha. La línea de trigo harinero BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000 se reportó en el 2013 con un porcentaje de infección de 30.9% de grano infectado (Fuentes-Dávila *et al.*, 2013), mientras que en el 2016, Fuentes-Dávila *et al.* reportaron que en el ciclo agrícola 2013-14, las líneas que presentaron los porcentajes promedio más altos de infección de dos fechas de siembra

fueron: SOKOLL\*2/3/BABAX/LR42//BABAX con 31.46%, KISKADEE#1/CHYAK con 31.40, PFAU/ SERI.1B//AMAD/3/WAXWING/4/WBLL1\*2/BRAMBLING con 17.45 y KACHU/3/T.DICOCCON PI94624/AE.SQUARROSA(409)//BCN/4/2\*KACHU con 17.26%. Estos niveles de infección afectan la calidad del grano lo que causa una reducción en el precio de mercado. El germoplasma experimental de trigo se debe evaluar en cuanto a su reacción a la punta negra y a otras enfermedades en forma continua, para asegurar niveles aceptables de resistencia y/o tolerancia en las variedades que se vayan a liberar para su explotación comercial, y con ello mejorar la economía de los productores de trigo harinero, de la región y del país.

Cuadro 1. Líneas élite de trigo harinero que no presentaron granos infectados y que se evaluaron en campo bajo inoculación natural con punta negra (*Alternaria* spp.) en tres fechas de siembra, durante el ciclo agrícola 2019-2020, en el Valle del Yaqui, Sonora, México.

No.	Pedigrí e historial de selección
1	KENYASUNBIRD/2*KACHU//KFA/2*KACHU CMSS13B00499S-099M-099NJ-099NJ-25Y-0WGY
2	KACHU/BECARD//WBLL1*2/BRAMBLING/3/ABLEU CMSS14B00130S-099M-0SY-13M-0WGY
3	CROC_1/AE.SQUARROSA(205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2/5/CIRO16 *2/6/ PRL/2*PASTOR//KACHU CMSS14B01679T-099TOPY-099M-0SY-36M-0WGY
4	PFAU/MILAN/3/BABAX/LR42//BABAX/4/WHEAR/KUKUNA/3/C80.1/3*BATAVIA//2* WBLL1/5/KACHU/DANPHE CMSS13B00755S-099M-099NJ-099NJ-32Y-0RGY
5	PFAU/WEAVER*2//TRANSFER#12,P88.272.2/3/WHEAR//2*PRL/2*PASTOR/6/BABAX/ LR42//BABAX*2/3/SHAMA/5/PRL/2*PASTOR/4/CHOIX/STAR/3/HE1/3*CNO79//2*SERI /7/BAACH CMSS14Y02056T-099TOPM-099Y-099M-0SY-24M-0RGY

## CONCLUSIONES

Cinco líneas avanzadas elite de trigo harinero no presentaron granos infectados con punta negra bajo condiciones naturales de infección durante el ciclo agrícola 2019-2020: KENYA SUNBIRD/2\*KACHU//KFA/2\*KACHU, KACHU/BECARD//WBLL1\*2/BRAMBLING/3/ABLEU, CROC\_1/AE.SQUARROSA(205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2/5/CIRO16\* 2/6/ PRL/2\*PASTOR//KACHU, PFAU/MILAN/3/BABAX/LR42//BABAX/4/WHEAR/KUKUNA/3/C80.1/ 3\*BATAVIA//2\*WBLL1/5/KACHU/DANPHE, y PFAU/WEAVER\*2//TRANSFER#12,P88.272.2/3/ WHEAR//2\*PRL/2\*PASTOR/6/BABAX/LR42//BABAX\*2/3/SHAMA/5/PRL/2\*PASTOR/4/CH OIX/ STAR/3/HE1/3\*CNO79//2\*SERI/7/BAACH.

---

**REFERENCIAS**

- FMC. 2020. Situi XP, herbicida agrícola. Ficha técnica. <https://fmcagroquimica.com.mx/wp-content/uploads/2021/08/FT-Situi-181220.pdf>.
- Fuentes-Dávila, G., Figueroa-López, P., Cortés-Jiménez, J.M., Félix-Valencia, P., Camacho-Casas, M.A., Félix-Fuentes, J.L., Chávez-Villalba, G., and Ortiz-Ávalos, A.A. 2013. Reaction of selected cultivars and lines of durum and bread wheat to black point. *Annual Wheat Newsletter* 59:48-52.
- Fuentes Dávila Guillermo, Ammar Karim, Figueroa López Pedro, Camacho Casas Miguel Alfonso, Félix Valencia Pedro, Cortés Jiménez Juan Manuel, Félix Fuentes José Luis, Chávez Villalba Gabriela y Ortiz Ávalos Alma Angélica. 2014. Reacción a la punta negra de líneas avanzadas de triticale durante el ciclo agrícola 2011-2012. pp. 345-350. *Memorias del XVII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas*. Octubre 9 y 10, 2014. Mexicali, Baja California, México. 622 p. ISBN: 978-0-9908236-1-290000>9780990823612.
- Fuentes-Dávila, G., Ayón-Ibarra, C.A., Félix-Valencia, P., Figueroa-López, P., Camacho-Casas, M.A., Félix-Fuentes, J.L., Chávez-Villalba, G. y Rosas-Jáuregui, I.A. 2016. Reacción a la punta negra (*Alternaria* spp.) de líneas avanzadas de trigo harinero en el ciclo 2013-2014. pp. 817-823. *Memorias del XIX Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas*. Mexicali, Baja California, México. Octubre 27 y 28, 2016. 980 p.
- Mathur, S.B., and Cunfer, B.M. 1993. *Seed-borne Diseases and Seed Health Testing of Wheat*. Danish Government Institute of Seed Pathology for Developing Countries. Hellerup, Denmark. 168 p.
- Prescott, J.M., Burnett, P.A., Saari, E.E., Ramsom, J., Bowman, J., de Milliano, W., Singh, R.P., and Bekele, G. 1986. *Wheat Diseases and Pests: A guide for field identification*. CIMMYT. Mexico, D.F. 135 p.
- Watkins, J.E. 2013. Black point disease of wheat. University of Nebraska-Lincoln. [http://baylor.agrilife.org/files/2011/06/blackpointnebguide\\_2.pdf](http://baylor.agrilife.org/files/2011/06/blackpointnebguide_2.pdf). Consultado el 23 de Mayo, 2014.
- Wiese, M.V. 1987. *Compendium of Wheat Diseases*. APS Press. The American Phytopathological Society. St. Paul, MN, USA. 112 p.

## REACCIÓN DE VARIEDADES Y LÍNEAS EXPERIMENTALES DE TRIGO CRISTALINO A LA INOCULACIÓN CON CARBÓN PARCIAL EN EL CICLO 2022-2023

Fuentes D.G.; Borbón G.A.; Díaz C.H.L.; Torres C.M.M.; Rosas J.I.A.

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora 85000. Autor principal: \*fuentes.guillermo@inifap.gob.mx

### RESUMEN

Veintiséis líneas y cuatro variedades de trigo cristalino se evaluaron para resistencia a carbón parcial durante el ciclo 2022-2023 en el Campo Experimental Norman E. Borlaug. Las fechas de siembra fueron noviembre 24 y diciembre 6, 2022. La inoculación artificial se llevó a cabo inyectando 1 mL de una suspensión de esporidios alantoides (10,000/mL) durante el embuche en 10 espigas por línea. La cosecha y trilla se hicieron manualmente, y el conteo de granos infectados y sanos y la evaluación por inspección visual. El rango de infección para la primera fecha de siembra fue de 2.47 a 14.85% con un promedio de 8.81, y para la segunda fue de 1.47 a 19.78% con un promedio de 7.60. La línea que presentó el porcentaje promedio más bajo de infección fue SOOTY\_9/RASCON\_37//JUPAREC2001/5/GREEN/SOMO/3/GODRIN/GUTROS//DUKEM/4/YAZI\_1/AKAKI\_4//SOMAT\_3/3/AUK/GUIL//GREEN/6/CBC509CHILE/5/2\*AJAIA\_16//HORA/JRO/3/GAN/4/ZAR/7/ALTAR84/STINT//SILVER\_45/3/GUANAY/4/GREEN\_14//YAV\_10/AUK/5/SOMAT\_4/INTER\_8/6/BCRIS/ con 3.02%. La media de los tres porcentajes más altos de infección del testigo susceptible fue de 100%.

**Palabras clave:** *Triticum durum*, trigo cristalino, carbón parcial, *Tilletia indica*

### ABSTRACT

Twenty six durum wheat lines and four cultivars were evaluated for resistance to karnal bunt during the crop season 2022-2023, at the Norman E. Borlaug Experimental Station in two sowing dates (November 24 and December 6, 2022). The artificial inoculation was carried out by injecting 1 mL of an allantoid sporidial suspension (10,000/mL) during the boot stage in 10 spikes per line. Harvest and threshing was done manually and the counting of healthy and infected grains by visual inspection. The range of infection for the first sowing date was 2.47 to 14.85% with an average of 8.81 and for the second date 1.47 to 19.78% with an average of 7.60. The line with the lowest average percentage of infection was SOOTY\_9/RASCON\_37//JUPAREC2001/5/GREEN/SOMO/3/GODRIN/GUTROS//DUKEM/4/YAZI\_1/AKAKI\_4//SOMAT\_3/3/AUK/GUIL//GREEN/6/CBC509CHILE/5/2\*AJAIA\_16//HORA/JRO/3/GAN/4/ZAR/7/ALTAR84/STINT//SILVER\_45/3/GUANAY/4/GREEN\_14//YAV\_10/AUK/5/SOMAT\_4/INTER\_8/6/BCRIS/ con 3.02%. The average of the three highest records of infection of the susceptible check was 100%.

**Key words:** *Triticum durum*, durum wheat, partial bunt, *Tilletia indica*



## INTRODUCCIÓN

El carbón parcial causado por el hongo *Tilletia indica* Mitra ocurre en forma natural en trigo harinero (*Triticum aestivum*; Mitra 1931), trigo duro (*T. turgidum*), y triticale (X *Triticosecale*; Agarwal *et al.*, 1977). Los granos infectados generalmente se afectan de manera parcial (Mitra, 1935). Esta enfermedad se reportó en la India (Mitra, 1931), México (Durán, 1972), Pakistan (Munjal, 1975), Nepal (Singh *et al.*, 1989), Brasil (Da Luz *et al.*, 1993), Los Estados Unidos (APHIS, 1996), Irán (Torarbi *et al.*, 1996), la República de África del Sur (Crous *et al.*, 2001) y en Afganistán (CIMMYT, 2011). Esta enfermedad se ha presentado en el sur de Sonora desde los últimos años de la década de 1970. En las espigas afectadas, el hongo generalmente daña parcialmente algunos granos y afecta la calidad de la harina que se produce por el mal olor, sabor y color. El control de este organismo es difícil debido a que las teliosporas son resistentes a factores físicos y químicos (Smilanick *et al.*, 1988); sin embargo, la aplicación de fungicidas durante el período de floración tiene una efectividad biológica importante (Salazar-Huerta *et al.*, 1997; Fuentes-Dávila *et al.*, 2018). El uso de variedades de trigo resistentes a la enfermedad es la medida de control más adecuada; además, esto reduciría las posibilidades de introducir la enfermedad a áreas libres. El objetivo de este trabajo fue evaluar la reacción a *Tilletia indica* en inoculaciones artificiales en campo, de veintiséis líneas avanzadas de trigo cristalino y cuatro variedades comerciales en uso en el noroeste de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las variedades CIRNO C2008 (Figuroa-López *et al.*, 2010), CENEB Oro C2017 (Camacho-Casas *et al.*, 2018), Don Lupe C2020 (Borbón-Gracia *et al.*, 2022a), Noroeste C2021 (Borbón-Gracia *et al.*, 2022b) y 26 líneas avanzadas de trigo cristalino generadas en el programa colaborativo CIMMYT-INIFAP, se evaluaron para resistencia a carbón parcial durante el ciclo agrícola Otoño-Invierno 2022-2023, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug perteneciente al INIFAP. Las fechas de siembra fueron noviembre 24 y diciembre 6, 2022. La inducción de la enfermedad en campo se hizo inyectando 1 mL de una suspensión de propágulos del hongo causante de la enfermedad, a los cuales se les conoce como esporidios alantoides (10,000/mL), durante el embuche (estadio 49) (Zadoks *et al.*, 1974) en 10 espigas por variedad y línea. Para preparar el hongo, las teliosporas se obtuvieron de granos de trigo infectados, los cuales se agitaron en una solución de tween 20 + agua en tubos de ensaye, se cribaron a través de una malla de 60 micras y se dejaron reposar en agua durante 24 horas (Fuentes-Dávila *et al.*, 1993). Posteriormente, las teliosporas se colocaron en cloralex al 0.6% durante aproximadamente 2 minutos mientras se centrifugaron a 3,000 revoluciones por minuto, se desechó el cloralex y se agregó agua destilada estéril para remover el exceso de cloro mientras se centrifugó nuevamente a 3,000 rpm, repitiendo esta última operación. Luego de sembrar las teliosporas en medio de cultivo artificial agar-agua al 2%, bajo condiciones asépticas y de germinar, el hongo se multiplicó en el medio de cultivo papa-dextrosa-agar, y la obtención de esporidios alantoides se logró invirtiendo cuadros de PDA-hongo en las tapas de cajas Petri de vidrio esterilizadas, en el fondo de las cuales se colocó agua esterilizada. La colecta de esporidios secundarios se realizó diariamente, se cuantificó usando un hematocímetro y se ajustó la concentración a 10,000 por mL. La cosecha y trilla se realizaron manualmente, determinándose el porcentaje de infección mediante el conteo de granos infectados y sanos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rango de infección para la primera fecha de siembra fue de 2.47 a 14.85%, con un promedio de 8.81. El rango de infección para la segunda fecha de siembra fue de 1.47 a 19.78%, con un promedio de 7.60. El promedio de las dos fechas tuvo un rango de 1.97 a 17.32% con promedio general de 8.20 (Figura 1).

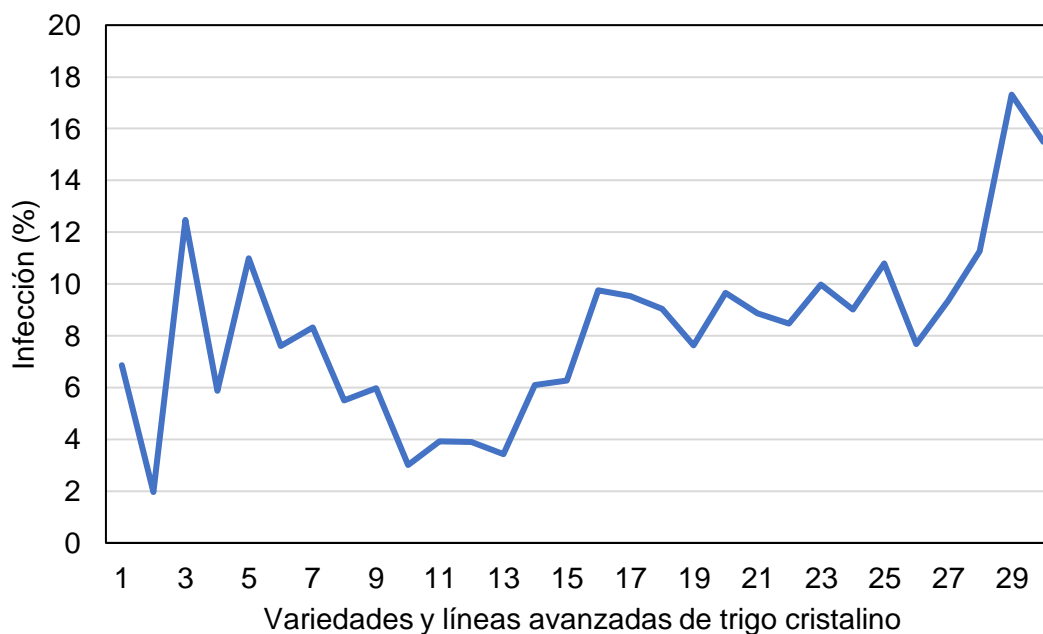


Figura 1. Porcentaje promedio de infección con carbón parcial en dos fechas, de 26 líneas avanzadas y 4 variedades de trigo cristalino, evaluadas bajo inoculación artificial en el ciclo 2022-2023, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, México. 1= CIRNO C2008, 2= CENEB Oro C2017, 3= Don Lupe C2020 C2013, 4= Noroeste C2021.

Dentro de las categorías de infección y en el promedio de las dos fechas, cuatro líneas estuvieron en la categoría 2.6-5.0%, diecisiete en la categoría 5.1-10.0% y cinco en la categoría 10.1-30.0%. CENEB Oro 2017, Noroeste C2021, CIRNO C2008, y Don Lupe C2020, presentaron un promedio de infección de 1.97, 5.88, 6.85 y 12.48%, respectivamente. Fuentes-Dávila *et al.* (2017) reportaron que la línea 1A.1D5+1-06/3\*MOJO//RCOL/4/ARMENT//SRN\_3/NIGRIS\_4/3/CANELO\_9.1/5/CF4-JS40//SOOTY\_9/RASCON\_37/4/CNDO/PRIMADUR//HAI-OU\_17/3/SNITAN/9/CBC509CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR84/4/AJAIA\_2/5/KJOVE\_1/7/AJAIA\_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.13 5.85)//PLATA\_13/8/S, sin embargo, en este trabajo, la línea que presentó el promedio de porcentaje más bajo de infección fue SOOTY\_9/RASCON\_37//JUPAREC2001/5/GREEN/SOMO/3/GODRIN/GUTROS//DUKEM/4/YAZI\_1/AKAKI\_4//SOMAT\_3/3/AUK/GUIL//GREEN/6/CBC509CHILE/5/2\*AJAIA\_16//HORA/JRO/3/GAN/4/ZAR/7/ALTAR84/STINT//SILVER\_45/3/GUANAY/4/GREEN\_14//YAV\_10/AUK/5/SOMAT\_4/INTER\_8/6/BCRIS/ con 3.02% (Cuadro 1), mientras que la que presentó el promedio más alto fue MARGHERITA/4/GHAT\_4//MEUX/PNIO\_1/3/TADIZ/PAGA\_4/5/CHAM1/3/MOHAWK/RAD

O\_7//BARNACLA\_7/4/CF420S/CALAMON\_2/3/CANELO\_9.1//SHAKE\_3/2\*AJAIA\_2 con 17.32%; esta misma línea presentó 19.78% en la segunda fecha.

Cuadro 1. Líneas de trigo cristalino que presentaron los promedios más bajos de infección en dos fechas de inoculación con *Tilletia indica*, durante el ciclo de cultivo Otoño-Invierno 2022-2023, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug.

#### PEDIGRÍ E HISTORIAL DE SELECCIÓN

SOOTY\_9/RASCON\_37//JUPAREC2001/5/GREEN/SOMO/3/GODRIN/GUTROS//DUKEM/4/YAZI\_1/AKAKI\_4//SOMAT\_3/3/AUK/GUIL//GREEN/6/CBC509CHILE/5/2\*AJAIA\_16//HORA/JRO/3/GAN/4/ZAR/7/ALTAR84/STINT//SILVER\_45/3/GUANAY/4/GREEN\_14//YAV\_10/AUK/5/SOMAT\_4/INTER\_8/6/BCRIS/  
CDSS14B00902T-099Y-099M-5Y-1M-0Y

BCRIS/BICUM//LLARETAINIA/3/DUKEM\_12/2\*RASCON\_21/5/SILK\_3/DIPPER\_6/3/ACO89/DUKEM\_4//5\*ACO89/4/PLATA\_7/ILBOR\_1//SOMAT\_3/6/SOOTY\_9/RASCON\_37//JUPAREC2001/3/SOOTY\_9/RASCON\_37//CAMAYO/7/CBC509CHILE/5/2\*AJAIA\_16//HORA/JRO/3/GAN/4/ZAR/6/AJAIA\_12/F3LOCA  
CDSS14B00915T-099Y-099M-3Y-4M-0Y

BCRIS/BICUM//LLARETAINIA/3/DUKEM\_12/2\*RASCON\_21/5/SILK\_3/DIPPER\_6/3/ACO89/DUKEM\_4//5\*ACO89/4/PLATA\_7/ILBOR\_1//SOMAT\_3/7/CBC509CHILE/5/2\*AJAIA\_16//HORA/JRO/3/GAN/4/ZAR/6/AJAIA\_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA\_13/4/CHEN\_1/TEZ/3/GUIL//CIT71/CII/5/  
CDSS14B00927T-099Y-099M-10Y-1M-0Y

BCRIS/BICUM//LLARETAINIA/3/DUKEM\_12/2\*RASCON\_21/5/SILK\_3/DIPPER\_6/3/ACO89/DUKEM\_4//5\*ACO89/4/PLATA\_7/ILBOR\_1//SOMAT\_3/12/ARTICO/AJAIA\_3//HUALITA/10/PLATA\_10/6/MQUE/4/USDA573//QFN/AA\_7/3/ALBA-D/5/AVO/HUI/7/PLATA\_13/8/THKNEE\_11/9/CHEN/ALTAR 84/3/HUI/P  
CDSS14B00931T-099Y-099M-19Y-3M-0Y

La media de los tres porcentajes más altos de infección del testigo susceptible fue de 100%. Las líneas y/o variedades que presentan menos de 5% de infección en inoculaciones artificiales en campo se consideran como resistentes (Fuentes-Dávila y Rajaram, 1994). Se debe continuar la colaboración entre los programas de mejoramiento de trigo entre el INIFAP y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, con el fin de evaluar el germoplasma que se va originando, y de esa manera seleccionar las líneas resistentes al carbón parcial, ya que el trigo cristalino sigue siendo el cultivo de mayor importancia en el sur de Sonora, sembrándose 196,735 ha durante el ciclo otoño-invierno 2022-2023.

#### CONCLUSIONES

Se evaluaron bajo inoculación artificial y en dos fechas de siembra 26 líneas y 4 variedades de trigo cristalino, para determinar su reacción al carbón parcial durante el ciclo 2022-2023.

Dentro de las categorías de infección y en el promedio de las dos fechas, cuatro líneas estuvieron en la categoría 2.6-5.0%, diecisiete en la categoría 5.1-10.0% y cinco en la categoría 10.1-30.0%.

Las variedades CENEB Oro 2017, Noroeste C2021, CIRNO C2008, y Don Lupe C2020, presentaron un promedio de infección de 1.97, 5.88, 6.85 y 12.48%, respectivamente.

La línea que presentó el promedio de porcentaje más bajo de infección fue SOOTY\_9/RASCON\_37//JUPAREC2001/5/GREEN/SOMO/3/GODRIN/GUTROS//DUKEM/4/YAZI\_1/AKAKI\_4//SOMAT\_3/3/AUK/GUIL//GREEN/6/CBC509CHILE/5/2\*AJAIA\_16//HORA/JRO/3/GAN/4/ZAR/7/ALTAR84/STINT//SILVER\_45/3/GUANAY/4/GREEN\_14//YAV\_10/AUK/5/SOMAT\_4/INTER\_8/6/BCRIS/ con 3.02%.

## REFERENCIAS

- Agarwal, V.K., Verma, H.S., and Khetarpal, R.K. 1977. Occurrence of partial bunt on triticale. Plant Protection Bulletin 25:210-211.
- APHIS. 1996. Karnal bunt: situation report update (March 29). USDA-APHIS, Plant Protection and Quarantine (<http://www.aphis.usda.gov/oa/bunt>).
- Borbón-Gracia, A., Díaz-Ceniceros, H.L., Chávez-Villalba, G., Ammar, K., Fuentes-Dávila, G., Alvarado-Padilla, J.I. y Huerta-Espino, J. 2022a. Don Lupe Oro C2020: Nueva variedad de trigo duro para el noroeste de México. Revista Fitotecnia Mexicana 45(3):413-416. <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.3.413>.
- Borbón Gracia, A., Díaz Cenicerros, H.L., Chávez Villalba, G., Fuentes Dávila, G. y Alvarado Padilla, J.I. 2022b. Noroeste C2021: Nueva variedad de trigo cristalino para el noroeste de México. pp. 8-10. Memoria: Día del Agricultor 2022. Publicación Especial No. 29. INIFAP, CIRNO, Campo Experimental Norman E. Borlaug. Cd. Obregón, Sonora, México. 72 p.
- Camacho-Casas, M.A., Chávez-Villalba, G., Ammar, K., Fuentes-Dávila, G., Figueroa-López. P. 2018. Ceneb Oro C2017: Nueva variedad de trigo cristalino para el estado de Sonora. pp. 5-7. Memoria: Día del Agricultor 2018. Publicación Especial No. 25. INIFAP, CIRNO, Campo Experimental Norman E. Borlaug. Cd. Obregón, Sonora, México. 64 p.
- CIMMYT. 2011. Training to beat karnal bunt in Afghanistan. <http://blog.cimmyt.org/tag/karnal-bunt/>. Accessed March 1, 2014.
- Crous, P.W., Van Jaarsveld, A.B., Castlebury, L.A., Carris, L.M., Frederick, R.D., and Pretorius, Z.A. 2001. Karnal bunt of wheat newly reported from the African continent. Plant Disease 85:561.
- Da Luz, W.C., Mendes, M.A.S., Ferreira, M.A.S.V., and Urben, A.F. 1993. *Tilletia indica* on wheat in the south of the state of Rio Grande do Sul, Brazil and measures for eradication. Fitopatologia Brasileira 18:S329.
- Durán, R. 1972. Further aspects of teliospore germination in North American smut fungi. II. Can. J. Bot. 50:2569-2573.
- Figueroa-López, P; Félix-Fuentes, JL; Fuentes-Dávila, G; Valenzuela-Herrera, V; Chávez-Villalba, G; y Mendoza-Lugo, JA. 2010. CIRNO C2008, nueva variedad de trigo cristalino con alto rendimiento potencial para el estado de Sonora. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 1:745-749. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263119819016>.
- Fuentes-Davila G, Rajaram S, Pfeiffer WH, Abdalla O, Van-Ginkel M, Mujeeb-Kazi A y Rodríguez-Ramos R. 1993. Resultados de inoculaciones artificiales del 5o. vivero de selección para resistencia a *Tilletia indica* Mitra. Rev. Mex. Mic. 9:57-65.
- Fuentes-Davila, G., and Rajaram, S. 1994. Sources of resistance to *Tilletia indica* in wheat. Crop Protection 13:20-24.

- Fuentes-Dávila, G., Rosas-Jáuregui, I.A., Félix-Fuentes, J.L., Camacho-Casas, M.A. y Chávez-Villalba, G. 2017. Reacción al carbón parcial (*Tilletia indica*) de variedades y líneas avanzadas de trigo cristalino en el ciclo 2014-2015. pp. 508-514. Memoria de la XXIX Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Septiembre 4-8, 2017. Gómez Palacio, Durango, México. 1139 p.
- Fuentes-Dávila, G., Rosas-Jáuregui, I.A., Ayón-Ibarra, C.A., Álvarez-Amado, K.D., Félix-Valencia, P., and Félix-Fuentes, J.L. 2018. Biological effectiveness of Opus, Folicur, Juwel, and Bemistop for control of Karnal bunt (*Tilletia indica*) of wheat in the field. Annual Wheat Newsletter 64:30-33.
- Mitra, M. 1931. A new bunt of wheat in India. Annals of Applied Biology 18:178-179.
- Mitra, M. 1935. Stinking smut (bunt) of wheat with a special reference to *Tilletia indica* Mitra. Indian J. Agric. Sci. 5:1-24.
- Munjal, R.L. 1975. Status of Karnal bunt (*Neovossia indica*) of wheat in Northern India during 1968-1969 and 1969-1970. Indian Journal of Mycology and Plant Pathology 5(2):185-187.
- Salazar-Huerta, F.J., Figueroa-Lopez, P., Smilanick, J.L., and Fuentes-Davila, G. 1997. Evaluation of foliar fungicides for control of Karnal bunt of wheat during 1986-1989 in northwestern Mexico. Revista Mexicana de Fitopatología 15:73-80.
- Singh, D.V., Agarwal, R., Shrestha, K.J., Thapa, R.B., and Dubin, H.J. 1989. First report of *Tilletia indica* on wheat in Nepal. Plant Disease 73:273.
- Smilanick, J.L., Hoffmann, J.A., Secrest, L.R., and Wiese, K. 1988. Evaluation of chemical and physical treatment to prevent germination of *Tilletia indica* teliospores. Plant Disease 72:46-51.
- Torarbi, M., Mardoukhi, V., and Jalaiani, N. 1996. First report on the occurrence of partial bunt on wheat in the southern parts of Iran. Seed and Plant 12:8-9.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T., and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research 14:415-421.

## EFFECTIVIDAD DE HERBICIDAS EN EL MUNICIPIO DE ABASOLO, TAMAULIPAS

Valdez H. M. A<sup>1\*</sup>, Espinosa R. M<sup>1</sup>, Hernández M. R<sup>1</sup>, Cisneros L. Ma. E<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Río Bravo, carretera Matamoros-Reynosa, km 61. C.P. 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México. Autor de correspondencia: valdez.miguel@inifap.gob.mx

### RESUMEN

El control de malezas es una de las actividades de mayor importancia dentro de los sistemas agrícolas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la efectividad de herbicidas en pre-siembra para el control de zacate panizo (*Urochloa reptans* (L.) Stapf) y polote (*Simsia eurylepis* S.F. Blake) en el municipio de Abasolo, Tamaulipas. Se evaluaron los tratamientos: Glifosato, Glufosinato de Amonio, Paraquat, Glifosato + 2,4-D, Glufosinato de Amonio + 2,4-D, BH03, BH01, a dosis comerciales y el testigo absoluto sin control químico, los cuales se aplicaron el 30 de septiembre de 2022. La distribución en la parcela fue bajo un arreglo en franjas. En la maleza *S. eurylepis* obtuvo buen control a muy buen control con Glifosato, Glufosinato de Amonio, Glifosato + 2,4-D y Glufosinato de Amonio + 2,4-D. En el zacate *U. reptans* se obtuvo muy buen control con Glifosato, Glufosinato de Amonio, Glifosato + 2,4-D, Glufosinato de Amonio + 2,4-D, Paraquat y BH 01. Como herbicidas alternativos al uso del Glifosato se pueden utilizar los ingredientes activos Glufosinato de Amonio, Paraquat y Glufosinato de Amonio + 2,4-D.

### Palabras clave:

*Evaluación, Urochloa reptans, Simsia eurylepis.*

### ABSTRACT

Weed control is one of the most important activities in agricultural systems. The objective of this study was to evaluate the effectiveness of preplant herbicides for the control of panizo grass (*Urochloa reptans* (L.) Stapf) and polote (*Simsia eurylepis* S.F. Blake) in the municipality of Abasolo, Tamaulipas. The following treatments were evaluated: Glyphosate, Glufosinate-ammonium, Paraquat, Glyphosate + 2,4-D, Glufosinate-ammonium + 2,4-D, BH03, BH01, at commercial doses and the absolute control without chemical control, which were applied on September 30, 2022. The distribution in the plot was under a striped arrangement. In the weed *S. eurylepis*, good to very good control was obtained with Glyphosate, Glufosinate-ammonium, Glyphosate + 2,4-D and Glufosinate-ammonium + 2,4-D. In *U. reptans*, very good control was obtained with Glyphosate, Glufosinate-ammonium, Glyphosate + 2,4-D, Glufosinate-ammonium + 2,4-D, Paraquat and BH 01. The active ingredients Glufosinate-ammonium, Paraquat and Glufosinate-ammonium + 2,4-D can be used as alternative herbicides to the use of Glyphosate.

**Key words:** Evaluation, *Urochloa reptans, Simsia eurylepis.*

## INTRODUCCIÓN

En el municipio de Abasolo el principal cultivo es el maíz, con una superficie de 14,162 hectáreas y una producción de 82,570 toneladas en el año agrícola 2023 (SIAP, 2024). El maíz es el cereal de mayor importancia económica a nivel nacional, por ser una de las principales fuentes de alimentación humana y animal (Kir, y Dogan, 2009). Sin embargo, una de las principales limitantes en la producción agrícola son las malezas, ya que estas compiten directamente con el cultivo por luz, agua, nutrientes afectando su rendimiento (Isik *et al.*, 2017). Las malezas son un problema dentro de los sistemas agrícolas establecidos (Mayorga *et al.*, 2019). En el municipio de Abasolo, Tamaulipas una de las principales malezas es el polote (*Simsia eurylepis* S.F. Blake), está presente en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Campeche, Nuevo León y San Luis Potosí (CONABIO, 2024) y el zacate panizo [*Urochloa reptans* (L.) Stapf], está ampliamente distribuida en los estados de Tamaulipas, Veracruz, San Luis, Jalisco, Campeche y Chiapas (Sánchez, 2011), ambas son consideradas de importancia agrícola en el cultivo de maíz. El principal herbicida que se aplica en pre siembra para controlar las malezas antes mencionadas es el herbicida Glifosato y es utilizado de dos a tres veces por año (Lambert *et al.*, 2015), sin embargo existen otros herbicidas como el Glufosinato de Amonio, Paraquat, 2,4-D, BH03 y BH01, los cuales pueden ser alternativos al Glifosato. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la efectividad de herbicidas en pre-siembra para el control de zacate panizo *U. reptans* y polote *S. eurylepis* en el municipio de Abasolo, Tamaulipas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el municipio de Abasolo, Tamaulipas, dentro de las instalaciones del Sitio Experimental Las Adjuntas del INIFAP, (ubicación geográfica 24°07'00"N; 98°17'00"O), durante el ciclo agrícola P-V, 2022. Un día previo a la aplicación de los tratamientos se cuantificaron las malezas presentes, con un marco o cuadrante de .5 m<sup>2</sup>, los datos se expresaron en número de plantas por especie por metro cuadrado. El día 30 de septiembre de 2022, se aplicaron los tratamientos (Tabla 1) sobre zacate panizo *U. reptans*, (altura promedio de 10 cm y densidad de 104 plantas/m<sup>2</sup>) y polote *S. eurylepis* (altura promedio de 12 cm y densidad de 26 plantas/m<sup>2</sup>). El experimento se estableció en un lote de validación, por lo tanto, todos los tratamientos (Tabla 1) se distribuyeron bajo un arreglo en franjas (Badii *et al.*, 2007), las unidades experimentales consistieron de 3 m de ancho por 50 m de largo, de modo que, para evaluar la efectividad de los tratamientos sobre las malezas, se tomaron cuatro puntos de muestreo al azar en cada tratamiento para la evaluación de la maleza; cada punto de muestreo fue considerado como repetición. El Glifosato fue el testigo regional y en el testigo absoluto no se aplicó.

La aplicación de los herbicidas se realizó con una bomba aspersora de motor, tipo mochila, aguilón de seis boquillas abanico plano 8002 a una distancia de 0.5 m entre cada una, presión de salida de 40 libras por pulgada cuadrada (PSI), con un volumen de aspersión de 250 l ha<sup>-1</sup>. Se utilizó agua de canal de riego con un pH de 7.7, al cual se le agregó regulador de pH (Dap Plus) y coadyuvante (Bionex) a dosis de 1.0 ml l<sup>-1</sup> de agua para todos los tratamientos.

**Tabla 1.** Tratamientos evaluados para el control de zacate panizo [(*Urochloa reptans* (L.) Stapf)] y polote (*Simsia eurylepis* S.F. Blake) en el municipio de Abasolo, Tamaulipas, en el ciclo agrícola P-V 2022.

Tratamientos	Dosis (g i.a. ha <sup>-1</sup> )
Testigo	0
Glifosato	726
Glufosinato de Amonio	300
Paraquat	400
Glifosato + 2,4-D	544 + 479
Glufosinato de Amonio + 2,4-D	300 + 479
BH 03	1 %
BH 01	1 %

g i.a. = gramos ingrediente activo, BH: bioherbicida

Para evaluar la toxicidad de los herbicidas sobre la maleza, se utilizó la escala propuesta por la Sociedad Europea de la Investigación de la Maleza (EWRS) (Silva *et al.*, 2005), las evaluaciones se realizaron mediante estimaciones visuales de 0.0 al 100.0 %; donde 0.0 % indica sin efecto y 100.0 % la muerte de la planta (Tabla 2), se considera como límite de aceptabilidad un mínimo de 87.5 % de control (Pérez *et al.*, 2014), la evaluación de los tratamientos se realizó a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación (DDA).

Los datos obtenidos no fueron transformados, se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Para el análisis estadístico se utilizó el programa SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2016).

**Tabla 2.** Escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de maleza por herbicida.

Valor	Control de maleza (%)	Efecto sobre la maleza
1	99.0-100.0	Muerte
2	96.5-99.0	Muy buen control
3	93.0-96.5	Buen control
4	87.5-93.0	Control suficiente
5	80.0-87.5	Control medio
6	70.0-80.0	Control regular
7	50.0-70.0	Control pobre
8	1.0-50.0	Control muy pobre
9	0.0-1.0	Sin efecto

87.5 % de control es el límite de aceptabilidad (Pérez *et al.*, 2014).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Control de polote (*S. eurylepis*)

A los 7 DDA el mejor tratamiento para el control de polote fue el Paraquat, ya que mostro un buen control, además de ser el único tratamiento en superar el mínimo aceptable (Tabla 3); a los 14 y 21 DDA los tratamientos con mejor control fueron Glifosato, Glufosinato de Amonio, Glifosato + 2,4-D y Glufosinato de Amonio + 2,4-D ya que se observó buen control a muy buen control de la maleza y superaron el mínimo aceptable. Valdez *et al.* (2023), reportan que; cuando evaluaron los ingredientes activos Glifosato, Paraquat y Glufosinato



de Amonio (726, 400 y 300 g i.a. h<sup>-1</sup> respectivamente) para el control de *S. eurylepis* y obtuvieron resultados de control suficiente a buen control, dichos resultados son similares a los obtenidos a esta investigación.

**Tabla 3.** Efecto de los tratamientos en el control de *S. eurylepis* y *U. texana* en el municipio de Abasolo, en el ciclo agrícola P-V 2022.

Tratamiento	Dosis (g i.a. h <sup>-1</sup> )	Polote (% de control)			Zacate Texas (% de control)		
		DDA			DDA		
		7	14	21	7	14	21
Testigo	0	0.0 e	0.0 d	0.0 c	0.0 e	0.0 e	0.0 c
Glifosato	726	75 bc	93.7 a	95 a	91 a	99 a	99 a
Glufosinato de Amonio	300	67.5 c	95 a	98 a	77.5 b	96.5 bc	99 a
Paraquat	400	93.7 a	95 a	94.5 a	92.5 a	98 ab	98.7 a
Glifosato + 2,4-D	544 + 479	76 bc	98 a	99 a	75 bc	99 a	99 a
Glufosinato de Amonio + 2,4-D	200 + 479	86 ab	98 a	98 a	70 c	88.7 d	99 a
BH 03	1 %	55 d	75 c	82 b	60 d	95 c	96.5 b
BH 01	1 %	55 d	82.5 b	86 b	60 d	95 c	98 ab

Medias con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). DDA: Días después de la aplicación.

### Control de zacate panizo texano (*U. texana*)

A los 7 DDA los mejores tratamientos para el control de zacate panizo fue Glifosato y Paraquat (Tabla 3) ya que ambos mostraron control suficiente; a los 14 DDA los tratamientos con mejor control fueron Glifosato, Glifosato + 2,4-D y Paraquat al superar el mínimo aceptable; a los 21 DDA los tratamientos con mejor control fueron Glifosato, Glufosinato de Amonio, Glifosato + 2,4-D, Glufosinato de Amonio + 2,4-D, Paraquat y BH 01 todos mostraron muy buen control. Valdez *et al.* (2023), reportaron que; al evaluar los ingredientes activos Glifosato, Paraquat y Glufosinato de Amonio (726, 400 y 300 g i.a. h<sup>-1</sup> respectivamente) para el control de *U. texana* y publicaron resultados de muy buen control, estos resultados coinciden a los presentados en esta investigación.

## CONCLUSIONES

Como herbicidas alternativos al uso del Glifosato se pueden utilizar los ingredientes activos Glufosinato de Amonio, Paraquat y Glufosinato de Amonio + 2,4-D, ya que obtuvieron buen control a muy buen control de polote maleza de hoja ancha y del zacate panizo que es hoja angosta.

## AGRADECIMIENTOS

Al Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), por el financiamiento al proyecto con número de SIGI 1442036233 “Alternativas al uso del Glifosato para el control de maleza en México”.

## REFERENCIAS

- Badii, M.H. Castillo, J., Rodríguez, M. Wong, A. y Villalpando. P. 2007. Diseños experimentales e investigación científica. *InnOvaciOnes de NegOciOs* 4(2): 283-330.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2024). <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/simsia-eurylepis/fichas/ficha.htm#1.%20Nombres>. (junio 2024).
- Isik, D., Dok, M., Altop, E. K., Mennan, H. and Zandstra, B. H. (2017). Best timing for glyphosate treatments and possible combinations with pre and post-emergence weed control practices in no-till maize. *Phytoparasitica*, 45(4), 611-618.
- Kir, K. and Dogan, M. N. (2009). Weed control in maize (*Zea mays* L.) with effective minimum rates of foramsulfuron. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33(6), 601-610.
- Lambert, G. F., Lasserre, A. A., Azzaro P. C., Miranda A. M. A., Vázquez, R. P. and Salazar, M. D. R. P. (2015). Behavior patterns related to the agricultural practices in the production of Persian lime (*Citrus latifolia* tanaka) in the seasonal orchard. *Computers and Electronics in Agriculture*, 116, 162-172.
- Pérez, M, L., Castañeda C, C., Ramos T, M., y Tafoya R, J. A. (2014). Control químico preemergente de la maleza en tomate de cáscara. *Interciencia*, 39(6), 422-427.
- Sánchez K, J. G. (2011). Two new species of *Urochloa* (Paniceae; Panicoideae; Poaceae) from Western Mexico and the updated checklist with a key to species of the genus in Mexico. *Systematic Botany*, 36(3), 621-630.
- SAS Institute (2016). SAS/STAT® 9.3 User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 8640 p.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2023). Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (octubre 2023).
- Silva, F, M. A.; Rodríguez, M, J. C.; Díaz, G, O. y Bautista, M, N. (2005). Efectividad biológica de un derivado de ácido graso para el control de *Macrosiphum rosae* L. (Homoptera: *Aphididae*) y *Tetranychus urticae* Koch (Acari: *Tetranychidae*). *Agrociencia*, 39(3), 319-325.
- Valdez, H. M. A., Espinosa, R. M., Hernández, M. R. y Cisneros, L. Ma. E. (2023). Efectividad de herbicidas en pre-siembra en el municipio de Abasolo, Tamaulipas. Memoria del congreso VI Congreso Nacional y IV Internacional de Ciencias Agropecuarias del TECNM. Guanajuato, México. 1636.

## BIOENSAYO DE LA PRESENCIA DE RESISTENCIA DE HERBICIDAS SOBRE LA MALEZA POLOCOTE (*HELIANTHUS ANNUUS* L.)

Valdez H. M. A<sup>1\*</sup>, Cisneros L. Ma. E<sup>1</sup>, Ortiz C. F. E., Espinosa R. M<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Río Bravo, carretera Matamoros-Reynosa, km 61. C.P. 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México. Autor de correspondencia: valdez.miguel@inifap.gob.mx

### RESUMEN

La principal herramienta para el control de malezas dentro de los sistemas agrícolas es el uso de herbicidas químicos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta de los herbicidas Prosulfuron, 2,4-D y Dicamba sobre la maleza polocote (*Helianthus annuus* L.). Se evaluaron los tratamientos Prosulfuron, 2,4-D y Dicamba a dosis de etiqueta y el testigo sin aplicación, sobre cuatro poblaciones (31, 32, 33 y 36) de la maleza polocote, bajo el diseño bloques al azar con cinco repeticiones, las unidades experimentales consistieron de una maceta con cuatro plantas. Para la evaluación de la toxicidad de los herbicidas sobre la maleza se utilizó la escala propuesta por la Sociedad Europea de la Investigación de la Maleza (EWRS), las evaluaciones se realizaron mediante estimaciones visuales de 0.0 al 100.0 %; donde 0.0 % indica sin efecto y 100.0 % la muerte de la planta. Las poblaciones 31 y 32 son tolerantes al herbicida Prosulfuron, al no obtener los controles deseados, y susceptibles a los tratamientos 2,4-D y Dicamba al mostrar controles satisfactorios. las poblaciones 33 y 36, en los tratamientos Prosulfuron, 2,4-D y Dicamba son susceptibles a la acción de los herbicidas sobre esta maleza.

**Palabras clave:** Control químico, polocote, tolerancia, susceptibilidad.

### ABSTRACT

The main tool for weed control in agricultural systems is the use of chemical herbicides. The objective of the present work was to evaluate the response of Prosulfuron, 2,4-D and Dicamba herbicides on palmer amaranth (*Helianthus annuus* L.). The treatments Prosulfuron, 2,4-D and Dicamba at label doses and the control without application were evaluated on four populations (31, 32, 33 and 36) of polocote weed, under a randomized block design with five replications, the experimental units consisted of a pot with four plants. For the evaluation of herbicide toxicity on the weeds, the scale proposed by the European Weed Research Society (EWRS) was used, the evaluations were made by visual estimations from 0.0 to 100.0 %; where 0.0 % indicates no effect and 100.0 % indicates the death of the plant. populations 31 and 32 are tolerant to the herbicide Prosulfuron, as they did not obtain the desired controls, and susceptible to the treatments 2,4-D and Dicamba as they show satisfactory controls. populations 33 and 36, in the treatments Prosulfuron, 2,4-D and Dicamba are susceptible to the action of the herbicides on this weed.

Pendiente

**Key words:** Chemical control, palmer amaranth, tolerance, susceptibility.

## INTRODUCCIÓN

En el estado de Tamaulipas los principales cultivos anuales son el sorgo, con una superficie establecida de 806,298.98 hectáreas con una producción de 797,355.79 toneladas y el cultivo de maíz, con una superficie establecida de 114,808.69 hectáreas con una producción de 94,950.61 toneladas en el año agrícola 2023, concentrándose la producción en el Norte (SIAP, 2024). Sin embargo, una de las principales limitantes en la producción agrícola son las malezas, ya que compiten directamente con el cultivo por agua, luz, nutrientes y espacio (Ahmed *et al.*, 2014): Informes a nivel mundial describen que pueden afectar desde un 30 % hasta un 90 %, variando entre cultivos (Oerke, 2006). En el norte de Tamaulipas la principal maleza es el polocote (*H. annuus*) (Rosales *et al.*, 2011). Entre los principales herbicidas para controlar las malezas de hoja ancha en post-emergencia están 2,4-D, Dicamba, y Prosulfuron (Regehr *et al.*, 2011). Estos herbicidas se han utilizado por más de 20 años en la zona, pero el uso reiterado de cualquier herbicida, selecciona poblaciones de malezas resistentes, mediante la presión de selección impuesta por el uso frecuente de uno o más herbicidas; con el mismo mecanismo de acción, características biológicas de la maleza, especificidad del herbicida, diversidad de los genes de resistencia involucrados y eficiencia del herbicida (Bolaños *et al.*, 2018). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta de los herbicidas Prosulfuron, 2,4-D y Dicamba sobre la maleza polocote (*H. annuus*).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó dentro de las instalaciones del Campo Experimental Río Bravo (CERIB) del INIFAP (25° 57' 54" latitud norte y 98° 01' 03" longitud oeste; altitud 50 msnm). Las pruebas de germinación se realizaron el día 19 de enero del 2024, en el laboratorio de Agua-Planta-Suelo del Campo Experimental Río Bravo, se utilizaron cuatro lotes de semilla del Municipio de Río Bravo (codificada como poblaciones 31, 32, 33 y 36, esta última del campo INIFAP tomada como testigo), cada población es de un lote agrícola, en el ensayo se utilizaron dos gramos (400 semillas aproximadamente) de semilla limpia, se remojo en agua por 24 horas, posteriormente se sembró en las cajas Petri sobre papel filtro Whatman No.1 a capacidad de campo, las cajas se mantuvieron por siete días en condiciones de refrigeración a 5 °C, posteriormente se colocaron a temperatura ambiente (25 °C) para su germinación. Se realizó el trasplante el 31 de enero del 2024 de la semilla de polocote germinada en macetas, con un sustrato de mezcla tierra/arena 80/20%. Las macetas se regaron cada tercer día. El día 14 de marzo del 2024 se realizó la aplicación de los herbicidas sobre las poblaciones, cada maceta tenía cuatro plantas cada una, con un tamaño promedio entre 8 y 10 cm de altura.

El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro tratamientos (Prosulfuron, 2,4-D Amina, Dicamba a dosis de etiquetas 17.1, 598.7 y 240 g de i. a. h<sup>-1</sup> respectivamente y el testigo sin aplicación) con cinco repeticiones, las unidades experimentales consistieron de una maceta con cuatro plantas. La aplicación se realizó con un equipo de mochila en forma de aspersión total sobre las plantas de polocote, equipado con una boquilla de abanico plano normal uniforme 8003E, presión de salida de 40 lb/pul<sup>2</sup>, volumen de aspersión de 200 L/ha, y se utilizó agua de garrafón a la cual se le agrego coadyuvante (Bionex) a dosis de 1.0 ml L<sup>-1</sup> de agua para todos los tratamientos. Para la evaluación de la toxicidad de los herbicidas sobre la maleza se utilizó la escala propuesta por la Sociedad Europea de la Investigación de la Maleza (EWRS), las evaluaciones se realizaron mediante estimaciones visuales de 0.0 al 100.0 %; donde 0.0 % indica sin efecto y 100.0 % la muerte de la planta (Tabla 1). Se considera como límite de aceptabilidad un mínimo de 87.5 % de control (Pérez *et al.*, 2014). La evaluación de los tratamientos se realizó a los 7, 14, 21 y 28 días después

de la aplicación (DDA). Los resultados de los tratamientos se sometieron a un análisis de varianza y las medias se compararon con la prueba de DMS ( $P \leq 0.05$ ). Para el análisis estadístico se utilizó el programa estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2016).

Tabla 1. Escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de maleza por herbicida.

Valor	Control de maleza (%)	Efecto sobre la maleza	Fitotoxicidad al cultivo (%)
1	99.0 - 100.0	Muerte	0.0 - 1.0
2	96.5 - 99.0	Muy buen control	1.0 - 3.5
3	93.0 - 96.5	Buen control	3.5 - 7.0
4	87.5 - 93.0	Control suficiente	7.0 - 12.5
5	80.0 - 87.5	Control medio	12.5 - 20.0
6	70.0 - 80.0	Control regular	20.0 - 30.0
7	50.0 - 70.0	Control pobre	30.0 - 50.0
8	1.0 - 50.0	Control muy pobre	50.0 - 99.0
9	0.0 - 1.0	Sin efecto	99.0 - 100.0

87.5 % de control es el límite de aceptabilidad (Pérez *et al.*, 2014).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La población 31, con Prosulfuron mostró control pobre (61 %) a los 14 DDA y disminuyó a los 21 y 28 DDA a un control muy pobre, esto debido a que la maleza ha adquirido la capacidad de desintoxicarse del herbicida y seguir con su desarrollo, 2,4-D y Dicamba a los 21 DDA mostró un control suficiente a muy buen control (90 y 96.6 %), estos superando el mínimo aceptable y a los 28 DDA se observó la muerte de la maleza en ambos tratamientos.

Mientras la población 32, con Prosulfuron mostró control regular (72%) a partir de los 14 DDA, este control solo aumento ligeramente (76 %) hasta los 28 DDA, estos resultados demostraron que la planta tuvo la capacidad de tolerar la acción del herbicida. Con respecto al 2,4-D mostró un control suficiente (92%) a los 28 DDA, superando el mínimo aceptable, y el tratamiento Dicamba a los 21 y 28 DDA se observó un muy buen control a la muerte de la maleza (98 y 100 %), superando el mínimo establecido, mostrando la susceptibilidad de la maleza a este herbicida.

La población 33, resulto ser susceptible a la acción de los herbicidas Prosulfuron, 2,4-D y Dicamba, ya que elimino en un porcentaje mayor al 96 % a partir de los 21 DDA (Tabla 2) y alcanzado la muerte de la maleza a los 28 DDA.

La población 36, es altamente susceptible a la acción del Prosulfuron ya que elimino el 92 % a los 14 DDA y causó la muerte a los 21 DDA (Tabla 2), mientras 2,4-D mostró control suficiente (90 %) a los 21 DDA y aumento ligeramente a los 28 DDA superando el mínimo aceptable, y Dicamba mostró la susceptibilidad de esta población, ya que causo la muerte a los 21 DDA. Rosales *et al.* (2011) reportaron que al evaluar los ingredientes activos Prosulfuron y 2,4-D (17 y 720 g. i. a. h<sup>-1</sup>) para el control de *H. annuus* y publicaron resultados de control suficiente a buen control, estos resultados coinciden a los presentados en esta investigación.

Tabla 2. Efecto de los tratamientos en el control de polocote (*H. annuus*) a los 7,14,21 y 28 DDA.

Población	DDA	Tratamientos (% de control)			
		Prosulfuron	2,4-D	Dicamba	Testigo
		17.1	598.7	240	0
		g i.a. h <sup>-1</sup>			
31	7	25b	27b	37a	0c
	14	61a	57a	67a	0b
	21	47b	90a	96.6a	0c
	28	49b	100a	100a	0b
32	7	40a	27c	34b	0d
	14	72a	54b	65a	0c
	21	73c	85b	98a	0d
	28	76c	92b	100a	0d
33	7	38a	35b	33b	0c
	14	84a	72b	76ab	0c
	21	98ab	96b	100a	0c
	28	100a	100a	100a	0b
36	7	45a	23c	31b	0d
	14	92a	65b	64b	0c
	21	100a	90b	100a	0c
	28	100a	91b	100a	0c

Medias con letras iguales en cada fila no son estadísticamente diferentes (DMS  $P \leq 0.05$ ). DDA: Días después de la aplicación.

### CONCLUSIONES

Las poblaciones 31 y 32 fueron tolerantes al herbicida Prosulfuron, al no obtener el porcentaje de control mínimo requerido (87.7 %), y susceptibles a los tratamientos 2,4-D y Dicamba al mostrar controles satisfactorios. las poblaciones 33 y 36, con los tratamientos Prosulfuron, 2,4-D y Dicamba fueron susceptibles a dosis de etiqueta, porque el control fue efectivo.

### AGRADECIMIENTOS

Este experimento es parte del Proyecto SIGI 11233535806 "Monitoreo de la resistencia del polocote (*Helianthus annuus* L.) a herbicidas en maíz y sorgo en el norte de Tamaulipas", el cual se realizó con fondos fiscales del INIFAP.

### REFERENCIAS

- Ahmed, S., and Chauhan, B. S. 2014. Performance of different herbicides in dry-seeded rice in Bangladesh. *The Scientific World Journal*, 1-15.
- Bolaños, J. J., Uscanga, M. E., Tafoya, R. J. A., Kohashi, S. J., and Torres, G. J. R. 2018. Efectividad biológica de herbicidas inhibidores de la acetil coenzima a carboxilasa y acetolactato sintasa y la presencia de resistencia en *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. *Agrociencia*, 52(5), 713-723.
- Oerke EC. 2006. Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144(1), 31-43.

- Pérez, M, L., Castañeda C, C., Ramos T, M., y Tafoya R, J. A. (2014). Control químico preemergente de la maleza en tomate de cáscara. *Interciencia*, 39(6), 422-427.
- Regehr, D. L., D. E. Peterson, W. H. Fick, P. W. Stahlman, and R. E. Wolf. 2011. *Chemical Weed Control for Field Crops, Pastures, Rangeland, and Noncropland. Report of Progress 1045*. Manhattan, KS: Kansas State University. 123 p.
- Rosales, R, E., Sánchez, C, R., y Cerda, G, P. A. 2011. Control químico de maleza de hoja ancha en sorgo para grano. *Revista fitotecnia mexicana*. 34(4): 269-275.
- SAS Institute (2016). *SAS/STAT® 9.3 User's Guide*. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 8640 p.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). *Anuario estadístico de la producción agrícola*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (julio 2024).

## RESPUESTA COMÚN DEL CRECIMIENTO DE *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco EN LA SIERRA MADRE ORIENTAL

Cerano-Paredes, Julián\*<sup>1</sup>; Avendaño-González, Areli<sup>1</sup>; Cornejo-Oviedo, Eladio Heriberto<sup>2</sup>; Cervantes-Martínez, Rosalinda<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INIFAP - CENID-RASPA Km. 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento, Zona Industrial Gómez Palacio, Durango. C.P. 35140. \*[cerano.julian@gmail.com](mailto:cerano.julian@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento Forestal. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar la relación del crecimiento anual *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco de cuatro localidades en la Sierra Madre Oriental (SMOr), Sierra Las Alazanas (LAS), Sierra La Viga (LVI), Sierra La Marta (LMA) y Sierra El Tarillal (ETL). Se seleccionaron 123 árboles, se extrajeron 380 muestras con el apoyo de taladro de Pressler. Cada una de las muestras se analizó y fechó con base en técnicas dendrocronológicas estándar. Se fechó el 98.68% de las muestras con el apoyo del programa COFECHA y se generaron cronologías con el programa ARSTAN. Un Análisis de Componentes Principales (ACP) indicó variabilidad común entre las series, se logró desarrollar una cronología regional con una extensión de 313 años (1710 - 2022) y correlación entre series de  $r = 0.669$  ( $p < 0.01$ ).

**Palabras clave:** *Pseudotsuga*, crecimiento anual, variabilidad común, clima.

### ABSTRACT

The objective of this study was to determine the relationship of annual growth of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco from four localities in the Sierra Madre Oriental (SMOr), Sierra Las Alazanas (LAS), Sierra La Viga (LVI), Sierra La Marta (LMA) and Sierra El Tarillal (ETL). 123 trees were selected, 380 samples were extracted with the support of a Pressler increment borer. Each of the samples was analyzed and dated based on standard dendrochronological techniques. The 98.68% of the samples were dated with the support of the COFECHA program and chronologies were generated with the ARSTAN program. A Principal Component Analysis (PCA) indicated common variability between the series and a regional chronology with an extension of 313 years (1710 - 2022) was developed with a correlation between series of  $r = 0.669$  ( $p < 0.01$ ).

**Key words:** *Pseudotsuga*, annual growth, common variability, climate.



## INTRODUCCIÓN

Un número cada vez mayor de eventos climáticos extremos, principalmente sequías y olas de calor, impactan significativamente los ecosistemas terrestres y su producción (Allen *et al.*, 2010).

Los estudios han demostrado que aproximadamente el 40% de la variación en el crecimiento radial se debe al cambio climático, mientras que el resto se debe principalmente a la competencia intraespecífica e interespecífica (Jiang *et al.*, 2016).

Además de la variabilidad de las respuestas a los períodos secos, podría haber variabilidad espacial en el impacto de la sequía debido a las condiciones microclimáticas relacionadas con la variabilidad topográfica (Wong *et al.*, 2021). La curvatura del terreno, la inclinación de la pendiente y la orientación pueden afectar la retención de agua y la irradiación solar, lo que puede modular la respuesta de los árboles a los períodos secos (Rabbel *et al.*, 2018; Mašek *et al.*, 2023).

Algunos estudios sugieren que el clima varía o afecta de manera similar a grandes escalas geográficas, propiciando que el crecimiento de las especies registre patrones comunes (Chávez-Gándara *et al.*, 2017). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar la relación del crecimiento anual *P. menziesii* de cuatro localidades en la SMOr.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

Los sitios de estudio se localizan en la SMOr, en cuyo macizo montañoso se obtuvieron muestras de *P. menziesii* de cuatro localidades diferentes, Sierra Las Alazanas (LAS), Sierra La Viga (LVA), Sierra La Marta (LMA) y Sierra El Tarillal (ETL) (Figura 1, Cuadro 2).



**Figura 1.** Ubicación geográfica de las áreas de estudio en la Sierra Madre Oriental (SMOr). De la a) a d) se muestra la distribución de los puntos de muestreo en cada uno de los cuatro diferentes sitios.

En la parte inferior izquierda, se indica la ubicación geográfica del área de estudio, e) yema de crecimiento de la especie y f) sección transversal de un árbol muerto bien conservado.

### **Trabajo de campo y laboratorio**

El sistema de muestreo empleado en cada uno de los sitios de estudio fue, un muestreo selectivo. Se seleccionaron árboles longevos en la medida de lo posible, libres de daños mecánicos, plagas y enfermedades (Cerano-Paredes *et al.*, 2022). A cada árbol se le extrajeron tres virutas a diferente altura del fuste. Las muestras se extrajeron con el apoyo de un taladro de Pressler de diferentes dimensiones y diámetro de 5.15 mm. La preparación y prefchado de muestras se realizó de acuerdo con los procedimientos dendrocronológicos estándares (Stokes y Smiley, 1996). Se midió para todas las muestras el ancho del anillo total con un sistema de medición Velmex con platina de fase deslizable y precisión de 0.001 mm (Robinson y Evans, 1980).

### **Análisis estadístico**

La calidad de fechado y medición los archivos de medición generados se validó con el programa COFECHA (Holmes, 1983). Se generó una cronología para cada sitio, una serie de índice normalizado con media de 1.0 y varianza homogénea utilizando el programa ARSTAN (Fritts, 2001). Se corrió un análisis de correlación de Pearson para determinar si las series registraban una misma variabilidad en su crecimiento. Adicionalmente, se corrió un análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés) para el período común de las cuatro cronologías (145 años; 1877-2022), lo anterior para determinar el porcentaje de variabilidad común entre las series.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Fechado de muestras**

De un total de 380 núcleos de crecimiento extraídos de 123 árboles de *P. menziesii* (Cuadro 2), se lograron fechar 375 muestras, que representan el 98.68% del total, el 1.32% restante no fue posible fechar por registrar problemas de crecimiento.

El éxito en el fechado de las muestras depende de las condiciones del sitio donde crecen los árboles y esto puede propiciar que el fechado de muestras varíe de un 43 a un 90% (Lara y Villalba, 1993; Neira, 1995). Se halló una correlación altamente significativa entre series para cada uno de los cuatro diferentes sitios de trabajo (Cuadro 2), valores que superan el mínimo significativo ( $r = 0.3281$ ,  $p < 0.01$ ) establecido por el programa de control de calidad COFECHA (Holmes, 1983).

Cuadro 2. Parámetros dendrocronológicos de las series de crecimiento de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.

Nombre del sitio	Número de serie	Longitud de la serie (años)	IC	SM	DE
Sierra Las Alazanas	111	1710 - 2022	0.755	0.310	0.3994
Sierra La Viga	90	1761 - 2022	0.736	0.259	0.1983
Sierra La Marta	84	1821 - 2022	0.673	0.280	0.2331
Sierra El Tarillal	90	1875 - 2022	0.793	0.367	0.2986
Cronología Regional	375	1710 - 2022	0.669	0.301	0.2948

IC: Intercorrelación entre series, mide la señal común de las series involucradas; SM: Sensibilidad Media, expresa el cambio relativo en el crecimiento de un año con relación al siguiente (Fritts, 1976); DE.: Desviación Estándar.

### Correlación entre series

El análisis de correlación de Pearson entre series determinó que, las cuatro cronologías presentan una relación altamente significativa ( $p < 0.01$ ), todas las cronologías presentan una variabilidad anual común.

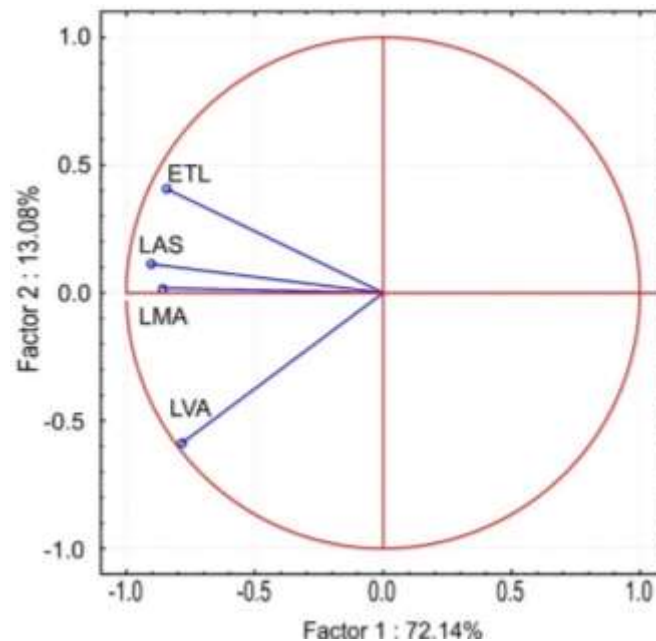


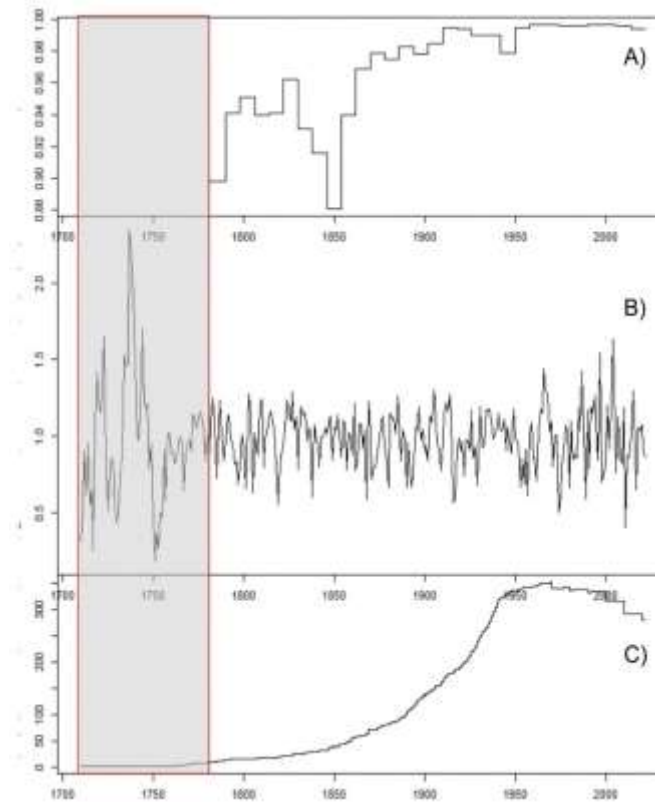
Figura 2. Análisis de componentes principales, todas las cronologías se agrupan en el componente principal 1.

El PCA valida lo anterior, ya que todas las cronologías presentan una misma variabilidad, dado que se agrupan en el PC 1 que explicó el 72.14 % de la variabilidad (Figura 2). Con base en estos resultados, es posible integrar las cronologías en una serie regional.

Resultados similares se reportaron para una región de la Sierra Madre Occidental (SMOc), donde se determinó una variabilidad común entre cronologías de la misma especie separadas por kilómetros de distancia, pero en condiciones climáticas comunes (Cerano-Paredes *et al.*, 2012). Así mismo para la SMOr se reporta una respuesta común entre cronologías de diferentes especies, atribuible a una variabilidad climática de gran escala (Cerano-Paredes *et al.*, 2011).

### Cronología regional

Se logró desarrollar una cronología regional que comprende el período de 1710 a 2022 (313 años) (Figura 3).



**Figura 3.** Análisis estadístico de EPS que indica estadísticamente el período de la cronología sustentado con un tamaño de muestra adecuado  $EPS > 0.85$  (A). Cronología regional de ancho de anillo (B). Tamaño de muestra (C); el área sombreada indica la representatividad de la cronología por número de muestras.

La cronología registra un número de muestras mayor a 300 muestras de 1950 al 2022, en cambio, para el intervalo de tiempo de 1710 a 1849 se registra un número menor de 50 muestras. El período final o más longevo de la cronología muestra mayor variabilidad, lo anterior atribuible al tamaño de muestra (Figura 3).

El análisis denominado señal expresada de la población (EPS, por sus siglas en inglés), que define estadísticamente el adecuado número de muestras para cada segmento de la cronología, determinó que el período de la cronología que está representado por un tamaño de muestra significativo, es de 1780 a 2022 (Figura 3). La cronología regional registró un valor de EPS superior a 0.85 después de 1780, lo que generalmente se cita como un umbral aceptable para reconstrucciones dendroclimáticas. Un valor de umbral aceptable de EPS es igual o mayor que 0.85 (Wigley *et al.*, 1984). Por lo tanto, la mayor extensión de la cronología está bien representada por cantidad de muestra para ser considerada como proxy de la variabilidad climática.

### CONCLUSIONES

Se lograron generar cuatro diferentes cronologías de anillo total, a pesar de la variabilidad en las condiciones de cada una de las diferentes poblaciones, se determinó una variabilidad común entre sus crecimientos anuales. Se desarrolló una cronología regional que presenta potencial para emplearse como proxy del clima de esta región de la SMO.

### REFERENCIAS

- Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni, H. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests To cite this version: A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001>
- Cerano-Paredes, J., Villanueva, D. J., Valdez, C. R. D., Cornejo, O. E. H., Sánchez, C. I., Constante, G. V. 2011. Variabilidad histórica de la precipitación reconstruida con anillos de árboles para el Sureste de Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(4), 31-45.
- Cerano-Paredes, J., Villanueva, D. J., Valdez, C. R. D., Constante, G. V., González, B. J. L., Estrada A. J. 2012. Precipitación reconstruida para la parte alta de la Cuenca del Río Nazas, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 3(10), 07-23.
- Cerano-Paredes, J., Szejner, P., Gutiérrez-García, G., Cervantes-Martínez, R., Cambrón-Sandoval, V. H., Villanueva-Díaz, J., Estrada-Arellano, J. R., Franco-Ramos, O., Vázquez-Selem, L., and Castruita-Esparza, L. U. 2022. How to Extract Climate Variability from Tree-Rings. *Journal of visualized experiments, JoVE*, 181. DOI:10.3791/63414.
- Chávez-Gándara, M. P., Cerano-Paredes, J., Nájera-Luna, J. A., Pereda-Breceda, V., Esquivel-Arriaga, G., Cervantes-Martínez, R., Cambrón-Sandoval, V.H., Cruz-Cobos, F., Corral-Rivas, S. 2017. Reconstrucción de la precipitación invierno-primavera con base en anillos de crecimiento de árboles para la región de San Dimas, Durango, México. *Bosque (Valdivia)*, 38(2), 387-399.
- Fritts, H. C. 2001. *Tree-rings and climate*. Blackburn Press, Caldwell. New Jersey. 567.
- Holmes, R. L. 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin*, 43, 69-78.
- Jiang, X., Huang, J. G., Stadt, K.J., Comeau, P.G., Chen, H.Y.H. 2016. Spatial climate-dependent growth response of boreal mixedwood forest in western Canada. *Glob. Planet. Change*, 139, 141–150. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.02.002>.
- Lara, A. and Villalba, R. 1993. A 3620-Year Temperature Reconstruction from *Fitzroya cupressoides* Tree Rings in Southern South America. *Science*, 260(5111), 1104-1106. DOI:10.1126/science.260.5111.1104.

- Mašek, J., Tumajer, J., Lange, J. 2023 Variability in Tree-ring Width and NDVI Responses to Climate at a Landscape Level. *Ecosystems*. [https:// doi. org/ 10. 1007/ s10021- 023- 00822-8](https://doi.org/10.1007/s10021-023-00822-8)
- Neira, F. E. P. 1995. Desarrollo de cronologías para alerce (*Fitzroya cupressoides*) en las cordilleras de la Costa y de los Andes. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales.
- Rabbel, I., Neuwirth, B., Bogena, H., Diekkrüger, B. 2018. Exploring the growth response of Norway spruce (*Picea abies*) along a smallscale gradient of soil water supply. *Dendrochronologia* 52:123–130. [https:// doi. org/ 10. 1016/j. dendro. 2018. 10. 007](https://doi.org/10.1016/j.dendro.2018.10.007)
- Robinson, W. J. and Evans, R. 1980. A Microcomputer-Based Tree-Ring Measuring System. *Tree-Ring Bulletin*, 40, 59-64.
- Stokes, M. A. and Smiley, T. L. 1996. An introduction to the tree-ring dating. University of Arizona Press. 73.
- Wigley, T. M. L., Briffa, K. R., and Jones, P. D. 1984. On the average value of correlated time series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology. *J Clim Appl Meteorol*, 23, 201-213.
- Wong, C.Y.S., Young, D.J.N., Latimer, A.M. 2021. Importance of the legacy effect for assessing spatiotemporal correspondence between interannual tree-ring width and remote sensing products in the Sierra Nevada. *Remote Sens Environ* 265. [https:// doi. org/ 10. 1016/j. rse. 2021. 112635](https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112635)

## ESTUDIO DE MERCADO SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DEL CULTIVO DE STEVIA REBAUDIANA EN LA REGIÓN DE GUASAVE, SINALOA.

Moreno L. A.<sup>1</sup>; Graciano O. A.<sup>2\*</sup>; Rodríguez A. J. R.<sup>3</sup> y Maldonado P. R.<sup>4</sup>

[1] Estudiante del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Guasave (TecNM/ITSG), Maestría en Ciencias en Desarrollo Regional y Tecnológico.

Carretera a Brecha, sin número, Ejido Burrioncito, Guasave, Sinaloa, México. C.P. 81149

[2, 4] Profesores Investigadores del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Guasave (TecNM/ITSG), Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable.

[3] Profesor Investigador de la Universidad Autónoma Indígena de México (UAIM), Los Mochis, Sinaloa, Doctorado en Ciencias en Estudios para la Sostenibilidad y Medio Ambiente.

Autor para correspondencia\* [adalid.go@guasave.tecnm.mx](mailto:adalid.go@guasave.tecnm.mx)

### RESUMEN

*Stevia rebaudiana* Bertoni es una planta herbácea producida en el mundo que posee un elevado poder edulcorante natural no calórico. Actualmente, se tiene que en los últimos años el interés por el consumo de estevia en sus diferentes presentaciones ha crecido un 300% respecto a la última década, disminuyendo la compra de edulcorantes sintéticos al aumentar la tendencia de consumo de productos naturales. El objetivo del presente trabajo de investigación fue realizar un estudio de mercado para identificar el interés por productores agrícolas de sembrar el cultivo de estevia en la región norte del estado de Sinaloa. Para lograrlo, se aplicaron encuestas como técnica de recolección de datos a productores agrícolas de la región de Guasave, Sinaloa, con un muestreo tipo aleatorio, el cálculo del tamaño de muestra se realizó mediante la fórmula de población finita. De los resultados, se tiene que el 62% respondieron que si conocen el cultivo de estevia y el 61% de los productores agrícolas están dispuestos a sembrar el cultivo de estevia, mientras que el 82% respondieron que el impacto económico es la información principal que requieren para considerar al cultivo de estevia como cultivo alternativo. Debido a lo anterior, el cultivo de estevia tiene potencial de siembra en la región de Guasave, Sinaloa.

**Palabras claves:** edulcorante, estevia, potencial, productores agrícolas.

## ABSTRACT

*Stevia rebaudiana* Bertoni is an herbaceous plant produced in the world that has a high natural non-caloric sweetening power. Currently, it is known that in recent years the interest in the consumption of stevia in its different presentations has grown by 300% compared to the last decade, decreasing the purchase of synthetic sweeteners as the trend of consumption of natural products increases. The objective of this research work was to carry out a market study to identify the interest of agricultural producers to plant stevia crops in the northern region of the state of Sinaloa. To achieve this, surveys were applied as a data collection technique to agricultural producers in the Guasave region, Sinaloa, with a random sampling type, the calculation of the sample size was carried out using the finite population formula. From the results, 62% responded that they are familiar with stevia cultivation and 61% of agricultural producers are willing to plant stevia crops, while 82% responded that the economic impact is the main information they require to consider stevia cultivation as an alternative crop. Due to the above, stevia cultivation has the potential to be planted in the Guasave region, Sinaloa.

**Keywords:** sweetener, stevia, potential, agricultural producers.

## INTRODUCCION

*Stevia rebaudiana* Bertoni es una planta herbácea de la familia Asteraceae muy producida en el mundo y su principal componente son los esteviolglicósidos (esteviósido y rebaudiósido), el edulcorante obtenido de esta planta, posee elevado poder edulcorante natural no calórico y es aproximadamente 300 veces más dulces que la sacarosa (Lozano-Contreras & Ramirez-Jaramillo, 2021). Actualmente, se estudia un gran número de aplicaciones para la salud como son: anticaries, enfermedades en la piel, para la diabetes, cardiotónico, desparasitante, dieta, etc. (Salvador-Reyes et al., 2014). Su importancia es especialmente relevante en las condiciones actuales, donde se demandan alimentos más saludables para contrarrestar desórdenes nutricionales como la *Diabetes mellitus* II (Ritu & Nandini, 2016).

El incremento en su consumo nacional e internacional y baja disponibilidad de materia prima a dado lugar a iniciativas para aumentar la superficie del cultivo bajo iniciativas de gobierno, industriales y sector social. En México, aun y cuando no aparecen en la estadística oficial,



los estados que siembran estevia son Sinaloa, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Yucatán (Ramírez-Jaramillo & Lozano-Contreras, 2017).

Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo de investigación fue realizar un estudio de mercado para identificar el interés por productores agrícolas de sembrar el cultivo de estevia en la región norte del estado de Sinaloa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La presente investigación se desarrolló en el noroeste de México, en la región norte del estado de Sinaloa, en el Instituto Tecnológico Superior de Guasave ubicado en el ejido Burrioncito, Guasave, Sinaloa, entre las coordenadas 25° a 26° N, y 108° a 109° O (Fig. I y II).



Figura I.- Ubicación geográfica del municipio de Guasave, Sinaloa, México. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.



Figura II.- Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Fuente: Tomado de Google Earth, 2024.

## Tipo de investigación

Se desarrolló una investigación una investigación cualitativa, donde se aplicó una encuesta como técnica o instrumento de recolección de datos. Para el cálculo del tamaño de la muestra en esta investigación, se consideró la fórmula de población finita de acuerdo a Vélez y Hernández (2011). El tamaño de la población se calculó de acuerdo a la información proporcionada por la Asociación de Agricultores del Río Sinaloa Poniente A. C. que es de 1300 agricultores registrados ante dicha asociación.

### Instrumento de recolección de datos y cálculo de tamaño de muestra

Para el cálculo del número idóneo de muestra se asume que la población se distribuye aleatoriamente de acuerdo a una distribución normal, este tipo de distribución se sustenta en la aplicación de las ciencias sociales y su gráfica se denomina “curva normal o campana de Gauss”, la cual describe muchos fenómenos que ocurren en la naturaleza, la industria y la investigación. Dicha distribución se basa en los siguientes supuestos (Walpole et al., 2012).

1. La media aritmética, que es el punto sobre el eje horizontal donde la curva tiene su punto máximo.
2. La curva es simétrica alrededor de un eje vertical a través de la media de la población.
3. La curva tiene sus puntos de inflexión a partir de la media de la población más o menos una desviación estándar.
4. La curva normal se aproxima al eje horizontal de manera asintótica, conforme nos alejamos de la media en cualquier dirección.
5. El área total bajo la curva y sobre el eje horizontal es uno.

De acuerdo a Vélez y Hernández (2011), existen dos tipos de fórmulas para calcular el tamaño de la muestra, lo cual depende del tamaño de la población, es decir, si es una población finita o infinita:

**Fórmulas:**

- Tamaño de la muestra para la población infinita:

$$n = \frac{z^2 pq}{i^2}$$

- Tamaño de la muestra para la población finita:

$$n = \frac{z^2 Npq}{i^2(N - 1) + z^2 pq}$$

**Dónde:**

- $n$ : tamaño muestral
- $N$ : tamaño de la población
- $z$ : valor correspondiente a la distribución de gauss,  $z_{\alpha} = 0.05 = 1.96$  y
- $z_{\alpha} = 0.01 = 2.58$  principalmente se utilizan estos valores
- $p$ : prevalencia esperada del parámetro a evaluar, en caso de desconocerse ( $p = 0.5$ ), que hace mayor el tamaño muestral
- $q$ :  $1 - p$  (si  $p = 70\%$ ,  $q = 30\%$ )
- $i$ : error que se prevé cometer si es del  $10\%$ ,  $i = 0.1$ .

En la presente investigación, se consideró la fórmula de población finita, donde se consideró el tamaño de la población de acuerdo a la información proporcionada por la Asociación de Agricultores del Río Sinaloa Poniente A. C., donde existe un padrón de 1,300 agricultores registrados ante dicha asociación, por tanto, para una muestra representativa de la población de productores, se aplicaron un total de 297 encuestas.

**RESULTADOS Y DISCUSION**

Una vez aplicadas las encuestas el día 24 de junio de 2024 en evento celebrado por el día del agricultor en la Asociación de Agricultores del Río Sinaloa Poniente A.C., se tienen los siguientes resultados de las encuestas aplicadas.

### Conoce la planta de estevia (*Stevia rebaudiana*)?

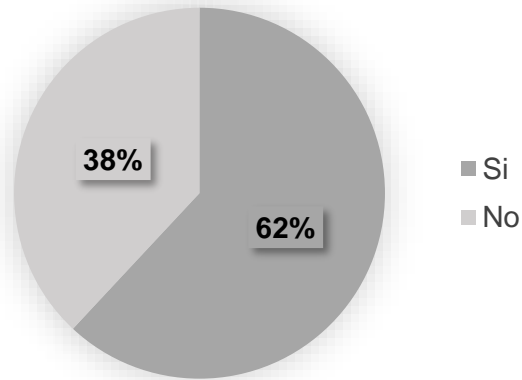


Figura III.- Gráfica de conocimiento de la planta de estevia.

En la Figura 3 se muestra el comportamiento de los porcentajes del conocimiento del cultivo de estevia, se observa que con el 62% respondieron que si conocen el cultivo de estevia, mientras que el 38% de los productores agrícolas encuestados no conocen la planta de estevia.

### ¿Cuál de los siguientes cultivos siembra usted en mayor cantidad?

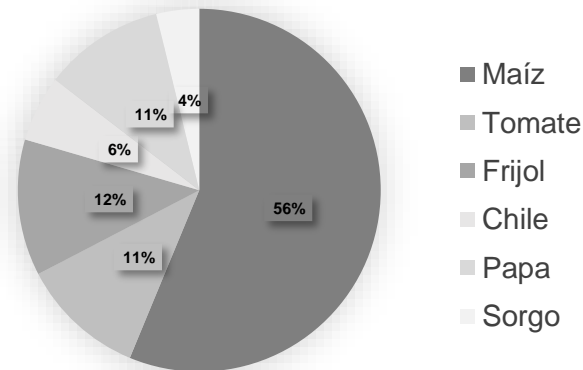


Figura IV.- Cultivos con mayor densidad de siembra en Guasave, Sinaloa.

En la Figura 4 se muestra el comportamiento de las densidades de siembra de los diferentes cultivos en la región de Guasave, Sinaloa, se observa que el maíz es el cultivo que predomina, con un 56%, seguido del cultivo de frijol con un 12% y en tercer lugar el cultivo de tomate con el 11% del total de productores agrícolas encuestados.

### ¿Estaría dispuesto a sembrar el cultivo de estevia?

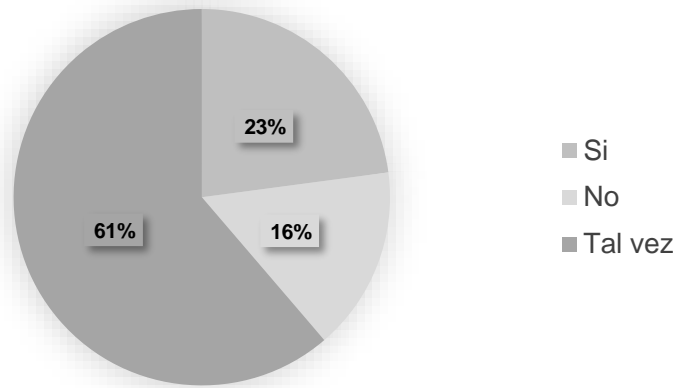


Figura V.- Disponibilidad para siembra del cultivo de estevia.

En la Figura 5 se muestra que el 61% de los productores agrícolas están dispuestos a sembrar el cultivo de estevia, mientras que el 39% respondió que tal vez sembrarían el cultivo en sus predios agrícolas.

### ¿Qué información requiere para considerar a la estevia como un posible cultivo a sembrar?

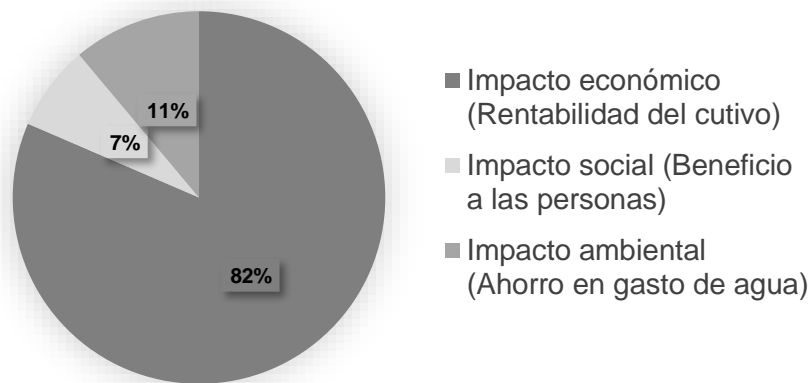


Figura VI.- Necesidad de información a considerar sobre el cultivo de estevia.

En la Figura 6 se muestra que el 82% de los productores agrícolas respondieron que el impacto económico es lo principal que requieren para considerar al cultivo de estevia como cultivo alternativo, mientras que el 11% requiere información sobre el impacto ambiental y el 7% requiere información sobre los beneficios que ofrece el cultivo a la salud de las personas.

## CONCLUSIONES

El cultivo de estevia tiene potencial de siembra en la región de Guasave, Sinaloa, se requiere una mayor difusión y promoción del cultivo entre los productores agrícolas de la región, debido a que el 62% conocen el cultivo, sin embargo el 61% estaría dispuesto a considerar la estevia como un cultivo alternativo.

La rentabilidad del cultivo es la información principal que requieren los productores agrícolas para sembrar el cultivo de estevia, es indispensable realizar un análisis económico y una corrida financiera con datos técnicos de campo sobre el proceso de siembra hasta la comercialización para presentarse a los productores agrícolas del norte de Sinaloa.

## REFERENCIAS

- Lozano-Contreras M, Ramirez-Jaramillo G. (2021). Producción de *Stevia rebaudiana* Bertoni, con abonos orgánicos y biofertilizantes Paquete Tecnológico. Available from: <https://mydokument.com/produccion-de-stevia-rebaudiana-bertoni-con-abonos-organicos-y-biofertilizantes-paquete-tecnologico.html>
- Salvador-Reyes, R., Sotelo-Herrera, M., & Paucar-Menacho, L. (2014). Study of *Stevia rebaudiana* Bertoni) as a natural sweetener and its use in benefit of the health. *Scientia agropecuaria*, 5, 157–163.
- Ramírez-Jaramillo, G., Lozano-Contreras, M.G. (2017). La producción de *Stevia rebaudiana* Bertoni en México. *Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 8, 2017. pp: 84-90.*
- Ritu M. & Nandini J. (2016). Nutritional composition of *Stevia rebaudiana*, a sweet herb, and its hypoglycaemic and hypolipidaemic effect on patients with non-insulin dependent diabetes mellitus. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Vélez, I. R., & Hernández, M. V. (2011). *Cálculo de probabilidades 1*. España: UNED.
- Walpole, R., Myers, R., Myers, S., & Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. México: Pearson.

## MANEJO DE HERBICIDAS PRE EMERGENTES PARA EL CONTROL DE MALEZAS EN ALGODÓN CONVENCIONAL

Franco G.<sup>1</sup>., Hernández L.E.<sup>2</sup>., Bonilla B.O.<sup>2</sup>., Anaya S.A.<sup>1</sup>., Santana E.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIFAP-Campo Experimental La Laguna, Blvd. José Santos Valdez No. 1200 Pte. Col. Centro, Matamoros, Coahuila C.P. <sup>2</sup>INIFAP-Campo Experimental Delicias. Km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua.

### RESUMEN

A nivel mundial se ha registrado una diversidad de malezas en los campos de algodón de todo el mundo, las cuales hacen complicado su manejo. La larga duración de la cosecha de algodón requiere un control de malezas a largo plazo para mantener un mejor rendimiento y calidad de fibra. A diferencia del algodón GM, el algodón convencional no presenta modificaciones genéticas a tolerancia algunos herbicidas como son glifosato, glufosinato, 2-4-D y dicamba. La aplicación de herbicidas preemergentes es una de las estrategias más prácticas para el control de malezas en algodón convencional dentro del manejo integrado de malezas. La aplicación de herbicidas como trifluralina y oxifluorfen más un paso de cultivadora son recomendadas durante el periodo crítico de control. El estudio se estableció en el INIFAP-Campo Experimental la Laguna en Matamoros, Coahuila, México en una parcela experimental de 1800m<sup>2</sup>. La siembra se realizó el 27 de marzo utilizando la variedad laguna-89. La aplicación de los herbicidas pre emergentes se realizó a los 2 días después de la siembra, los tratamientos fueron los siguientes: 1. Testigo sin herbicida preemergente, 2. Oxifluorfen (1.5L/ha), 3. Trifluralina(1.2L/ha) y 4. Trifluralina(1.2L/ha) + Oxifluorfen (1.5L/ha). Las variables evaluadas fueron: plantas de algodón /m<sup>2</sup>, malezas /m<sup>2</sup>, malezas totales y efectividad en el control de malezas (%). Se utilizó un diseño experimental en dos factores en completamente al azar (tiempo de control y herbicidas pre emergentes) con diez repeticiones. Los datos se analizaron mediante pruebas de distribución normal por el método de Shapiro-Wilks, pruebas de homogeneidad de varianza por el test de Bartlett, análisis de varianza y pruebas de comparación de medias por el método de Tukey con un nivel de significancia del 95% utilizando el programa estadístico InfoStat versión 2020. Esta investigación demostró que la trifluralina en combinación con oxifluorfen pueden ser utilizados de manera segura y eficaz dentro del manejo de malezas en algodón convencional implementado un paso de cultivadora después de 35 dda asegurando mantener el cultivo libre de malezas dentro del periodo crítico de control, además de que podrían ser considerado como una alternativa para sustituir el uso del glifosato.

**Palabras clave:** trifluralina, oxifluorfen, malezas, algodonoero.

### ABSTRACT

A variety of weeds have been recorded in cotton fields worldwide, which make their management difficult. The long duration of the cotton harvest requires long-term weed control to maintain better yield and fiber quality. Unlike GM cotton, conventional cotton does not present genetic modifications to tolerate some herbicides such as glyphosate, glufosinate, 2-4-D and dicamba. The application of pre-emergence herbicides is one of the most practical strategies for weed control in conventional cotton within integrated weed management. The application of herbicides such as trifluralin and oxyfluorfen, plus a

cultivator step are recommended during the critical control period. The study was established at INIFAP–Campo Experimental la Laguna in Matamoros, Coahuila, Mexico. In an experimental plot of 1800 m<sup>2</sup>, sowing was carried out on March 27 using the Laguna-89 variety. Pre-emergence herbicides were applied 2 days after sowing, the treatments were as follows: 1. Control without pre-emergence herbicide, 2. Oxyfluorfen (1.5L/ha), 3. Trifluralin (1.2L/ha) and 4. Trifluralin (1.2L/ha) + Oxyfluorfen (1.5L/ha). The variables evaluated were: cotton plants/m<sup>2</sup>, weeds/m<sup>2</sup>, total weeds and weed control effectiveness (%). A two-factor completely randomized experimental design was used (control time and pre-emergence herbicides) with ten replications. The data were analyzed using normal distribution tests by the Shapiro-Wilks method, tests of homogeneity of variance by the Bartlett test, analysis of variance and comparison tests of means by the Tukey method with a significance level of 95% using the InfoStat statistical program version 2020. This research demonstrated that trifluralin in combination with oxyfluorfen can be used safely and effectively within weed management in conventional cotton implementing a cultivator step after 35 daa ensuring to keep the crop free of weeds within the critical control period, in addition to that they could be considered as an alternative to replace the use of glyphosate.

**Key words:** trifluralin, oxyfluorfen, weeds, cotton.

## INTRODUCCIÓN

Las malezas son la segunda plaga más importante después de los insectos para el cultivo del algodón (Oerke., 2006). A nivel mundial se ha registrado una diversidad de malezas en los campos de algodón de todo el mundo, las cuales hacen complicado su manejo, desde gramíneas, malezas de hoja ancha, anuales y perennes (Kalivas et al., 2012). La reducción del rendimiento depende de la especie de maleza, la densidad de población, el tiempo de aparición y distribución, así como del tipo de suelo, la humedad del suelo, el pH y la fertilidad (Papamichail *et al.*, 2002).

La larga duración de la cosecha de algodón requiere un control de malezas a largo plazo para mantener un mejor rendimiento y calidad de fibra (Werth *et al.*, 2008). El periodo crítico para el control de malezas inicia dentro de la primera y segunda semana de la emergencia del algodón, las tierras sembradas deben mantenerse libres de malezas durante 8 a 9 semanas (Jarwar *et al.*, 2005; Scroggs *et al.*, 2007; Kalivas *et al.*, 2010).

El glifosato es el herbicida más utilizado en el mundo, su uso se incrementó en 1500% a partir de 1996 con la comercialización y siembra de varios cultivos genéticamente modificados (GM) dentro del cual se encuentra el algodón. Actualmente cerca de 50% del uso global de glifosato en la agricultura se destina a estos cultivos transgénicos (Woodburn., 2000; Benbrook., 2016; Székács *et al.*, 2018). A diferencia del algodón GM, el algodón convencional no presenta modificaciones genéticas en cuanto a tolerancia algunos herbicidas como son glifosato, glufosinato, 2-4-D y dicamba (Arellano-Aguilar *et al.*, 2017; Langrand *et al.*, 2019). La aplicación de herbicidas preemergentes es una de las estrategias más prácticas para el control de malezas en algodónero (Dogan *et al.*, 2014), sobre todo en el caso del algodón convencional el cual no presenta tolerancia a glifosato y su control dentro del manejo integrado de malezas se puede realizar mediante la aplicación de herbicidas como trifluralina y oxifluorfen, cubriendo los primeros 35 dds y complementando con un paso de cultivadora.



## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se estableció en el INIFAP–Campo Experimental la Laguna en Matamoros, Coahuila, México, cuya localización geográfica es 25° 31'48.53" N y 103° 14'33.30" O y se encuentra a 1150 msnm. En una parcela experimental de 1800m<sup>2</sup> (48 surcos de 50m de largo, separados a 0.76m), la siembra se realizó el 27 de marzo utilizando la variedad laguna-89. La aplicación de los herbicidas pre emergentes se realizó a los 2 días después de la siembra, los tratamientos fueron los siguientes: 1. Testigo sin herbicida preemergente, 2. Oxifluorfen (1.5L/ha), 3. Trifluralina(1.2L/ha) y 4. Trifluralina(1.2L/ha) + Oxifluorfen (1.5L/ha). Los herbicidas pre emergentes se aplicaron con una aspersora de mochila motorizada (marca Hyundai) con boquillas de abanico plano 8003. Se realizaron evaluaciones a los 7dda (3 abril), 14dda (10 abril), 21dda (17 abril), 28dda (24 abril) y 35dda (1 mayo), posteriormente se realizó un aporque para eliminar las malezas presentes entre los surcos y fertilización del cultivo a una dosis de 160N-60P-00K previo al primer riego de auxilio. Las variables evaluadas fueron: plantas de algodón/m<sup>2</sup>, malezas/m<sup>2</sup>, malezas totales y efectividad en el control de malezas (%)

### Diseño experimental y Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental en dos factores en completamente al azar (tiempo de control y herbicidas pre emergentes) con diez repeticiones. Los datos se analizaron mediante pruebas de distribución normal por el método de Shapiro-Wilks, pruebas de homogeneidad de varianza por el test de Bartlett, análisis de varianza y pruebas de comparación de medias por el método de Tukey con un nivel de significancia del 95% utilizando el programa estadístico InfoStat versión 2020.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostraron que los herbicidas preemergentes evaluados no tuvieron un efecto en el desarrollo de las plantas de algodón manteniendo más de 4 plantas de algodón/m<sup>2</sup> en promedio, con respecto a las malezas/m<sup>2</sup>, la trifluralina y la combinación de trifluralina + oxifluorfen mantuvieron un promedio de 1.14 y 1.24 respectivamente, la trifluralina mantuvo una efectividad de control del 69.58% y un promedio de 67.8 malezas totales (Cuadro 1). Dentro de las principales malezas que se presentaron durante el periodo de evaluación fueron: hierba amargosa (*Helianthus ciliaris* D.C), trompillo (*Solanum elaeagnifolium* Cav.), zacate pegarropa (*Setaria verticillata* (L.) Beauv.), quelite (*Amaranthus palmeri* S Wats) y verdolaga (*Portulaca oleracea* L.)

**Cuadro 1.** Efecto de los herbicidas preemergentes en el control de malezas en algodón convencional

TRATAMIENTOS	Algodón/ m <sup>2</sup>	Malezas /m <sup>2</sup>	Malezas Totales	Efectividad (%)
Testigo	4.48	a 2.84	a 262.40	a 42.76
Oxifluorfen	4.47	a 2.61	a 143.89	b 58.15
Trifluralina	4.68	a 1.14	b 67.80	d 69.58
Trifluralina + Oxifluorfen	4.48	a 1.24	b 71.20	c 69.22
DMS	0.35	1.12	0.58	0.34
C.V	13.01	12.00	0.83	1.10

Medias con letra similares en la misma columna no son significativamente diferentes ( $p>0.05$ )

El análisis de los datos durante el periodo de control evaluado (35dda) mostró una efectividad mayor al 74 % por parte de los herbicidas preemergentes evaluados, las malezas totales fueron aumentando con el paso de los días, esto se debe principalmente al tratamiento testigo (sin aplicación de herbicidas preemergentes) alcanzando hasta 248.25 malezas en promedio, manteniendo 5.8 plantas de algodón/m<sup>2</sup> y 3 malezas/m<sup>2</sup> en promedio hasta el final de la evaluación (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Efecto de los herbicidas preemergentes durante el periodo crítico de control de malezas en algodón convencional

CONTROL	Algodón/ m <sup>2</sup>	Malezas/ m <sup>2</sup>	Malezas Totales	Efectividad (%)				
Día 35	5.80	a	3.00	a	248.25	a	74.98	a
Día 28	5.66	a	2.75	a	212.50	b	74.98	a
Día 21	5.60	a	2.38	a	177.75	c	74.95	a
Día 14	5.58	a	1.66	a	43.11	d	74.74	a
Día 7	0.00	b	0.00	b	0.00	e	0.00	b
DMS	0.36		1.44		0.69		0.40	
C.V	13.01		12.00		0.83		1.10	

Medias con letra similares en la misma columna no son significativamente diferentes ( $p>0.05$ )

El uso de herbicidas residuales para controlar el complejo de malezas resistentes en el cultivo de algodón son un componente importante dentro manejo integral, debido a que mantener solo una estrategia de control de malezas puede ser no efectivo ya que el hábito de crecimiento perenne del cultivo de algodón complica el manejo de malezas resistentes (Dogan et al., 2014). En el sureste de los Estados Unidos se recomendaba habitualmente la aplicación trifluralina aplicada en preemergencia y control mecánico o químico en postemergencia (Wilcut et al., 1995).

Los tratamientos con trifluralina y la combinación de trifluralina + oxifluorfen presentaron una efectividad en el control de malezas del 89.3% y 88.8% respectivamente, siendo más evidente a los 28dda. Durante el periodo de evaluación su efectividad se mantuvo superior al 80% y los efectos de control se observaron desde el día 14dda. Lograron mantener el número de malezas totales en una proporción menor al 50% en comparación a los tratamientos con oxifluorfen y testigo, lo que conllevó a eliminar más del 90% de las malezas totales dentro del periodo crítico de control después de pasar la cultivadora para realizar el aporque en las plantas de algodón convencional.

De acuerdo con Knezevic *et al.* (2002) mencionan que al darle un manejo al algodón dentro de este periodo mínimo de tiempo libre de malezas se puede prevenir la pérdida de rendimiento del cultivo. Aunque es necesario considerar que los factores específicos del lugar de siembra, la densidad de plantación y las condiciones ambientales pueden afectar

la duración del periodo crítico (Van Acker *et al.*, 1993; Papamichail *et al.*, 2002; Evans *et al.*, 2003; Knezevic *et al.*, 2003).

**Cuadro 3.** Interacción entre el tiempo y efecto de los herbicidas preemergentes en el control de malezas en algodón convencional

CONTROL	TRATAMIENTOS	Malezas Totales	Efectividad (%)		
Día 35	Testigo	504.00	a	49.20	j
Día 35	Oxifluorfen	232.00	e	76.60	e
Día 35	Trifluralina	125.00	h	87.40	b
Día 35	Trifluralina + Oxifluorfen	132.00	g	86.70	b
Día 28	Testigo	373.00	b	56.10	i
Día 28	Oxifluorfen	291.00	d	65.70	g
Día 28	Trifluralina	91.00	l	89.30	a
Día 28	Trifluralina + Oxifluorfen	95.00	k	88.80	a
Día 21	Testigo	367.00	c	48.30	j
Día 21	Oxifluorfen	143.00	f	79.80	d
Día 21	Trifluralina	97.00	j	86.40	b
Día 21	Trifluralina + Oxifluorfen	104.00	i	85.30	c
Día 14	Testigo	68.00	m	60.20	h
Día 14	Oxifluorfen	53.45	n	68.65	f
Día 14	Trifluralina	26.00	o	84.80	c
Día 14	Trifluralina + Oxifluorfen	25.00	o	85.30	c
Día 7	Testigo	0.00	p	0.00	k
Día 7	Oxifluorfen	0.00	p	0.00	k
Día 7	Trifluralina	0.00	p	0.00	k
Día 7	Trifluralina + Oxifluorfen	0.00	p	0.00	k
	DMS	1.80		1.05	
	C.V	0.83		1.10	

Medias con letra similares en la misma columna no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### CONCLUSIÓN

Esta investigación demostró que la trifluralina en combinación con oxifluorfen pueden ser utilizados de manera segura y eficaz dentro del control de malezas en algodón convencional al incluir un paso de cultivadora después de 35 días después de la aplicación de los herbicidas preemergentes, asegurando mantener el cultivo libre de malezas dentro del periodo crítico de control, además de que podrían ser considerado como una alternativa para sustituir el uso del glifosato.

**REFERENCIAS**

- Arellano-Aguilar, O. y R. Montero-Montoya. 2017. El glifosato y los cultivos transgénicos, en F. Bejarano-González, (ed. y coord.), Los plaguicidas altamente peligrosos en México. RAPAM. pp. 153-166. Edo. de Méx., México.
- Benbrook, M.C. 2016. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally, *Environment Science Europe*. 28:3 <https://enveurope.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s12302-016-0070-0>
- Evans S.P, Knezevic S.Z, Lindquist J.L, Shapiro C.A, Blankenship E.E. 2003. Nitrogen application influences the critical period for weed control in corn. *Weed Science* 51, 408–417.
- Dogan M.N, Jabran K. 2014. Integrated weed management in cotton. En *Recent advances in weed management*. Chauhan B.S., Mahajan G (eds). pp. 197-218. Springer Science, New York.
- Jarwar A.D, Baloch G.M, Memon M.A, Rajput L.S. 2005. Efficacy of pre and post-emergence herbicides in cotton. *Pak J Weed Sci Res* 11:51–55
- Kalivas D.P, Economou G, Vlachos C.E. 2010. Using geographic information systems to map the prevalent weeds at an early stage of the cotton crop in relation to abiotic factors. *Phytoparasitica*. 38:299–312
- Kalivas D.P, Vlachos C.E, Economou G, Dimou P. 2012. Regional mapping of perennial weeds in cotton with the use of geostatistics. *Weed Sci* 60:233–243
- Knezevic S.Z, Evans S.P, Blankenship E.E, Van Acker R.C, Lindquist J.L. 2002. Critical period for weed control: the concept and data analysis. *Weed Science* 50: 773–786.
- Knezevic S.Z, Evans S.P, Mainz M. 2003. Row spacing influences the critical timing for weed removal in soybean (*Glycine max*). *Weed Technology* 17, 666–673.
- Langrand, J., Blanc-Brisset, I., Boucaud-Maitre, D., Puskarczyk, E., Nisse, P., Garnier, R. y Pulce, C. 2019. "Increased severity associated with tallowamine in acute glyphosate poisoning", *Clinical Toxicology (Phila)* 6:1-3.
- Oerke E.C. 2006. Crop losses to pests. *J Agric Sci* 144:31–43
- Papamichail D, Eleftherohorinus I, Froud-Williams R, Gravanis F. 2002. Critical periods of weed competition in cotton in Greece. *Phytoparasitica* 30:1–7.
- Scroggs D.M, Miller D.K, Griffin J.L, Wilcut J.W, Blouin D.C, Stewart A.M. 2007 Effectiveness of preemergence herbicide and postemergence glyphosate programs in secondgeneration glyphosate-resistant cotton. *Weed Technol* 21:877–881
- Székács A, Darvas B. 2018. "Re-registration challenges of glyphosate in the european union", *Frontiers in Environmental Science*, 6:31-35
- Werth J.A, Preston C, Roberts G.N, Taylor I.N. 2008. Weed management impacts on the population dynamics of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in glyphosate-resistant cotton in Australia. *Weed Technol* 22:190–194

Wilcut J.W, York A.C, Jordan D.L 1995. Weed management systems for oil seed crops. pp 343–400 en Handbook Weed Management Systems. Smith A.E (ed). Marcel Dekker New York.

Woodburn, A. T. (2000). "Glyphosate: Production, pricing and use worldwide", *Pest Management Science*, 56(4), 309-312.

## MANEJO DE PLAGAS EN ALGODÓN CONVENCIONAL (*Gossypium hirsutum* L.) MEDIANTE LA CONSERVACIÓN DE SUS ENEMIGOS NATURALES

Franco G.I.<sup>1.</sup>, Maltos B.J.<sup>2.</sup>, Hernández L.E.<sup>3.</sup>, Bonilla B.O.<sup>3.</sup>, Anaya S.A.<sup>2.</sup>, Nava C.U.<sup>4.</sup>  
Rivera Z.A.D.<sup>5.</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Boulevard Santos Valdés, Matamoros, Coahuila. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Delicias, Chihuahua. <sup>4</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia. Ej. Venecia, Durango. <sup>5</sup>Universidad Politécnica Nacional. Santa Teresa, San Pedro, Coahuila.

e-mail: jmaltosb@hotmail.com

### RESUMEN

Se estableció una parcela de 0.32 ha de algodón convencional en La Comarca Lagunera como parte del Programa de Mejoramiento Genético del INIFAP. Se revisaron 40 plantas al azar para el muestreo de plagas como mosca blanca, pulgón, larvas de Lepidoptera y daños en cuadros por picudo del algodón; 100 redeos para insectos benéficos y monitoreo de chinches. Además, se revisaron 50 bellotas medianas para detectar daño de chinche y picudo del algodón, con una frecuencia semanal a partir de los 62 días después de la siembra (DDS). La plaga más abundante fue mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius), rebasando el umbral de acción de 40% de hojas infestadas, realizando una aplicación del insecticida selectivo pyriproxifen a una dosis de 0.5 l/ha; le siguió el picudo del algodono (*Anthonomus grandis* Boeman), siendo la de mayor importancia por el daño que ocasiona en cuadros, bellotas chicas y medianas, alcanzando un 40% de bellotas medianas dañadas, mientras que el daño por chinches alcanzó un 32% en bellotas medianas. Para el control del picudo del algodono se realizaron 2 aplicaciones de malatión a una dosis de 1 l/ha. Del complejo de larvas de Lepidoptera que atacan al cultivo de algodón solamente se registró 1 huevecillo de gusano del fruto (*Helicoverpa zea* Boddie) en todo el ciclo, por lo que se cree que las poblaciones de estas plagas son muy bajas.

**Palabras clave:** Conservación, insectos benéficos, umbral de acción, dosis, daño.

### ABSTRACT

A 0.32 ha plot of conventional cotton was established in La Comarca Lagunera as part of the INIFAP Genetic Improvement Program. 40 plants were randomly inspected for pests such as whitefly, aphids, Lepidoptera larvae and damage to squares by the boll weevil; 100 roundups for beneficial insects and monitoring of chinch bugs. In addition, 50 medium acorns were inspected for damage by chinch bugs and boll weevils, with a weekly frequency starting 62 days after sowing (DAS). The most abundant pest was whitefly (*Bemisia tabaci* Gennadius), exceeding the action threshold of 40% of infested leaves, applying the selective insecticide pyriproxifen at a dose of 0.5 l/ha; The cotton boll weevil (*Anthonomus grandis* Boeman) was the most important pest due to the damage it causes to small and medium-sized acorns, with 40% of medium-sized acorns damaged, while the damage caused by bugs reached 32% in medium-sized acorns. To control the cotton boll weevil, 2 applications

of malathion were made at a dose of 1 l/ha. Of the complex of Lepidoptera larvae that attack the cotton crop, only 1 egg of the fruit worm (*Helicoverpa zea* Boddie) was recorded throughout the cycle, so it is believed that the populations of these pests are very low.

Keywords: Conservation, beneficial insects, action threshold, dose, damage.

## INTRODUCCIÓN

Desde la introducción del algodón transgénico en México en 1996, la superficie sembrada con algodón convencional empezó a disminuir hasta dejar de sembrarse en 2011, por lo que los programas de mejoramiento genético nacionales dejaron de producir nuevas variedades convencionales. El uso de variedades de algodón transgénico trajo beneficios para los productores como fue la reducción de plagas lepidópteras, beneficios ambientales por la reducción en el número de aplicaciones de insecticidas químicos, sugiriendo que, dado los bajos niveles de plagas del algodón en la actualidad, es posible utilizar el uso de tecnologías diferentes, como es el uso de variedades convencional de algodón (Rocha-Munive et al., 2018; Luján Aguirre et al. 2020). Los bajos niveles en la densidad poblacional de las plagas de lepidópteros en el cultivo, así como las dificultades para la importación de semilla transgénica, han motivado la reactivación para la generación de nuevas variedades de algodón convencional. En 2018 se reactivó el programa de mejoramiento genético en el Campo Experimental La Laguna, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) donde se han evaluado materiales sobresalientes. Dichas evaluaciones incluyen su desempeño ante las plagas que prevalecen para este cultivo. En la Comarca Lagunera el picudo del algodón (*Anthonomus grandis*) se considera la principal plaga, seguida de la mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius) ya que se ha convertido en una plaga recurrente debido a la cercanía de cultivos como el melón y sandía, así como la aplicación de insecticidas de amplio espectro; el complejo de larvas de lepidópteros, gusano soldado (*Spodoptera exigua* Hübner), gusano bellotero (*Helicoverpa zea*) y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) ocasiona daños al cultivo cuando se presentan, así como un complejo de chinches que ocasionan daños al cultivo, como la conchuela *Chlorochroa ligata* Say, chinche *Lygus* sp., entre otras. El objetivo de esta investigación fue evaluar la incidencia de plagas en algodón 100% convencional con un manejo que fomenta la conservación de los enemigos naturales de las plagas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció una parcela de 0.32 has de algodón convencional en el Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Matamoros, Coahuila. La siembra y el manejo agronómico del cultivo se llevó a cabo como lo indica el paquete tecnológico generado por el INIFAP. A partir de los 62 días después de la siembra (DDS) se inició con los muestreos de plagas, el cual consistió en revisar semanalmente 40 plantas al azar y el muestreo de bellotas se inició a los 97 DDS. A cada planta se revisó la parte terminal para la detección de huevecillos o larvas pequeñas de lepidópteros; la hoja del 5º nudo de arriba hacia abajo se revisó para el conteo de adultos y ninfas de mosca blanca. Para el conteo de ninfas de mosca blanca se colectaron las hojas del 5º nudo de 40 plantas, colocándose en bolsa de papel y después puesta en refrigeración para su revisión con el estereoscopio electrónico. Para evaluar el

daño por chinches y picudo del algodón se colectaron 50 bellotas medianas, las cuales se revisaron *in situ*, registrando el porcentaje de bellotas dañadas. Para el monitoreo de los insectos benéficos, se utilizó una red estándar de golpeo, realizando 25 redeos por cada melga, para un total de 100 redeos por semana. Los ejemplares capturados se colocaron en bolsas de papel canela de 2 kg y a su vez, en bolsas de plástico, las cuales se depositaron en refrigeración para el conteo e identificación de los insectos benéficos. La identificación de los grupos de insectos benéficos se hizo con un estereoscopio electrónico y con la información obtenida, se elaboraron gráficas sobre la incidencia de las principales plagas del algodón convencional y la abundancia de insectos benéficos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La mosca blanca fue la plaga más abundante durante el ciclo agrícola, rebasando el umbral de 40% de hojas infestadas por adultos y por ninfas (Figura 1) debido a la migración de adultos de cultivos de melón cercanos a la parcela de algodón, como lo reportado por Nava et al. (2021) quienes mencionan que parcelas cercanas al cultivo de melón (de 300 a 1,400 m) registran una densidad poblacional más alta de mosca blanca que parcelas alejadas al melón (13,600 a 23,200 m). Por lo que se realizó una aplicación del insecticida regulador del crecimiento pyriproxifen a una dosis de 0.5 l/ha y como coadyuvante una mezcla de resinas acrílicas a 1 ml/l de agua a los 75 DDS para reducir el nivel de población de la mosca blanca por debajo del umbral económico, tal como lo señalan Naranjo & Ellsworth (2009). El efecto del insecticida regulador del crecimiento no es inmediato ya que actúa sobre las ninfas y adultos de mosca blanca a la semana de la aplicación, sin efectos negativos sobre los enemigos naturales (Naranjo et al., 2004). La acción conjunta del efecto residual del insecticida y la acción de los enemigos naturales, mantuvieron la población de mosca blanca por debajo del umbral de acción hasta el final del ciclo del cultivo, lo que coincide con lo mencionado por Naranjo & Ellsworth (2009).

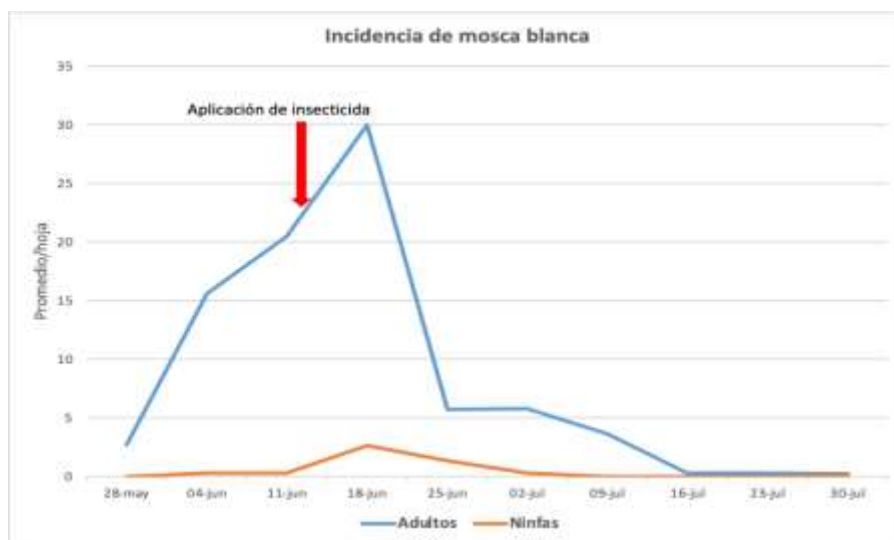


Figura 1. Incidencia de adultos y ninfas de mosca blanca en algodón convencional en La Comarca Lagunera 2024.



Los resultados de la inspección de bellotas medianas mostraron porcentajes de daño elevados (Figura 2), superior al 30% en el caso de daño por chinches y para el picudo el porcentaje de bellotas dañadas fue del 40%. El daño más importante que sufrió el cultivo lo ocasionó el picudo debido a que la larva daña una parte importante de la bellota, mientras que el daño por chinches necesita ser evaluado para medir su impacto en la producción y calidad de la fibra. Se realizaron dos aplicaciones de malatión (1 l/ha) a los 119 y 127 DDS para el control del picudo del algodón y para el control de chinches no se realizaron aplicaciones de insecticida.

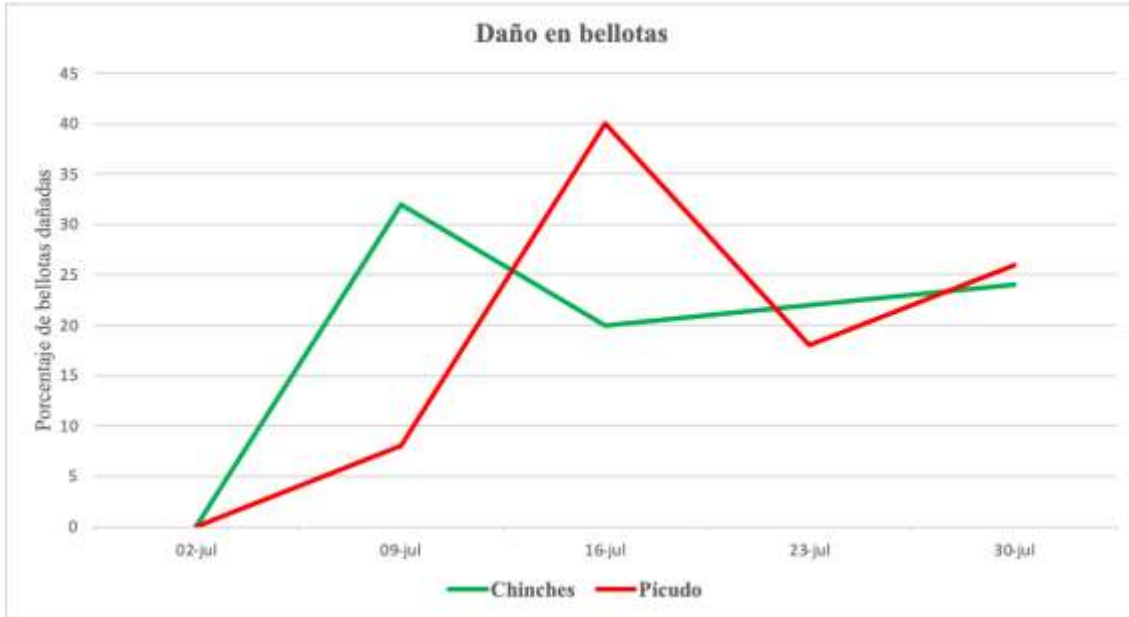


Figura 2. Porcentaje de daño en bellotas medianas por chinches y picudo del algodón en La Comarca Lagunera 2024.

Durante los redeos realizados en el cultivo de algodón, se registró la captura de ejemplares de chinche *Lygus* spp. (Figura 3). La población de chinche *Lygus* spp. se mantuvo en un nivel de población por debajo de 5 ejemplares por 100 redeos en todo el ciclo, por lo que su población se considera baja. La población de chinche *Lygus* spp. no rebasó el umbral económico de 15/4 (15 adultos y 4 ninfas) Ellsworth & Barkley (2001). No se registró la presencia de conchuela *C. ligata* durante los muestreos y los redeos, aunque visualmente se observó algún ejemplar fuera del muestreo. Existe un complejo de especies de chinches en el cultivo que no han sido identificadas, que probablemente ocasionan daños al cultivo.



Figura 3. Incidencia de chinche *Lygus* spp. en algodón convencional en La Comarca Lagunera 2024.

Se registró la presencia de 13 especies de insectos depredadores durante los redeos realizados en el algodón convencional, lo que coincide con lo reportado por Nava et al. (2021) en predios de algodón transgénico en La Comarca Lagunera. También, se registró la presencia de la avispa parasitoide *Eretmocerus* sp. y un complejo de arañas entre las que se encontró la araña cangrejo (*Misumenops* sp.). Los depredadores más abundantes en los redeos fueron la chinche mítica (*Rhinacloa* sp.), chinche pirata (*Orius* spp.), crisopa verde (*Chrysoperla* sp.), catarinita convergente (*Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville) y avispa parasitoide (*Eretmocerus* sp.). Otros depredadores presentes, pero en menor cantidad fueron el complejo de arañas, incluyendo la araña cangrejo (*Misumenops* sp.), mosquita (*Drapetis* sp.), chinche ojona (*Geocoris* sp.), chinche pajiza (*Nabis* sp.), chinche asesina (*Zelus* sp.), escarabajo suave (*Collops vitatus* Say), mosca sírfida (*Allograpta oblicua* Say), catarinita gris (*Olla v-nigrum* Mulsant) y escarabajo pequeño (*Stethorus* sp.). De acuerdo con Vandervoet et al. (2018), un complejo de artrópodos generalistas proporciona una regulación crítica de *B. tabaci* y otras plagas en el sistema algodonero. Entre estos depredadores se encuentran *Misumenops celer* Hentz, *Chrysoperla carnea* Stephens, *Drapetis nr divergens* Loew, *Orius tristicolor* White y *Geocoris pallens* Stal, los cuales, en su mayoría, coinciden con los depredadores encontrados en La Comarca Lagunera.

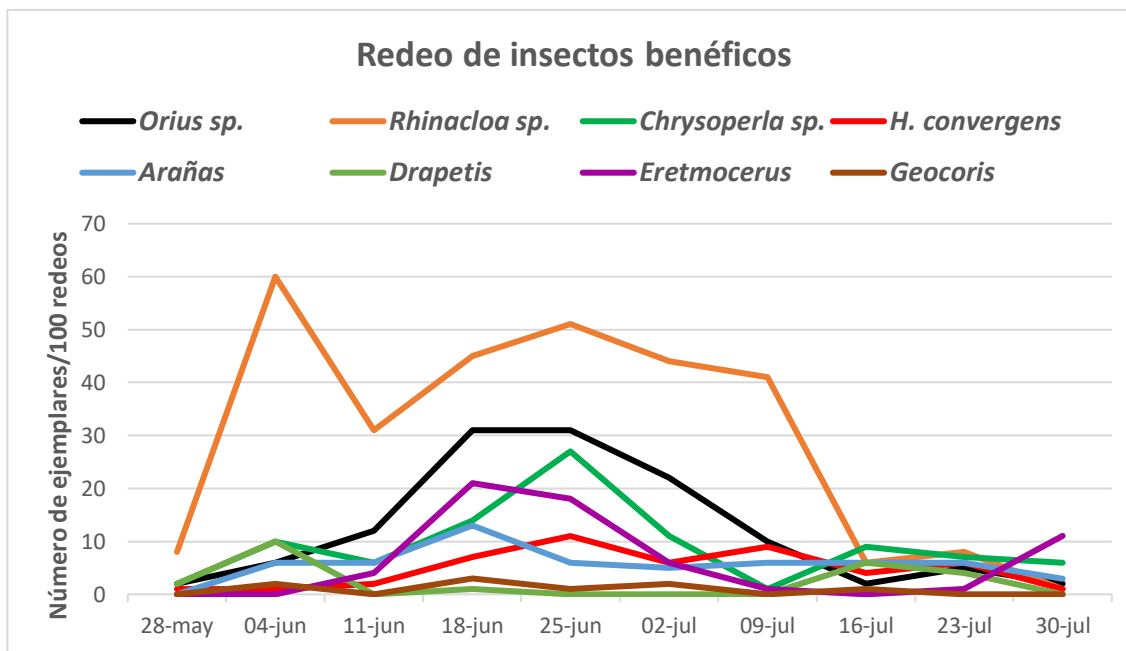


Figura 4. Dinámica poblacional de insectos benéficos en algodón convencional en La Comarca Lagunera 2024.

### CONCLUSIONES

La mosca blanca (*B. tabaci*) fue la plaga más abundante, la cual rebasó el umbral de acción y con una aplicación del insecticida regulador del crecimiento pyriproxifen y la acción de los insectos benéficos el nivel de población de mosca blanca se mantuvo por debajo del umbral económico durante todo el ciclo. El muestreo y redeo oportuno, además de la aplicación de insecticidas selectivos y la conservación de los insectos benéficos favorece el control plagas como el complejo de larvas de Lepidoptera y mosca blanca.

La población de insectos benéficos fue alta durante toda la temporada, disminuyendo hacia el final del ciclo del cultivo. Pudiéndose encontrar depredadores como chinche mirida, chinche pirata, crisopa verde, catarinita convergente, avispa parasitoide y un complejo de arañas, incluyendo araña cangrejo.

### REFERENCIAS

- Ellsworth, P. C., & Barkley, V. (2001). Cost-effective Lygus management in Arizona cotton. University of Arizona. Maricopa, Az. Cotton Report 2001. Series P-125. <http://hdl.handle.net/10150/211330>
- Luján Aguirre R.S., Porras Flores D. A., Flores Córdova M. A., Hernández Huerta J., Pérez Leal R., Balandrán Valladares M. I., Tarín Estrada L. A., Portillo Duarte E., Ortega Ortega A., Acevedo Barrera A. A., Jimenez Castro J. A., Esparza Vela M. E., Berzoza Gaytán C. A., Arras Vota A. M. G. (2020). El cultivo del algodón: análisis del impacto social, económico y ambiental en México. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua.

- Naranjo, S. E., Ellsworth, P. C., & Hagler, J. R. (2004). Conservation of natural enemies in cotton: role of insect growth regulators in management of *Bemisia tabaci*. *Biological Control*, 30(1), 52-72.
- Naranjo, S. E., & Ellsworth, P. C. (2009). The contribution of conservation biological control to integrated control of *Bemisia tabaci* in cotton. *Biological Control*, 51(3), 458-470.
- Nava-Camberos, U., Ávila-Rodríguez, V., Maltos-Buendía, J., García-Hernández, J. L., & Martínez-Carrillo, J. L. (2018). Densidades y daños de insectos plaga en algodónero convencional y Bt en la Comarca Lagunera, México. *Southwestern Entomologist*, 43(4), 985-993.
- Nava-Camberos, U., Maltos-Buendía, J., Ávila-Rodríguez, V., Hernández-Leal, E., Franco-Gaytán, I., Rivera-Zamarripa, A. D., ... & Sánchez-Galván, H. (2021). Densidades de Mosca Blanca, *Bemisia tabaci* e Insectos Depredadores Asociados en Algodonero. *Southwestern Entomologist*, 46(2), 463-478.
- Rocha-Munive MG, Soberón M, Castañeda S, Niaves E, Scheinvar E, Eguiarte LE, Mota-Sánchez D, Rosales-Robles E, Nava-Camberos U, Martínez-Carrillo JL, Blanco CA, Bravo A and Souza V (2018) Evaluation of the Impact of Genetically Modified Cotton After 20 Years of Cultivation in Mexico. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 6:82. doi: 10.3389/fbioe.2018.00082
- Vandervoet, T. F., Ellsworth, P. C., Carrière, Y., & Naranjo, S. E. (2018). Quantifying conservation biological control for management of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in cotton. *Journal of Economic Entomology*, 111(3), 1056-1068.

## MANEJO DE LAMINAS DE RIEGO OPTIMAS MEDIANTE TELEDETECCIÓN EN HÍBRIDOS DE MAÍZ FORRAJERO

Franco G.I.<sup>1</sup>., López H..N.A<sup>2</sup>., Trucios C.R<sup>2</sup>., Puente V.CO<sup>2</sup>., Inzunza I.M.A<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INIFAP-Campo Experimental La Laguna, Blvd. José Santos Valdez No. 1200 Pte. Col. Centro, Matamoros, Coahuila C.P. <sup>2</sup>NIFAP CENID-RASPA, Km. 6.5 Margen derecha canal de Sacramento S/N, Ejido Las Huertas, Gómez Palacio, Durango  
\*Correo electrónico: lopez.nuria@inifap.gob.mx

### RESUMEN

La aplicación de la teledetección aérea en la agricultura en los últimos años ha avanzado en el ámbito de la investigación sobre todo para la detección de estrés hídrico, algunos métodos para estimar el requerimiento hídrico de los cultivos se basan en la utilización de imágenes satelitales (Satélite SENTINEL-2) o imágenes obtenidas a través de un sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS) mediante estimaciones del coeficiente del cultivo (Kc) durante todo el ciclo vegetativo y calculando la evapotranspiración del cultivo (ETC), por lo que el objetivo de la investigación fue evaluar el potencial genético en respuesta al estrés hídrico en maíz forrajero. El estudio se estableció dentro de una parcela experimental del INIFAP-CENID-RASPA en Gómez Palacio, Durango, México. Los híbridos de maíz forrajero evaluados fueron "Matador" y "N83N5". Los tratamientos fueron: (T1. Testigo) Lámina de riego aplicada por los productores maíz forrajero como control, (T2. Satélite Sentinel-2) Lámina de riego calculada mediante la ETC estimada a partir del NDVI obtenido con imágenes del satélite Sentinel-2, (T3. RPAS) Lámina de riego calculada mediante la ETC estimada a partir del NDVI de imágenes obtenidas con un sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS) de ala fija modelo eBee Classic. Las variables vegetativas evaluadas fueron: Altura de planta (cm), Diámetro basal del tallo (cm), Largo de hoja (cm), Ancho de hoja (cm), Área foliar de la hoja (cm<sup>2</sup>) y Temperatura de la hoja (°C). Se utilizó un diseño experimental en completamente al azar con diez repeticiones. Los datos se analizaron mediante pruebas de distribución normal por el método de Shapiro-Wilks, pruebas de homogeneidad de varianza por el test de Bartlett, análisis de varianza y pruebas de comparación de medias por el método de Tukey con un nivel de significancia del 95%. Esta investigación demostró que las láminas de riego calculadas mediante la ETC estimada a partir del NDVI obtenido con imágenes del satélite Sentinel-2 y el sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS) dan una estimación precisa de los requerimientos hídricos del cultivo en comparación con la lámina de riego utilizada tradicionalmente.

**Palabras clave:** *Zea mays*, imágenes satelitales, índices de vegetación

### ABSTRACT

The application of aerial remote sensing in agriculture in recent years has advanced in the field of research, especially for the detection of water stress. Some methods to estimate the water requirement of crops are based on the use of satellite images (SENTINEL-2 satellite) or images obtained through a remotely piloted aircraft system (RPAS) by estimating the crop coefficient (Kc) throughout the vegetative cycle and calculating crop evapotranspiration (ETC). The objective of the research was to evaluate the genetic potential in response to

water stress in forage corn. The study was established within an experimental plot of INIFAP-CENID-RASPA in Gómez Palacio, Durango, Mexico. The forage corn hybrids evaluated were "Matador" and "N83N5". The treatments were: (T1. Control) Irrigation layer applied by producers forage corn as a control, (T2. Sentinel-2 satellite) Irrigation layer calculated using the ETC estimated from the NDVI obtained with images from the Sentinel-2 satellite, (T3. RPAS) Irrigation layer calculated using the ETC estimated from the NDVI of images obtained with a fixed-wing remotely piloted aircraft system (RPAS) model eBee Classic. The vegetative variables evaluated were: Plant height (cm), Basal stem diameter (cm), Leaf length (cm), Leaf width (cm), Leaf area of the leaf (cm<sup>2</sup>) and Leaf temperature (°C). A completely randomized experimental design with ten replications was used. Data were analyzed using normal distribution tests using the Shapiro-Wilks method, tests for homogeneity of variance using the Bartlett test, analysis of variance and tests for comparison of means using the Tukey method with a significance level of 95%. This research demonstrated that irrigation depths calculated using the ETC estimated from the NDVI obtained with images from the Sentinel-2 satellite and the remotely piloted aircraft system (RPAS) give an accurate estimate of crop water requirements compared to the traditionally used irrigation depth.

**Key words:** *Zea mays*, satellite images, vegetation indices

## INTRODUCCION

En la Comarca Lagunera los cultivos predominantes para forrajes son maíz, alfalfa, sorgo y avena (Zavala-Borrego *et al.*, 2022). El maíz forrajero en los últimos años ha sido el principal cultivo sembrado en la región con una superficie promedio de 90 mil ha (SIAP, 2023). La eficiencia en el uso del agua para la producción de forraje agrupa una serie de componentes relacionados con el cultivo y con el sistema de riego, el cual consiste en aumentar la productividad agronómica y económica de forma que se obtenga una mayor producción por unidad de agua consumida (FAO, 2011). Incrementar la productividad del agua a través de la aplicación de láminas de riego óptimas para el cultivo puede compensar el impacto del cambio climático (Hatfield y Dold, 2019).

La aplicación de la teledetección aérea en la agricultura en los últimos años ha avanzado en el ámbito de la investigación sobre todo para la detección de estrés hídrico, plagas y enfermedades, malas hierbas, seguimiento del cultivo, estado nutricional, determinación de biomasa, rendimiento y caracterización del suelo, etc. (Yue *et al.*, 2012; Calderón *et al.*, 2013; Peña *et al.*, 2011; Bellvert *et al.*, 2014). Recientemente han surgido métodos para estimar el requerimiento hídrico de los cultivos, utilizando imágenes satelitales (Delgado *et al.*, 2017; Delgado *et al.*, 2019) o imágenes obtenidas a través de un sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS). Las imágenes de satélite de acceso abierto de los proyectos de monitoreo terrestre SENTINEL-2A y 2B cuenta con 12 bandas (0.43-2.28  $\mu\text{m}$ ) (Piedad-Rubio *et al.*, 2020; Salehi *et al.*, 2020). Es importante realizar estimaciones prácticas y operativas del coeficiente del cultivo (Kc) durante todo el ciclo vegetativo, para posteriormente calcular la evapotranspiración del cultivo (ETC) y programar los riegos haciendo un uso eficiente del agua (Delgado-Ramírez *et al.*, 2023).

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se estableció dentro de una parcela experimental del INIFAP-CENID-RASPA en Gómez Palacio, Durango, México, cuya localización geográfica es 25° 33'19" N y 103° 27'03" O. Los híbridos de maíz forrajero evaluados fueron "Matador" y "N83N5". El riego de presembrado se realizó el 20 de marzo, los híbridos se sembraron el 02 de abril y la emergencia de las plantas inicio ocho días después de la siembra (dds). La dosis de fertilización se ajustó de acuerdo a los requerimientos del cultivo y etapa fenológica, se realizaron aplicaciones de clorantraniliprol y spiromesifen para el control de gusano cogollero y araña roja respectivamente, el sistema de riego utilizado fue por goteo, a lo largo del ciclo del cultivo se aplicaron 15 riegos de acuerdo a los siguientes tratamientos: **(T1. Testigo)** Lámina de riego aplicada por los productores maíz forrajero como control, **(T2. Satélite Sentinel-2)** Lámina de riego calculada mediante la ETC estimada a partir del NDVI obtenido con imágenes del satélite Sentinel-2, **(T3. RPAS)** Lámina de riego calculada mediante la ETC estimada a partir del NDVI de imágenes obtenidas con un sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS) de ala fija modelo eBee Classic.

**Cuadro 1.** Láminas de riego aplicadas durante el ciclo del cultivo

HÍBRIDO	TESTIGO (mm)	SENTINEL-2 (mm)	RPAS (mm)
N83N5	840	801.99	645.32
MATADOR	840	898.91	584.89

El número de muestreos se determinó con base en el desarrollo fenológico (crecimiento de las plantas "VE a V1"; Crecimiento vegetativo "V2 a Vn"; floración y fecundación "VT, R0 y R1") y número de riegos programados de acuerdo a los tratamientos establecidos durante los meses de abril a julio. Las variables vegetativas evaluadas fueron: Altura de planta (cm), Diámetro basal del tallo (cm), Largo de hoja (cm), Ancho de hoja (cm), Área foliar de la hoja (cm<sup>2</sup>) y Temperatura de la hoja (°C).

### Diseño experimental y Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental en completamente al azar con diez repeticiones. Los datos se analizaron mediante pruebas de distribución normal por el método de Shapiro-Wilks, pruebas de homogeneidad de varianza por el test de Bartlett, análisis de varianza y pruebas de comparación de medias por el método de Tukey con un nivel de significancia del 95% utilizando el programa estadístico InfoStat versión 2020.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados mostraron que las láminas de riego evaluadas tuvieron un efecto significativo sobre el diámetro del tallo y ancho de hoja del híbrido N83N5 con 24.26 mm y 6.89cm respectivamente en comparación el híbrido Matador el cual mostró hojas más largas (62.87). Ambos híbridos mantuvieron una altura de planta, área foliar y temperatura de la hoja similar promedio (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Efecto de las láminas de riego optimas sobre el potencial genético de los híbridos de maíz forrajero

HÍBRIDOS	AP (cm)	DT (mm)	LH (cm)	AH (cm)	AF (cm <sup>2</sup> )	TH (°C)
N83N5	77.36 a	24.26 a	58.33 b	6.89 a	329.50 a	28.74 a
Matador	76.54 a	23.07 b	62.87 a	6.36 b	325.49 a	29.02 a
DMS	1.29	0.60	1.02	0.12	9.03	0.40
C.V	8.79	13.30	8.81	10.25	14.40	7.31

AP: Altura de planta; DT: Diámetro de tallo basal; LH: Largo de hoja; AH: Ancho de hoja; AF: Área Foliar; T: Temperatura de la hoja; DMS: Diferencia mínima significativa; C.V: Coeficiente de variación. Medias con letra similares en la misma columna no son significativamente diferentes ( $p>0.05$ )

Los tratamientos de riego aplicados mediante teledetección satelital (Satelite-Sentinel-2) y RPAS generaron un crecimiento y desarrollo de las plantas similar en cuanto a la altura de planta (73.33cm; 74.98cm), largo de hoja (58.71cm; 59.71cm) y área foliar (319.05 cm<sup>2</sup>; 312.33cm<sup>2</sup>), sin embargo la lámina de riego utilizado como testigo en esta investigación generó un mayor crecimiento en las plantas en las mismas variables, esto se pudo deber a que se mantuvo una lámina de riego constante durante el ciclo, e incluso se presentaron lluvias atípicas en la región lo que generó que los híbridos no se mantuvieran bajo condiciones de estrés hídrico generando un mayor crecimiento y desarrollo (Cuadro 3). Un mayor estrés hídrico repercute en una menor producción de follaje por unidad de área y una acumulación de biomasa más baja debido a una menor intercepción de radiación fotosintéticamente activa, lo cual, eventualmente, conduce a un menor rendimiento (Song et al., 2019)

**Cuadro 3.** Efecto de las láminas de riego optimas sobre el desarrollo y crecimiento de las plantas de maíz forrajero

TRATAMIENTOS	AP (cm)	DT (mm)	LH (cm)	AH (cm)	AF (cm <sup>2</sup> )	T (°C)
Testigo	82.54 a	23.96 a	63.40 a	6.80 a	351.11 a	28.82 a
Sentinel	73.33 b	23.87 a	58.71 b	6.66 a	319.05 b	29.10 a
RPAS	74.98 b	23.17 a	59.71 b	6.40 b	312.33 b	28.73 a
DMS	1.89	0.88	1.49	0.19	13.23	0.59
C.V	8.79	13.30	8.81	10.25	14.40	7.31

AP: Altura de planta; DT: Diámetro de tallo basal; LH: Largo de hoja; AH: Ancho de hoja; AF: Área Foliar; T: Temperatura de la hoja; DMS: Diferencia mínima significativa; C.V: Coeficiente de variación. Medias con letra similares en la misma columna no son significativamente diferentes ( $p>0.05$ )

El registro de los datos se inició durante la etapa de crecimiento vegetativo, cuando los híbridos de maíz forrajero se encontraban en V4, el desarrollo de las plantas se mantuvo constante desde los 30dds hasta los 52dds, durante la etapa de floración y fecundación las plantas alcanzaron su máximo potencial genético en cuanto altura (172.3cm) y desarrollo de su aparato fotosintético (543.61 cm<sup>2</sup>). A partir de los 52 dds se observó un aumento en la temperatura de la hoja (35.9°C) con valores por arriba de la temperatura optima de

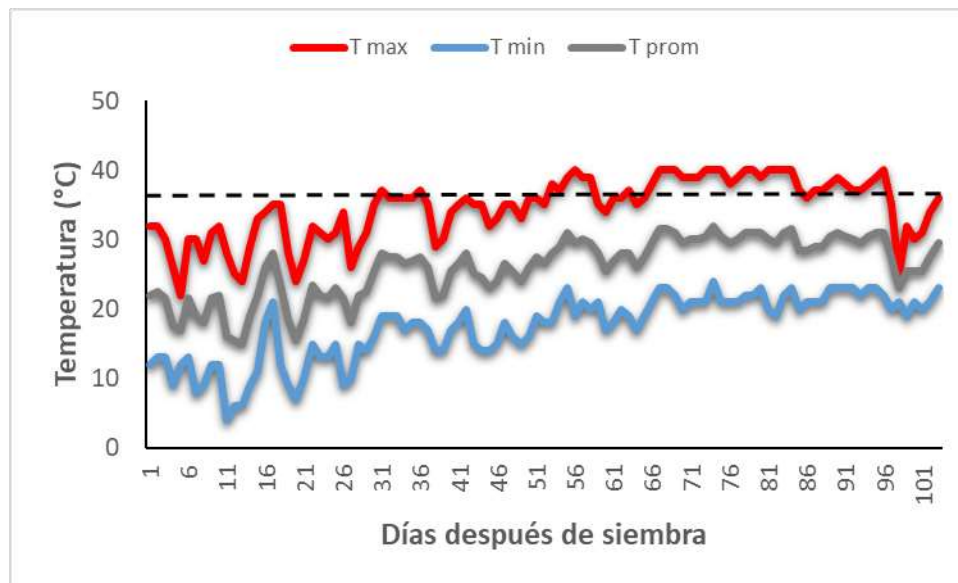


desarrollo de las plantas (35°C) lo que provoco una disminución en el desarrollo de los híbridos el cual se incrementó a los 84dds (Cuadro 4). Durante el mes de junio se presentaron temperaturas máximas de 40°C y en el mes de julio se presentaron lluvias atípicas en la región que pueden explicar este comportamiento (Figura 1). La acumulación de energía térmica va a depender de las fechas de siembra, ubicación geográfica de las parcelas, pero sobre todo del manejo del riego, el cual influye en la disponibilidad de agua y afecta la temperatura, lo que disminuye tanto el estrés hídrico como térmico de las plantas (Zhu y Burney, 2022).

**Cuadro 4.** Efecto de láminas de riego optimas durante las etapas fenológicas de los híbridos de maíz forrajero

DDS	AP (cm)	DT (mm)	LH (cm)	AH (cm)	AF (cm <sup>2</sup> )	TH (°C)						
94	172.30	a	29.69	a	85.83	a	8.45	a	543.61	a	21.71	e
84	146.02	b	29.42	a	85.00	a	8.40	a	530.89	a	29.80	b
69	71.71	c	26.39	b	69.45	b	7.20	b	380.62	b	28.93	b
64	64.44	d	26.27	b	64.12	c	7.07	b	344.74	c	35.90	a
52	36.42	e	22.12	c	51.88	d	5.80	c	230.54	d	35.90	a
44	29.63	f	19.65	d	40.29	e	5.51	c	170.17	e	24.28	d
30	16.08	g	12.14	e	26.82	f	3.88	d	79.20	f	26.53	c
DMS	3.64	1.69	2.88	0.36	25.43	1.13						
C.V	8.79	13.30	8.81	10.25	14.40	7.31						

AP: Altura de planta; DT: Diámetro de tallo basal; LH: Largo de hoja; AH: Ancho de hoja; AF: Área Foliar; T: Temperatura de la hoja; DMS: Diferencia mínima significativa; C:V: Coeficiente de variación. Medias con letra similares en la misma columna no son significativamente diferentes ( $p>0.05$ )



**Figura 1.** Temperaturas máximas, mínimas y promedio durante el ciclo primavera 2024 en la Región Lagunera. Datos estación meteorológica del INIFAP-CELALA.

## CONCLUSION

Esta investigación demostró que las láminas de riego calculadas mediante la ETC estimada a partir del NDVI obtenido con imágenes del satélite Sentinel-2 y el sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS) dan una estimación precisa de los requerimientos hídricos del cultivo en comparación con la lámina de riego utilizada tradicionalmente.

## REFERENCIAS

- Bellvert, J., Zarco-Tejada, P.J., Girona, J., Fereres, E. 2104. "Mapping crop water stress index in a 'Pinotnoir' vineyard: comparing ground measurements with thermal remote sensing imagery from an unmanned aerial vehicle". *Precision Agriculture*, 1, 361–376.
- Calderón, R., Zarco-Tejada, P.J., Lucena, C., Navas-Cortés, J.A. 201). "High-resolution airborne hyperspectral and thermal imagery for pre-visual detection of Verticillium wilt using fluorescence, temperatura and narrow-band indices". *Remote Sensing of Environment*, 139, 231-245.
- Delgado R.G., Estrada A.J., Rivera G.M., Miguel E.V., Servin P.A.J, Ramos C.C.M. 2017. Procedimiento metodológico para estimar necesidades hídricas en cultivos mediante imágenes de satélite y modelo SEBAL. INIFAP CENID-RASPA. Gómez Palacio, Durango.
- Delgado R.G., Rivera G.M., Estrada A.J., Miguel E.V., Servín P.A.J., Reyes G.A., Martínez S.A.R. 2019. Metodología dos pasos (KcNDVY-ETo) para la estimación de la evapotranspiración espacial y temporal en cultivos forrajeros. INIFAP CENID-RASPA. Gómez Palacio, Durango.
- Delgado-Ramírez G, Bolaños-González M.A, Quevedo-Nolasco A, López-Pérez A, Estrada-Ávalos J. 2023. Estimatin the crop coefficient of forage maize using remote sensing. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 15(1), 17-35
- FAO. 2011. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo. Roma y Mundi-Prensa, Madrid.
- Hatfield J., Dord C. 2019. Water-use efficiency: advanes and challenges in a changing. *Front Plant Sci.* 10:103
- Peña-Barragán, J.M., Ngugi, M.K., Plant, R.E., Six, J. 2011. Object-based crop identification using multiple vegetation indices, textural features and crop phenology. *Remote Sensing and Environment*, 115: 1301–1316.
- Piedad-Rubio, A. M., Hernández-López, D. R., Lárraga-Altamiran, H. R., Zacarías-González, E. 2020. Teledeteccion en la agricultra de precisión: estado del arte de los índices de vegetación. *TECTZAPIC: Revista de Divulgación Científica y Tecnológica*, 6(2), 46-58
- Salehi, S. H., Ashourloo, D., Moeini-Rad, A., Aghighi, H., Azadbakht, M., & Nematollahi, H. 2020. Automatic silage maize detection based on phenological rules using Sentinel-2 time-series dataset. *International Journal of Remote Sensing*, 41(21), 8406-842
- Song, L., Jin, J., He, J. 2019. Effects of severe water stress on maize growth processes in the field. *Sustainability*, 11(18):5086.

- Yue, J.W., Lei, T.J., Li, C.C., Zhu, J.Q. 2012. "The application of unmanned aerial vehicle remote sensing on quickly monitoring crop pests". *Intelligent Automation and Soft Computing*, 18, 1043-1052.
- Zavala-Borrego F, A. Reyes-González, V Álvarez-Reyna, P Cano-Ríos, V.M Rodríguez-Moreno. 2022. Efecto de la tasa de evapotranspiración en área foliar, potencial hídrico y rendimiento de maíz forrajero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 13:407-4020.
- Zhu, P., Burney, J. 2022. Untangling irrigation effects on maize water and heat stress alleviation using satellite data. *Hydrology and Earth System Sciences*, 26, 827-840

## REGISTRO DE LA TEMPERATURA MEDIANTE UN SENSOR DIGITAL DENTRO DEL CULTIVO DE TRIGO Y DE UNA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA

Torres C. M. M.\*; Fuentes D. G.; y Félix V. P.

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora 85000. \*tcmonserrat90@gmail.com

### RESUMEN

Los parámetros meteorológicos determinan la mayoría de los eventos agronómicos, siendo la temperatura el factor climatológico más relacionado con la productividad anual de un cultivo. El objetivo del presente trabajo fue monitorear la temperatura y la humedad relativa, en las diferentes etapas de crecimiento de trigo harinero en un sistema de riego presurizado. El trabajo se realizó con los datos obtenidos del 12 de diciembre de 2017 (fecha de siembra) al 18 de abril de 2018, de un sensor móvil OMEGA OM-EL-USB-2, dentro de un campo comercial sembrado con la variedad de trigo harinero Borlaug 100, ubicada en el Block 1020, en el Valle del Yaqui, Sonora, y de la estación meteorológica Block 910-CIANO, la cual se ubica a 8 km de distancia. Se realizaron los cálculos para el promedio de temperatura, humedad relativa y horas frío (HF). Además, se filtraron los datos en horario diurno y nocturno, considerando datos de día de las 7:00 a las 18:00 y datos de noche de las 19:00 a las 06:00. El registro de HF por parte del sensor fue mayor en 384 que la estación meteorológica, la cual acumuló un total de 321. La temperatura durante el día fue en promedio 2.9 °C superior a la registrada por la estación meteorológica, y 1.6 °C menor en la temperatura durante la noche. La humedad relativa registrada por el sensor fue 5% mayor que la registrada por la estación meteorológica.

**Palabras clave:** Temperatura, sensor digital, trigo harinero, riego presurizado.

### ABSTRACT

Meteorological parameters determine most agronomic events, with temperature being the climatological factor most closely related to the annual productivity of a crop. The objective of this work was to monitor temperature and relative humidity at different growth stages of bread wheat in a pressurized irrigation system. The work was carried out with data obtained from December 12, 2017 (sowing date) to April 18, 2018, from a mobile OMEGA OM-EL-USB-2 sensor, within a commercial field sown with the bread wheat cultivar Borlaug 100, located in Block 1020, in the Yaqui Valley, Sonora, and from the Block 910-CIANO meteorological station, which is located 8 km away. Calculations were made for the average

temperature, relative humidity and cold units (CU). In addition, the data was filtered by day and night time, considering daytime data from 7:00 to 18:00 and nighttime data from 19:00 to 06:00. The CU record by the sensor was higher with 384 than the weather station, which accumulated a total of 321. The temperature during the day was on average 2.9 °C higher than that recorded by the weather station, and 1.6 °C lower at night. The relative humidity recorded by the sensor was 5% higher than that recorded by the weather station.

**Key words:** Temperature, digital sensor, bread wheat, pressurized irrigation.

## INTRODUCCIÓN

La agricultura es una actividad estrechamente relacionada con el clima, donde los parámetros meteorológicos determinan la mayoría de los eventos agronómicos, y dependiendo de la especie, hay valores o rangos adecuados dentro de los cuales, su funcionamiento fisiológico será óptimo; sin embargo, cuando se presentan condiciones meteorológicas o climáticas fuera de estos rangos ideales, su funcionamiento se verá afectado (Salisbury y Ross, 2000). La divulgación de la información meteorológica es de gran importancia para el sector agrícola, debido a que se considera como una herramienta útil en la toma de decisiones; las condiciones climáticas no se pueden manejar directamente, pero al medirlo y registrarlo con sensores y estaciones meteorológicas, el agricultor puede reaccionar a tiempo y ajustar sus prácticas de cultivo para protegerse de las condiciones climáticas adversas o para aprovechar las condiciones ventajosas (Agricien, 2020). La temperatura es el factor climatológico más relacionado con la productividad anual de un cultivo, la cual controla la tasa de desarrollo de muchos organismos que requieren la acumulación de cierta cantidad de calor para pasar de un estado a otro en su ciclo agrícola (Soto *et al.*, 2009). En el caso del trigo, se considera el factor más importante que induce el desarrollo de la planta desde la emergencia hasta la floración y la madurez (Miralles, 2004) y afecta los procesos de crecimiento (Kirby, 1995); las altas temperaturas favorecen una mayor actividad metabólica de la planta, así como una aceleración de los procesos fisiológicos determinantes de su crecimiento y desarrollo (Moreno *et al.*, 2018). Por el contrario, el trigo requiere acumular un total de horas frío (HF), para alargar el ciclo biológico, y por lo general se genera un mayor rendimiento de grano (Félix-Valencia *et al.*, 2009). En relación a la humedad relativa, el trigo requiere entre 40 y 70%, desde el espigamiento hasta la cosecha es la época que tiene mayores requerimientos en este aspecto, ya que exige una humedad relativa entre el 50 y 60% y un

clima seco para su maduración (Estrada-Santana *et al.*, 2016). El objetivo del presente trabajo fue monitorear el comportamiento de la temperatura y la humedad relativa en las diferentes etapas de crecimiento de trigo harinero en un sistema de riego presurizado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se realizó en una parcela comercial ubicada en el Block 1020, lote 11-12 del Valle del Yaqui Sonora, a 27° 20' 50.0640" de latitud norte y 109° 49' 40.5984" de longitud oeste, a 59 msnm (Figura 1). La parcela cuenta con un área de 100 ha, sembrada el 12 de diciembre de 2017 con la variedad de trigo harinero Borlaug 100 (Chávez-Villalba *et al.*, 2021), mediante un sistema de riego presurizado de avance frontal.



Figura 1. Ubicación de la parcela y estación meteorológica más cercana.

La información climática en el cultivo se tomó con un sensor móvil (datalogger) OMEGA OM-EL-USB-2, dentro de la parcela, con el que se registró la temperatura del aire y humedad relativa programado para la toma del dato cada hora. Además, se obtuvieron los datos de la estación meteorológica Block 910-CIANO (Figura 1), la cual se ubica a 8 km de distancia, considerándose la más cercana de la Red de Estaciones Meteorológicas Automatizadas en Sonora (REMAS), con el objetivo de comparar el dato entre una estación automatizada y el dato en la parcela. El conjunto de datos comprendió el ciclo otoño-invierno 2017-2018, considerando del 12 de diciembre de 2017 al 18 de abril de 2018. Los datos fueron capturados en Excel con los registros diarios-horarios. Se realizaron los diferentes

cálculos para el promedio de temperatura, humedad relativa y horas frío. Además, se filtraron los datos en horario diurno y nocturno, considerando datos de día de las 7:00 a las 18:00, y datos de noche de las 19:00 a las 06:00.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El registro de horas frío por parte del sensor en la parcela fue mayor en 384 que la registrada en la estación meteorológica, la cual registró un total de 321. En la Figura 2 se puede observar como la dinámica de acumulación de HF se asemeja en ambos sistemas hasta el 8 de marzo, aunque desde diciembre 15 se empezaron a detectar diferencias. Posteriormente, la estación meteorológica registró un mínimo de HF, que a comparación del sensor siguió acumulando, aún después del 15 de abril, y registró un total de 705 HF.

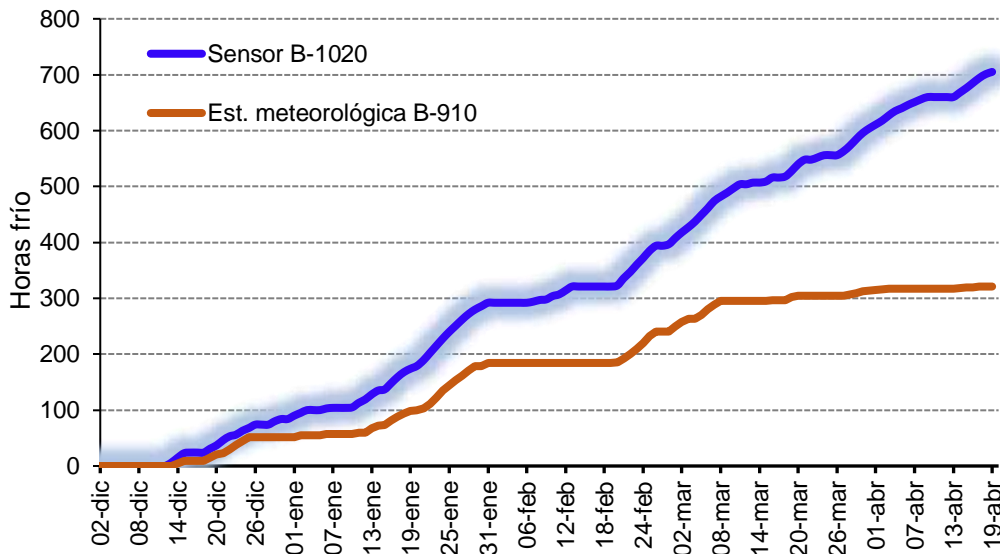


Figura 2. Acumulado de horas de frío registradas por el sensor digital móvil y la estación meteorológica Block 910-CIANO, en las diferentes etapas fenológicas del cultivo de trigo

En relación a la temperatura media en formato horario (Figura 3), la estación meteorológica en horario de día fue 2.9 °C en promedio menor que el sensor; mientras que, en el horario de noche, el sensor registró en promedio 1.6 °C menos que la estación meteorológica. En el mes de marzo, se presentaron olas de calor en las etapas del llenado de grano hasta madurez fisiológica; las altas temperaturas pueden causar diferentes daños dependiendo de la etapa fenológica. Uno de los efectos que se presentan en el llenado del grano es la inactivación de enzimas encargadas de la reconversión de azúcar en almidón y otro es la pérdida de fotosintatos en el proceso de respiración (Ávila Miramontes *et al.*, 2014). La

ubicación de cada uno de los instrumentos utilizados puede ser un factor clave a la causa de la diferencia en el registro de los datos, debido a que el sensor se instaló dentro de la parcela del cultivo, donde puede afectar el riego, el desarrollo de la planta, mientras que la estación meteorológica se ubicada sobre un suelo de cemento a 8 km de distancia. Se han realizado diferentes estudios donde se comparan los datos de sensores con diferentes tecnologías, los cuales han encontrado diferencias altamente significativas, como lo reportaron Sun *et al.* (2005) y Torres-Cruz *et al.* (2021).

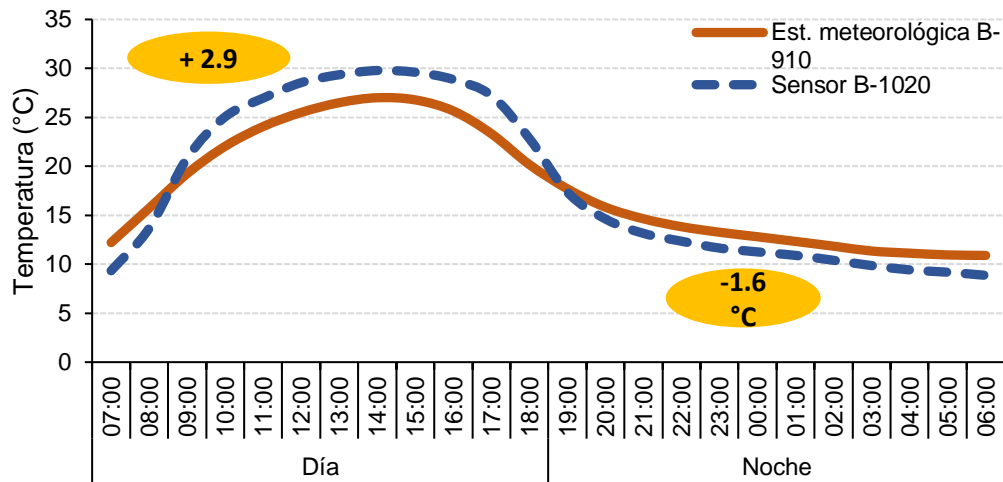


Figura 3. Temperatura horaria promedio registrada por el sensor digital móvil y la estación meteorológica Block 910-CIANO, del 12 de diciembre del 2017 al 18 de abril del 2018.

Respecto al porcentaje de humedad relativa promedio proporcionado entre el sensor en el campo comercial y el registro de la estación meteorológica, indicó un diferencial de 5% mayor durante el día y de 0% durante la noche (Figura 4). Este comportamiento diferencial de la humedad y la temperatura entre ambos sistemas, se puede utilizar para elaborar un modelo más preciso de alerta fitosanitaria temprana.



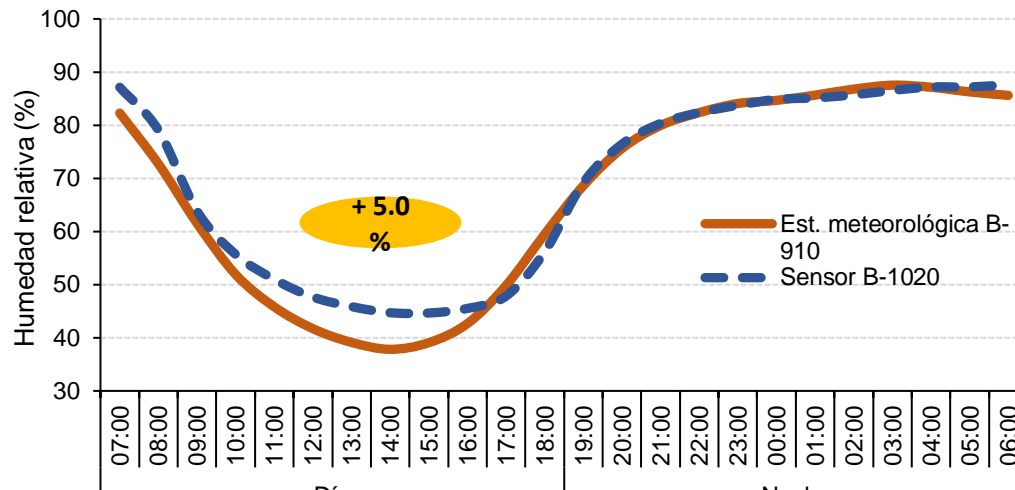


Figura 4. Comportamiento de la humedad relativa horario registrada por el sensor digital móvil y la estación meteorológica Block 910-CIANO, del 12 de diciembre del 2017 al 18 de abril del 2018.

## CONCLUSIONES

Las horas frío registradas por un sensor móvil OMEGA OM-EL-USB-2, ubicado dentro de un campo comercial de trigo y la estación meteorológica Block 910-CIANO a 8 km de distancia de dicho campo, fue de 705 y 321, respectivamente.

La temperatura registrada durante el día por el sensor fue en promedio 2.9 °C superior a la registrada por la estación meteorológica, y 1.6 °C menor en la temperatura durante la noche. La humedad relativa registrada por el sensor fue 5% mayor que la registrada por la estación meteorológica.

## REFERENCIAS

- Agricien. 2020. La importancia de las variables meteorológicas para el adecuado manejo agronómico en el cultivo de arroz. La Uruca, San José, Costa Rica. Disponible en: <https://www.agricien.com/blog/2020/1/17/la-importancia-de-las-variables-meteorologicas-para-el-adecuado-manejo-agronmico-enel-cultivo-de-arroz>.
- Ávila Miramontes JA, Ávila Salazar JM, Rivas Santoyo FJ, y Martínez Heredia D. 2014. El cultivo del trigo. Sistemas de producción en el noroeste de México. Universidad de Sonora, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Agricultura y Ganadería. Disponible en: <https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20TRIGO.pdf>
- Chávez-Villalba G, Camacho-Casas MA, Alvarado-Padilla JI, Huerta-Espino J, Villaseñor-Mir HE, Ortiz-Monasterio JI, y Figueroa-López P. 2021. Borlaug 100, variedad de trigo harinero para

- condiciones de riego del noroeste de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 44(1):123-125. <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/44-1/16a.pdf>
- Estrada-Santana DC, Zúñiga-González CA, Hernández-Rueda MJ, Marinero-Orantes EA. 2016. Cultivo de trigo harinero *Triticum aestivum*, una alternativa para la soberanía nutricional y adaptación ante el cambio climático, en el departamento de Jinotega. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático* 2(1):346-362. Doi: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v2i1.5705>.
- Félix-Valencia P, Ortiz-Enríquez JE, Fuentes-Dávila G, Quintana-Quiróz JG y Grageda-Grageda J. 2009. Horas frío en relación al rendimiento de trigo: áreas de producción del estado de Sonora. INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo Experimental Valle del Yaqui. Folleto Técnico No. 63. Cd. Obregón, Sonora, México. 40 p.
- Kirby E. 1995. Factors affecting rate of leaf emergence in barley and wheat. *Crop Science* 35:11-19. <https://doi.org/10.2135/cropsci1995.0011183X003500010003x>.
- Miralles D. 2004. Consideraciones sobre ecofisiología y manejo de trigo. Información técnica de trigo. Campaña 2004. Publicación miscelánea 101. Disponible en: [http://rafaela.inta.gov.ar/info/miscelaneas/101/trigo2004\\_n1.pdf](http://rafaela.inta.gov.ar/info/miscelaneas/101/trigo2004_n1.pdf).
- Moreno Dena JM, Salazar Solano V, Rojas Rodríguez IS. 2018. Impactos económicos de las horas frío en la producción de trigo en Sonora, México. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento* 6(16): 17-31.
- Salisbury FB y Ross CW. 2000. *Fisiología de las plantas*. Ediciones paraninfo. Madrid, España. 1040 p.
- Soto F, Plana R, Hernández N. 2009. Influencia de la temperatura en la duración de las fases fenológicas del trigo harinero (*Triticum aestivum* sp. *aestivum*) y triticale (x *Triticum secale* Wittmack) y su relación con el rendimiento. *Cultivos Tropicales* 30(3):32-36. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215048006>.
- Sun B, Baker B, Karl TR, and Gifford MD. 2005. A comparative study of ASOS and USCRN temperature measurements. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 22(6):679-686. Doi: <https://doi.org/10.1175/JTECH1752.1>.
- Torres-Cruz MM, Fuentes-Dávila G, y Félix-Valencia P. 2021. Comparison between temperature data obtained from an automated weather station and a digital sensor located within the crop. *International Journal of Agriculture, Environment and BioResearch* 6(6):69-77. <https://doi.org/10.35410/IJAEB.2021.5683>.

## ANÁLISIS DE LAS HORAS FRÍO Y EL RENDIMIENTO DE GRANO DE TRIGO EN EL SUR DE SONORA, MÉXICO

Torres C. M. M.\*; Fuentes D. G.; y Félix V. P.

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 155, km 12 Norman E.  
Borlaug, Cd. Obregón, Sonora 85000. \*tcmonserrat90@gmail.com

### RESUMEN

Las horas frío (HF) son un factor que tiene un gran impacto en el desarrollo del cultivo de trigo, el objetivo del presente trabajo es el analizar la acumulación de horas frío y el rendimiento de trigo durante los últimos cinco ciclos agrícolas otoño-invierno en la región del sur de Sonora. La base de datos de temperatura se conformó de los datos en formato horario de las 21 estaciones meteorológicas ubicadas en la región del Valle del Yaqui y las 13 estaciones meteorológicas en la región del Valle del Mayo, las cuales pertenecen al REMAS, durante los meses de noviembre 15 a abril 30, en los ciclos agrícolas 2019-20 al 2023-24. Se realizó el cálculo de HF y el rendimiento fue el reportado por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. El rendimiento medio de trigo en el Valle del Yaqui fue 7.23 t ha<sup>-1</sup> con un promedio de 670 horas frío, mientras que, en el Valle del Mayo, el promedio de horas frío fue mayor con 710, pero el rendimiento promedio fue menor con 6.37 t ha<sup>-1</sup>; esta afectación al rendimiento se debió a la restricción del número de riegos de auxilio autorizados. El ciclo 2022-23 fue el que presentó un mayor número de horas frío en ambos valles.

**Palabras clave:** horas frío, rendimiento de grano, trigo

### ABSTRACT

Cold units (CU) have a great impact on development of the wheat plant, therefore, the objective of this work was to analyze the accumulation of CU and the wheat grain yield, during the last five fall-winter crop season in southern Sonora. The temperature database was comprised in an hourly format from the 21 weather stations in the Yaqui Valley, and the 13 in the Mayo Valley, all of which belong to the automated weather station network of Sonora (REMAS), during the months of November 15 to April 30, from the crop season 2019-20 to 2023-24. CU were calculated and the grain yield was obtained from the Agri-Food and Fisheries Information Service. The average grain yield in the Yaqui Valley was 7.23 t ha<sup>-1</sup> with an avg of 670 CU, while in the Mayo Valley the avg CU was higher with 710 CU, however, grain yield was lower with an avg of 6.37 t ha<sup>-1</sup>; this was due

to a restriction on the number of complementary irrigations authorized. During the crop season 2022-23, CU was the highest for both valleys.

**Key words:** Cold units, grain yield, wheat

## INTRODUCCIÓN

Las variedades de trigo que se cultivan en Sonora, muestran una expresión favorable entre la acumulación bien distribuida de horas frío (HF) durante el ciclo de cultivo y el rendimiento de grano (Félix Valencia *et al.*, 2009). Las HF se definen como el número de horas que pasa la especie vegetal en un rango determinado de tiempo, donde las temperaturas son inferiores a una cierta cantidad de grados; en el caso de trigo, es la temperatura igual o menor a 10 °C que registra la estación climatológica durante una hora (Félix Valencia *et al.*, 2009). La gran producción de trigo en Sonora se efectúa en el sur del estado, principalmente en el Valle del Yaqui (Distrito de Desarrollo Rural (DDR) Cajeme), y en menor medida en el Valle del Mayo (DDR Navojoa), los cuales de manera conjunta, aportan el 90% de la producción estatal de esta gramínea (Moreno *et al.*, 2018). El ciclo agrícola del cultivo del trigo (noviembre-abril) es característicamente seco y Figueroa *et al.* (2011) recomiendan aplicar tres riegos de auxilio para la región del sur de Sonora, pero los productores del Valle del Yaqui generalmente aplican cuatro riegos de auxilio, mientras que los del Valle del Mayo aplican tres, debido a que la presa que abastece al Valle del Mayo es de menor capacidad que la del Valle del Yaqui (Fonteyne *et al.*, 2019). Cada una de las etapas fenológicas del trigo son sensibles a la oscilación de la temperatura del aire, y se han realizado diversos estudios que han demostrado, que el calentamiento global tiene el potencial de reducir el frío disponible en el invierno (Medina-García *et al.*, 2019), y han pronosticado la disminución en la acumulación de HF en diversas regiones del mundo (Grageda *et al.*, 2016; Park *et al.*, 2018; Fadón *et al.*, 2020). Dado que las HF son un factor que tiene un gran impacto en el desarrollo del cultivo de trigo, el objetivo del presente trabajo fue analizar la acumulación de HF y el rendimiento de trigo, durante los últimos cinco ciclos agrícolas otoño-invierno en la región del sur de Sonora.

## MATERIALES Y METODOS

La base de datos de temperatura se conformó de 21 estaciones meteorológicas ubicadas en la región del Valle del Yaqui y 13 en la región del Valle del Mayo, las cuales pertenecen a la Red de Estaciones Meteorológicas Automatizadas de Sonora (REMAS) (Figura 1). Se

descargaron los datos en formato horario durante los meses que comprende el ciclo agrícola del trigo (noviembre 15 a abril 30) durante los últimos cinco ciclos agrícolas (del 2019-20 al 2023-24). Con estos datos se estimó el número de horas en que la temperatura estuvo menor o igual a 10 °C, en cada día, que corresponden a las horas frío (HF) de acuerdo a Félix-Valencia *et al.* (2009). Los rendimientos productivos por hectárea fueron los reportados por el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2024) en el ciclo otoño invierno (OI) (Tabla 1). Después de generar la información de temperatura, se realizó la descripción de cada uno de los valles.

Tabla 1. Rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ) promedio comercial registrado en los valles del sur de Sonora, durante cinco ciclos agrícolas.

	2019-20	2020-21	2021-22	2022-23	2023-24	Prom
<b>Valle del Yaqui</b>	6.83	7.41	7.58	7.79	6.53	7.23
<b>Valle del Mayo</b>	6.2	7.13	6.08	6.86	5.59	6.37



Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas en la región del Valle del Yaqui (círculos verdes) y la región del Valle del Mayo (círculos rojos).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante los últimos cinco ciclos agrícolas, en el Valle del Yaqui, el rendimiento medio fue de  $7.23\ t\ ha^{-1}$  (Tabla 1) con un promedio de 670 HF; la temperatura osciló en promedio entre

1.10 y 36.02 °C con un promedio de 17.10 °C. El ciclo 2019-20 fue el que presentó el menor número de HF, con un total de 434 (Figura 2), y a pesar de eso, el rendimiento reportado fue de 6.83 t ha<sup>-1</sup>, que sería 450 kg menos que el rendimiento medio de los cinco ciclos agrícolas analizados. Durante el ciclo 2020-21, las temperaturas prevalecieron entre los 2.51 a 36.02 °C, el acumulado de HF fue de 784, lo cual fue favorecedor para el rendimiento que fue de 7.41 t ha<sup>-1</sup>. Los ciclos 2021-22 y 2023-24 fueron muy similares en relación al número de HF, reportando 633 y 619 (Figura 2), respectivamente; y en relación al rendimiento, el ciclo 2021-22 fue superior por una tonelada al ciclo 2023-24. El ciclo 2022-23 fue el que obtuvo el mejor rendimiento y la mayor cantidad de HF de los cinco ciclos analizados; la temperatura promedio fue de 16.16 °C, con un rango de 2.75 a 32.88 °C; el acumulado de HF fue de 882 (Figura 2) y el rendimiento de grano obtenido fue de 7.79 t ha<sup>-1</sup>.

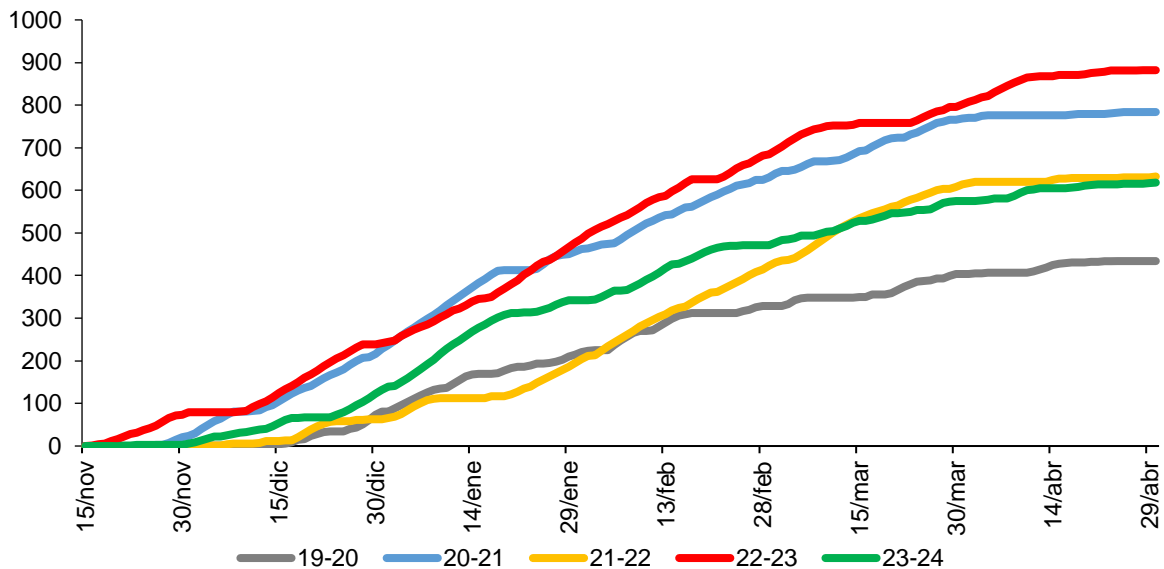


Figura 2. Acumulado de horas frío de noviembre 15 a abril 30, durante cinco ciclos agrícolas de otoño-invierno, en la región del Valle del Yaqui, Sonora, México.

En relación a lo anterior, se puede ver que hay ciclos donde el acumulado de HF es menor a 500 horas y el rendimiento casi llegan a 7 t ha<sup>-1</sup>, en cambio, los ciclos donde el acumulado de HF es superior a las 750 horas, el rendimiento promedio es superior a 7 t ha<sup>-1</sup>, a excepción del ciclo 2021-22, el cual obtuvo un acumulado menor a 650 HF y el rendimiento fue arriba de 7.5 t ha<sup>-1</sup>. Vijayalakshmi *et al.* (2010) reportaron que en regiones donde las temperaturas en el período poco lluvioso no disminuyen de 10 °C, y la cantidad total de HF

no rebasan las 200 horas, se han logrado rendimientos de entre 5.8 a 6.5 t ha<sup>-1</sup> en condiciones experimentales controladas en trigo a campo abierto, y por otro lado, Awasthi *et al.* (2015) afirman que algunas regiones con mayor cantidad de HF han expresado rendimientos menores del 10 %, por lo tanto, se demuestra la variabilidad de respuesta por diferentes factores, destacando principalmente la fecha de siembra, riegos oportuno y suficiente, deficiencias nutricionales, salinidad, tipos de suelo, control oportuno de plagas y malezas (Félix-Valencia *et al.*, 2009).

En el Valle del Mayo, el promedio de HF fue mayor que en el Valle del Yaqui, con un total de 710 horas, pero el rendimiento medio fue menor con un promedio de 6.37 t ha<sup>-1</sup> (Tabla 1), esto debido a la restricción en el número de riegos auxilios autorizados para esta región, ya que la presa que abastece al Valle del Mayo es de menor capacidad, y por la sequía que se está viviendo en el noroeste de México. En el ciclo 2019-20, la temperatura osciló entre 1.40 y 35.50 °C, con un promedio de 17.88 °C; este ciclo fue el de menor número de HF con un total de 449 (Figura 3), pero el rendimiento reportado fue de 6.2 t ha<sup>-1</sup> (Tabla 1). El rango de temperatura en el ciclo 2020-2021 fue de 1.85 a 36.02 °C, se presentaron 837 HF las cuales favorecieron el rendimiento, el cual fue de 7.13 t ha<sup>-1</sup>. En el ciclo 2021-22, la temperatura promedio fue de 17.53 °C con un rango de 2.14 °C a 35.35 °C; el acumulado de HF fue de 679 y el rendimiento reportado fue de 6.08 t ha<sup>-1</sup>. El ciclo 2022-23 fue el que acumuló el mayor número de HF de los cinco ciclos analizados. La temperatura promedio fue de 16.13 °C con un rango de 2.10 a 33.93 °C, y el total de HF acumuladas fue de 943, a diferencia del ciclo anterior donde se presentaron 260 HF menos y el rendimiento fue mayor por 780 kg. Por último, en el ciclo 2023-24, la temperatura osciló entre 0.62 y 35.85 °C, con un promedio de 17.67 °C; el acumulado de HF fue de 643, y el rendimiento de grano fue de 5.59 t ha<sup>-1</sup>.

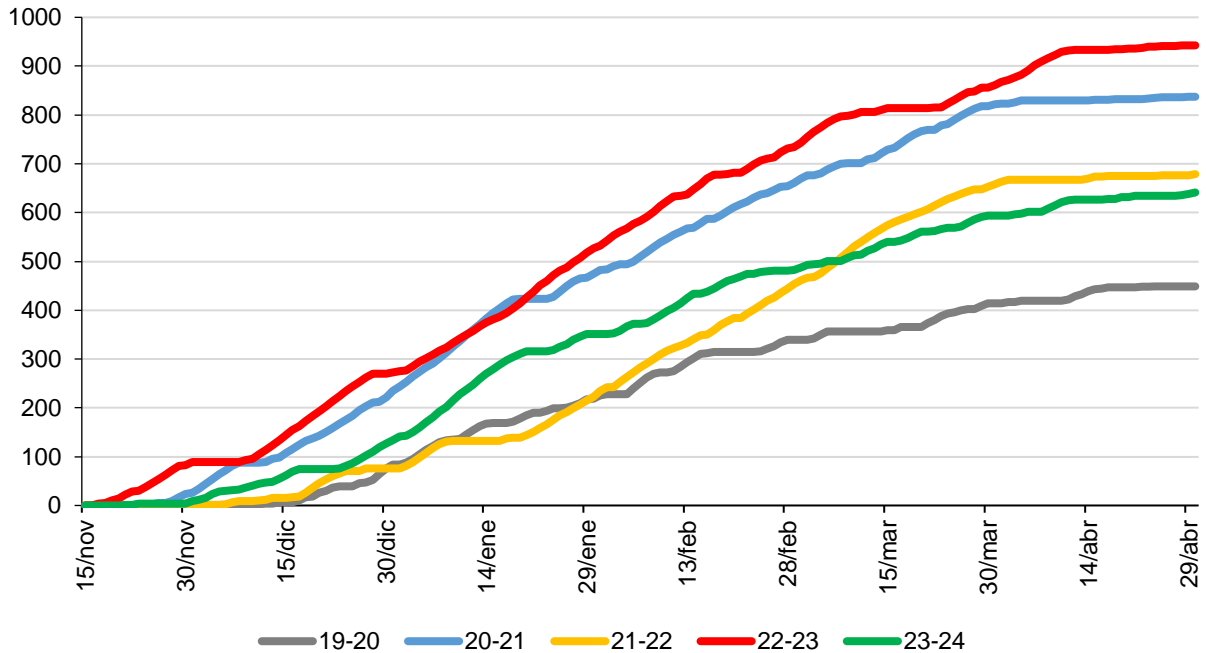


Figura 3. Acumulado de horas frío de noviembre 15 a abril 30, durante cinco ciclos agrícolas de otoño-invierno, en la región del Valle del Mayo, Sonora, México.

El inicio del ciclo agrícola del trigo es en la segunda quincena de noviembre, y en los últimos cinco ciclos agrícolas, el acumulado de HF durante esos quince días ha sido menor a 25 horas en ambos valles, a excepción del ciclo 2022-23, en el cual se presentaron 74 HF en el Valle del Yaqui y 83 en el Valle del Mayo (Tabla 2). En el mes de diciembre se acumularon en promedio alrededor de 130 HF; en el ciclo 2020-21 se sumaron arriba de las 200 horas en el mes. En el mes de enero en el Valle del Mayo, se acumuló el mayor número de HF en cada ciclo agrícola, a diferencia del Valle del Yaqui que en promedio se registró 194 horas y 205 en el Valle del Mayo. El acumulado de horas frío en el mes de febrero fue similar en ambos valles, ya que el promedio fue alrededor de las 160 HF. Por otro lado, en el mes de marzo durante el ciclo 2021-22 se acumuló el mayor número de HF con promedio de 206 entre los dos valles, y estuvo casi a la par con el mes de febrero donde se obtuvo un promedio de 211 entre ambos valles. Por último, en el mes de abril, en promedio se acumularon 38 HF en el Valle del Yaqui y 40 en el Valle del Mayo; sin embargo, en el ciclo 2022-23 se acumuló un total de 81 HF en cada valle (Tabla 2). Zhao *et al.* (2015) reportaron que el trigo necesita aproximadamente 300 HF para asegurar un buen amacollamiento, proceso que está directamente correlacionado con el rendimiento, y Mahalingam (2015)



concluyó que los cultivares que durante esta fenofase no alcancen la cantidad de HF requeridas, son propensos a disminuir su rendimiento agrícola.

Tabla 2. Registro promedio mensual de horas frío en cinco ciclos agrícolas de otoño-invierno, en los Valles del Yaqui y Mayo en el sur de Sonora, México.

	Nov		Dic		Ene		Feb		Mar		Abr	
	VY	VM	VY	VM	VY	VM	VY	VM	VY	VM	VY	VM
<b>2019-20</b>	0	0	81	83	140	141	107	114	76	76	30	34
<b>2020-21</b>	21	23	207	212	234	247	162	172	144	168	15	16
<b>2021-22</b>	0	0	63	75	141	159	211	211	198	213	19	21
<b>2022-23</b>	74	83	168	189	245	260	195	199	120	130	81	81
<b>2023-24</b>	3	3	129	131	211	218	129	130	103	112	44	49
<b>Promedio</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>130</b>	<b>138</b>	<b>194</b>	<b>205</b>	<b>161</b>	<b>165</b>	<b>128</b>	<b>140</b>	<b>38</b>	<b>40</b>

## CONCLUSIONES

En los últimos cinco ciclos agrícolas, el rendimiento medio de trigo en el Valle del Yaqui fue 7.23 t ha<sup>-1</sup> con un promedio de 670 horas frío, mientras que, en el Valle del Mayo, el promedio de horas frío fue mayor, con un total de 710 horas, pero el rendimiento promedio fue menor (6.37 t ha<sup>-1</sup>).

En el ciclo 2022-23 se obtuvo el mejor rendimiento (7.79 t ha<sup>-1</sup>) y un acumulado de 882 horas frío en el Valle del Yaqui, mientras que el acumulado de horas frío en el Valle del Mayo fue de 943, pero el rendimiento fue menor por casi una tonelada, esto debido a la restricción en el número de riegos de auxilio autorizados.

## REFERENCIAS

- Awasthi R, Bhandari K, and Nayyar H. 2015. Temperature stress and redox homeostasis in agricultural crops. *Frontiers in Environmental Science* 3:11. DOI 10.3389/fenvs.2015.00011.
- Fadón E, Herrera S, Guerrero BI, Guerra ME, and Rodrigo J. 2020. Chilling and heat requirements of temperate stone fruit trees (*Prunus* sp.). *Agronomy* 10(3):409. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030409>.
- Félix-Valencia P, Ortíz-Enríquez J.E, Fuentes-Dávila G, Quintana-Quiróz J.G y Grageda-Grageda J. 2009. Horas frío en relación al rendimiento de trigo: áreas de producción del estado de Sonora. INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo Experimental Valle del Yaqui. Folleto Técnico No. 63. Cd. Obregón, Sonora, México. 40 p.
- Figuerola LP, Fuentes DG, Cortez JJM, Tamayo ELM, Félix VP, Ortiz EJE, Armenta CI, Valenzuela HV, Chávez VG, Félix FJL. 2011. Guía para Producir Trigo en el Sur de Sonora. SAGARPA-INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Norman Bourlaug. Folleto para productores No. 39. Cd. Obregón, Sonora, México. 63 p. ISBN: 978-607-425-518.8.
- Fonteyne S, Verhulst N, y Borbon GA. 2019. Los efectos del riego reducido en cultivos de trigo. Disponible en <https://www.cimmyt.org/es/noticias/los-efectos-del-riego-reducido-en-cultivos->

- de-trigo/#:~:text=Los%20productores%20del%20Valle%20del,del%20Mayo%20es%20de%20menor.
- Grageda Grageda J, Ruiz Corral J.A, García Romero G.E, Núñez Moreno J.H, Valenzuela Lagarda J, Ruiz Álvarez O y Jiménez Lagunes A. 2016. Efecto del cambio climático en la acumulación de horas frío en la región nogalera de Hermosillo, Sonora. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(13):2487-2495. DOI:10.29312/remexca.v0i13.463.
- Mahalingam R. 2015. Consideration of combined stress: A Crucial Paradigm for Improving Multiple Stress Tolerance in Plants. In: Mahalingam R. (eds) *Combined Stresses in Plants*. Springer International Publishing. pp. 1-25. DOI 10.1007 /978-3-319-07899-1\_1.
- Medina-García G, Grageda-Grageda J, Ruiz-Corral J.A, Casas-Flores J.I, Rodríguez-Moreno V.M, de la Mora-Orozco C. 2019. Disminución de las horas frío como efecto del cambio climático en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10(6):1325-1337. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1688>.
- Moreno Dena J.M, Salazar Solano V, Rojas Rodríguez IS. 2018. Impactos económicos de las horas frío en la producción de trigo en Sonora, México. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento* 6(16):17-31. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2018.16.63206>.
- Park YS, Lee BH, Park HS. 2018. Predicted effects of climate change on winter chill accumulation by temperate trees in South Korea. *The Horticulture Journal* 87(2):166-173. <https://doi.org/10.2503/hortj.OKD-089>.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Avance de siembras y cosechas. Resumen nacional por estado. Trigo grano. Ciclo otoño-invierno. Riego. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Consultado el 15 de julio de 2024
- Vijayalakshmi K, Fritz AK, Paulsen GM, Bai G, Pandravada S, and Gill BS. 2010. Modeling and mapping QTL for senescence-related traits in winter wheat under high temperature. *Molecular Breeding* 26(2):163-175. DOI 10.1007/s11032-009-9366-8.
- Zhao Z, Qin X, Wang E, Carberry P, Zhang Y, Zhou S, Zhang X, Hu C, and Wang Z. 2015. Modelling to increase the eco-efficiency of a wheat–maize double cropping system. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 210:36-46. DOI 10.1016/j.agee.2015.05.005.

## EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO DE UNA VARIEDAD DE SORGO DE POLINIZACIÓN LIBRE

Aranda, L. U<sup>1\*</sup>, Elizondo B. J<sup>1</sup>, Williams, A. H<sup>2</sup>, Hernández. M. R<sup>1</sup>, Ruiz, R. S.<sup>3</sup>, Hernández, V. M. A<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Río Bravo, INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61. Río Bravo, Tamaulipas. <sup>2</sup>Ex INIFAP, Campo Experimental Río Bravo, <sup>3</sup>Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, INIFAP, Av. de la Biodiversidad #2470, Tepatitlán de Morelos, Jalisco. \*[aranda.ulises@inifap.gob.mx](mailto:aranda.ulises@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar mediante un ensayo de rendimiento una nueva variedad de polinización libre de sorgo blanco. El experimento se estableció bajo condiciones de temporal el 7 de febrero de 2024, en el ciclo agrícola otoño-invierno 2023/2024, en el municipio de Matamoros, Tamaulipas. Se usaron dos variedades de polinización libre (RB-Williams del programa de mejoramiento genético de sorgo de Río Bravo INIFAP y un testigo comercial). El manejo agronómico fue conforme al paquete para temporal recomendado por INIFAP. Se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones por variedad. Se estimó el rendimiento de grano en  $t\ ha^{-1}$  ajustado al 14 % de humedad, los datos se sometieron a una prueba t de Student. Los resultados indican que, bajo condiciones de temporal; la variedad RB-Williams presenta mayor rendimiento de grano en comparación al testigo, con una diferencia numérica de 344 kg.

**Palabras clave:** Rendimiento, variedad, sorgo blanco.

### ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate a new open-pollinated variety of white sorghum through a performance trial. The experiment was carried out under rainfed conditions on February 7, 2024, in the autumn-winter 2023/2024 agricultural cycle, in the municipality of Matamoros, Tamaulipas. Two open-pollinated varieties were used (RB-Williams from the Río Bravo sorghum genetic improvement program INIFAP and a commercial control). The agronomic management was in accordance with the seasonal package recommended by INIFAP. It was developed under a randomized complete block design, with three repetitions per variety. Grain yield was evaluated and the data were analyzed by means of an analysis of variance. Grain yield was estimated in  $t\ ha^{-1}$  adjusted to 14% humidity, the data were subjected to a

Student's t-test. The results indicate that, under rainfed conditions; B-Williams variety has a higher grain yield compared to the control, with a difference of 344 kg.

**Key words:** Yield, variety, white sorghum.

## INTRODUCCIÓN

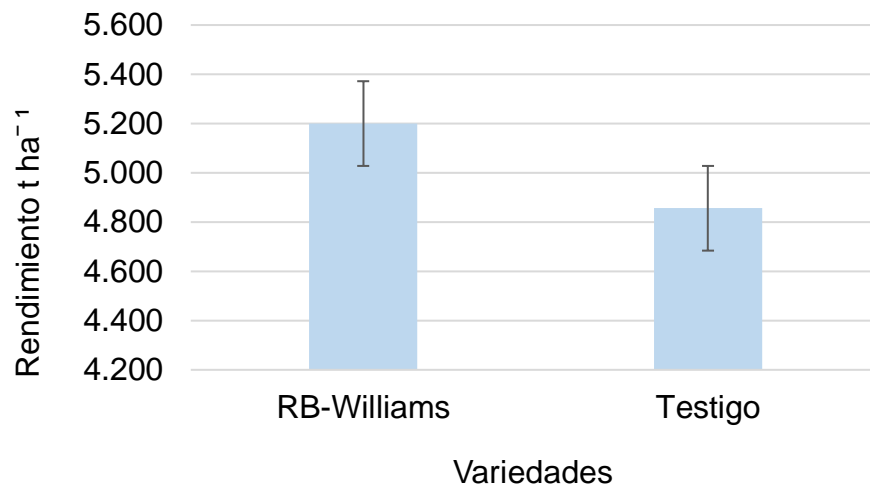
En México, el cultivo de sorgo es de gran importancia por su volumen de producción (6,5 millones de toneladas) y superficie sembrada (2 millones de hectáreas) (SIAP, 2023). Gran parte de la producción de este cultivo se realiza en el noreste de México, en el estado de Tamaulipas (Alejandro *et al.*, 2020). Sin embargo, esta producción de grano no es suficiente para cumplir con las altas demandas del país, en ese sentido para acortar o descartar el déficit, se requiere incrementar la producción de esta gramínea (SAGARPA, 2017). Una de las principales bondades de este cultivo es su bajo requerimiento hídrico (Merrill *et al.*, 2007), sin embargo, el elevado costo en su producción se debe a los altos precios de semilla para siembra. Una alternativa ante esta problemática es generar variedades de polinización libre, esto facilita el incremento de semilla y reduce costos (Williams *et al.*, 2021). El objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento de la variedad RB-Williams y un testigo comercial en condiciones de temporal en el norte de Tamaulipas.

## MATERIALES Y METODOS

El experimento se estableció bajo condiciones de temporal el 7 de febrero de 2024, en el ciclo agrícola otoño-invierno 2023/2024, con un agricultor cooperante del Rancho la Feria en el municipio de Matamoros, Tamaulipas (25° 36' 40.0" latitud norte y 97° 38' 25" longitud oeste). Se evaluó el rendimiento de la variedad de polinización libre RB-Williams, del programa de mejoramiento genético de sorgo del Campo Experimental Río Bravo-INIFAP y un testigo comercial. El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento (variedad), con manejo agronómico conforme al paquete para temporal recomendado por el INIFAP. Cada unidad experimental consistió en 8 surcos de 50 m de longitud y 0.9 m entre surcos, la siembra se realizó en suelo húmedo en doble hilera. Por repetición se tomaron los dos surcos centrales y se cosecho el grano de 6 m lineales, para evitar el efecto de orilla. Se estimó el rendimiento de grano en t ha<sup>-1</sup> ajustado al 14 % de humedad, los datos se sometieron a una prueba t de Student.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan en la figura 1, donde se puede observar el rendimiento de grano en condiciones de temporal (otoño-invierno 2023-2024); el rendimiento de grano obtenido en la variedad RB-Williams fue de 5.200 t ha<sup>-1</sup>, mientras que, en la variedad usada como testigo se obtuvo un rendimiento de 4.856 t ha<sup>-1</sup>. La media de rendimiento de grano en el ensayo fue de 5.02 t ha<sup>-1</sup>. De acuerdo con el análisis estadístico, en la presente evaluación no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas en rendimiento de grano entre las variedades evaluadas, sin embargo, si hubo una diferencia numérica a favor de la variedad RB-Williams (344 kg). Resultados similares fueron encontrados por Williams *et al.* (2021) en el sur de Tamaulipas, en donde obtuvieron rendimientos de 3.5 t ha<sup>-1</sup> en la variedad reportada como 196-2 la cual fue superior numéricamente en rendimiento al testigo. Además, de acuerdo a los parámetros de estabilidad, se clasificó a la variedad 196-2 como estable y rendidora en las localidades donde fue evaluada. Aranda *et al.* (2022) al evaluar la variedad RB-Williams y la variedad comercial RB-Paloma con un agricultor cooperante bajo condiciones de temporal en el ciclo agrícola otoño-invierno 2021/2022, en Matamoros Tamaulipas se obtuvo que la variedad RB-Williams fue superior numéricamente en rendimiento de grano en comparación a la variedad comercial RB-Paloma con 138 kg. Aranda *et al.*, 2023 al validar RB-Williams con un agricultor cooperante bajo condiciones de temporal en el ciclo agrícola otoño-invierno 2022/2023, en Matamoros Tamaulipas demostró que la variedad fue superior al testigo comercial.



**Figura 1.** Rendimiento de grano en variedades de polinización libre de sorgo blanco, bajo condiciones de temporal en Matamoros, Tamaulipas (ciclo Otoño-Invierno 2023/2024).

## CONCLUSIONES

En la presente evaluación no se presentaron diferencias estadísticas entre las variedades, sin embargo, hubo una diferencia numérica en el rendimiento de grano a favor de la variedad RB-Williams (344 kg).

## REFERENCIAS

- Alejandro, A. F. García, M. R. García, S. R. C. Mora, F. J. S. y Sangerman-Jarquín D. M. (2020). Competitividad de la producción de sorgo en el norte de Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11(1):139-150.
- Aranda L. U., J. Elizondo. B., H. Williams. -A., L. Garcia. L., y M Hernández. R (2023). Evaluación de una nueva variedad de polinización libre de sorgo blanco Memoria de la XXXV Semana Internacional de Agronomía. Facultad de Agronomía y Zootecnia–Universidad de Juárez Del Estado de Durango :( 917-921).
- Aranda Lara U., J. Elizondo. B., y H. Williams-A. (2022). Validación de una nueva variedad de polinización libre de sorgo blanco. *Revista Tecnológica CEA Memoria, V Congreso Nacional y III Internacional de Ciencias Agropecuarias Del TECNM. Año 7, Núm. 18, Vol. 3, p. 948-953.*
- Merrill, S. D., Tanaka, D. L., Krupinsky, J. M., Liebig, M. A. and Hanson, J. D. (2007). Soil water depletion and recharge under ten crop species and applications to the principles of dynamic cropping systems. *Agronomy journal*, 99 (4): 931-938.
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2017). Sorgo grano mexicano. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Disponible en línea [www.gob.mx › B\\_sico-Sorgo\\_Grano](http://www.gob.mx/B_sico-Sorgo_Grano).
- SIAP, 2023. Servicio de información agropecuaria y pesquera. Disponible en <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>.
- Williams, A. H. Aranda, L. U. Arcos, C. G. Zavala, G. F. Rodríguez, V. M. del C. y Olivares, S. E. (2021). Potencial productivo de variedades experimentales de sorgo blanco para el sur de Tamaulipas. *Nova Scientia*. 13(26):1-19.

## RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE CEBADA CON RIEGO NORMAL Y RESTRINGIDO.

Miguel Angel Avila Perches<sup>1\*</sup>, Alfredo Josué Gámez Vázquez<sup>1</sup>, Mauro Refugio Zamora Díaz<sup>2</sup>, Francisco Paúl Gámez Vázquez<sup>1</sup>, José Gómez Espinoza<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>INIFAP, Campo Experimental Bajío, km 6.5 de la carretera Celaya-San Miguel de Allende, C. P. 38010, Roque, Celaya, Gto. <sup>2</sup>INIFAP, Campo Experimental Valle de México, km. 13.5 de la carretera Los Reyes-Texcoco, C. P. 56250, Coatlinchan, Texcoco, Estado de México.

[\\*avila.miguel@inifap.gob.mx](mailto:avila.miguel@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

Doce genotipos de cebada fueron evaluados en dos calendarios de riego (normal y restringido). Se detectó que el ambiente de evaluación (calendario de riego) fue más importante que la variedad en la manifestación de la mayoría de las variables estudiadas, además que el calendario de riego restringido provocó un aumento de proteína, asimismo que Alina, PC-59E, Estelar y Esperanza presentaron los más altos valores en rendimiento de grano.

**Palabras clave:** *Hordeum vulgare* L., *Hordeum distichum* L., calidad física

### ABSTRACT

Twelve barley genotypes were evaluated in two irrigation calendars (normal and restricted). It was detected that the evaluation environment (irrigation calendar) was more important than the variety in the manifestation of most of the variables studied, furthermore, the restricted irrigation schedule caused an increase in protein, likewise, Alina, PC-59E, Estelar and Esperanza presented the highest values in grain yield.

**Key words:** *Hordeum vulgare* L., *Hordeum distichum* L., yield, physical quality

### INTRODUCCIÓN

En el mundo, la cebada es el cuarto cereal más importante, se siembran cerca de 48 millones de ha y se obtienen alrededor de 157 millones de t, los principales países son: la Federación Rusa, Australia, Francia, Alemania, Canadá y Turquía que cosechan más del 50 % de la producción internacional (FAO, 2024).

En 2023 en nuestro país, se establecieron alrededor de 298,000 ha con cebada y se cosecharon poco más de 832,000 t, de éstas, el 63 % se obtienen principalmente en el Altiplano Central en temporal durante el ciclo primavera-verano y el resto se producen primordialmente en El Bajío y Chihuahua bajo riego en el otoño-invierno. Los principales

estados productores son Hidalgo y Guanajuato, que cosechan el 37.6 % de la producción nacional (SIAP, 2024).

La evaluación del rendimiento en entornos que van desde condiciones óptimas a condiciones severas de estrés permiten conocer la capacidad de adaptación de los genotipos a un amplio rango de condiciones ambientales. La variación del rendimiento se atribuye al potencial productivo del ambiente y al potencial genético en interacción con el primero (Pérez *et al.*, 2015).

En todos los cultivos, el agua es uno de los factores más importantes que se necesita para el crecimiento apropiado, desarrollo balanceado y más alto rendimiento, el estrés de humedad afecta adversamente el crecimiento de la planta, producción de granos, amacollamiento y espigamiento (Belal y Akhtar, 2014).

La agricultura intensiva de El Bajío Guanajuatense se caracteriza por la rotación cereal-cereal, aplicación de altas dosis de fertilización nitrogenada y grandes láminas de riego en el ciclo agrícola otoño-invierno, para obtener alto rendimiento de grano. Este sistema de producción se ha relacionado con la disminución del contenido de materia orgánica del suelo y el abatimiento promedio del nivel freático en el estado de Guanajuato de 3 a 5 m por año. El cultivo de cebada para malta es una alternativa de producción durante el ciclo agrícola otoño-invierno, ya que por la precocidad de su ciclo, requiere un menor número de riegos (Vera-Nuñez *et al.*, 2002).

En cebada en Guanajuato, se sugiere el calendario de riegos de: 0-49-78 días después de la siembra (Díaz y Rodríguez, 2011 y Ramírez *et al.*, 2014), mientras que Vera-Nuñez *et al.* (2002) señalan que la optimización del sistema de producción de cebada en El Bajío de Guanajuato se logró con un calendario de riegos de: 0-40-70 días después de la siembra. En nuestro país, hasta hace pocos años, la producción de malta para cerveza se realizaba con cebada de seis hileras en la espiga (*Hordeum vulgare* L.), porque la investigación en mejoramiento genético generó las variedades aptas para muchas regiones con distintas condiciones climáticas y resistencia a plagas y enfermedades y además con un alto potencial enzimático. No obstante en Estados Unidos, Canadá y Europa, es preferida la cebada de dos hileras (*Hordeum distichum* L.) para elaborar una mejor cerveza, esto, porque presentan granos más gruesos y uniformes, así como una cáscara más fina que la cebada de seis hileras (Navarrete, 2015).

Por lo que el objetivo del presente estudio, fue determinar el comportamiento agronómico de doce variedades de cebada al ser evaluadas con dos calendarios de riego.



## MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se efectuaron bajo condiciones de riego en el ciclo otoño-invierno de 2022-2023, en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en Roque, municipio de Celaya, Guanajuato a 20°32' de latitud norte, 100°49' de longitud oeste y a una altitud de 1,752 metros sobre el nivel del mar.

Se establecieron dos calendarios de riego (CR): 0-40-65-85 días después de la siembra (DDS) y 0-50 DDS, considerados como riego normal y restringido respectivamente, que en lo sucesivo se pueden mencionar también como ambientes de evaluación (A1 y A2) respectivamente. En cada ambiente se evaluaron 12 genotipos (G) de cebada, seis variedades de seis hileras (6H) en la espiga: Alina, Esperanza, Esmeralda, Estelar, V-11E y Monserrat (D) y seis de 2 hileras (2H): W-104E, W-105E, PC-5E, PC-59E, Metcalfe y Prunella, todos los materiales genéticos fueron formados por el INIFAP, a excepción de los dos últimos, que son del extranjero. Todos los cultivares evaluados son para uso maltero, a excepción de Monserrat que presenta grano desnudo (D) y es recomendada para la alimentación humana.

Los genotipos dentro de cada ambiente (A) o calendario de riego (CR), se manejaron en un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Se empleó una densidad de 100 kg de semilla por ha. La parcela experimental fue de cuatro surcos de 3 m de largo y 75 cm de separación sembrados a doble hilera con separación de 20 cm entre hileras, mientras que la parcela útil fueron los dos surcos centrales de 3 m. La siembra se realizó el 15 de diciembre de 2022. Se fertilizó con la fórmula 180-60-00 de NPK respectivamente, para lo cual se utilizó urea y superfosfato de calcio triple, todo el fertilizante se aplicó en la siembra. El resto del manejo agronómico se realizó de acuerdo a las recomendaciones del INIFAP para la región.

Se determinaron las siguientes características: Rendimiento de grano (RG), días a espigamiento (DE), peso volumétrico (PV) y de mil semillas (PMS) y contenido de proteína (CP). Con los resultados de los dos ambientes de evaluación (calendarios de riego) se realizaron análisis estadísticos combinados, para lo cual se utilizó el programa SAS, cuando las diferencias fueron significativas se empleó la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad. Además, se realizó un análisis de correlación de Pearson.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza combinados (Cuadro 1) detectaron diferencias significativas en las fuentes de variación (FV) de ambientes (A), variedades (V) y en la interacción A X V, en la mayoría de las características evaluadas, solamente A X V fue no significativa en rendimiento de grano y días a espiga. De acuerdo con la magnitud de los cuadrados medios, el ambiente fue más importante en la manifestación del rendimiento de grano, peso volumétrico y de mil semillas, así como en el contenido de proteína, sólo en días a espiga fue más relevante la variedad. Es necesario mencionar que los valores de los coeficientes de variación se ubicaron en menos del 11 %, lo cual es un indicativo de la confiabilidad de los resultados.

Cuadro 1. Cuadrados medios de los análisis de varianza de características de variedades de cebada evaluadas con riego normal y restringido.

Fuente de variación	Rendimiento de grano	Días a espiga	Peso Volumétrico	Peso mil semillas	Contenido de Proteína
Ambientes (A)	88691221.1**	26.8**	1172.8**	1074.9**	376.7**
Variedades (V)	10389642.8**	431.1**	149.3**	131.3**	3.6**
A X V	440910.2NS <sup>2</sup>	0.3NS	36.6**	42.4**	5.5**
CV <sup>1</sup> (%)	10.1	1.7	3.2	6.5	7.7

<sup>1</sup>C. V.: Coeficiente de variación.

<sup>2</sup>NS: No significativo.

\*\* : Significativo al 0.01 de probabilidad.

En la mayoría de las variables evaluadas se observaron los mayores promedios con el calendario de riego: 0-40-65-85 DDS, únicamente el contenido de proteína fue más alto con el CR: 0-50 DDS (Cuadro 2), en este aspecto, Ye y Guo-ping (2020) señalan que la deficiencia de humedad incremento el CP en cebada. Asimismo, Vera-Nuñez *et al.* (2002) en El Bajío de Guanajuato, reportaron el menor RG en cebada, con el CR: 0-46 DDS.

En rendimiento de grano se formaron tres grupos de importancia, el grupo con los mayores promedios estuvo integrado por Alina, PC-59E, Estelar y Esperanza con valores que superaron los 7,000 kg ha<sup>-1</sup>, el comportamiento sobresaliente de Alina, también fue reportado por Ramírez *et al.* (2014). Las variedades más tardías fueron Metcalfe y Prunella con 76.5 y 80,5 días a espigamiento respectivamente (Cuadro 2)

En peso de mil semillas los mayores promedios fueron para para las variedades W-105E y W-104E con medias superiores a 40 g, en esta característica las variedades de 2H en la

espiga presentaron un promedio de 37.32 g, en tanto que las de 6H tuvieron 30.69 g. En peso volumétrico y contenido de proteína, el valor más alto fue para Monserrat (D), que es una variedad de grano desnudo recomendada para riego y para alimentación humana, de las variedades de 2H en la espiga sobresalieron W-104E y W-105E con 67.9 y 66.4 kg hL<sup>-1</sup> respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rendimiento y características agronómicas de genotipos de cebada evaluados con riego normal y restringido.

Factor de estudio	Rendimiento Kg ha <sup>-1</sup>	Días a espiga	Peso volumétrico (kg hL <sup>-1</sup> )	Peso 1000 semillas (g)	Contenido de Proteína (%)
<b>Calendario de riego</b>					
0-40-65-85	6,740.2	63.9	66.6	37.9	13.5
0-50	4,520.4	62.7	58.5	30.1	18.1
DMS*	278.2	0.6	0.7	1.6	0.8
<b>Variedad</b>					
Alina	7,437.5	59.3	62.0	34.0	14.9
PC-59E <sup>1</sup>	7,221.6	63.8	57.6	32.7	16.7
Estelar	7,052.1	62.1	60.9	31.9	15.0
Esperanza	7,029.0	66.1	57.1	28.9	15.9
Prunella	6,015.5	80.5	62.7	33.8	16.7
Metcalfe	5,768.0	76.5	63.2	34.7	16.7
Monserrat (D)	5,585.3	62.0	74.1	30.7	17.0
Esmeralda	4,497.8	61.6	57.0	29.0	14.9
V-11E	4,442.6	61.8	59.8	29.6	15.7
PC-5E	4,273.5	63.3	62.1	38.6	15.8
W-105E	4,187.5	52.3	66.4	42.4	15.8
W104E	4,053.5	50.3	67.9	41.7	15.1
DMS	664.8	1.2	2.3	2.6	1.4

\*DMS: Diferencia mínima significativa

<sup>1</sup>E: Experimental

De acuerdo con el análisis de correlación de Pearson (Cuadro 3), el rendimiento de grano se relacionó positiva y significativamente con días a espigamiento y en forma negativa con contenido de proteína.

Cuadro 3. Coeficientes de correlación de Pearson entre las características evaluadas.

Característica	RG	DE	PV	PMS	CP
<b>RG</b>	1.00	0.30**	0.24	0.17	-0.53**
<b>DE</b>	0.30**	1.00	-0.13	-0.22	0.08
<b>PV</b>	0.24	-0.13	1.00	0.64**	-0.51**
<b>PMS</b>	0.17	-0.22	0.64**	1.00	-0.62**
<b>CP</b>	-0.53**	0.08	-0.51**	-0.62**	1.00

\*\* : Significativo al 0.01 de probabilidad

### CONCLUSIONES

- El ambiente de evaluación (calendario de riego) fue más importante que la variedad en la manifestación de la mayoría de las variables estudiadas.
- El calendario de riego restringido provocó un aumento de proteína.
- Alina, PC-59E, Estelar y Esperanza presentaron los más altos valores en rendimiento de grano.
- El rendimiento de grano se asoció positivamente con días a espigamiento y negativamente con contenido de proteína.

### REFERENCIAS

- Belal H., M. Akhtar. 2014. Growth and yield of barley (*Hordeum vulgare* L.) as affected by irrigation, sowing method and phosphorus level. Academia Journal of Agricultural Research 2(1): 030-035.
- Díaz E. L. F., A. Rodríguez G. 2011. Tecnología de fertilización y riego para producir cebada maltera con nuevas variedades de riego en Guanajuato. Desplegable Técnico No. 32. INIFAP. Campo Experimental Bajío. Roque, Celaya, Guanajuato.
- Navarrete R. D. 2015. Rendimiento y calidad de grano en líneas experimentales de cebada de dos hileras (*Hordeum distichum* L.). Tesis M. C. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2024. Consultado en: [www.fao.org/faostat](http://www.fao.org/faostat).
- Pérez, R. J., M. Zamora D., J. Mejía C., A. Hernández L., S. Solano H., 2015. Estabilidad del rendimiento de grano en cebada maltera en El Bajío, México. Chilean J. Agric. Anim. Sci. 31(3): 12-19.
- Ramírez N. U., A. Rodríguez G., N. Morán V., F. Cervantes O., M. Mendoza E., J. A. Rangel L. 2014. Manejo agronómico de cebada maltera. Rendimiento de semilla y componentes. Ciencia y Tecnol. Agrop. México 2(1): 24-29.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2024. Consultado en: [www.gob.mx/siap](http://www.gob.mx/siap).
- Vera-Nuñez J. A., O.A. Grageda-Cabrera, M.A. Vuelvas-Cisneros, J.J. Peña-Cabriales. 2002. Absorción de nitrógeno (<sup>15</sup>N) por el cultivo de cebada en relación con la disponibilidad de agua en "El Bajío", Guanajuato, México. Terra 20: 57-64.
- Ye H., Z. Guo-ping. 2020. The influence of drought stress on malt quality traits of the wild and cultivated barleys. Journal of Integrative Agriculture 19(8):2009-2015.

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL GRANO DE MAÍZ Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO

Ávila P. M. Á.<sup>1\*</sup>, Gámez V. A. J.<sup>1</sup>, Hernández C. R. E.<sup>1</sup>, Gómez E. J.<sup>1</sup>, Dorantes G. J. R. A.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>INIFAP, Campo Experimental Bajío, km 6.5 de la carretera Celaya-San Miguel de Allende, C. P. 38010, Roque, Celaya, Gto.  
[\\*avila.miguel@inifap.gob.mx](mailto:avila.miguel@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la asociación de las características físicas del grano de maíz con el rendimiento. Se evaluaron doce híbridos de maíz de grano blanco y amarillo en dos fechas de siembra en el Campo Experimental Bajío del INIFAP. Se detectó que el retraso de la fecha de siembra provocó disminución significativa de todas las variables evaluadas, además se observó que el mayor rendimiento de grano fue para Remaco 14A y Remaco 47 y que el rendimiento de grano se asoció con peso de cien granos, peso volumétrico, largo y espesor de grano.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., maíz blanco, maíz amarillo.

### ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the association of the physical characteristics of the corn grain with the yield. Twelve hybrids of white and yellow grain corn were evaluated on two sowing dates in the Bajío Experimental Field of INIFAP. It was detected that the delay in the sowing date caused a significant decrease in all the variables evaluated, in addition, it was observed that the highest grain yield was for Remaco 14A and Remaco 47 and that grain yield was associated with hundred grain weight, volumetric weight, grain length and thickness.

**Keywords:** *Zea mays* L., white maize, yellow maize.

### INTRODUCCIÓN

México es el séptimo país más importante para la producción de maíz en el mundo, en nuestro país es la especie cultivada más importante desde el punto de vista alimenticio y económico, ya que se siembran cerca de 7 millones de ha y se cosechan más de 26 millones de t (SIAP, 2024).

En México, se produce principalmente maíz blanco, que se utiliza para el consumo humano, con la producción nacional se cubre prácticamente la totalidad de la demanda interna, sin embargo, nuestro país presenta déficit de maíz amarillo, por lo que en 2023 se importaron,

principalmente de Estados Unidos de América, cerca de 18 millones de t de este tipo de grano, con un valor de 5,366 millones de dólares, lo que provoca fuga de divisas y dependencia con el exterior (SIAP, 2024).

Guanajuato es el quinto estado más importante en la producción nacional de maíz, ya que le aporta cerca de 1.8 millones de t, el 83 % se obtiene en riego y el restante 17 % en temporal, con un rendimiento promedio de 1.9 y 10.0 t ha<sup>-1</sup> respectivamente (SIAP, 2024).

La época de siembra y la elección de la variedad son factores críticos en un sistema de producción en condiciones de riego. Las variedades responden diferencialmente a los factores ambientales (principalmente plagas, enfermedades y temperatura) que se manifiestan en diversos grados a lo largo de la estación de crecimiento ya que impactan el rendimiento y la calidad del producto (Ramírez *et al.*, 2010).

En El Bajío de Guanajuato al retrasar la fecha de siembra (FS) de maíz en riego, hubo una reducción del peso volumétrico y del rendimiento de grano, por lo que se observó mejor respuesta en siembras establecidas a finales de abril (Avila *et al.*, 2013). Similares resultados son presentados por Cano-Flores *et al.* (2015) al comparar una FS temprana (15 de abril) con una tardía (15 de junio).

El rendimiento de grano es la variable económica más importante en la mayoría de los cultivos. Es una característica compleja que depende de un buen número de caracteres los cuales son influenciados por factores ambientales. El conocimiento de los sistemas que controlan el rendimiento y sus componentes es útil para entender el comportamiento potencial de una especie (Tejaswini *et al.*, 2022).

Por lo que el objetivo del presente estudio, fue evaluar la asociación de las características físicas del grano de maíz con el rendimiento de 12 híbridos de maíz de grano blanco y amarillo en dos fechas de siembra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó bajo condiciones de riego durante el ciclo primavera-verano de 2020 en terrenos del Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en localidad de Roque, municipio de Celaya, Guanajuato, que se localiza en 20°32' de latitud norte, 100°49' de longitud oeste y a una altitud de 1,752 metros. Su clima es del tipo BS1 hw (w)(e)g que corresponde a semiseco y semicálido. Su precipitación total y temperatura media anual son de 592.8 mm y 19.8 °C respectivamente. El tipo de suelo donde se realizó la evaluación de los tratamientos se clasifica como vertisol, de textura arcillosa, con pH de 7.81, materia

orgánica de 1.88 %, en tanto que su contenido de nitrógeno y fósforo se clasifica como mediano y alta presencia de potasio.

El ensayo de cada una de las dos fechas de siembra (ambiente) se estableció con un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, las fechas de siembra (FS) fueron: 21 de mayo y 30 de junio de 2018, se evaluaron 12 híbridos de maíz, seis de grano blanco y seis de color amarillo.

La parcela experimental fue de cuatro surcos de 5 m de largo y 80 cm de separación, en tanto que la parcela útil fueron los dos surcos centrales de 5 m de longitud. Los experimentos se establecieron con una densidad de población de 80,000 plantas ha<sup>-1</sup>, se utilizó la fórmula de fertilización 240-60-00, para lo cual se aplicó todo el fósforo y la mitad del nitrógeno (N) en la siembra y el resto del N se incorporó en la segunda escarda. Se aplicaron dos riegos: el primero después de la siembra, para promover la germinación de la semilla y emergencia de plántulas y el segundo se realizó en la etapa de hoja bandera del cultivo, posteriormente el desarrollo del cultivo dependió de la presencia de las lluvias. El resto del manejo agronómico se hizo de acuerdo con las recomendaciones del INIFAP para la región.

Se evaluaron las siguientes variables: rendimiento de grano (RG), peso de cien granos (PCG), peso volumétrico (PV), largo (LG), ancho (AG) y espesor (EG) de grano. Se efectuó un análisis combinado con las dos fechas de siembra, para lo cual se utilizó el programa SAS. Cuando las diferencias fueron significativas, se empleó la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad. Además, se determinaron los coeficientes de correlación de Pearson y se realizó un análisis por factores.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza (ANVA) reportaron diferencias significativas ( $\leq 0.01$  de probabilidad) para fechas de siembra (FS) y genotipo (G), en todas las variables, con excepción en EG para FS. Para la interacción FS x G se observaron diferencias significativas en rendimiento de grano y peso volumétrico. Por la magnitud de los cuadrados, en RG, PCG, PV, LG y AG tuvo mayor influencia la fecha de siembra, mientras que el genotipo fue relevante en la manifestación del EG. Además, cabe señalar que los coeficientes de variación presentaron valores inferiores a 12 %, por lo que se consideran aceptables y son indicadores de la confiabilidad de los resultados (Cuadro 1).

Todas las variables evaluadas disminuyeron conforme se retrasó la fecha de siembra, lo que coincide parcialmente con lo reportado por Avila *et al.* (2013) y Cano-Flores *et al.*

(2015), de tal forma que en la FS del 30 de junio hubo una reducción del RG cercana al 30 % con respecto al ensayo establecido el 21 de mayo (Cuadro 2).

Cuadro 1. Cuadrados medios de los análisis de varianza combinados para rendimiento y características físicas de grano de 12 híbridos de maíz de grano blanco y amarillo evaluados en dos fechas de siembra en el Campo Experimental Bajío en el ciclo primavera-verano de 2018.

Fuente de Variación (F. V.)	Cuadrados medios					
	RG	PCG	PV	LG	AG	EG
Fecha de siembra (FS)	410.6**	251.1**	381.2**	7.7**	1.6**	0.2NS
Genotipo (G)	9.7**	64.7**	43.8**	3.6**	1.1**	0.4**
FS x G	7.1**	6.4NS <sup>1</sup>	15.0**	0.2NS	0.2NS	0.1NS
CV <sup>2</sup> (%)	11.5	6.4	1.3	5.8	5.2	5.5

<sup>1</sup>NS: No Significativo

<sup>2</sup>CV: Coeficiente de variación

\*\*Significativo al 0.01 de probabilidad

En promedio, el mayor rendimiento de grano fue para Remaco 14A y Remaco 47 con un valor superior a 13.0 t ha<sup>-1</sup>, que son híbridos de grano amarillo y blanco respectivamente, los menores promedios en RG fueron para H-327AO y H-382A con 10.8 y 10.1 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. Salinas *et al.* (2010) reportan que en maíz los granos grandes tienen un PCG mayor a 38 g, los medianos entre 33 y 38 g, mientras que los pequeños exhiben valores menores a 33 g. Con base en ésta clasificación, H-386A y Cimarrón tuvieron granos grandes; Remaco 48, Remaco 47, H-377, H-387A, Ocelote, Remaco 14A, H-327AO y Remaco 15A presentaron granos medianos y Remaco 49 y H-382A mostraron granos pequeños (Cuadro 2). Al respecto, Jiménez *et al.* (2012) señalan que el peso del grano es un indicador del tamaño y la densidad, característica importante para los productores de harina porque los granos grandes contienen mayor proporción de endospermo, de modo que tienen más alto rendimiento de harina.

Todos los genotipos evaluados tuvieron un PV  $\geq 74$  kg hL<sup>-1</sup>, por lo que son aptos para la industria de harina nixtamalizada y de la masa y la tortilla, lo anterior de acuerdo con la norma NMX-FF-034/1-SCFI 2020 (Secretaría de Economía, 2020). Los híbridos Remaco 15A y H-387A presentaron los valores más altos de PV con más de 84 kg hL<sup>-1</sup>, mientras que los menores promedios fueron para Cimarrón y Remaco 14A con 77.5 y 77.4 kg hL<sup>-1</sup> respectivamente (Cuadro 2).

El 100 % de los híbridos estudiados mostró un ancho de grano superior a 4.76 mm que es el valor establecido en la NMX-FF-034/1-SCFI 2020 (Secretaría de Economía, 2020). El mayor promedio se observó en H-377 y H-386A con un valor de 9.0 mm (Cuadro 2).



Cuadro 2. Rendimiento y características físicas de grano de 12 híbridos de maíz de grano blanco y amarillo evaluados en dos fechas de siembra en el Campo Experimental Bajío en el ciclo primavera-verano de 2018.

<b>Factor de estudio</b>	<b>RG (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>PCG (g)</b>	<b>PV (kg hL<sup>-1</sup>)</b>	<b>LG (mm)</b>	<b>AG (mm)</b>	<b>EG (mm)</b>
<b><u>Fecha de siembra</u></b>						
21 de mayo	14.0	37.0	81.8	12.7	8.6	4.2
30 de junio	9.9	33.8	77.8	12.1	8.4	4.1
DMS <sup>4</sup>	0.5	1.3	0.3	0.3	0.2	0.1
<b><u>Híbrido</u></b>						
Remaco 14A <sup>2</sup>	14.3	34.7	77.4	13.6	7.9	3.9
Remaco 47 <sup>1</sup>	13.1	37.1	79.2	12.2	8.8	4.1
Remaco 15A <sup>2</sup>	12.6	33.1	84.3	11.7	8.5	3.8
H-377 <sup>1</sup>	12.4	36.6	79.1	12.9	9.0	4.0
H-387A <sup>2</sup>	12.2	35.4	84.3	11.1	8.8	4.5
Ocelote <sup>1</sup>	12.1	35.4	79.2	12.7	8.2	4.1
H-386A <sup>2</sup>	11.7	40.6	80.7	12.0	9.0	4.4
Remaco 48 <sup>1</sup>	11.7	38.0	78.0	12.4	8.7	4.3
Cimarrón <sup>1</sup>	11.3	38.2	77.5	13.1	8.4	4.2
Remaco 49 <sup>1</sup>	11.2	31.1	78.9	12.3	8.4	3.7
H-327AO <sup>3</sup>	10.8	33.2	80.6	12.2	8.2	4.3
H-382A <sup>2</sup>	10.1	31.7	78.5	12.6	8.0	4.2
DMS <sup>4</sup>	1.3	2.2	1.0	0.7	0.4	0.2

<sup>1</sup>Grano Blanco.

<sup>2</sup>Grano Amarillo.

<sup>3</sup>Grano Amarillo Alto Aceite.

<sup>4</sup>DMS: Diferencia Mínima Significativa.

Los coeficientes de correlación de Pearson (Cuadro 3) indicaron que el RG se asocia positiva y significativamente con PCG, PV y LG, con respecto a las demás variables, la relación no fue significativa. Sin embargo el análisis por factores (Figura 1) detectó que el RG se correlaciona con las tres variables mencionadas y con el EG.

Cuadro 3. Coeficientes de correlación de Pearson de las características evaluadas.

	<b>RG</b>	<b>PCG</b>	<b>PV</b>	<b>LG</b>	<b>AG</b>	<b>EG</b>
<b>RG</b>	1.00	0.36 **	0.42 **	0.30 **	-0.15	-0.08
<b>PCG</b>	0.36 **	1.00	0.18	0.28 **	0.28 **	0.34 **
<b>PV</b>	0.42 **	0.18	1.00	-0.17	0.04	0.27 **
<b>LG</b>	0.30 **	0.28 **	-0.17	1.00	-0.18	-0.14
<b>AG</b>	-0.15	0.28 **	0.04	-0.18	1.00	0.24 **
<b>EG</b>	-0.08	0.34 **	0.27 **	-0.14	0.24 **	1.00

\*\*Significativo al 0.01 de probabilidad

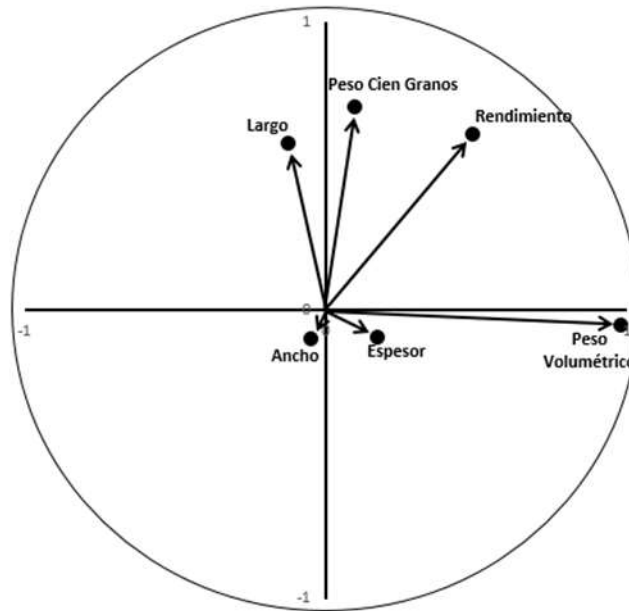


Figura 1. Análisis por factores de las variables estudiadas.

## CONCLUSIONES

1. El retraso de la fecha de siembra provocó disminución significativa de todas las variables evaluadas.
2. El mayor rendimiento de grano se observó en Remaco 14A y Remaco 47, híbridos de grano amarillo y blanco respectivamente.
3. El rendimiento de grano se asoció con peso de cien granos, peso volumétrico, largo y espesor de grano.

## REFERENCIAS

- Avila P. M. A., J. R. A. Dorantes G., A. J. Gámez V., R. E. Hernández C., M. Bobadilla M., J. Virgen V., F. P. Gámez V. 2013. Comportamiento agronómico de ocho híbridos de maíz amarillo bajo diferentes fechas de siembra. *Ciencia y Tecnol. Agrop. México*. 1(1): 20-25.
- Cano-Flores J. M., J. G. Rivera-Reyes, H. C. Cisneros-López, F. Cervantes-Ortiz. 2015. Evaluación agronómica de maíces criollos mejorados y sus progenitores en dos fechas de siembra. *Memoria Científica del Segundo Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. Roque, Celaya, Guanajuato, México. P. 904.
- Jiménez J. J. A., G. Arámbula V., E. de la Cruz L., M. A. Aparicio T. 2012. Características del grano, masa y tortilla producida con diferentes genotipos de maíz del trópico mexicano. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo* 28(2): 145-152.
- Ramírez D. J. L., J. J. Wong P., J. A. Ruiz C., M. Chuela B. 2010. Cambio de fecha de siembra del maíz en Culiacán, Sinaloa, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(1): 61-68.
- Salinas M. Y., N. O. Gómez M., J. E. Cervantes M. M. Sierra M., A. Palafox C., E. Betanzos M., B. Coutiño E. 2010. Calidad nixtamalera y tortillera en maíz del trópico húmedo y sub-húmedo. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1:509-523.
- Secretaría de Economía-México. (2020). Norma NMX-FF-034/1-SCFI 2020 Productos alimenticios para uso humano no industrializados – cereales - maíz (*Zea mays* L.) – especificaciones y métodos de prueba. México 18 p.

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2024. Consultado en: [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx) (agosto de 2024).
- Tejaswini N., K. Sukumar, T. Srikanth, B. Mallaiah. 2022. Correlation and path coefficient analysis in maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Environment and Climate Change* 12(10): 780-787.

## VARIABILIDAD FÍSICA Y NUTRICIONAL DE SEMILLA DE SOYA EN ACCESIONES INTRODUCIDAS DE ESTADOS UNIDOS

Alcala R. J. S. G. J.<sup>1\*</sup>; Maldonado M. N.<sup>1</sup>; Vázquez R. M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental las Huastecas- INIFAP, carretera Tampico-Mante Km. 55, Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tamaulipas, México. <sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Altamira, Carretera Tampico-Mante km 24.5, Altamira, Tamaulipas, México.

\*Autor para correspondencia: [alcala.juan@inifap.gob.mx](mailto:alcala.juan@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

La calidad de la semilla es un aspecto importante que se debe considerar en el desarrollo de variedades mejoradas, para ello en los programas de mejoramiento genético es indispensable contar con los recursos fitogenéticos que proporcionen la suficiente variabilidad genética. El objetivo de este trabajo fue determinar la variabilidad física y nutricional de semilla de soya en accesiones introducidas de Estados Unidos. Se utilizaron 52 accesiones provenientes de Estados Unidos. En la preparación del terreno se realizó barbecho, rastra y surcado. La siembra se efectuó de forma manual a capacidad de campo con una densidad de 250,000 plantas ha<sup>-1</sup>. La parcela constó de un surco de 5 m. La semilla de cada accesión se cosechó en la etapa de madurez fisiológica. Se evaluó el peso de cien semillas, peso volumétrico, porcentaje de aceite, porcentaje de aceite base seca, porcentaje de oleico y porcentaje de proteína. Los datos se analizaron a través de componentes principales. Los primeros dos componentes principales explicaron el 72% de la variación total. Las accesiones se distribuyeron en los cuatro cuadrantes del biplot, lo que indicó la variabilidad presente en la semilla, siendo las accesiones G20, G21, G46 y G12 las que contribuyeron a la mayor aportación de esta variabilidad. Para los componentes nutricionales como el aceite, oleico y proteína sobresalieron las accesiones G46, G42 y G12, respectivamente. En lo que respecta a las características físicas destacaron G51 en peso de cien semillas y G42 en peso volumétrico. El porcentaje de proteína, porcentaje de aceite y porcentaje de aceite base seca se caracterizaron por tener mayor poder de discriminación. En conclusión, existe variabilidad en características físicas y nutricionales de semilla de soya en accesiones introducidas de Estados Unidos.

**Palabras clave:** Diversidad, *Glycine max*, recurso fitogenético

### ABSTRACT

Seed quality is an important aspect to be considered in the development of improved varieties. Therefore, in genetic improvement programs it is essential to have plant genetic resources that provide sufficient genetic variability. The objective of this work was to determine the physical and nutritional variability of soybean seed in accessions introduced from the United States. 52 accessions from the United States were used. Land preparation included following, harrowing and furrowing. Sowing was done manually at field capacity with a density of 250,000 plants ha<sup>-1</sup>. The plot consisted of a 5 m furrow. The seed of each accession was harvested at the physiological maturity stage. The weight of one hundred seeds, volumetric weight, oil percentage, dry base oil percentage, oleic percentage and protein percentage were evaluated. The data were analyzed through principal components. The first two principal components explained 72% of the total variation. The accessions were distributed in the four quadrants of the biplot, which indicated the variability present in the seed, with accessions G20, G21, G46 and G12 contributing the greatest contribution to this

variability. For nutritional components such as oil, oleic acid and protein, accessions G46, G42 and G12 stood out, respectively. Regarding physical characteristics, G51 stood out in terms of weight per hundred seeds and G42 in terms of volumetric weight. The percentage of protein, percentage of oil and percentage of dry base oil were characterized by having greater discrimination power. In conclusion, there is variability in physical and nutritional characteristics of soybean seeds in accessions introduced from the United States.

**Key words:** Diversity, *Glycine max*, plant genetic resource

## INTRODUCCIÓN

La soya es un cultivo leguminoso cuya importancia radica en la semilla por su alto contenido de proteína y aceite comestible, la cual tiene varios usos tanto para la alimentación humana como para la alimentación animal, la producción de biocombustibles y otros productos (Valliyodan *et al.*, 2017). Por tal motivo la calidad de la semilla es indispensable para su aceptación en el mercado. En primera instancia una semilla de calidad debe presentar uniformidad en su color, forma, tamaño y brillo. Esta se genera bajo un paquete tecnológico que integra componentes genéticos, fisiológicos, sanitarios y físicos, los cuales hacen que la semilla sea muy efectiva en la producción y productividad (Garay, 1991). Para lograr la calidad en las semillas los mejoradores utilizan la diversidad genética con la finalidad de desarrollar nuevas variedades con características deseadas incluyendo el incremento de la calidad física y nutricional de los alimentos para una población mundial en crecimiento. Esta diversidad puede definirse como un rango de características en un cultivo, mientras que la variabilidad se refiere a las diferencias entre individuos para una característica específica (Swarup *et al.*, 2021). Además de la calidad en la semilla, el fitomejoramiento ha permitido mejorar la producción de los cultivos con una contribución estimada de alrededor del 50% en la productividad (Fehr, 1984). Para lograr estas aportaciones es necesario seguir un proceso altamente complejo y no lineal debido a los factores genéticos y ambientales (Collins *et al.*, 2008). Así mismo, el éxito del mejoramiento de un cultivo dependerá de la diversidad genética de diferentes fuentes fitogenéticas como variedades mejoradas, materiales criollos, parientes silvestres, colecciones de plantas elite y/o mutantes. Por lo anterior, la presente investigación tuvo el objetivo de determinar la variabilidad física y nutricional de semilla de soya en accesiones introducidas de Estados Unidos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el Campo Experimental Las Huastecas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el km 55 de la Carretera Tampico- Mante, Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tamaulipas. Las coordenadas geográficas son 22° 34' 0.34" LN y 98° 10' 0.86" LO, teniendo una altitud de 15 msnm con temperatura media anual de 26°C y precipitaciones aproximadas de 933 mm siendo el mes con más lluvias septiembre, que se caracteriza por un clima cálido sub-húmedo.

Como material vegetal se utilizó semilla de 52 accesiones del Banco de Germoplasma de Soya correspondientes a introducciones de Estados Unidos. Para la preparación del terreno se realizó barbecho a una profundidad de 25 a 30 cm, dos pasos de rastra 20 días después del barbecho y surcado a 76 cm entre surcos. La siembra se realizó a capacidad de campo de forma manual. La parcela experimental consto de un surco de 5 m. La densidad utilizada fue de 250,000 plantas ha<sup>-1</sup>. El desarrollo del cultivo fue bajo condiciones de temporal.

En madurez fisiológica se realizó la cosecha de cada accesión individualmente con el propósito de evitar mezclas. La semilla de cada accesión fue depositada en bolsas de papel con su respectiva identificación y fue utilizada para tomar datos de calidad física y nutricional. Se evaluaron dos variables físicas (Peso de cien semillas y peso volumétrico al 13% de humedad) y cuatro nutricionales (Porcentaje de aceite, porcentaje de aceite base seca, porcentaje de oleico y porcentaje de proteína). Los datos fueron analizados a través de componentes principales. El software utilizado fue R versión 4.4.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A través del análisis de componentes principales (CP), se determinó que a partir de los tres primeros CP se explica el 87.4% de la variación (Tabla 1).

El CP1 explicó en mayor medida la variación con el 51.8%, contribuyendo sobre todo las características de porcentaje de aceite, aceite base seca, proteína y peso de cien semillas. Por otra parte, el CP2 explicó el 20.2% de la variabilidad contribuyendo en este componente el porcentaje de oleico y el peso volumétrico (Tabla 1; Tabla 2). Esto coincide con Dubey *et al.* (2018) quienes reportan en estudios de características de importancia económica de la soya, que el primer CP registro la mayor variación seguido del segundo, tercero, cuarto y quinto CP mostrando una variación total de 73%. Para este estudio basto solamente con los primeros dos componentes para obtener un porcentaje similar (Tabla 1).

Tabla 1. Varianza explicada por los primeros tres componentes principales

	CP1	CP2	CP3
Desviación estándar	1.764	1.102	0.958
Proporción de varianza	51.83	20.22	15.30
Proporción acumulada	51.83	72.06	87.36

CP: Componente principal

Además, la relación de los CP con las características indicó que las accesiones de Estados Unidos expresaron de manera diferente las características relacionadas con la calidad física y nutricional de la semilla, lo cual puede deberse a la diferente constitución genética que cada material (Tabla 2).

Tabla 2. Vectores propios de los primeros dos componentes principales de características físicas como nutricionales de semilla de soya

	CP1	CP2
Porcentaje de Aceite	0.5376	-0.1261
Porcentaje de Aceite base seca	0.5460	-0.0136
Porcentaje de Oleico	0.0666	0.6945
Porcentaje de Proteína	-0.5391	0.1457
Peso de cien semillas	0.3239	0.0916
Peso volumétrico	0.1134	0.6869

CP: Componente principal

En la figura 1, las 52 accesiones de soya provenientes de Estados Unidos a través sus características físicas y nutricionales se distribuyeron en los cuatro cuadrantes formados por los dos primeros CP, mostrando la variabilidad presente en la semilla.

Las accesiones que tuvieron mayor contribución a la variabilidad fueron G20, G21, G46 y G12. En relación con lo anterior, la información obtenida de los CP ayuda a los fitomejoradores a identificar características fenotípicas que contribuyen a la variación genética entre accesiones para seleccionar progenitores (Iyanu *et al.*, 2020).

En el porcentaje de aceite y aceite base seca destacó la accesión G46. Para el peso volumétrico y porcentaje de oleico sobresalió G42. El mayor porcentaje de proteína estuvo asociado con G12. La accesión G51 estuvo relacionada con el mayor peso de cien semillas. La composición de la semilla tiene efectos en la calidad y productos que se deriven de la semilla de soya como la harina proteica y el aceite para hornear (Zhang *et al.*, 2018). Por otro lado, el peso de cien semillas y el peso volumétrico son características complejas y agrónomicamente importantes en la soya, ya que contribuyen al rendimiento del cultivo, las cuales están determinadas por la coordinación entre el embrión, el endospermo y la cubierta de la semilla (Zhang *et al.*, 2016).

Por otra parte, se pudo observar una relación positiva entre el peso de cien semillas, porcentaje de aceite y porcentaje de aceite base seca indicando que, al aumentar las unidades de una de estas características al mismo tiempo se verá reflejado un incremento en los valores de las otras dos. Además, estas características tuvieron una asociación negativa con el porcentaje de proteína, esto quiere decir que al incrementar la proteína como consecuencia se reducirá el peso de cien semillas y el contenido de aceite. Así mismo, el oleico y el peso volumétrico presentaron una relación positiva.

En lo que respecta a las características porcentaje de proteína, porcentaje de aceite y porcentaje de aceite base seca destacaron por haber presentado el mayor poder de discriminación. Por lo anterior el análisis biplot se ha convertido en una herramienta importante en el fitomejoramiento y la investigación agrícola, que permite una evaluación eficaz de los genotipos y comprensión de sus rasgos que los caracterizan (Yan y Tinker, 2006).

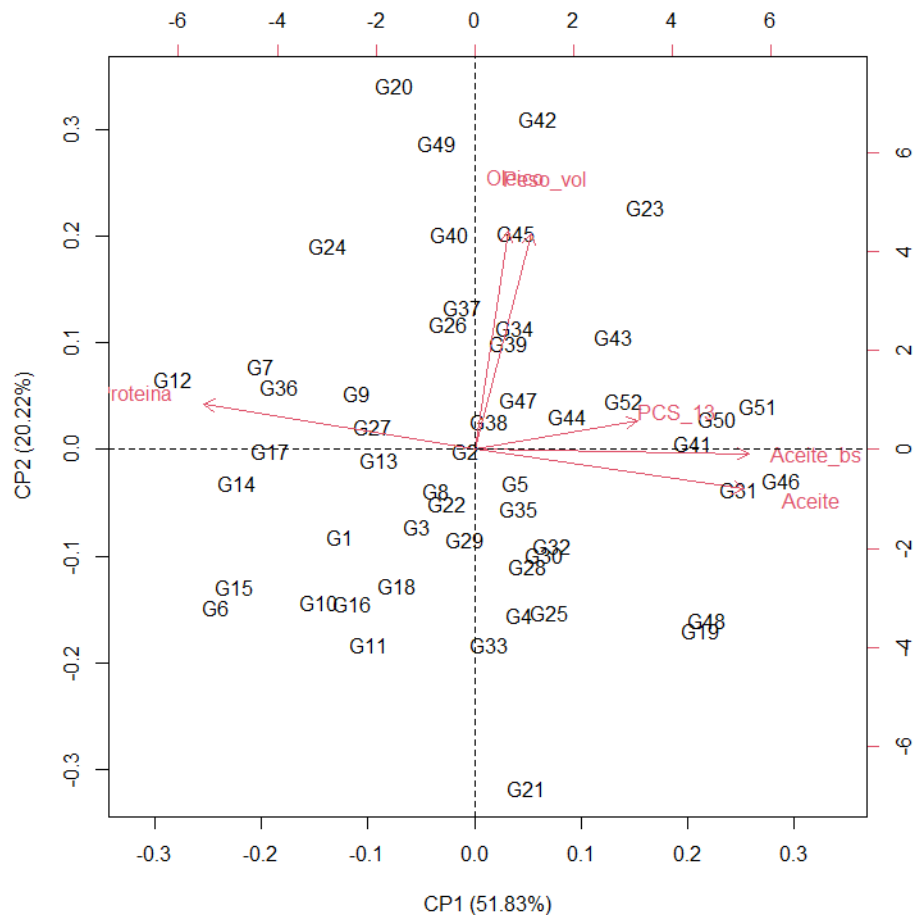


Figura 1. Distribución de accesiones de soya provenientes de Estados Unidos a través de características físicas y nutricionales de semilla.

### CONCLUSIONES

Se determinó que existe variabilidad física y nutricional de semilla de soya en accesiones introducidas de Estados Unidos, la cual puede ser utilizada en programas de mejoramiento genético. Destacando para proteína la accesión G12, para aceite G46, en el peso de cien semillas G51 y para oleico y peso volumétrico G42.

### REFERENCIAS

- Collins, N. C., Tardieu, F. and Tuberosa, R. (2008). Quantitative Trait Loci and Crop Performance under Abiotic Stress: Where Do We Stand? *Plant Physiology*, 147(2), 469–486. <https://doi.org/10.1104/PP.108.118117>
- Dubey, N., Avinash, H. A. and Shrivastava, A. N. (2018). PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS IN ADVANCED GENOTYPES OF SOYBEAN [GLYCINE MAX (L.) MERRILL] OVER SEASONS. *Plant Archives*, 18(1), 501–506.
- Fehr, W. R. (1984). Genetic Contributions to Yield Gains of Five Major Crop Plants. In W. R. Fehr (Ed.), *Genetic Contributions to Yield Gains of Five Major Crop Plants*. Crop Science Society of America and American Society of Agronomy. <https://doi.org/10.2135/cssaspecpub7>



- Garay, A. E. (1991). La calidad de la semilla y sus componentes. In *Control de calidad en el campo, beneficio y almacenamiento de semillas* (1er edición, pp. 1–12).
- Iyanu, A., Ajayi, A. T. and Osekita, O. S. (2020). Genotype X Trait Bi-Plot Analysis for Assessing Character Association in Cowpea (*Vigna Unguiculata* L. Walp). *South Asian Research Journal of Biology and Applied Biosciences*, 2(1), 7–15. <https://doi.org/10.36346/sarjbab.2020.v02i01.002>
- Swarup, S., Cargill, E. J., Crosby, K., Flagel, L., Kniskern, J. and Glenn, K. C. (2021). Genetic diversity is indispensable for plant breeding to improve crops. *Crop Science*, 61(2), 839–852. <https://doi.org/10.1002/CSC2.20377>
- Valliyodan, B., Ye, H., Song, L., Murphy, M., Grover Shannon, J. and Nguyen, H. T. (2017). Genetic diversity and genomic strategies for improving drought and waterlogging tolerance in soybeans. *Journal of Experimental Botany*, 68(8), 1835–1849. <https://doi.org/10.1093/JXB/ERW433>
- Yan, W. and Tinker, N. A. (2006). Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*, 86(3), 623–645. <https://doi.org/10.4141/P05-169>
- Zhang, J., Song, Q., Cregan, P. B. and Jiang, G. L. (2016). Genome-wide association study, genomic prediction and marker-assisted selection for seed weight in soybean (*Glycine max*). *Theoretical and Applied Genetics*, 129(1), 117–130. <https://doi.org/10.1007/S00122-015-2614-X/TABLES/3>
- Zhang, J., Wang, X., Lu, Y., Bhusal, S. J., Song, Q., Cregan, P. B., Yen, Y., Brown, M. and Jiang, G. L. (2018). Genome-wide Scan for Seed Composition Provides Insights into Soybean Quality Improvement and the Impacts of Domestication and Breeding. *Molecular Plant*, 11(3), 460–472. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2017.12.016>

## TOLERANCIA DE VARIEDADES DE AJONJOLÍ A *Cercospora sesami*, *Xanthomonas campestris*, *Alternaria sesami* Y ENFERMEDADES DEL SUELO

Alcalá R. J. S. G. J.<sup>1\*</sup>; Maldonado M. N.<sup>1</sup>; Arellano A. S.<sup>2</sup>; Borja B. M.<sup>2</sup>; Camposeco M. N.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Las Huastecas-INIFAP, carretera Tampico-Mante Km 55, Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tamaulipas, México. <sup>2</sup>Campo Experimental Pabellón-INIFAP, carretera Aguascalientes-Zacatecas Km. 32.5, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México.

<sup>3</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

\*Autor para correspondencia: [alcala.juan@inifap.gob.mx](mailto:alcala.juan@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar la tolerancia de variedades de ajonjolí a la incidencia de *Cercospora sesami*, *Xanthomonas campestris*, *Alternaria sesami* y enfermedades del suelo en el sur de Tamaulipas. El establecimiento del experimento se realizó en el Campo Experimental Las Huastecas. Como material vegetal se utilizaron nueve variedades de ajonjolí. La siembra se realizó de forma manual a una densidad de 300,000 plantas ha<sup>-1</sup>. La distribución de las variedades fue a través de un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los patógenos se identificaron a través de la sintomatología en plantas enfermas. La evaluación se realizó por medio de una escala de incidencia de 1 a 5, donde 1 fueron variedades sin síntomas de enfermedad y 5 variedades con el 100% de incidencia. Se efectuaron análisis de varianza, comparación de medias de Tukey y análisis de componentes principales utilizando el software R versión 4.4. Las variedades presentaron diferencias ( $P \leq 0.01$ ) para la incidencia de *Xanthomonas campestris*, *Alternaria sesami*, marchitez por enfermedades del suelo (MPES) y promedio de incidencia de enfermedades (PIE). La enfermedad *Xanthomonas campestris* no afectó a las variedades Iqualteco, K3, Zirandaro y Chuleño. Por otro lado, el 88% de las variedades no tuvo incidencia de *Alternaria sesami*. En lo que respecta a la MPES no afectaron al 66.7% de las variedades. En el PIE las variedades K3, Chuleno, San Joaquín, Padilla, Pachequeño presentaron baja o nula incidencia de enfermedades. Con respecto a los componentes principales, los dos primeros explicaron el 74.8% de la variación total, donde las variedades K3 y Chuleño presentaron menos incidencias de enfermedades, así mismo la variable PIE tuvo la mayor capacidad de discriminación. En conclusión, las variedades con mayor tolerancia a las enfermedades estudiadas fueron K3 y Chuleño.

**Palabras clave:** tolerancia, enfermedades foliares, enfermedades de raíz

### ABSTRACT

The objective of this research was to determine the tolerance of sesame varieties to the incidence of *Cercospora sesami*, *Xanthomonas campestris*, *Alternaria sesami* and soil diseases in southern Tamaulipas. The experiment was established in the Las Huastecas Experimental Field. Nine varieties of sesame were used as plant material. Planting was done manually at a density of 300,000 plants ha<sup>-1</sup>. The distribution of the varieties was through a randomized complete block design with three replications. Pathogens are identified through symptoms in diseased plants. The evaluation was carried out through an incidence scale of 1 to 5, where 1 were varieties without disease symptoms and 5 varieties with 100% incidence. Variance analysis, Tukey's means comparison and principal component analysis were performed using R software version 4.3. The varieties presented differences ( $P \leq 0.01$ )

for the incidence of *Xanthomonas campestris*, *Alternaria sesami*, soil-borne wilt (MPES) and average incidence of diseases (PIE). The disease *Xanthomonas campestris* did not affect the Igualteco, K3, Zirandaro and Chuleño varieties. On the other hand, 88% of the varieties had no incidence of *Alternaria sesami*. Regarding MPES, 66.7% of the varieties were not affected. In terms of PIE, the varieties K3, Chuleno, San Joaquín, Padilla and Pachequeño had low or no incidence of diseases. Regarding the principal components, the first two explained 74.8% of the total variation, where the varieties K3 and Chuleño had less incidence of diseases, likewise, the PIE variable had the greatest discrimination capacity. In conclusion, the varieties with the highest tolerance to the diseases studied were K3 and Chuleño.

**Key words:** tolerance, foliar diseases, root diseases

## INTRODUCCIÓN

Uno de los factores que limitan la competitividad de un país en la producción de cultivos son las enfermedades, las cuales contribuyen a la disminución de los rendimientos y ocasionan pérdidas en las cosechas. En este sentido, *Cercospora sesami* es un patógeno que ocasiona la mancha foliar en plantas de ajonjolí, se caracteriza por presentarse en forma de anillos, provocando una defoliación completa de la planta, lo que conduce a graves pérdidas económicas (Sinha *et al.*, 2023). Por otro lado, la mancha bacteriana causada por *Xanthomonas campestris* pv. *Sesami* se puede presentar en cualquier etapa fenológica, sus síntomas son manchas de color café claro a oscuro rodeadas por un halo amarillo que pueden extenderse a otras partes de la planta (pecíolos, tallos y cápsulas), matándola y causando pérdida total de la producción (Félix-Gastélum *et al.*, 2019). En el caso de la enfermedad *Alternaria sesami*, contribuye a la reducción considerable de rendimiento y mala calidad de las semillas de ajonjolí (Bayisa, 2020). Por último, pero no menos importante, las enfermedades que causan la marchitez o podredumbre de la raíz son ocasionadas principalmente por *Fusarium oxysporum* y *Macrophomina phaseolina* (Khamari *et al.*, 2018; Ziedan *et al.*, 2011). Una alternativa para disminuir o evitar las afectaciones ocasionadas por enfermedades es a través del fitomejoramiento, el cual ayuda a los productores a incrementar la producción de sus cultivos y mejorar la resistencia a los patógenos que afectan las plantas, mediante el desarrollo de variedades mejor adaptadas a las regiones de interés (Bradshaw, 2017; Vleeshouwers y Oliver, 2014). Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la tolerancia de variedades de ajonjolí a la incidencia de *Cercospora sesami*, *Xanthomonas campestris*, *Alternaria sesami* y enfermedades del suelo en el sur de Tamaulipas.

## MATERIALES Y METODOS

El experimento se estableció en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) - Campo Experimental Las Huastecas ubicado en el km 55 de la Carretera Tampico-Mante, Villa Cuauhtémoc, municipio de Altamira, Tamaulipas, localizado en las coordenadas 22° 34' 0.34' LN y 98° 10' 0.86" LO, a una altura de 15 msnm, que se caracteriza por un clima cálido sub-húmedo.

Como material vegetal se utilizaron nueve variedades de ajonjolí: Breve doble, Pachequeño, Chuleño, Padilla, K3, Igualteco, San Joaquín, Zirándaro y Pungarabato; siendo las cuatro últimas desarrolladas por el INIFAP.

La preparación del terreno consistió en un barbecho a 30 cm de profundidad, 20 días después se realizaron dos pasos de rastra y finalmente se efectuó el trazado de surcos a una separación de 76 cm. La siembra se realizó a capacidad de campo sobre el lomo del surco a una densidad de 300,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Las variedades se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental constó de dos surcos de 5 m y la distancia entre calles fue de 1 m.

El desarrollo del cultivo fue bajo temporal. La maleza se controló de manera manual. En cuestión de plagas se tuvo la presencia de gusano telarañero, el cual se controló con el insecticida Coragen® a una dosis de 125 ml ha<sup>-1</sup>. Así mismo, se presentó mosquita blanca, la cual se controló realizando aplicaciones del insecticida Sivanto® con la dosis de 500 ml ha<sup>-1</sup>.

A los 66 días después de la siembra se tomaron datos de la incidencia de enfermedades: *Cercospora sesami* (CS), *Xantomonas campestris* (XC), *Alternaria sesami* (AS) y marchitamiento por diferentes enfermedades del suelo (MPES). La evaluación se realizó a través de una escala de 1 a 5 donde 1 fueron variedades completamente sanas, 2: variedades con  $\leq 25\%$  de incidencia por la enfermedad, 3: variedades con  $\leq 50\%$  de incidencia por la enfermedad, 4: variedades con  $\leq 75\%$  de incidencia y 5: variedades con  $\leq 100\%$  de incidencia por la enfermedad.

Los datos fueron procesados a través de análisis de varianza de acuerdo con el diseño utilizado, en las variables donde hubo significancia se procedió con la comparación de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), así mismo, se hizo análisis de componentes principales. El software utilizado fue R versión 4.4.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el análisis de varianza se encontraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para la incidencia de *Xantomonas campestris*, *Alternaria sesami*, MPES y promedio de incidencia de enfermedades (PIE) en la fuente de variación Variedades (Tabla 1). Esto es un indicativo de los diferentes grados de tolerancia que puede tener cada variedad hacia las enfermedades estudiadas causado por su constitución genética específica. Esta variación es indispensable para un programa de mejoramiento genético donde se desarrollan líneas con valor comercial para ser utilizados como progenitores (Pavani *et al.*, 2020).

Tabla 1. Cuadrados medios del análisis de varianza de incidencia de enfermedades en variedades de ajonjolí

FV	GL	CC	XC	AS	MPES	PIE
Variedades	8	0.037	NS	1.343 **	3.33E-01 **	8.33E-01 **
repetición	2	0.037	NS	0.148 NS	1.45E-31 NS	9.63E-32 NS
Error	16	0.037	0.106	1.11E-31	8.33E-02	0.015

\*significativo con  $P \leq 0.05$ , \*\*significativo con  $P \leq 0.01$ , NS: no significativo, FV: fuente de variación, GL: grados de libertad, CS: *Cercospora sesami*, XC: *Xantomonas campestris*,

AS: *Alternaria sesami*, MPES: marchitamiento por diferentes enfermedades del suelo, PIE: promedio de incidencia de enfermedades.

En la Tabla 2 se pudo observar que las variedades Igualteco, K3, Zirandaro y Chuleño destacaron al no haber presentado incidencia de la enfermedad *Xantomonas campestris*. En este sentido, para dar un enfoque ecológico, amigable y sustentable con el medio ambiente es necesario desarrollar y contar con estas variedades que contienen genes de resistencia o tolerancia contra los patógenos fúngicos foliares (Kumari *et al.*, 2014). Por otro lado, Breve doble seguido de Pungarabato fueron las más afectadas al haber tenido  $\leq 50\%$  y  $\leq 25\%$  de incidencia por la enfermedad, respectivamente.

En lo que respecta a la enfermedad *Alternaria sesami*, no causo daño al 88.8% de las variedades, lo que indica que las variedades presentan genes para contrarrestar el ataque de la enfermedad. Por otra parte, Zirandaro presentó  $\leq 25\%$  de incidencia por la enfermedad.

La MPES tuvo mayor incidencia en las variedades Igualteco, Pungarabato y Zirandaro. Sin embargo, el 66.7% de las variedades no presentaron incidencia de enfermedades en la raíz.

En el PIE destacaron las variedades K3, Chuleno, San Joaquín, Padilla y Pachequeño al presentar la incidencia mínima de enfermedades foliares (*Cercospora sesami*, *Xantomonas campestris* y *Alternaria sesami*) y de raíz (marchites causada por distintas enfermedades del suelo). Sin embargo, el resto de las variedades no llegaron a la categoría 2 ( $\leq 25\%$  de incidencia por las enfermedades), lo que indica que presentan buena tolerancia a las enfermedades presentes en la región sur de Tamaulipas.

Tabla 2. Comparación de medias de incidencia de enfermedades en variedades de ajonjolí

Variedad	<i>Xantomonas campestris</i>	<i>Alternaria sesami</i>	MPES	PIE
Igualteco	1.000 d	1.000 b	2.333 a	1.333 a
Padilla	1.667 c	1.000 b	1.000 b	1.167 b
Breve doble	3.000 a	1.000 b	1.000 b	1.500 a
Chuleño	1.000 d	1.000 b	1.000 b	1.000 b
K3	1.000 d	1.000 b	1.000 b	1.000 b
Pachequeño	1.333 c	1.000 b	1.000 b	1.083 b
Pungarabato	2.000 b	1.000 b	2.000 a	1.583 a
San Joaquín	1.667 c	1.000 b	1.000 b	1.167 b
Zirándaro	1.000 d	2.000 a	1.667 a	1.417 a

Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ), PIE: promedio de incidencia de enfermedades.

Por otro lado, en la figura 1 se observó que los dos primeros componentes principales (CP) explicaron el 74.8% de la variación total. Siendo el CP1 quien explicó la mayor proporción con 45.2%, seguido del CP2 que reveló 29.6%. Las enfermedades *Cercospora sesami*, PIE y MPES se asociaron con el CP1. Por otra parte, *Alternaria sesami* y *Xantomonas campestris* estuvieron mayormente relacionadas con el CP2.

En lo que se refiere a las variedades, estas se distribuyeron en los cuatro cuadrantes, lo que es un indicativo de la variabilidad genética expresada a través de la tolerancia hacia las enfermedades, donde las variedades, K3 y Chuleño destacaron al presentar menos incidencias de enfermedades, seguido de Pachequeño, San Joaquín y Padilla. Por otro lado, Pungarabato fue el más afectado por la incidencia de enfermedades.

Con respecto a las enfermedades, *Cercospora sesami* se correlacionó positivamente con PIE. Así mismo, la MPES se asoció positivamente con *Alternaria sesami*. Sin embargo, esta última se relacionó negativamente con *Xantomonas campestris*.

La enfermedad con mayor capacidad de discriminación fue PIE, seguido de MPES y *Xantomonas campestris*.

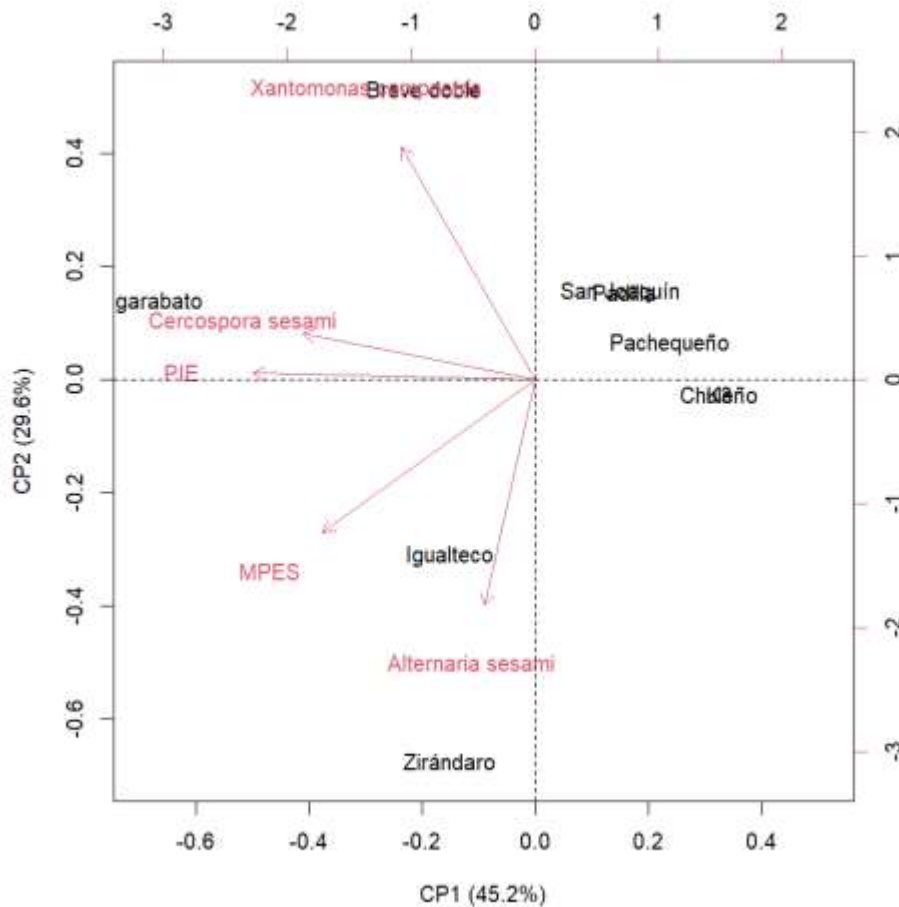


Figura 1. Biplot de incidencia de enfermedades en variedades de ajonjolí

### CONCLUSIONES

Las variedades con mayor tolerancia a las enfermedades en el sur de Tamaulipas fueron K3 y Chuleño al no haber presentado incidencia de *Cercospora sesami*, *Xantomonas campestris*, *Alternaria sesami* y MPES. Sin embargo, se recomienda seguir trabajando en

el mejoramiento del resto de variedades para incrementar su tolerancia a estas enfermedades.

### REFERENCIAS

- Bayisa, R. A. (2020). Enhancing resistance of *Sesamum indicum* against *Alternaria sesami* through *Bacillus velezensis* AR1. *Pest Management Science*, 76(11), 3577–3586. <https://doi.org/10.1002/PS.5890>
- Bradshaw, J. E. (2017). Plant breeding: past, present and future. *Euphytica*, 213(3), 1–12. <https://doi.org/10.1007/S10681-016-1815-Y>
- Félix-Gastélum, R., Maldonado-Mendoza, I. E., Olivas-Peraza, N. G., Peñuelas-Rubio, O., Leyva-Madrigal, K. Y., Cervantes-Gámez, R., Lizarraga-Sanchez, G. J. and Longoria-Espinoza, R. M. (2019). First report of sesame spot caused by *Xanthomonas campestris* pv. *sesami* in Sinaloa, Mexico. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 41(2), 296–300. <https://doi.org/10.1080/07060661.2019.1566181>
- Khamari, B., Ranasingh, N., Khamari, B. and Beura, S. K. (2018). Status of Sesame Diseases Grown in Different Agroclimatic Zones of Odisha. *Article in International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(11), 945–948. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.711.110>
- Kumari, V., Gowda, M. V. C., Tasiwal, V., Pandey, M. K., Bhat, R. S., Mallikarjuna, N., Upadhyaya, H. D. and Varshney, R. K. (2014). Diversification of primary gene pool through introgression of resistance to foliar diseases from synthetic amphidiploids to cultivated groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *The Crop Journal*, 2(2–3), 110–119. <https://doi.org/10.1016/J.CJ.2014.03.002>
- Pavani, K., Lal Ahamed, M., Ramana, J. V. and Sirisha, A. B. M. (2020). Studies on genetic variability parameters in sesame (*Sesamum indicum* L.). *International Journal of Chemical Studies*, 8(4), 101–104. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i4b.9673>
- Sinha, S., Navathe, S., Singh, S., Gupta, D. K., Kharwar, R. N. and Chand, R. (2023). Genome sequencing and annotation of *Cercospora sesami*, a fungal pathogen causing leaf spot to *Sesamum indicum*. *3 Biotech*, 13(2), 1–11. <https://doi.org/10.1007/S13205-023-03468-4>
- Vleeshouwers, V. G. A. A. and Oliver, R. P. (2014). Effectors as Tools in Disease Resistance Breeding Against Biotrophic, Hemibiotrophic, and Necrotrophic Plant Pathogens. *27(3)*, 196–206. <https://doi.org/10.1094/MPMI-10-13-0313-IA>
- Ziedan, E. S. H., Elewa, I. S., Mostafa, M. H. and Sahab, A. F. (2011). Application of mycorrhizae for controlling root diseases of sesame. *Journal of Plant Protection Research*, 51(4), 355–361. <https://doi.org/10.2478/V10045-011-0058-0>

## PRODUCTIVIDAD DEL GARBANZO BLANCO EN DOS TIPOS DE SUELO DEL VALLE DEL MAYO, SONORA, MÉXICO

Padilla, V. I.<sup>1</sup>; Ortega M. P.F.<sup>2</sup>; Fierros L. G.A.<sup>2</sup>; Ramírez S. M.<sup>3</sup>, y Valenzuela H. V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Norman E. Borlaug. Cd. Obregón, Sonora. <sup>2</sup> Campo Experimental Costa de Hermosillo, <sup>3</sup> Campo Experimental Valle de Culiacán, Culiacán, Sinaloa.

### RESUMEN

Entre las limitantes para la producción de garbanzo en el Valle del Mayo destaca la raba, el mildiu y el moho gris, factores de clima y suelo. Este trabajo se realizó en los municipios de Navojoa y Etchojoa, Sonora, durante 2013-24 para evaluar la respuesta de 2 líneas 6 variedades de garbanzo blanco en dos tipos de suelos (Barrial y migajón limoso). Se utilizaron 2 líneas elite de garbanzo (Cuga 09 3160 y Cuga 09 3096) y las variedades Sinalomex 2028, Combo 743 y Blanco Sinaloa 92 Blancoson, Mazocahui y Seri. El testigo comercial fue Blanco Sinaloa 92. De acuerdo con los resultados en promedio de tipos de suelo, se tuvo un rendimiento de exportación de 3.020 t ha<sup>-1</sup> en suelo de migajón limoso y superó en 63.0 % al de suelo de barrial. Los mejores tratamientos en suelo de barrial fueron con la línea Cuga 09 3096 y la variedad Seri con 1.888 y 1.725 t ha<sup>-1</sup>, en ese orden. En promedio de variedades sobresalió nuevamente Cuga 09 3096 con 2.725 t ha<sup>-1</sup> y Seri con 2.342 t ha<sup>-1</sup>. Las mejores interacciones en rendimiento de exportación fueron con Blancoson y Cuga 09 3096 que destacaron estadísticamente con 3.613 y 3.561 t ha<sup>-1</sup>, en ese orden. Por su rendimiento de origen y de exportación tanto en suelo de barrial como en migajón limoso, la línea Cuga 09 3096 se perfila como candidata para liberación como nueva variedad. En el suelo de barrial, el riego ocasionó falta de aireación del suelo, retraso en el amarre de vainas. Asimismo, las bajas temperaturas ocurridas durante las etapas reproductivas afectaron negativamente del peso y tamaño del grano.

**Palabras clave:** *Cicer arietinum* L., calidad, fertilidad, clima

### ABSTRACT

Among the limitations for chickpea production in the Mayo Valley are root rot, mildew and gray mold, abiotic as climate and soil factors. This work was carried out in the municipalities of Navojoa and Etchojoa, Sonora, during fall-winter season 2013-24 to evaluate the response of 2 lines and 6 varieties of white chickpea in two types of soil (clay and Sandy loam). Two elite lines (Cuga 09 3160 and Cuga 09 3096) were used, as well as the cv. Sinalomex 2028, Combo 743 and Blanco Sinaloa 92 Blancoson, Mazocahui and Seri. The commercial check was Blanco Sinaloa 92. According to the results on averages of soil types, there was an export yield of 3.020 t ha<sup>-1</sup> in sandy loam soil and it exceeded by 63.0 % that of clay soil. The best treatments in clay soil were the Cuga 09 3096 elite line and the cv. Seri with 1.888 and 1.725 t ha<sup>-1</sup>, in that order. In averages of varieties, Cuga 09 3096 stood out again with 2.725 t ha<sup>-1</sup> and Seri with 2,342 t ha<sup>-1</sup>. The best interactions in export yield were with Blancoson and Cuga 09 3096 stood out statistically with 3.613 and 3.561 t ha<sup>-1</sup>, in that order. Due to its original and export performance both in clay and in Sandy loam soil, Cuga 09 3096 elite is emerging as a candidate for release as a new variety. In the clay soil, irrigation caused a lack of soil aeration and a delay in pod setting. Also, the low temperatures that occurred during the reproductive stages negatively affected the weight and size of the grain.

**Key words:** *Cicer arietinum* L., grain quality, fertility, weather



## INTRODUCCIÓN

Entre las leguminosas de grano seco, el garbanzo ocupa el segundo en importancia en el mundo, después del frijol. De las más de diez millones de hectáreas de garbanzo que se siembran en el mundo, casi siete millones se cultivan en la India (Morales *et al.*, 2004). también es considerado como una fuente importante de proteínas para millones de personas en países en desarrollo y un producto preferente para los vegetarianos en todo el mundo. Además de su alto contenido de proteínas, el garbanzo es rico en fibra, minerales (fósforo, calcio, magnesio, hierro y zinc), y su fracción de lípidos es rica en ácidos grasos no saturados. La referencia de la calidad comercial del grano de garbanzo para exportación fue establecida por la variedad Blanco Sinaloa-92 (Gómez, 1993), la cual ha posicionado al garbanzo con la denominación de 'Garbanzo Mexicano', mismo que es demandado y comercializado en más de 40 países, entre los que se incluyen a Turquía, Argelia, Unión Europea (España), Estados Unidos y Emiratos Árabes (Garzón, 2023). Los principales estados productores en el noroeste son Sinaloa, Sonora y Baja California Sur, y en el centro occidente Michoacán, Guanajuato y Jalisco. En el período de 2020 a 2023 se cosecharon en promedio 65,502 hectáreas anuales en México con una producción de alrededor de 124,312 toneladas de grano (SIAP, 2023) que se comercializa principalmente en el mercado internacional. Entre los factores bióticos que limitan la producción de garbanzo en el Valle del Mayo destacan las enfermedades del suelo (*Fusarium oxysporum* y *F. Solani*) y del follaje (*Botrytis cinerea*, *Peronospora ciceri*, *Uromyces ciceri* y *Alternaria Alternata*). La lluvia, la nubosidad, las temperaturas extremas y la baja fertilidad del suelo son factores abióticos que favorecen la presencia de enfermedades y que se han incrementado con el cambio climático (Chen, Sharma, y Muehlbauer, 2011). Rodríguez *et al.* (2017) mencionan que para un buen desarrollo y adecuada fijación de nitrógeno del aire, es necesario que se tenga buena aireación, el pH del suelo óptimo es de 6.2 a 7.5 y evitar terrenos con problemas de sales, ya que el garbanzo es sensible a estas, requiriendo suelos con menos de 2 milimhos/cm de conductividad eléctrica, o dS/m. Dua y Sharma (1995) reportaron una reducción en la producción de 29 % cuando la concentración de sales es de 4 dS/m, así 60 a 80 % de reducción cuando la concentración se incrementó a 6 y 8 dS/m, respectivamente. El objetivo del presente estudio fue la respuesta de 2 líneas 6 variedades de garbanzo blanco en dos tipos de suelos, en riego por gravedad en el Valle del Mayo, Sonora.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se condujo durante el ciclo 2023-24 en dos tipos de suelo: a) barrial (> 50% de arcilla) en terrenos del Sitio Experimental Valle del Mayo (27° 04' 00" y 109° 40' 00", 29 msnm) y b) migajón limoso en la Bocana, municipio de Etchojoa, Sonora (26° 52' 45" y 109° 39' 58", 15 msnm). Previo a la siembra se realizó un análisis físico-químico del suelo de 0-30 y 30-60 cm de profundidad. Se evaluaron 2 líneas elite (Cuga 09 3160 y Cuga 09 3096) y las variedades Sinalomex 2028, Combo 743 y Blanco Sinaloa 92 provenientes del programa de mejoramiento de garbanzo del Campo Experimental Valle de Culiacán; las variedades Blancoson, Mazocahui y Seri del Programa de Mejoramiento de Garbanzo del Campo Experimental Costa de Hermosillo. El testigo comercial fue Blanco Sinaloa 92. En barrial la siembra se realizó en suelo húmedo, el 8 de diciembre de 2023 depositando 14 a 16 semillas/m lineal. En suelo de migajón limoso se sembró el 27 de diciembre de 2023. En ambos casos a la semilla se le aplicaron 250 ml de Cruiser Maxx Bean en dosis de 250 ml/100 kg de semilla. Se fertilizó con la fórmula 138-50-00. El fósforo se aplicó en su totalidad en presiembra y el nitrógeno se fraccionó 92 unidades en presiembra y 46 unidades antes del primer riego de auxilio. Los riegos se aplicaron de acuerdo al calendario 0-38-68 con 18 cm en presiembra y 24.7 cm en planta para un total 43 cm en barrial y 0-43-72 en migajón arenoso con 16 cm en presiembra y 23.6 cm en planta para un total de 39.6 cm, en las etapas de floración y formación de vainas, en ambos tipos de suelo.

Para la distribución de los tratamientos se utilizó un arreglo en franjas. La parcela experimental fue de cuatro surcos de 50 m de longitud a 0.80 m de separación, la parcela útil fueron los dos surcos centrales de 5 m de longitud (8 m<sup>2</sup>). Se midieron las siguientes variables agronómicas: días a emergencia, días floración, madurez fisiológica, reacción a roya, botrytis, mildiú y rabiá. Las variables climáticas se fueron tomadas de las estaciones el Semay y Sahuaral de Otero (REMAS, 2024). Para la estimación de rendimiento (origen y de exportación) se colectaron las plantas de dos surcos en un tramo de 5 m para una la parcela útil de 8 m<sup>2</sup>, en 5 repeticiones. El % de exportación se obtuvo pasando una muestra de 1 kg de grano por una criba 1m x 1 m con orificios de 9mm X 9 mm. Solamente se analizaron los datos de rendimiento de origen y de exportación con base en el diseño de parcelas divididas (Olivares, 2015).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hubo diferencias significativas en el rendimiento de origen para tipo de suelo, variedades y su interacción (Cuadro 1). Bajo suelo de migajón limoso en promedio las variedades rindieron 3.358 t ha<sup>-1</sup> y superaron en 43.0 % el promedio en suelo de barrial. El mejor tratamiento en ambos tipos de suelo fue la línea Cuga 09 3096 con 3.448 y 3.695 t ha<sup>-1</sup> y superó al testigo blanco Sinaloa 92 de 41 a 27.3 % en barrial y migajón limoso, respectivamente. En promedio de variedades sobresalió nuevamente Cuga 09 3096 con 3.572 t ha<sup>-1</sup> y Seri con 2.885 t ha<sup>-1</sup>. De acuerdo con Rodríguez *et al.* (2017) el cultivo de garbanzo puede establecerse en un amplio rango de suelos, desde ligeros a pesados, aunque los óptimos son franco-arcillosos, profundos (más de un metro), ya que sus raíces penetran al subsuelo extrayendo agua y nutrientes. Al respecto Auckland y van der Maesen (1980) afirma que el garbanzo crece bien en una amplia gama de suelos de buen drenaje con pH entre 6.5 8.0 y que las lluvias durante el crecimiento del cultivo pueden dañar las plantas físicamente, pero también promueve la presencia de enfermedades, reduce la eficiencia en la fertilización y el pegado de vainas. En el suelo de barrial, el riego ocasionó falta de aireación del suelo, clorosis y retraso en el amarre de vainas. De acuerdo con los análisis de suelo en barrial la arcilla registró un rango de 58 a 62%; PH de 8.1 a 8.3; CE 0.87 a 1.0 dS/m; Zn 0.48 a 0.42 ppm en las capas de 0-30 y 30-60, respectivamente. En migajón limoso se tuvo 31 a 23% de arcilla y 42 a 38 % de limo; PH 7.7 a 7.8; CE 2.1 a 2.2 dS/m; Zn 0.5 a 0.26 ppm; Cu 0.58 a 0.48 ppm de 0-30 y 30-60, respectivamente.

Cuadro 1. Rendimiento de origen en ocho líneas y variedades de garbanzo blanco en dos tipos de suelo. OI 2023-24.

No de tratamiento	Tratamiento	Rendimiento de origen (t ha <sup>-1</sup> )	Media	No de tratamiento
		Barrial	Migajón limoso	
1	Cuga 09-3160	1.723 cd †	3.130 b	2.426
2	Cuga 09-3096	3.448 a	3.695 a	3.572
3	Seri	2.201 b	3.509 a	2.855
4	Blancoson	1.431 d	3.688 a	2.560
5	Mazocahui	1.435 d	3.172 b	2.303
6	Sinalomex 2018	1.557 d	3.555 a	2.556
7	Combo 743	1.487 d	3.419 ab	2.453
8	Blanco Sinaloa 92	2.031 bc	2.685 c	2.365
	Media	1.915 b††	3.358 a	

† DMS<sub>(0.05)</sub> 0.337; †† DMS<sub>(0.05)</sub> 0.340

† Medias con igual letra en el sentido de las columnas no son significativamente diferentes (p < 0.01)

El análisis de los datos de rendimiento de exportación detectó diferencias significativas en tipo de suelo, variedades y su interacción (Cuadro 2). En promedio de tipos de suelo las variedades rindieron 3.020 t ha<sup>-1</sup> en suelo de migajón limoso y superó en 63.0 % el promedio en suelo de barrial. Los mejores tratamientos en suelo de barrial fueron la línea Cuga 09 3096 y la variedad Seri con 1.888 y 1.725 t ha<sup>-1</sup>, en ese orden. En promedio de variedades sobresalió nuevamente Cuga 09 3096 con 2.725 t ha<sup>-1</sup> y Seri con 2.342 t ha<sup>-1</sup>. En suelo de migajón limoso destacaron la variedad Blancoson con 3.613 t ha<sup>-1</sup> y la línea Cuga 09 3096 con 3.562 t ha<sup>-1</sup>. Los más bajos rendimientos observados en este tipo de barrial, comparación con el de migajón-limoso se debieron a una mayor disponibilidad de agua, en este último. Además, los altos niveles de arcilla y de saturación del suelo, así como los bajos niveles de Zn en el Sitio Experimental Valle del Mayo, limitaron el potencial de rendimiento del garbanzo. Es importante mencionar durante el periodo de inicio de floración a amarre de vainas (42 a 65 d) prevalecieron temperaturas mínimas de 9.4 C° y un promedio de 17.9 C°. En la etapa de llenado de grano (65 a 98) las temperaturas mínimas fueron de 8.3 y las medias de 17.2. Lo anterior coincide con Nayyar, Kaur, Kumar, y Upadhyaya (2007) quienes encontraron que en garbanzo kabuli, las temperaturas de 2.3 a 11.7 C° dificultaron las síntesis y transporte de sacarosa, la acumulación de proteína y almidón, el amarre de vainas y ocasionaron disminución del peso y tamaño del grano. En ambos suelos se suministró el riego aproximadamente en la misma etapa; sin embargo, en barrial los genotipos tendieron a alcanzar más rápidamente su madurez, por las temperaturas imperantes y por poca disponibilidad de humedad en el suelo. Lo anterior coincide con Auckland y van der Maesen (1980) quien menciona que el garbanzo tiene un ciclo de 100 a 170 días y que la disminución del nivel en el manto freático aunado a temperaturas altas al final del ciclo, aceleran el proceso de maduración y el tamaño del grano.

**Cuadro 2. Rendimiento exportación en ocho líneas y variedades de garbanzo blanco en dos tipos de suelo. OI 2023-24**

No de tratamiento	Tratamiento	Rendimiento de exportación (t ha <sup>-1</sup> )		Media
		Barrial	Migajón limoso	
1	Cuga 09-3160	1.043 bc†	2.870 c	2.011
2	Cuga 09-3096	1.888 a	3.561 a	2.725
3	Seri	1.725 a	2.958 bc	2.342
4	Blancoson	0.618 d	3.613 a	2.115
5	Mazocahui	0.589 d	2.469 d	1.529
6	Sinalomex 2018	0.772 cd	3.238 b	2.005
7	Combo 743	0.799 cd	3.107 bc	1.953
8	Blanco Sinaloa 92	1.321 b	2.340 d	1.830
	Media	1.108 b††	3.020 a	

† DMS<sub>(0.05)</sub> 0.290; †† DMS<sub>(0.05)</sub> 0.287

† Medias con igual letra en el sentido de las columnas no son significativamente diferentes ( $p < 0.01$ )

†† Medias con igual letra en el sentido de las hileras no son significativamente diferentes ( $p < 0.01$ )

En el Cuadro 3 se muestra la interacción tipo de suelo x variedad para el rendimiento de origen y de exportación. Las mejores interacciones para rendimiento de origen se encontraron en Cuga 09 3096, Blancoson, Sinalomex 2018 y Seri en suelo de migajón limoso con 3.695, 3.688, 3.555 y 3.509 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Solamente la línea destacó en suelo de barrial con 3.448 t ha<sup>-1</sup>. En rendimiento de exportación Blancoson y Cuga 09 3096 destacaron estadísticamente con 3.613 y 3.561 t ha<sup>-1</sup>, en ese orden. Las variedades Sinalomex 2018 y Seri se ubicaron en el segundo grupo estadístico con 3.238 y 3.107 t ha<sup>-1</sup>. De acuerdo con los resultados de rendimiento de origen y de exportación tanto en suelo de barrial como en migajón limoso, la línea Cuga 09 3096 se perfila como candidata para liberación como nueva variedad.

**Cuadro 3. Interacción tipo de suelo x variedad en rendimiento de origen y exportación en garbanzo blanco.**

AXB	Rendimiento de origen (t ha <sup>-1</sup> )	AXB	Rendimiento de exportación (t ha <sup>-1</sup> )
2 2	3.695 a †	2 4	3.613 a
2 4	3.688 a	2 2	3.561 a
2 6	3.555 a	2 6	3.238 b
2 3	3.509 a	2 7	3.107 bc
1 2	3.448 ab	2 3	2.958 bc
2 7	3.419 ab	2 1	2.870 c
2 5	3.172 b	2 5	2.469 d
2 1	3.130 b	2 8	2.340 d
2 8	2.695 c	1 2	1.888 e
1 3	2.201 d	1 3	1.725 e
1 8	2.035 de	1 8	1.321 f
1 1	1.723 ef	1 1	1.151 f
1 6	1.557 f	1 7	0.799 g
1 7	1.487 f	1 6	0.772 g
1 5	1.435 f	1 4	0.618 g
1 4	1.431 f	1 5	0.589 g
DMS <sub>(0.05)</sub>	0.337	DMS <sub>(0.05)</sub>	0.287

† Medias con igual letra en el sentido de las columnas no son significativamente diferentes ( $p < 0.01$ ).

## CONCLUSIONES

Bajo suelo de migajón limoso en promedio las variedades por tipo de suelo, el rendimiento de origen fue de 3.358 t ha<sup>-1</sup> y superó en 43.0 % el rendimiento en suelo de barrial. El mejor tratamiento para esta variable en ambos tipos de suelo fue la línea Cuga 09 3096 con 3.448 y 3.695 t ha<sup>-1</sup> y superó al testigo blanco Sinaloa 92 de 41 a 27.3 % en barrial y migajón limoso, respectivamente.

En promedio de tipos de suelo, se tuvo un rendimiento de exportación de 3.020 t ha<sup>-1</sup> en suelo de migajón limoso y superó en 63.0 % al de suelo de barrial. Los mejores tratamientos en suelo de barrial fueron la línea Cuga 09 3096 y la variedad Seri con 1.888 y 1.725 t ha<sup>-1</sup>, en ese orden. En promedio de variedades sobresalió nuevamente Cuga 09 3096 con 2.725 t ha<sup>-1</sup> y Seri con 2.342 t ha<sup>-1</sup>.

Las mejores interacciones en rendimiento de exportación fueron con Blancoson y Cuga 09 3096 destacaron estadísticamente con 3.613 y 3.561 t ha<sup>-1</sup>, en ese orden. De acuerdo con los resultados de rendimiento de origen y de exportación tanto en suelo de barrial como en migajón limoso, la línea Cuga 09 3096 se perfila como candidata para liberación como nueva variedad.

En el suelo de barrial, el riego ocasionó falta de aireación del suelo, retraso en el amarre de vainas. Asimismo, las bajas temperaturas ocurridas durante las etapas reproductivas afectaron negativamente del peso y tamaño del grano.

## REFERENCIAS

- Auckland A. K. and L. J. G. van der Maesen. 1980. Chickpea. In: Hybridization of crop plants. W. R. Fehr and H. H. Hadley (Eds.). American Society of Agronomy and Crop Science Society of America. Madison, WI, USA. pp. 249-259.
- Chen W., H. C. Sharma, and F. J. Muehlbauer. 2011. Non-infectious diseases. In: Compendium of Chickpea and Lentil Diseases and Pests. Chen W., H. C. Sharma and F. J. Muehlbauer (Eds.). The American Phytopathological Society. S. Paul Minn. USA, pp. 139-169.
- Dua, R. P. y P. C. Sharma. 1995. Salinity tolerance of Kabuli and Desi chickpea genotypes. International Chickpea and Pigeon pea Newsletter (ICPN). 2: 19-22.
- Garzón, J. M. 2023. Mercado mundial de garbanzo. [https://www.eeaoc.gob.ar/wpcontent/uploads/2021/09/PE.garbanzoalta\\_2021-99-110.pdf](https://www.eeaoc.gob.ar/wpcontent/uploads/2021/09/PE.garbanzoalta_2021-99-110.pdf).
- Gómez-Garza, R.M. 1993. Blanco Sinaloa-92: Nueva variedad de garbanzo para el noroeste de México. Folleto técnico núm. 13. INIFAP-CIRNO-CEVACU. Culiacán, Sinaloa. 12 p.
- Morales G., J. A., L. J. Durón N., G. Martínez D., J. H. Núñez M. y A. Fu C. 2004. EL Cultivo del garbanzo blanco en Sonora. Libro Técnico N° 6. SAGAR-INIFAP-CECH-CIRNO-Campo Experimental Costa de Hermosillo. Hermosillo, Sonora, México. 272 p.
- Nayyar, H. G. Kaur, S. Kumar, and H. D. Upadhyaya. 2007. Low Temperature Effects during Seed Filling on Chickpea Genotypes (*Cicer arietinum* L.): Probing Mechanisms affecting Seed Reserves and Yield. J. Agronomy & Crop Science 193, 336—344.
- Olivares S., E. 2015. Programa de análisis estadístico. Versión 1.6. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey. N. L.

REMAS (Red de Estaciones Meteorológicas Automatizadas del Estado de Sonora). 2024. Descargar datos. <http://www.siafeson.com/remas/>. [Accessed on July 31, 2024].

Rodríguez C. F. G. R. H. Saucedo A., V. Valenzuela H., E. Cortez M. y J. Macías C. 2017. Tecnología para producir garbanzo en Sinaloa. INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Valle del Fuerte. Folleto Técnico No 43. Juan José Ríos, Sinaloa, México. 39 p.

SIAP. 2023. Producción Agrícola. Consulta en línea. <http://www.siap/sagarpa.gob.mx/>. (Fecha de consulta: 10 octubre de 2023).

**RENDIMIENTO Y COMPONENTES DEL FRIJOL PINTO EN DOS  
CONDICIONES AMBIENTALES DEL VALLE DEL MAYO, SONORA**  
Padilla V. I.<sup>1</sup>; Herrera H. L.M.<sup>2</sup>; Guerrero A. B.Z.<sup>3</sup>; Ortiz E. J.E.<sup>1</sup>, y Acosta G. J.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Norman E. Borlaug. Cd. Obregón, Sonora. <sup>2</sup>. Estudiante Universidad Estatal de Sonora, <sup>3</sup>. Campo Experimental El Bajío, Celaya, Guanajuato.

### RESUMEN

Entre las limitantes de la producción de frijol pinto en siembras de otoño-invierno en el Valle del Mayo, se tiene el alto riesgo de daño por heladas en siembras tardías que pueden ocasionar daño total, y/o parcial. En siembras tempranas, las altas temperaturas y vientos calientes en las primeras etapas del cultivo, propicia el ataque de hongos del suelo que ocasionan pudrición de plántulas y disminución de la densidad óptima de población. Se evaluó el comportamiento agronómico de cinco variedades de frijol pinto bajo riego en dos ambientes del Valle del Mayo, Sonora. El trabajo se condujo en suelo franco-arenoso, en las localidades de El Rodeo, municipio de Navojoa y en Navolato, municipio de Etchojoa, Sonora durante el ciclo otoño-invierno 2023-2024. Se evaluaron cinco variedades del frijol pinto (San Rafael, Saltillo, Max, Salinas y Bill-Z). El testigo fue la variedad Bill-Z. Se determinó que la mejor respuesta para rendimiento fue en el Rodeo donde el mejor tratamiento fue P. Saltillo con 2.543 t ha<sup>-1</sup> y superó en 36.7% al testigo P. Bill-Z. Las condiciones temperatura y humedad relativa ocurridas durante el ciclo en el Rodeo, favorecieron el ataque del hongo *Macrophomina phaseolicola* en la variedad P. Max y del tizón bacteriano *Xanthomas axonopodi pv phaseoli* en P. Bill-Z con la consecuente reducción en rendimiento. En general, las variedades registraron 33.5 y 30.1 g/100 semillas en el Rodeo y Navolato, respectivamente y en promedio de variedades destacó significativamente P. San Rafael.

**Palabras clave;** *Phaseolus vulgaris* L., *fenología*, *enfermedades*, *unidades calor*

### ABSTRACT

Among the constrains for pinto bean production in fall-winter season in the Mayo Valley, there is a high risk of frost damage in late plantings that can cause total and/or partial damage. In early plantings, high temperatures and hot winds in the early stages of the crop favor the attack of soil fungi that cause seedling rot and a decrease in optimal population density. The agronomic behavior of five cv. of pinto beans under irrigation was evaluated in two environments in the Mayo Valley, Sonora. The work was conducted on sandy loam soil, in the area of El Rodeo, municipality of Navojoa and in Navolato, municipality of Etchojoa, Sonora during the fall-winter season 2023-2024. San Rafael, Saltillo, Max, Salinas and Bill-Z were evaluated under two environments (El Rodeo and (Navolato). The control variety was Bill-Z. It was determined that the best response for yield was in Rodeo where the best treatment was P. Saltillo with 2,543 t ha<sup>-1</sup> and exceeded by 36.7% the control P. Bill-Z. The temperature and relative humidity conditions that occurred during the crop season in Rodeo favored the attack of the fungus *Macrophomina phaseolicola* in the cv. P. Max and the bacterial blight *Xanthomas axonopodi pv. phaseoli* in P. Bill-Z with the consequent reduction in yield. In general, the varieties produced 33.5 and 30.1 g/100 seeds in Rodeo and Navolato, respectively, and on average of varieties P. San Rafael stood out significantly.

**Key words;** *Phaseolus vulgaris* L., *phenology*, *plant diseases*, *hear units*

## INTRODUCCIÓN

En el estado de Sonora se sembraron 7,852 ha de frijol en promedio de los ciclos de OI 2019-2020 a 2021-2022, de las cuales 88.3% correspondieron al sur de Sonora, particularmente en los Valles del Yaqui y Mayo (SIAP, 2023). En otoño-invierno (OI) el cultivo de frijol tiene alto riesgo de heladas durante la segunda quincena de diciembre que, dependiendo de la etapa fenológica de la planta puede reducir el rendimiento entre 30 y 40%. La disponibilidad de humedad, temperatura, el fotoperiodo y sus interacciones influyen notoriamente en el crecimiento y desarrollo del frijol, así como en la duración de las etapas fenológicas. Así, la interacción que resulta entre fechas de siembra y variedad, ocasiona que algunas variedades respondan mejor en fecha de siembra temprana (no antes del 15 de septiembre) como los pintos, los cuales son más tolerantes a altas temperaturas (Padilla, Ramírez, Ortiz y Félix, 2021). Entre las limitantes de la producción de frijol pinto en siembras de otoño-invierno en el sur de Sonora, se tiene el alto riesgo de daño por heladas en siembras tardías (octubre) que, dependiendo de la etapa de ocurrencia, puede ocasionar daño total, y/o parcial al disminuir la calidad del grano. Por otro lado, en siembras tempranas (septiembre), las altas temperaturas y de vientos calientes en las primeras etapas del cultivo, propicia el ataque de hongos del suelo (*Macrophomina*) que ocasionan pudrición de plántulas, disminución de la densidad óptima de población, lo que frecuentemente obliga al productor a realizar resiembras con el consecuente incremento del costo de producción. El tizón común o bacteriosis es otra limitante importante que puede dañar en 100% al frijol si se presentan condiciones favorables. En el presente se evaluó el comportamiento agronómico de cinco variedades de frijol pinto bajo riego en dos ambientes del Valle del Mayo, Sonora.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se condujo en el Valle del Mayo, Sonora, en un tipo de suelo franco-arenoso, en las localidades de El Rodeo en el municipio de Navojoa (27° 3' 36" N y 109° 3' 30.2" O) y en Navolato, municipio de Etchojoa (27° 2' 3" N y 109° 33' 33" O), Sonora durante el ciclo otoño-invierno 2023-2024. Se evaluaron cinco variedades del frijol pinto (San Rafael, Saltillo, Max, Salinas y Bill-Z). El testigo fue la variedad Bill-Z. El tamaño de la parcela experimental fueron 4 surcos de 50 m a 0.8 m de separación. Se usó un arreglo experimental en franjas con cuatro repeticiones. La siembra se realizó con sembradora neumática de precisión el día 27 de septiembre de 2024 en El Rodeo y el 7 de octubre del 2024 en Navolato. Se depositaron 22 semillas por metro lineal, a una profundidad de 6 cm. Previo a la siembra se aplicaron 2 L ha<sup>-1</sup> de Trifluralina para el control de malezas en pre emergencia. El tratamiento a la semilla fue con Cruiser Maxx Beans, una mezcla de insecticida (Tiametoxam) y dos fungicidas (Fludioxonil y Metalaxil-m), se aplicaron 2.5 mL por cada kilogramo de semilla. Se aplicó un riego de pree-siembra y tres de auxilio en las etapas de prefloración 25 días después de la siembra, formación de vainas (45 dds) y llenado del grano (70 dds) para una lámina aproximada de 60 cm. Se fertilizó con 80 kg ha<sup>-1</sup> de amoníaco en pree-siembra y 200 kg ha<sup>-1</sup> de fosfonitrato (31-04-00) previo al primer riego de auxilio para una fórmula total de 126-04-00. Se midieron las siguientes variables: rendimiento de grano (RG), número de vainas por planta (V/P), número de granos por vaina (G/V), peso de 100 semillas, días a emergencia (DE), días a inicio de floración (IF), días a madurez fisiológica (MF), días a cosecha (DC), reacción bacteriosis (RBAC) para lo cual se utilizó la escala 0 a 9 donde 0 = sin síntomas, 9 = más de 90 % de daño foliar (Schoonhoven-Pastor-Corrales, 1987). El daño de enfermedades de la raíz, se contaron las plantas muertas y/o enfermas por parcela y se expresaron en porciento. Para estimar el rendimiento y componentes recolectaron las plantas de dos surcos en un tramo de 5 m lineales en cuatro repeticiones. Se colectaron 5 plantas con competencia completa, para medir V/P y G/V. Se registraron los datos de temperatura (máximas y mínimas), precipitación acumulada y humedad relativa de la Estación Meteorológica automatizada del Chucárit, Etchojoa, Sonora. Se calcularon las unidades calor mediante el Método Residual (REMAS, 2024.) Los datos de rendimiento y componentes se sometieron al análisis estadístico de acuerdo con el modelo



experimental de parcelas divididas y se hizo la separación de medias mediante la prueba de DMS AL 5% (Olivares, 2015).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No Hubo significancia en el RG entre ambientes, variedades, pero si en su interacción (Cuadro 1). En general, las variedades rindieron 2.032 y 1.724 t ha<sup>-1</sup> en el Rodeo y en Navolato, respectivamente y en promedio de variedades destacaron las variedades P. Saltillo y P. Salinas con 2.193 y 1.951 t ha<sup>-1</sup>, en ambos casos no se detectó diferencia significativa. La mejor respuesta para RG fue en el Rodeo donde el mejor tratamiento fue P. Saltillo con 2.543 t ha<sup>-1</sup> y superó en 36.7% al testigo P. Bill-Z. De acuerdo con Padilla, Ramírez, Cabrera, Ortiz y Félix (2021) la interacción que resulta entre fechas de siembra y variedad, ocasiona que algunas variedades respondan mejor en fecha de siembra temprana (no antes del 15 de septiembre) como los pintos, los cuales son más tolerantes a altas temperaturas. Estos mismos autores mencionan que la disponibilidad de humedad, temperatura, el fotoperiodo y sus interacciones influyen notoriamente en el crecimiento y desarrollo del frijol, así como en la duración de las etapas fenológicas. Por otro lado, Jiménez *et al.* (2018) reportaron rendimiento entre 2.3 a 3.2 t ha<sup>-1</sup> de la variedad P. Salinas en condiciones de temporal y riego, respectivamente. Es importante mencionar que las condiciones temperatura y humedad relativa registradas durante el ciclo en el Rodeo, favorecieron el ataque del hongo *Macrophomina phaseolicola* que redujo en 30% la densidad de población en P. Max y del tizón bacteriano *Xanthomas axonopodi pv phaseoli* el cual afectó en 40% el follaje en P. Bill-Z con la consecuente reducción en rendimiento.

El análisis estadístico detectó significancia en el PG entre ambientes, variedades, pero no en su interacción (Cuadro 1). En general, las variedades registraron 33.5 y 30.1 g/100 semillas en el Rodeo y Navolato, respectivamente y en promedio de variedades destacó significativamente P. San Rafael. La mejor respuesta para PG fue en el Rodeo donde el mejor tratamiento fue P. San Rafael con 35.8 g/100 semillas y superó en 12% al testigo P. Bill-Z; le siguió en rendimiento P. Max con 34.3 g/100 semillas. La mejor interacción fecha de siembra x variedad se observó con la variedad San Rafael. Según Acosta *et al.* (2017) Pinto San Rafael produce granos de 36.1 a 38.4 g/100 semillas en condiciones de riego y en siembras de febrero. En cambio, en temporal, en siembras de julio el PG fluctuó de 30.0 a 40.1 g/100 semillas. Estos mismos autores señalan que las principales diferencias entre Pinto Saltillo y San Rafael son que la segunda variedad presenta un ciclo biológico más corto y definido. No obstante, esos resultados contrastan con los obtenidos en la presente investigación ya que las condiciones de bajas temperaturas (< 10 °C) durante el periodo reproductivo de P. San Rafael retrasaron su ciclo en al menos 8 a 10 días respecto a P. Saltillo.

De acuerdo con los datos climáticos registrados durante la emergencia de plántulas, la temperatura máxima fue alrededor 40 °C que permitieron el desarrollo de pudrición de plántulas. En el transcurso de los primeros 8 días, en el Rodeo, las temperaturas máximas se mantuvieron en un rango de 36.3 a 39.4 °C y las mínimas entre 16.8 a 26.9. En Navolato la emergencia de las plantas ocurrió bajo temperaturas máximas de 34.2 a 39.2 °C y mínimas de 20.5 a 24.4 °C. Bliss (1980) señala las condiciones óptimas de temperaturas diurnas para el frijol fluctúan de 15 a 27 °C y las nocturnas de 10 a 19 °C. Para el Rodeo la etapa reproductiva de las variedades transcurrió con temperaturas máximas de 19.5 a 32.6 °C y mínimas de 2.1 a 19.9 °C. En Navolato se mantuvieron en un rango de 30 °C la máxima, y la mínima de 6 °C.

**Cuadro 1. Interacción ambiente x variedad en el rendimiento y peso de 100 semillas de cinco genotipos de frijol pinto en el Valle del Mayo. Ciclo otoño-invierno 2023-24.**

No de tratamiento	Tratamiento	Rendimiento (t/ha)		Media	Peso de 100 semillas (g)		Media
		Rodeo	Navolato		Rodeo	Navolato	
1	San Rafael	1.963 bc† [a]	1.645 a [b]††	1.804	35.8	30.3	<b>33.0 a †</b>
2	Saltillo	2.543 a [a]	1.844 a [b]	2.193	32.3	29.3	<b>30.8 b</b>
3	Max	1.829 cd [a]	1.674 a [b]	1.752	34.3	31.8	<b>33.0 b</b>
4	Salinas	2.216 b [a]	1.687 a [b]	1.951	33.0	29.8	<b>31.4 b</b>
5	Bill-Z (T)	1.609 d [a]	1.773 a [a]	1.691	31.5	29.5	<b>30.5 b</b>
	<b>Media</b>	2.032	1.724		33.5 a ††	30.1 b	

DMS<sub>(0.05)</sub> = 0.285 ambienteDMS<sub>(0.05)</sub> 0.285 ambientesDMS<sub>(0.05)</sub> = 0.277 variedadesDMS<sub>(0.05)</sub> 1.186 variedades

† Medias con igual letra en el sentido de las columnas no son significativamente diferentes,

†† Medias con igual letra en el sentido de las hileras no son significativamente diferentes.

En el número de vainas por planta (V/P) se encontró diferencia significativa entre ambientes con 20.6 y 13.4 en el Rodeo y Navolato, respectivamente (Cuadro 2). En promedio de variedades sobresalieron Salinas, San Rafael y Saltillo con 19.2, 18.2 y 17.7 V/P, respectivamente, y superaron a las variedades Bill-Z y Max produjeron 15.6 y 11.6 V/P, en ese orden. El mejor ambiente para la producción de vainas fue en el Rodeo donde destacaron San Rafael y Salinas con 24.9 y 23.4 V/P.

El análisis de la variable G/V no detectó diferencias significativas entre ambientes, su interacción, pero si en variedades a través de ambientes. Las variedades Max, Bill-Z y San Rafael destacaron con 3.6, 3.5 y 3.5 G/V y sobresalieron respecto a Saltillo y Salinas las cuales produjeron 3.2 y 3.0 G/V, respectivamente. El número de vainas por planta, granos por vaina y el tamaño del grano son componentes que presentan fuerte interacción con el ambiente (Félix *et al.*, 2021). Estos autores encontraron que las altas temperaturas y el estrés hídrico incrementaron de 10.4 a 27 % la presencia de vainas vanas en frijol pinto y que las temperaturas superiores a 35 °C por un periodo de 8 horas ocasionaron caída de vainas de menos de 2 cm de longitud principalmente del tercio medio y superior del dosel.

**Cuadro 2. Interacción ambiente x variedad en vainas por planta y granos por vaina en cinco genotipos de frijol pinto en el Valle del Mayo. Ciclo otoño-invierno 2023-24.**

No de tratamiento	Tratamiento	Vainas/planta		Media	Granos/vaina		Media
		Rodeo	Navolato		Rodeo	Navolato	
1	San Rafael	24.9	11.6	18.2 a†	3.1	3.9	3.5 a †
2	Saltillo	22.9	12.5	17.7 a	3.1	3.2	3.2 b
3	Max	11.9	11.4	11.7 b	3.4	3.8	3.6 a
4	Salinas	23.4	15.0	19.2 a	2.8	3.1	3.0 b
5	Bill-Z (T)	19.8	11.5	15.6 ab	3.5	3.6	3.5 a
	<b>Media</b>	20.6 a††	13.4 b		3.2	3.5	

DMS<sub>(0.05)</sub> 1.891 ambienteDMS<sub>(0.05)</sub> ambiente no significativoDMS<sub>(0.05)</sub> = 4.765 variedadesDMS<sub>(0.05)</sub> 0.279 variedades

† Medias con igual letra en el sentido de las columnas no son significativamente diferentes

†† Medias con igual letra en el sentido de las hileras no son significativamente diferentes

En la variable DE hubo variación de un día (d) en promedio de localidades y de variedades. Solamente destacó P. Saltillo con 4 d transcurridos entre siembra y emergencia (Cuadro 3). Para la variable IF en promedio de variedades, destacó P. Max por su precocidad con 33 d mientras que el tratamiento más tardío fue Pinto San Rafael con 39 d a IF. Las unidades calor acumuladas (UC) en promedio variedades para DE variaron de 120.3 a 102.8 y a IF fluctuaron de 655.4 a 600.9 en el Rodeo y Navolato, respectivamente.

**Cuadro 3. Días a emergencia e inicio de floración en cinco genotipos de frijol pinto en dos ambientes del Valle del Mayo, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2023-24.**

No de tratamiento	Tratamiento	Emergencia		Media	Inicio de floración		Media
		Rodeo	Navolato		Rodeo	Navolato	
1	San Rafael	5	5	<b>5</b>	37	40	<b>39</b>
2	Saltillo	6	4	<b>5</b>	34	35	<b>35</b>
3	Max	5	5	<b>5</b>	33	32	<b>33</b>
4	Salinas	6	6	<b>6</b>	34	35	<b>35</b>
5	Bill-Z (T)	6	5	<b>6</b>	36	36	<b>36</b>
	<b>Media</b>	<b>6</b>	<b>5</b>		<b>35</b>	<b>36</b>	

Los días a MF y DC se muestran en el Cuadro 4. En la variable MF se registró una variación de 4 d en promedio de ambientes; No obstante, en promedio de variedades través de ambientes el rango fue de 81 d en P. Max hasta 107 d en P. San Rafael. Es importante mencionar que al final de la etapa reproductiva entre los 86 y 107 d se registraron temperaturas mínimas promedio de 4.4 °C las cuales afectaron principalmente a P. San Rafael en ambos ambientes con el consecuente retraso en las etapas de llenado del grano y MF. Para la variable DC se observó una tendencia similar a la variable anterior, donde P. Max alcanzó madurez de cosecha en un rango de 82 a 95 d en el Rodeo y en Navolato, respectivamente; mientras que P. San Rafael mostró un comportamiento similar en ambos ambientes con 115 d. Las unidades calor acumuladas (UC) en promedio variedades para MF variaron de 1224.2 a 1153.7 y para DC se registró un rango de 1272.8 a 1145.6 en el Rodeo y Navolato, en ese orden lo cual coincide con los resultados de Rosales *et al.* (2021). Padilla, Acosta y Ortiz (2022) reportaron unidades calor (UC) para Pinto Max (floración 533 a 539 UC, llenado de vainas 811 a 845 UC y madurez 999 a 1036 UC) en comparación con Pinto Saltillo (floración 573 a 604 UC, llenado de vainas 850 a 918 UC y madurez 1081 a 1137 UC).

**Cuadro 4. Días a madurez fisiológica y a cosecha cinco genotipos de frijol pinto en dos localidades del Valle del Mayo, Sonora. Ciclo otoño-invierno 2023-24.**

No de tratamiento	Tratamiento	Madurez fisiológica		Media	Cosecha		Media
		Rodeo	Navolato		Rodeo	Navolato	
1	San Rafael	107	107	<b>107</b>	115	115	<b>115</b>
2	Saltillo	96	96	<b>96</b>	104	104	<b>104</b>
3	Max	74	87	<b>81</b>	82	95	<b>89</b>
4	Salinas	98	96	<b>97</b>	106	104	<b>105</b>
5	Bill-Z (T)	80	89	<b>85</b>	97	97	<b>97</b>

<b>Media</b>	<b>91</b>	<b>95</b>	<b>101</b>	<b>103</b>
<b>CONCLUSIONES</b>				

La mejor respuesta para RG fue en el Rodeo donde el mejor tratamiento fue P. Saltillo con 2.543 t ha<sup>-1</sup> y superó en 36.7% al testigo P. Bill-Z.

Las condiciones temperatura y humedad relativa ocurridas durante el ciclo en el Rodeo, favorecieron el ataque del hongo *Macrophomina phaseolicola* en la variedad P. Max y del tizón bacteriano *Xanthomas axonopodi pv phaseoli* en P. Bill-Z con la consecuente reducción en rendimiento.

En general, las variedades registraron 33.5 y 30.1 g/100 semillas en el Rodeo y Navolato, respectivamente y en promedio de variedades destacó significativamente P. San Rafael.

En el número de vainas por planta (V/P) se encontró diferencia significativa entre ambientes con 20.6 y 13.4 en el Rodeo y Navolato, respectivamente. En promedio de variedades sobresalieron Salinas, San Rafael y Saltillo con 19.2, 18.2 y 17.7 V/P, respectivamente.

Se encontró que las unidades calor acumuladas (UC) en promedio variedades para IF fluctuaron de 655.4 a 600.9 y para MF variaron de 1224.2 a 1153.7 en el Rodeo y Navolato, respectivamente.

### REFERENCIAS

Acosta G. J. A., Y. Jiménez H., V. Montero T., B. Z. Guerrero A., y J. L. Anaya L. 2017. San Rafael nueva variedad de frijol pinto para riego y temporal en Guanajuato. INIFAP-CIRCE-Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato. Folleto Técnico No 41, 27 p.

Bliss, F. A. 1980. Common Bean. *In: Hybridization of Crop Plants*. W. R. Fehr and H. H. Hadley (Eds.). American Society of Agronomy and Crop Science of America. Madison Wisconsin, USA. pp. 273-284.

Félix V., P., J. E. Ortiz E., G. Fuentes D., S. Muñoz V., I. Padilla V. y M. M. Torres C. 2021. Effect of temperature and drip irrigation on bean productivity in the Yaqui Valley during the spring 2020. *International Journal of Agriculture, Environment and Bioresearch*. Vol 6 (5): 134-141.

Jiménez H. J., V. Montero T., J. L. Anaya L., J. C. Jiménez G., G. Herrera H., B. Z. Guerrero A. y J. A. Acosta Gallegos. 2018. Salinas: new variety of pinto beans for rainfed areas of Guanajuato. *Rev. Mex. Ciencias Agric.* 9 (6): 1295-1301.

Olivares S., E. 2015. Programa de análisis estadístico. Versión 1.6. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey. N. L.

Padilla V. I., N. Castillo T., J. A. Ramírez A., I. Armenta C., F. Cabrera C., M. Madrid C. y J. E. Ortiz E. 2009. Manual para la producción de frijol en el Sur de Sonora. Folleto Técnico No. 69. SAGARPA.INIFAP. Campo Experimental Valle del Yaqui. Ciudad Obregón, Sonora, México. 122 p.

Padilla V., I., J. A. Ramírez A., F. Cabrera C., J. E. Ortiz E. y P. Félix V. 2021. Tecnología para producir frijol en el sur de Sonora. Folleto para Productores No 108, INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Norman E. Borlaug. Ciudad Obregón, Sonora, 32 pág.

Padilla V., I., J. E. Ortiz E. y J. A. Acosta G. 2022. Componentes del rendimiento de grano del frijol pinto en respuesta al método de riego. Memoria XII Reunión Nacional de Investigación Agrícola. Villahermosa, Tabasco 9 al 12 de noviembre de 2022, pp. 21-29.

REMAS (Red de Estaciones Meteorológicas Automatizadas del Estado de Sonora). 2023. Descargar datos. <http://www.siafeson.com/remas/>. [Accessed on June 22, 2023].

Rosales S., R., H. Flores G., J. C. López G., J. E. Rubinos P., I. A. Ortiz S., H. Flores M., S. Santana E. y P. A. Domínguez M. 2021. Fenología y productividad del agua en variedades mejoradas de frijol pinto cultivadas en Durango, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 44 (4): 511-519.

Shoonhoven, A. V. y M. Pastor C. 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. CIAT, Cali, Colombia, 57 p.

## PRESENCIA DE HONGOS PRODUCTORES DE MICOTOXINAS EN GENOTIPOS DE MAÍZ DE GRANO BLANCO EN TAMAULIPAS, MÉXICO

Alvarez Ojeda M. G.<sup>1\*</sup>, Rodríguez Falconi R.<sup>1</sup>, Hernández Martínez R<sup>1</sup>, Reséndiz Ramírez Z.<sup>1</sup> y Maya Hernández V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61 Cd. Río Bravo, Tamaulipas. Autor de correspondencia: alvarez.genoveva@inifap.gob.mx

### RESUMEN

Se evaluaron 20 materiales de maíz de grano blanco en la región norte y centro de Tamaulipas, con el objetivo de conocer la incidencia de hongos productores de micotoxinas en híbridos comerciales para cuantificar la presencia de aflatoxinas y fumolisinas. Los porcentajes de infestación por hongos en los híbridos de maíz de grano blanco lo obtuvieron dos genotipos el H7 y H2, cosechados en el municipio de Abasolo con un 90 %. Se identificaron cepas de *Fusarium verticillioides* y *proliferatum*, así como *Aspergillus flavus* y *Penicillium vermiculatum*, los cuales están involucrados como productores de micotoxinas en maíz. Por otro lado, el género, con mayor incidencia de cepas aisladas fue *Fusarium* con un 66 %, seguida de *Penicillium* con 76 %, sin embargo, en menor porcentaje fue para *Aspergillus flavus* con 56 %. En cuanto a la cuantificación de fumolisinas en los materiales muestreados oscilaron de 0.79 a 5.89 ppm, de los cuales nueve híbridos estuvieron libres de fumolisinas (<LOD 0.20), con relación a la presencia de aflatoxinas se encontraron doce genotipos con valores debajo de 3 ppb y 7 materiales de un rango de 3.39 y 5.16 ppb, sin embargo, un híbrido (H13) con valor de 33.66 ppb. La zona centro y norte de Tamaulipas se encontraron hongos productores micotoxinas del género *Fusarium*, *Aspergillus* y *Penicillium*.

**Palabras clave:** *Fusarium verticillioides*, *Penicillium* spp, cuantificación, micotoxinas

### ABSTRACT

20 white grain corn materials were evaluated in the northern and central region of Tamaulipas, with the objective of knowing the incidence of mycotoxin-producing fungi in commercial hybrids to quantify the presence of aflatoxins and fumolysins. The percentages of fungal infestation in white grain corn hybrids were obtained by two genotypes, H7 and H2, harvested in the municipality of Abasolo with 90%. Strains of *Fusarium verticillioides* and *proliferatum* were identified, as well as *Aspergillus flavus* and *Penicillium vermiculatum*, which are involved as producers of mycotoxins in corn. On the other hand, the genus with the highest incidence of isolated strains was *Fusarium* with 66%, followed by *Penicillium* with 76%, however, a lower percentage was for *Aspergillus flavus* with 56%. Regarding the quantification of fumolysins in the sampled materials, they ranged from 0.79 to 5.89 ppm, of which nine hybrids were free of fumolysins (<LOD 0.20). Regarding the presence of aflatoxins, twelve genotypes were found with values below 3 ppb. and 7 materials from a

range of 3.39 and 5.16 ppb, however, a hybrid (H13) with a value of 33.66 ppb. In the central and northern area of Tamaulipas, mycotoxin-producing fungi of the genus *Fusarium*, *Aspergillus* and *Penicillium* were found.

**Key words:** *Fusarium*, *Penicillium* spp, quantification, mycotoxins

## INTRODUCCION

En México el maíz (*Zea mays* L.), es el cultivo de mayor importancia por su superficie sembrada y el rol que juega dentro de la dieta alimentaria del mexicano, ya que su consumo alcanza de 200 kg por persona al año y en tortilla se calcula en promedio una ingesta diaria de 225 g (Gómez *et al.*, 2017). El norte de Tamaulipas se caracteriza por ser una gran planicie semiárida con temperatura y precipitación promedio anual de 23 °C y 635 mm, respectivamente (Silva Serna y Hess-Martínez, 2001), donde la agricultura se practica en casi un millón de hectáreas. En ese sentido, en el estado la superficie sembrada de maíz grano en el 2023 fue de 114,808.9 ha, en riego y temporal (SIAP, 2024). Por otro lado, en México se cultiva una gran variedad de genotipos de maíz, bajo condiciones ambientales asociadas con el estrés hídrico del suelo, radiación solar, temperaturas, tipos de suelo y sistemas de producción, estas condiciones provocan expresiones diferentes del comportamiento de los genotipos. Por lo tanto, es importante el desarrollo de genotipos de maíz estables y con rendimiento, lo anterior, por la importancia en la producción comercial de semilla híbrida, por tal motivo, en las etapas finales del proceso de mejoramiento, los genotipos desarrollados deben ser evaluados en diferentes localidades y durante varios ciclos, para identificar aquellos con potencial sobresaliente antes de ser recomendados para cultivarse en alguna localidad o región (Tonk *et al.*, 2011). Sin embargo, a pesar de que son semillas mejoradas el grano de maíz pueden ser susceptibles a las infecciones por hongos de los cuales se encuentran del género *Fusarium*, *Aspergillus*, y *Penicillium*, que son organismos que producen diversos grupos de micotoxinas, de las que se encuentran aflatoxinas y las fumolisinas. Por lo anterior, en este trabajo se plantearon los siguientes objetivos: 1) Determinar la incidencia de hongos productores de micotoxinas en híbridos de grano de maíz y 2) cuantificar las aflatoxinas totales y fumolisinas presentes en estos genotipos presentes en la región centro y norte de Tamaulipas.

## MATERIALES Y METODOS

**Recolección de las muestras de maíz.** La recolección de los híbridos de grano de maíz blanco, se realizó durante el ciclo agrícola OI- 2023, en huertas de productores del municipio de Abasolo y Reynosa, así mismo, en el sitio Experimental las Adjuntas y el Campo Experimental de Río Bravo, perteneciente al INIFAP, los cuales los genotipos fueron identificados de la siguiente manera: Hipopótamo (H1), DK2028 (H2); DK2028 (H3); NK-925W (H4); H-391 (H5); P-3057 (H6); DK-2048 (H7); NB-722 (H8); NB-871 (H9); H-390 (H10); NB-940 (H11); P-3051W (H12); NB-871 (H13); DK-2048 (H14); Rinoceronte H15); Hipopótamo (H16); H-390 (H17); P-3051W (H18); Criollo blanco (H19) y Criollo negro (H20). El muestreo consistió en tomar entre 15 a 20 mazorcas, en parcelas de híbridos de maíz de grano blanco, La forma del muestreo de los genotipos fue 5 de oros, por lo tanto, previo a la colecta se identificaron los materiales y se tomaron las muestras con una humedad

aproximada del  $\pm 14$  %. Las muestras fueron transportadas y desgranadas en el laboratorio del Campo Experimental Río Bravo, posteriormente, fueron conservadas en refrigeración hasta ser analizadas.

**Aislamiento e identificación de hongos toxigénicos en genotipos de maíz de grano blanco.** Previo al análisis microbiológico, se tomaron 10 granos de semilla de cada material y fueron colocados en vasos de precipitado, éstos fueron desinfectados con hipoclorito de sodio al 2 % y se agitaron por tres minutos, después se enjuagaron con agua destilada esterilizada y se colocaron en toallas estériles en campana de flujo laminar. Después fueron tomados con pinzas estériles y se colocaron en cajas de Petri las cuales contenían Agar Papa Dextrosa (APD) y fueron incubadas a  $25 \pm 3$  °C, bajo condiciones de oscuridad. A los tres días en incubación se registró el número de Unidades Formadoras de Colonia. A partir del crecimiento micelial fue resembrado en APD y se incubó a  $25 \pm 3$  °C. Posteriormente, el cultivo monospórico fue observado a los 10 días y se tomaron muestras de las colonias observadas, confirmando la identidad de cada género presente mediante la observación de sus características macro y micromorfológicas según los métodos recomendados para cada género (Barnett y Hunter, 1971; Nelson *et al.*, 1983; Raper and Fennell, 1965).

**Diseño de laboratorio y análisis estadístico.** El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones, los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y comparación de medias Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2016).

**Identificación Molecular.** Los aislamientos puros fueron identificados molecularmente. Se realizó la extracción de ADN de acuerdo con la metodología propuesta por (Romero *et al.*, 2002). Para la amplificación se usaron los oligonucleótidos ITS1F-ITS4 (ITS1F 5'-CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA-3' y ITS4 5'TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'). Las secuencias resultantes fueron comparadas con la región ITS1- 5.8S- ITS2 correspondiente de las secuencias de la base de datos GenBank del Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI). El programa térmico utilizado fue el siguiente: desnaturalización inicial de 94 °C por 5 min, seguido de 30 ciclos a 94 °C por 60 s, hibridación a 50 °C por 60 s, extensión de 72 °C por 2 min y una extensión final de 72 °C por 7 min.

**Electroforesis en geles de Agarosa al 1.5 %.** Los electroferogramas se realizaron en geles de agarosa al 1.5 % y visualizados en fotodocumentador (BioRad). Finalmente se realizó la purificación del PCR con un kit comercial (Promega), la metodología se describió de acuerdo con las condiciones del fabricante. El producto amplificado se envió a secuenciar al Laboratorio Nacional de Biotecnología Agrícola, Médica y Ambiental, del Instituto potosino de Investigación en Ciencia y Tecnología, ubicado en la Cd., de San Luis Potosí.



**Detección y cuantificación de Micotoxinas totales.** Se usó el Kit comercial de ELISA competitivo directo “Agra Quant Total Fumonisin y Aflatoxinas” para la determinación de fumolisinas y Aflatoxinas totales en los híbridos y criollos de maíz.

**Preparación de la Muestra (Extracción):** Se tomó una fracción del ensayo de cada muestra de maíz, obtenida de muestras de campo que fueron previamente desgranadas, por lo tanto, cada muestra se identificó, se pesaron a 20 g, se vaciaron en frascos de licuadora, posteriormente fueron molidas en licuadora, después el macerado fue colocado en frascos con tapón de rosca, a cada muestra se agregaron 100 ml de la solución de extracción 70/30 (V/V) de metanol en agua. Se tapó el recipiente y se agitó manualmente en forma enérgica, se dejaron reposar por 10 min, posteriormente, fue filtrado con papel de filtro Whatman #1. Se recolectó el extracto filtrado, cuyo pH se ajustó entre 6 y 8, para lo cual se usó buffer fosfato a pH 7. Se diluyó el filtrado con agua destilada en una relación 1:20. (50 µl del extracto y 950 µl de agua).

**ELISA competitivo “Agra Quant® Fumolisinas y Aflatoxinas.** Se utilizó una prueba de Inmunoensayo ligado a enzimas competitiva (ELISA) para analizar muestras de maíz en busca de aflatoxinas totales y fumolisinas totales. El análisis espectrométrico se realizó utilizando dos kits de Agra Quant®. Fumonisin Assay 0.25/5, para fumolisinas y Agra Quant® Total Aflatoxin Elisa 4-40 ppb, para leer las absorbancias se usó un espectrofotómetro (Sigma Diagnostic) la lectura se realizó a 450 nm, al mismo tiempo se usó un filtro diferencial de 650 nm, la metodología empleada fue de acuerdo con las condiciones del fabricante. La lectura de la reacción pudo percibirse visualmente en donde la intensidad del color es inversamente proporcional a la concentración de la micotoxina o estándar. Las lecturas obtenidas consistieron en datos de absorbancia que fueron convertidos con la fórmula de Log/logit a partes por millón (ppm) para aflatoxinas y partes por billon (ppb) para fumolisinas. El procedimiento fue similar para ambas determinaciones utilizando su respectivo kit de pocillos recubiertos con anticuerpos específicos para cada micotoxina. Para el análisis de las lecturas se utilizó una hoja de cálculo provista por Romer Lab, la cual se incluyó junto a los kits AgraQuant®, donde ajusta una regresión con los estándares utilizados teniendo la precaución de verificar el valor del estadístico  $R^2$  debe ser igual o mayor a 0.985.

## RESULTADOS Y DISCUSION

**Infestación de hongos productores de micotoxinas.** Al realizar el ANOVA la prueba indicó diferencias significativas entre los genotipos (Tabla 1), con un coeficiente de determinación del 98 %, posteriormente se realizó una comparación de medias con Tukey (Tabla 2). Los porcentajes mayores de infestación por hongos en los híbridos de maíz blanco lo obtuvieron el H7 y H2, cosechados en el municipio de Abasolo, con un 90 % de infestación, cabe hacer mención que ambas muestras corresponde al mismo genotipo, sin embargo, de diferentes ambientes (predio de un productor y sitio experimental las Adjuntas del INIFAP). Para los genotipos H6, H10, H2, H13, H1, H3, H4 y H12, presentaron infestación por arriba del 70 %, mientras que los genotipos intermedios H11, H19, H5, H9,

H16 y H17 con valores del de 22.3 al 66.6 % de infestación, así mismo, el H8 y H15 presentaron un porcentaje bajo del 7.1 % y 6.6, respectivamente. Por otro lado, los genotipos que estuvieron libres de hongos y microorganismos fueron H14 y H 18 (Tabla 2).

Tabla 1. Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza de muestreo en grano blanco de maíz en Tamaulipas.

F.V.	G.L.	% INFECCIÓN
Tratamiento	8	3320.71**
Repetición	2	183.10
Error		169.05
Media		54.97
R <sup>2</sup>		90.80%
C.V. (%)		23.65
Total	59	

\*\* : 0.01, respectivamente. F.V: fuentes de variación, G.L.: grados de libertad, R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación, C.V.: coeficiente de variación.

Tabla 2. Promedio de % de infección de hongos en grano de maíz en Tamaulipas

HÍBRIDOS	% DE INFECCIÓN	HÍBRIDOS	% DE INFECCIÓN
H7	90.0 a	H11	66.6 ab
H2	90.0 a	H19	60.0 abc
H6	84.8 ab	H5	51.8 abcd
H10	84.8 ab	H9	44.7 bcde
H20	84.2 ab	H16	22.3 cdef
H13	82.5 ab	H17	19.3 def
H1	81.6 ab	H8	7.1 ef
H3	81.4 ab	H15	6.6 ef
H4	70.7 ab	H14	0.0 f
H12	70.3 ab	H18	0.0 f

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ )

**Análisis microbiológico de los híbridos de maíz grano blanco analizados.** Para el género *Fusarium*, se obtuvieron 124 aislados de las 20 muestras analizadas, seguido de *Penicillium* con 109 cepas, *Aspergillus* 70, además, se obtuvieron aislados de *Aspergillus niger* y *Alternaria alternata* en ambos casos fueron tres cepas, así mismo se obtuvieron siete colonias obtenidas del material H390 (H 17) el cual, por sus características fenotípicas, corresponde a *Arcopilus cupreus*.

**Análisis de infestación por género (Figura 1).** Se obtuvo un 66.6 y 63.3 % de *Fusarium* aislado del genotipo H2 y H3 los cuales se cosecharon en dos ambientes distintas con dos productores cooperantes de Abasolo, así mismo, el híbrido (H7) se cosecho en el sitio experimental las Adjuntas del INIFAP con un porcentaje menor a 3 %, sin embargo, el mismo híbrido (H14) fue cosechado en el CERIB con nulo crecimiento. Por otro lado, en los híbridos H10, H14, H10 y H9 se encontraron valores de 50, 33.3, 36.6 y 10 %, respectivamente, mientras que los genotipos H13, H5, H6, H8, H11 y H12, se obtuvieron cantidades por debajo del 3 %. En este mismo estudio se incluyeron dos maíces criollos identificados como blanco y negro su porcentaje fueron del 60 y 46.6 %, estos fueron obtenidos del CERIB, estos resultados concuerdan con los obtenidos por (Alvarez *et al* 2023), que obtuvieron un 44 % de *Fusarium* en maíz criollo.

En cuanto al género *Penicillium* spp, los genotipos donde se observó mayor infestación fueron; H7, H6, H11, H10 y H12 con un 76.6, 63.3, 40.0, 36.6, 36.6 % respectivamente, en menor proporción lo obtuvieron los híbridos H4, H5 y H9 con un 26, 20 y 23.3 %, así mismo los genotipos H1, H3 y H13 su porcentaje fue del 6.6 %. Hubo ausencia de *Penicillium* en H2, H14, H15, H16, H17, H18, H19 y H20.

Para *Aspergillus*, el porcentaje mayor los obtuvieron H13, H1, H2, H5 H6 H7 y H11 con un 56.6, 20, 26.6, 33.3, 30.0, 10 y 26.6 % respectivamente, los genotipos H3 y H4 fue del 6.6 % y el resto estuvo ausente, los porcentajes superiores en los genotipos de maíz de grano blanco afectados por los hongos productores de micotoxinas, fueron los materiales que se obtuvieron de Abasolo, mientras que los que se cosecharon en Río Bravo (CERIB) fueron menores, algunos de estos, solo presentaron infestación por *Fusarium* las otras especies estuvieron ausentes (Figura 1). Los resultados encontrados en los muestreos en el centro y norte de Tamaulipas a la infestación por hongos presentes en los granos de maíz, puede deberse a las condiciones ambientales de cada región, manejo agronómico de cada productor y la resistencia o susceptibilidad de los genotipos a estos microorganismos. Al respecto, Martin *et al.* (2022), encontraron que la variabilidad observada entre las muestras parece estar influenciada por la presencia y prevalencia de especies de hongos específicos para cada cultivo evaluado. Otro factor que influye son las condiciones ambientales durante el desarrollo de la planta, las fechas de siembra (Cantú *et al.*, 2010) la infestación por insectos y la respuesta del genotipo (Munkvold *et al.*, 1997b). Los resultados de este trabajo son similares a los reportados por Hernández *et al.* (2007), mencionan que el porcentaje mayor de *Fusarium* lo detectaron en genotipos de maíz de grano blanco cosechado en campo.

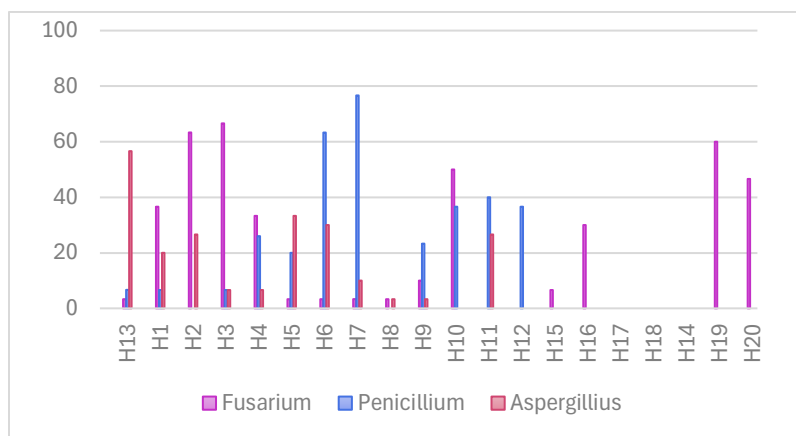


Figura 1. Porcentajes de infestación por género en los genotipos de maíz de grano blanco en tres regiones de Tamaulipas.

### Detección molecular de hongos en híbridos de maíz de grano blanco en Tamaulipas.

Se analizaron dos secuencias con el programa Blast del banco de genes y se identificó a *Fusarium proliferatum* No. de acceso MTS60218.1 con un 98.19 % de identidad y *Fusarium verticillioides* con 93.49 % y No. de acceso PP892794.1, estos se han reportado como productores de fumolisinas en granos de maíz (Omori *et al.*, 2018). Además, se identificó dos *Aspergillus flavus* con un 91.71 y 98.7 % de identidad y con identificación en el Banco de genes OR250428 y MT645322. Este género por lo regular produce aflatoxinas B1 y B2 (Hesseltine *et al.*, 1970). La aflatoxina B1 (AFB1) es la que tiene mayor actividad carcinogénica a nivel hepático, fetal teratogénica y de ciclo celular mutagénica. La aflatoxina B2 es similar a la B1, excepto por la saturación del primer anillo de furano; es carcinogénica, pero menos tóxica y más frecuente que la B1 (Wogan., *et al.*, 1971). También, se obtuvo la identificación molecular de *Penicillium* sp con un 95 % y acceso al banco de genes PP860245.1, otro de los aislados que morfológicamente fueron identificados fue *Talaromyces flavus* con un 99.58 % y con No. de MH810077, cuya identificación o sinónimo es *Penicillium vermiculatum*. Así mismo, en uno de los materiales identificado como H17, se identificó mediante secuenciación a *Arcopilus cupreus* con acceso MN215732.1. Los resultados obtenidos de la identificación molecular son una clave importante para conocer el genoma y para confirmar la identificación de los aislados.

### Cuantificación de aflatoxinas y fumolisinas totales, mediante un Inmunoensayo.

Los resultados obtenidos de fumolisinas cuantificadas por el método de ELISA competitiva en los genotipos H2, H3, H4, H 5, H8, H9, H10, H11, H12, H19 y H20 presentaron un rango de cuantificación de 2.81, 1.71, 1.60, 1.63, 1.76, 0.79, 1.84, 1.75, 2.17, 2.86 y 5.89 ppm, respectivamente, estos datos están correlacionadas con los aislados obtenidos en este trabajo que fueron las cepas corroboradas en el banco de genes como *Fusarium proliferatum* y *Fusarium verticilliodes* productoras de fumolisinas, un dato importante es que en los materiales criollos donde estuvo la presencia de éste generó con un 60 y 46.6 % fueron donde se obtuvo mayor cantidad de fumolisinas. Por otro lado, los genotipos; H1, H6, H7; H 18, H14, H15, H16, H17 y H18, estuvieron libres de fumolisinas (<LOD 0.20 ppm).

En cuanto a la determinación y cuantificación de aflatoxinas totales (B1, B2, G1 y G2) en los genotipos H2, H3, H5, H6, H7, H13, H14 y H16 presentaron valores con rangos de lectura de 5.16, 3.39, 3.60, 3.45, 4.12, 33.66, 3.42, y 3.80 ppb, respectivamente. Es importante mencionar que aquel genotipo que sobrepasa los 33.66 ppb está fuera del rango para la detección de este kit por consiguiente este material está por arriba de lo detectado, lo cual puede ser evaluado con el método oficial para determinar si está dentro del rango de maíz con aflatoxinas.

### CONCLUSIONES

En la zona centro y norte de Tamaulipas se encontraron hongos productores de micotoxinas del género *Fusarium*, *Aspergillus* y *Penicillium* con diferentes grados de infestación a los híbridos comerciales.

Existen híbridos libres de fumolisinas, lo cual pueden ser recomendados para consumo humano. Así mismo, se identificaron genotipos con tolerancia a la presencia de hongos productores de micotoxinas que pueden aprovecharse para las siembras con los productores.

### REFERENCIAS

- Álvarez-Ojeda, M. G., Rodríguez-Falconi, R., Reséndiz-Ramírez, Z., Santiago-Mejía, B. E., López-Pecina, Melina. (2023). Detección de Hongos Toxigénicos que afectan el maíz en ocho municipios de Tamaulipas. México. XIII Reunión Nacional de Investigación Agrícola. Memoria. Chihuahua, Chih. p 671-673.
- Barnett, H. L., and Hunter B. B. (1971). Illustrated Genera of Imperfect Fungi, Minneapolis: Burgess, 3rd ed.
- Cantú Almaguer, M. A, Reyes Méndez, C. A, Rodríguez del Bosque, L. A. (2010). Fecha de siembra: Una alternativa para incrementar la producción de maíz. Folleto técnico No. 44 p 1-29.
- Hernández-Delgado, S., Reyes-López, M. Á., García-Olivares, J. G., Mayek-Pérez, N., y Reyes-Méndez, C. A. (2007). Incidencia de Hongos potencialmente tóxicos en maíz (*Zea mays* L.) almacenado y cultivado en el norte de Tamaulipas, México. Rev. Mex. Fitopatol., 25(2), 127-133.
- Hesseltine, C., Sorrenson, W., Smith, M. (1970). Taxonomic studies of the aflatoxin producing strains in the *Aspergillus flavus* group. Micología 123-32.
- Nelson, P. E., Touson, T. A., Marasas, W. F. O. (1983). *Fusarium* species. An illustrated manual for identification. Pennsylvania, University Press, p193.
- Gómez Montiel, N. O., Cantú Almaguer, M. Á., Vázquez Carrillo, M. G., Hernández Galeno, C. D. Á., Espinosa Calderón, A., Sierra Macías, M., ... & Trujillo Campos, A. (2017). Híbrido de maíz H-568: nueva opción para áreas de alta productividad del trópico bajo de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(5), 1213-1218.
- Martín, I., Gálvez, L., Guasch, L., and Palmero, D. (2022). Fungal Pathogens and Seed Storage in the Dry State. *Plants*, 11(22), 3167.

- Munkvold, G. P., Hellmich, R. L., Showers, W. B. (1997b) Reduced *Fusarium* ear rot and symptomless infection in kernels of maize genetically engineered for European corn borer resistance. *Phytopathology* 87:1071-1077.
- Omori, A. M., Ono, E. Y. S., Bordini, J. G., Hirozawa, M. T., Fungaro, M. H. P., Ono, M. A. (2018). Detection of *Fusarium verticillioides* by PCR-ELISA based on FUM21 gene. *Food Microbiol.* 73:160-167.
- Raper, K. B. and Fennell, D.I. (1965). The genus *Aspergillus*. Baltimore: Williams and Wilkins.
- Romero, J., Garcia-Varela, M., Laclette, J. P., Espejo, R. T. (2002). Bacterial 16S rRNA gene analysis revealed that bacteria related to *Arcobacter* spp. constitute an abundant and common component of the oyster microbiota (*Tiostrea chilensis*). *Microb Ecol.* 44: 365-371.
- SAS Institute (2016) SAS/STAT® 9.3 User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 8640 p
- Silva-Serna, M. y Hess-Martínez, L. (2001). Caracterización del Clima en el Norte de Tamaulipas y su Relación con la Agricultura. Folleto Técnico No. 1. Campo Experimental Río Bravo. INIFAP. Río Bravo, Tamaulipas, México. 50 p.
- SIAP, 2024. Información agrícola anual y por estados SADER. México. Disponible en <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Consulta efectuada el 24 de junio de 2024.
- Tonk, F. A, Ilker, E., y Tosun, M. (2011). Evaluación de las interacciones genotipo x ambiente en híbridos de maíz utilizando análisis de biplot GGE. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 11, 01-09.
- Wogan, G.N., Edwards, G.S., Newberne, P.M. (1971). Structure activity relationships in toxicity and carcinogenicity of aflatoxins and analogs. *Cancer Res* 31: 1936-42.

## DETECCIÓN E IDENTIFICACIÓN RÁPIDA DE HONGOS TOXIGÉNICOS Y MICOTOXINAS EN GRANO DE MAÍZ ALMACENADOS EN TAMAULIPAS, MÉXICO.

Alvarez O. M.G.<sup>1\*</sup>; Rodríguez F. R. <sup>1</sup>; Hernández M. R.<sup>1</sup>; Reséndiz R. Z. <sup>1</sup>; Maya H. V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61 Cd. Río Bravo, Tamaulipas. Autor de correspondencia: alvarez.genoveva@inifap.gob.mx

### RESUMEN

Se colectó maíz de grano blanco en nueve almacenes en la región norte de Tamaulipas, México. Lo anterior fue en el ciclo agrícola OI/2023, para determinar la incidencia de hongos en las muestras, por lo tanto, se sembraron diez granos en papa-dextrosa-agar por siete días. Los porcentajes mayores lo ocupó *Aspergillus* en el silo (B5) con un 46.29 %, *Fusarium* en la bodega (B1) con 30.9 % y *Penicillium* spp almacén (B6) con el 26.16 %. El Análisis de variancia mostró diferencias significativas, por otro lado, la comparación de medias por Tukey ( $P < 0.05$ ) indicó el porcentaje mayor de infestación de hongos se encontró en dos almacenes B5 y B10 con un 83.7 y 78.7 % respectivamente. La identificación molecular confirmó la presencia de los géneros *Fusarium verticillioides*, *Aspergillus flavus* y *Penicillium* spp en almacenes de maíz en Tamaulipas, México. Los resultados del análisis inmunoenzimático (ELISA competitivo) revelaron la presencia de metabolitos de aflatoxinas en 6.93 ppb, lo que indica que está por debajo de lo permitido en las NOM. En cuanto a los resultados del almacén para la cuantificación de fumolisinas en el almacén B10 fue de (5.58 ppm) estos parámetros están por arriba de los niveles recomendada por la Agencia de Drogas y Alimentos (FDA) de los Estados Unidos de Norteamérica que son 4 ppm para maíz entero o parcialmente molido, la bodega 4 (3.07 ppm) se encuentra por arriba de lo que marca la Unión Europea, que son 2 ppm en maíz. Además, la UE en su reglamento de cereales para consumo humano estableció 0.75 ppm. Los resultados obtenidos de los almacenes B5, B6, B7 y B9 (1.80, 1.64, 1.49 y 0.90 ppm), no cumplieron con este reglamento de la UE, sin embargo, para las regulaciones mexicanas los granos de postcosecha en el norte de Tamaulipas son aptos para consumo humano y animal.

**Palabras claves:** *Aspergillus*, *Fusarium*, hongos, *zea mays*

### ABSTRACT

White grain corn was collected in nine warehouses in the northern region of Tamaulipas, Mexico. The above was in the OI/2023 agricultural cycle, to determine the incidence of fungi in the samples, therefore, ten grains were sown in potato-dextrose-agar for seven days. The highest percentages were occupied by *Aspergillus* in the silo (B5) with 46.29%, *Fusarium* in the winery (B1) with 30.9% and *Penicillium* spp in the warehouse (B6) with 26.16%. The Analysis of variance showed significant differences, on the other hand, the comparison of means by Tukey ( $P < 0.05$ ) indicated the highest percentage of fungal infestation was found in two warehouses B5 and B10 with 83.7 and 78.7% respectively. Molecular identification confirmed the presence of the genera *Fusarium verticillioides*, *Aspergillus flavus* and *Penicillium* spp in corn warehouses in Tamaulipas, Mexico. The results of the immunoenzymatic analysis (competitive ELISA) revealed the presence of aflatoxin metabolites at 6.93 ppb, which indicates that it is below what is allowed in the NOM.

Regarding the warehouse results for the quantification of fumolysins in warehouse B10, it was (5.58 ppm), these parameters are above the levels recommended by the Food and Drug Administration (FDA) of the United States of America, which are 4 ppm for whole or partially ground corn, warehouse 4 (3.07 ppm) is above what the European Union sets, which is 2 ppm in corn. Furthermore, the EU in its regulations on cereals for human consumption established 0.75 ppm. The results obtained from warehouses B5, B6, B7 and B9 (1.80, 1.64, 1.49 and 0.90 ppm) did not comply with this EU regulation, however, for Mexican regulations, post-harvest grains in northern Tamaulipas are suitable for human and animal consumption.

**Key words:** *Aspergillus*, *Fusarium*, fungus, *zea mays*

## INTRODUCCIÓN

En Tamaulipas, la producción de maíz ocupa el segundo lugar en importancia, únicamente superado por el sorgo. En el 2023, la superficie sembrada de maíz grano fue de 114,808.69 hectáreas, con una superficie cosechada de 94,950.61 ha (SIAP, 2023). En el norte de Tamaulipas se caracteriza por presentar cultivos de temporal, períodos de sequía y altas temperaturas. El maíz, como cualquier otro cultivo, no está exento de problemas agronómicos, climáticos y fitosanitarios. La diversidad de microorganismos y plagas que afectan al maíz durante su desarrollo son susceptibles a variación, dependiendo de su genotipo y de las condiciones ambientales, que puede afectar la calidad e inocuidad del grano, lo que implica una baja disponibilidad del cultivo de maíz a nivel nacional y una disminución del ingreso económico en los productores (Betanzos, 2009). La calidad de las semillas puede verse afectada directa e indirectamente por la contaminación por hongos, las pérdidas causadas pueden ocurrir durante las etapas de desarrollo, almacenamiento o germinación. El daño resulta en la pérdida de la viabilidad de la semilla o en la infección de la plántula después de la germinación. Así como condiciones de alta humedad y temperatura. En las etapas de cosecha y postcosecha aumentan la incidencia de hongos que pueden aparecer en la fase de almacenamiento si la temperatura y la humedad no se mantienen adecuadamente (Hernández-Delgado *et al.*, 2007) en este sentido dentro de los hongos productores de micotoxinas, se encuentran principalmente a *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* y *Alternaria*, (Wicklów and Pearson, 2006; McMullin *et al.*, 2015; Frisvad and Sanson 1991; Chen *et al.*, 1992).

Una condición óptima para el desarrollo del maíz es la temperatura, la cual debe oscilar entre 21 y 32 °C, presentando los rendimientos de grano más altos cuando los años son más frescos (Shaw 1988). Cuando las temperaturas nocturnas son superiores a 22 °C y las diurnas a 35 °C o más, se presenta un severo estrés en la planta, agravándose esta situación cuando se tienen densidades altas y poca humedad (Prine 1971; Shaw 1988). Así mismo, su temperatura y la humedad durante el llenado del grano, por las prácticas de almacenamiento y el transporte después de la cosecha puede ocasionar la producción de micotoxinas. Las micotoxinas, son metabolitos secundarios producidos por algunas especies de hongos filamentosos que se ven expuestos a factores ambientales, lo que constituye un peligro para la salud de las personas y de los animales. Estas sustancias son encontradas a nivel mundial, a pesar de las diferencias geográficas y climáticas que existen (Alpizar, 2015).

Por esta razón, la inspección visual de los granos, que permite determinar el grado de daño producido por los hongos, no es un indicador confiable de la contaminación con



micotoxinas, por lo tanto, puede evaluarse mediante análisis químicos específicos (Trucksess y Pohland, 2002). Sin embargo, existen los análisis moleculares, como la PCR que pueden servir como buenas alternativas a los métodos convencionales para la detección de hongos toxigénicos. Los ensayos de PCR múltiple que amplifican simultáneamente un número de genes específicos de especies y/o genes estructurales o reguladores involucrados en las vías de biosíntesis de micotoxinas se han aplicado con éxito para la detección de hongos toxigénicos en una gran variedad de alimentos (Ramana, *et al.*, 2011; Rashmi, *et al.*, 2013; Rodríguez *et al.*, 2009). Por lo anterior. El objetivo de este estudio fue determinar la incidencia de hongos toxigénicos en maíz bajo condiciones de almacén, así como 2). Determinar la presencia de micotoxinas totales mediante un inmunoensayo competitivo.

## MATERIALES Y METODOS

**Recolección de las muestras de maíz.** La recolección de las muestras de maíz grano blanco se realizó durante el ciclo agrícola O/I- 2023, en nueve bodegas del estado de Tamaulipas, las cuales fueron identificadas como B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B9 y B10, dichas bodegas se encuentran localizadas en los municipios de Abasolo, Díaz Ordaz, Reynosa, Valle Hermoso y Río Bravo, Tamaulipas. El muestreo de maíz blanco se realizó aleatoriamente, el cual se llevó a cabo de tres sitios (centro, izquierda y derecha de la bodega, usando una sonda colador para la toma de muestras. La muestra compuesta de cada sitio fue homogenizada y mezclada completamente para obtener aproximadamente 1 kg dando un peso total de 3 kg. Así mismo, se tomó el porcentaje de humedad de las nueve muestras compuestas.

**Recuperación, identificación y enumeración de la micoflora en granos de maíz.** Previo al análisis microbiológico, se tomaron 10 granos de semilla de cada bodega y fueron colocados en vasos de precipitado, éstos fueron desinfectados con hipoclorito de sodio al 2 % se agitaron por tres minutos, después se enjuagaron con agua destilada esterilizada y se colocaron en toallas estériles en campana de flujo laminar. Después fueron tomados con pinzas estériles y se colocaron en cajas de Petri las cuales contenían Agar Papa Dextrosa (APD) y fueron incubadas a  $25 \pm 3$  °C, bajo condiciones de oscuridad y presencia de luz. A los tres días en incubación se registró el número de Unidades Formadoras de Colonia. Posteriormente, a los 10 días, se tomaron muestras de las colonias observadas, confirmando la identidad de cada género presente mediante la observación de sus características macro y micromorfológicas según los métodos recomendados para cada género (Barnett y Hunter, 1971; Nelson *et al.*, 1983; Raper and Fennell, 1965).

**Diseño y análisis estadístico de las muestras.** El diseño experimental fue bloques al azar con tres repeticiones, los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y comparación de medias Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2016).

**Identificación Molecular.** Los aislamientos puros fueron identificados molecularmente. Se realizó la extracción de ADN de acuerdo con la metodología propuesta por (Romero *et al.*, 2002). Para la amplificación se usaron los oligonucleótidos ITS1F-ITS4 (ITS1F 5'-CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA-3' y ITS4 5'TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'). Las

secuencias resultantes fueron comparadas con la región ITS1- 5.8S- ITS2 correspondiente de las secuencias de la base de datos GenBank del Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI, 2022). El programa térmico utilizado fue el siguiente: desnaturalización inicial de 94 °C por 5 min, seguido de 30 ciclos a 94 °C por 60 s, hibridación a 50 °C por 60 s, extensión de 72 °C por 2 min y una extensión final de 72 °C por 7 min.

**Electroforesis en geles de Agarosa al 1.5 %.** Los electroferogramas se realizaron en geles de agarosa al 1.5 % y visualizados en fotodocumentador (BioRad). Finalmente se realizó la purificación del PCR con un kit comercial (Promega), la metodología se describió de acuerdo con las condiciones del fabricante. El producto amplificado se envió a secuenciar al Laboratorio Nacional de Biotecnología Agrícola, Médica y Ambiental, del Instituto potosino de Investigación en Ciencia y Tecnología, ubicado en la Cd., de San Luis Potosí.

**Detección de Micotoxinas totales.** Se usó el Kit comercial de ELISA competitivo directo “Agra Quant Total Fumonisin y Aflatoxinas” para la determinación de fumolisinas y Aflatoxinas totales.

**Preparación de la Muestra (Extracción):** Se tomó una fracción del ensayo de cada muestra de maíz, obtenida de las bodegas y se identificaron previamente, se pesaron 20 g, se vaciaron en frascos de licuadora los 20 g, posteriormente estas fueron molidas en licuadora, la muestra macerada fue colocada en frascos con tapón de rosca, a cada muestra se agregaron 100 ml de la solución de extracción 70 /30 (V/V) de metanol en agua. Se tapó el recipiente y se agitó manualmente en forma enérgica, se dejaron reposar por 10 min, posteriormente, se filtró con papel de filtro Whatman #1. Se recolectó el extracto filtrado, cuyo pH se ajustó entre 6 y 8, para lo cual se usó buffer fosfato a pH 7. Se diluyó el filtrado con agua destilada en una relación 1:20. (50 µl del extracto a 950 µl de agua).

**ELISA competitivo “Agra Quant® Fumolisinas y Aflatoxinas.** Se utilizó una prueba de Inmunoensayo ligado a enzimas competitiva (ELISA) para analizar muestras de maíz en busca de aflatoxinas totales y fumolisinas totales. El análisis espectrométrico se realizó utilizando dos kits de Agra Quant®.Fumonisin Assay 0.25/5, para fumolisinas y Agra Quant® Total Aflatoxin Elisa 4-40 ppb, para leer las absorbancias se usó un espectrofotómetro (Sigma Diagnostic) la lectura se realizó a 450 nm, al mismo tiempo se usó un filtro diferencial de 650 mn, la metodología empleada fue de acuerdo con las condiciones del fabricante. La lectura de la reacción pudo percibirse visualmente en donde la intensidad del color es inversamente proporcional a la concentración de la micotoxina o estándar. Las lecturas obtenidas consistieron en datos de absorbancia que fueron convertidos con la fórmula de Log/logit a partes por millón (ppm) para aflatoxinas y partes por billon (ppb) para fumolisinas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis microbiológico.** Al realizar la observación microscópica y macroscópica de las cepas aisladas en la bodega B1 se detectó *Fusarium* spp en un 30.9 %, seguida de la B10 con un 23.8 %, así mismo, las bodegas B2, B3, B4, B5, B6, B7 y B9 con un porcentaje menor al 7 %. Mientras que para el género *Aspergillus* spp en la Bodega 5 se determinó

un 46.29 %, seguido de las bodegas 1 y 9 con un 11.1 y 12.9 % respectivamente, y porcentajes menores a 3.7 fueron los silos B4, B6 y B7. Estos datos concuerdan con Hernández *et al.*, 2007, donde encontraron que el género *Aspergillus* fue el más frecuente en grano de maíz blanco y amarillo almacenado en el norte de Tamaulipas. Para el género *Penicillium* spp se aislaron 24 cepas de las cuales la bodega 6 presentó un 29.16 %, seguida de las B2, B6 y B10 con un 20.83, 29.6 y 12.5 %, mientras que las B3, B4, B5 y B9 ociaron entre 4 y 8 % (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Porcentaje de infestación de hongos en nueve bodegas de maíz, ubicadas en cinco municipios de Tamaulipas, México**

Localidad	Identificación	<i>Fusarium</i> spp	<i>Aspergillus</i> spp	<i>Penicillium</i> spp
Abasolo	Bodega 1	30.9	11.11	Ausente
Abasolo	Bodega 2	7.10	Ausente	20.83
Abasolo	Bodega 3	4.76	Ausente	8.33
Abasolo	Bodega 4	7.10	1.85	8.33
Abasolo	Bodega 5	7.10	46.29	8.88
Valle Hermoso	Bodega 6	2.3	3.70	29.16
Díaz Ordaz	Bodega 7	7.10	1.85	Ausente
Reynosa	Bodega 9	7.10	12.96	4.1
Río Bravo	Bodega 10	23.8	18.5	12.5

La prueba de ANOVA indicó diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre los silos (0.01), así mismo, los porcentajes de infestación mayor fue detectado en las bodegas 5 y 10, con un 83.7 y 78.7 % respectivamente, al realizar la comparación de medias por Tukey (0.05) se puede observar los porcentajes de infestación del resto de los silos (Figura 1), cabe destacar que en todas las bodegas no contaban con un sistema de enfriamiento y la temperatura oscilaba arriba de 25 °C, condición que favorece la actividad biológica en la capa superior del silo (existiendo mayor respiración del grano, presencia de hongos e insectos) (Munkvold 2003).

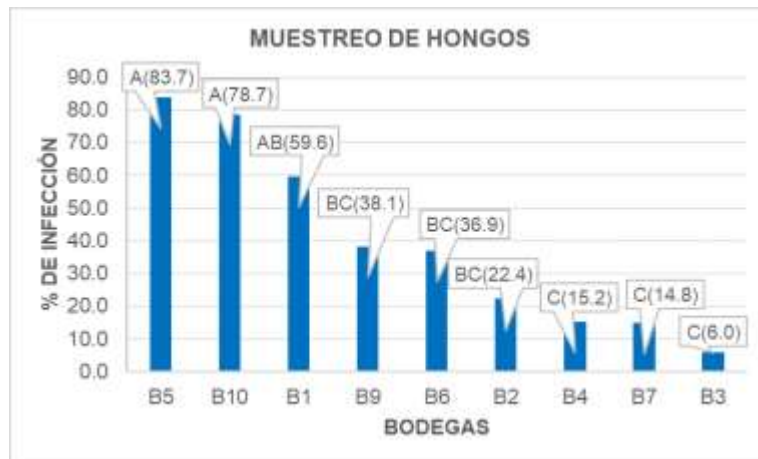


Figura 1. Promedio de % de infección de hongos en grano de maíz en Tamaulipas. \*Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ )

A nivel molecular se lograron identificar los géneros: *Aspergillus flavus* con un 99.1 % de homología, con clave de acceso No. SRX6532.1 del Banco de Genes (GenBank), del Centro de Información Biotecnológica Nacional (NCBI); *A terreus* con un 89.4 % No. acceso. MTS30257; *Penicillium* spp, 99.58 % clave de acceso KX067868.1; *Fusarium verticillioides* con un 98.58 % similitud acceso No. PP892794.1 así como *F. proliferatum* 100 % de homología, No accesión MF327378.1. Las cepas identificadas en este trabajo son de importancia a nivel sanitario debido a que pueden sintetizar micotoxinas en los granos de maíz (Li, *et al.*, 2001; Bravo, 2022; Rahman, *et al.*, 2020).

**Diagnóstico mediante ELISA competitivo de aflatoxinas y fumolisinas en granos de maíz bajo condiciones de almacén.** A pesar de que se aisló una cantidad de hongos del género *Aspergillus*, solo se detectó la presencia de aflatoxinas totales en el almacén 10, (identificado como B10) el cual se ubica en Río Bravo, Tamaulipas. Valor por debajo de las Normas Oficiales Mexicanas NOM-247-SSA1-2008 y la NOM-187-SSA1-2002 que estable 20 µg/kg para harinas de maíz nixtamalizado. Con respecto a los resultados obtenidos en este estudio la detección total de aflatoxinas con la prueba de ELISA se puede inferir que la bodega 10 obtuvo 6.93 ppb, lo que indica que está por debajo de lo permitido en las NOM, mientras que los almacenes identificados como B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, y B9 no se detectaron, lo que equivale a un nivel de desarrollo (LOD), menor a 3 ppb. Sin embargo, no podemos atribuir que las cepas obtenidas de este silo sean las causantes de la producción de micotoxinas, en algunos casos la capacidad de síntesis de un determinado metabolito secundario puede ser transitoria ya que se observa normalmente en cultivos que han sido recientemente aislados de su hábitat natural y puede perderse como consecuencia de su manejo en el laboratorio (Schroeder and Kelton, 1975).

En relación con la regulación de fumolisinas en México, no existen regulaciones para fumolisinas y ocratoxinas. Los niveles de contaminación con fumolisinas de la bodega B10 (5.82 ppm) se encuentra por arriba de los niveles recomendada por la Agencia de Drogas y Alimentos (FDA) de los Estados Unidos de Norteamérica que son 4 ppm para maíz entero o parcialmente molido, la bodega 4 (3.07 ppm) se encuentra por arriba de lo que marca la Unión Europea (Diario Oficial para la UE, 2007), que son 2 ppm en maíz no elaborado, además, esta mismo institución marca en su reglamento de 0.75 ppm de cereales para consumo humano, por lo tanto, los resultados obtenidos de los almacenes B5, B6, B7 y B9 (1.80, 1.64, 1.49 y 0.90 ppm), no cumplirían con este reglamento de la UE. Con estos resultados podemos inferir que la contaminación por micotoxinas no se asocia con las condiciones del cultivo sino con las condiciones inadecuadas de almacenamiento del grano, además, se debe inspeccionar para detectar los problemas y tomar medidas de control (Cuadro 2).

Cuadro 2. Aflatoxinas fumolisinas totales, por Inmunoensayo ligado a enzimas, en nueve almacenes de maíz blanco del Norte del estado de Tamaulipas, México

Identificación almacén	Aflatoxinas totales (ppm)	Fumolisinas totales (ppb)
B1	<LOD (3ppb)	<LOD (0.20ppm)
B2	<LOD (3ppb)	<LOD (0.20ppm)
B3	<LOD (3ppb)	<LOD (0.20ppm)
B4	<LOD (3ppb)	<b>3.07 ppm</b>
B5	<LOD (3ppb)	1.80 ppm
B6	<LOD (3ppb)	1.63 ppm
B7	<LOD (3ppb)	1.49 ppm
B9	<LOD (3ppb)	0.90 ppm
B10	<b>6.93 ppb</b>	<b>5.82 ppm</b>

1 ppb  $10^{-9}$  (nanogramo/ml, ng/ml); ppm  $10^{-6}$   $\mu$ g/ml); (<LOD; menor límite de detección)

### CONCLUSIONES

Los géneros de hongos fitopatógenos productores de micotoxinas de mayor incidencia en los almacenes del noreste de Tamaulipas fueron: *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium* spp. El porcentaje de infestación de los hongos fue detectado en los almacenes B5 y B10 con un 83.7 y 78.7 % respectivamente. Los niveles de contaminación por aflatoxinas estuvieron en 6.93 ppm, lo que indica que no representa riesgo para consumo humano y animal.

La cuantificación de fumolisinas en almacenes de Tamaulipas, está dentro de los límites de tolerancia establecidos por las NOMs. Sin embargo, se requiere realizar más estudios sobre producción de fumolisinas con el fin de implementar regulaciones mexicanas para este tipo de micotoxinas.

### REFERENCIAS

- Alpizar, C. (2015). Presencia de hongos y contaminación con micotoxinas en ensilajes para alimentación de rumiantes. Artículo de Revisión. Ciencias Veterinarias, 33: (1) p 7-31.
- Barnett, H.L., and Hunter B.B. (1971). Illustrated Genera of Imperfect *Fungi*, Minneapolis: Burgess, 3rd ed.
- Betanzos, E. (2009). "Híbridos de maíz resistentes a pudrición de mazorca en Chiapas y Veracruz, México", en Agric.Téc.Méx. 35 (4): 391-400.
- Bravo, Morales Belem. (2022). Consumo y almacenamiento de maíces (*Zea mays* L.) de subsistencia y comercial y su relación con *Fusarium* spp. Tesis de licenciatura. UAAAN.
- Chen J, Mirocha CJ, Xie W, Hogge L, Olson D. (1992). Production of the mycotoxin fumonisin B1 by *Alternaria alternata* f. sp. lycopersici. Appl Environ Microbiol. 58: 3928-3931.
- Diario Oficial de la Unión Europea. Reglamento CE (No. 1881/2007). DE LA COMISIÓN 2006 de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. consultado el 2 de agosto de 2024.
- Frisvad JC, Samson RA. (1991). Mycotoxins produced by species of *Penicillium* and *Aspergillus*. En: Chelkowski J (Ed.) Cereal Grain. Mycotoxins, Fungi and Quality in Drying and Storage. Amsterdam, Elsevier. 441-476
- Hernández-Delgado SJ, Reyes-López MA, García-Olivares JG, Mayek-Pérez N y Reyes- Méndez CA. (2007). Incidencia de hongos potencialmente tóxicos en maíz (*zea mays* L.) almacenados y cultivados en el Noreste de Tamaulipas, México. Rev. Mex de Fitopatología. 25: (2), p 127.123.
- Kim, D.M.; Chung, S.H.; Chun, H.S. (2011). Multiplex PCR assay for the detection of aflatoxigenic and non-aflatoxigenic fungi in meju, a korean fermented soybean food starter. Food Microbiol, 28, 1402–1408.

- Li Wang, Koji Yokoyama, Haruo Takahasi, Nobuaki Kase, Yoshiki Hanya, Kumiko Yashiro, Makoto Miyaji, Kazuko Nishimura. (2001). Identification of species in *Aspergillus* section Flavi based on sequencing of the mitochondrial cytochrome b gene, International Journal of Food Microbiology, 71, Issue 1, P.75-86, ISSN 0168-1605
- McMullin, D., Mizaikoff, B. and Krska, R. (2015). Advancements in IR spectroscopic approaches for the determination of fungal derived contaminations in food crops. Anal Bioanal Chem 407, 653–660
- Munkvold, G.P. (2003). Cultural and genetic approaches to managing mycotoxins in maize. Annual Review of Phytopathology 41:99-116.
- National Center for Biotechnology Information - U. S. <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi.consultado> el 3 de agosto 2024
- Nelson P.E., Touson T.A., Marasas W. F .O.(1983). *Fusarium* species. An ilustrated manual for identification. Pennsylvania, University Press, p193.
- Norma Oficial Mexicana (NOM-188-SSA1-2002). México. 23 p. Diario Oficial de la Federación. 2002. Productos y Servicios. Control de Aflatoxinas en Cereales para Consumo Humano y Animal. Especificaciones Sanitarias. Norma Oficial Mexicana (NOM-188-SSA1-2002). México. 23 p.
- Norma Oficial Mexicana (NOM-247-SSA1-2008). México. Diario Oficial de la Federación. 2008. Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.
- Prine, G. M. (1971). A critical period of ear development in maize. Crop Sci. 11: 782-786.
- Ramana, M.V.; Balakrishna, K.; Murali, H.C.; Batra, H.V. (2011). Multiplex PCR-based strategy to detect contamination with mycotoxigenic *Fusarium* species in rice and finger millet collected from southern India. J. Sci. Food Agric. 91, 1666–1673.
- Rahman, H. U., Yue, X., Ren, X., Zhang, W., Zhang, Q., and Li, P. (2020). Multiplex PCR assay to detect *Aspergillus*, *Penicillium* and *Fusarium* species simultaneously. Food Additives and Contaminants: Part A, 37(11), 1939–1950.
- Rashmi, R.; Ramana, M.V.; Shylaja, R.; Uppalapati, S.R.; Murali, H.S.; Batra, H.V. (2013). Evaluation of a multiplex PCR assay for concurrent detection of four major mycotoxigenic fungi from foods. J. Appl. Microbiol. 114, 819–827.
- Rodríguez, P.; Venancio, A.; Kozakiewicz, Z.; Lima, N. A. (2009). Polyphasic approach to the identification of aflatoxigenic and non-aflatoxigenic strains of *Aspergillus* Section Flavi isolated from Portuguese almonds. Int. J. Food Microbiol. 129, 187–193.
- Romero J, Garcia-Varela M, Lacleste J. P., Espejo, R. T. (2002). Bacterial 16S rRNA gene analysis revealed that bacteria related to *Arcobacter* spp. constitute an abundant and common component of the oyster microbiota (*Tiostrea chilensis*). Microb Ecol. 44: 365-371.
- Raper K.B. and Fennell D.I. 1965. The genus *Aspergillus*. Baltimore: Willians and Wilkins.
- SAS Institute (2016) SAS/STAT® 9.3 User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 8640 p
- Shaw, R. H. (1988). Climate requeriment of corn. In: Corn and Corn Improvement. Third Edition. G. F. Sprague and J. W. Dudley, Editors. Madison Wisconsin, U.S.A. 609-638.
- Schroeder HW, and Kelton WH. (1975). Production of sterigmatocystin by some species of the genus *Aspergillus* and its toxicity to chicken embryos. Appl Microbiol. 30: 589-591.
- SIAP, 2023. Información agrícola anual y por estados SADER. México. Disponible en <http://www.siap.sader.gob.mx>. Consulta efectuada el 24 de junio de 2024.
- Trucksess, M.W., Pohland, A.E. (2002). Methods and method evaluation for mycotoxins. Mol Biotechnol 22, 287–292.
- Wicklow, D. T and Pearson T. C. (2006). Detection and removal of single mycotoxin contaminated maize grains following harvest., p 110-119.

## LÍNEAS ÉLITE DE MAÍZ CON TOLERANCIA Y RESISTENCIA GENÉTICA A MESOTRIONE + NICOSULFURON EN TAMAULIPAS

Hernández M. R.<sup>1</sup>; Reyes M. C. A.; Valdez H. M. A.<sup>1</sup>; Santiago R. R.<sup>2</sup>; Aranda L. U.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIFAP-Campo Experimental Río Bravo, Carretera Matamoros-Reynosa, km 61. CP 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México. <sup>2</sup>INIFAP, Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, Avenida Biodiversidad #2470, A.P. 56. Municipio Tepatitlán de Morelos, Jalisco. \*Autor de correspondencia: hernandez.rosendo@inifap.gob.mx

### RESUMEN

La búsqueda de maíces con resistencia genética a los herbicidas es de importancia dentro del sector agrícola, lo anterior, para evitar el uso excesivo en los cultivos, así como pérdidas económicas, principalmente en lotes de producción de semillas. El objetivo del estudio fue determinar la tolerancia y susceptibilidad en líneas élite de maíz a Mesotrione + Nicosulfuron. El experimento se llevó a cabo en el ciclo agrícola O-I 2022/2023, en el Campo Experimental Río Bravo. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con arreglo factorial A (Líneas de maíz) × B (Dosis de herbicida) con cuatro repeticiones. La aplicación del herbicida sobre el maíz se realizó el 04 de abril del 2023, lo anterior, se llevó a cabo entre la etapa de V<sub>4</sub> y V<sub>5</sub>. La fitotoxicidad del herbicida en el cultivo se midió a los 8, 15 y 25 días después de la aplicación (DDA). Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y comparación de medias Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) en líneas, dosis de herbicidas y la interacción líneas × dosis de herbicida a los 8, 15 y 25 DDA. A los 25 DDA se observaron líneas con resistencia y tolerancia genética a Mesotrione + Nicosulfuron, al mostrar síntomas en el follaje, por lo tanto, no impactarían en el rendimiento. Así mismo, se observaron líneas susceptibles al herbicida en estudio. Por otro lado, la dosis del herbicida en las tres evaluaciones donde se utilizó Mesotrione + Nicosulfuron (75 + 30 g.i.a. ha<sup>-1</sup>) fue el que presentó mayor fitotoxicidad sobre el cultivo. La línea LRB-1A y T-42 son resistente a Mesotrione + Nicosulfuron a dosis de 37.5 + 15 y 75 + 30 g.i.a. ha<sup>-1</sup>, así mismo, T-41, LRB-137, T-38, LRB-16 y LRB-14, son tolerantes. La LRB-10, LRB-2A y LRB-3A susceptibles en ambas dosis. La aplicación de herbicidas a mayor cantidad de dosis impacta de manera negativa en el desarrollo fisiológico del cultivo y rendimiento.

**Palabras clave:** líneas, maíz, Mesotrione, Nicosulfuron, tolerancia genética.

### ABSTRACT

The search for corn with genetic resistance to herbicides is of importance within the agricultural sector, in order to avoid excessive use in crops, as well as economic losses, mainly in seed production lots. The objective of the study was to determine tolerance and susceptibility in elite lines of corn to Mesotrione + Nicosulfuron. The experiment was carried out in the O-I 2022/2023 agricultural cycle at the Río Bravo Experimental Field. The experimental design used was randomized blocks with factorial arrangement A (corn lines) × B (herbicide dose) with four replications. The application of the herbicide on corn was carried out on April 4, 2023, between the V<sub>4</sub> and V<sub>5</sub> stages. The phytotoxicity of the herbicide on the crop was measured at 8, 15 and 25 days after application (DDA). Data were subjected to Tukey analysis of variance and comparison of means ( $P \leq 0.05$ ). They presented significant differences ( $P \leq 0.01$ ) in lines, herbicide dose and the interaction lines × herbicide dose at 8, 15 and 25 DDA. At 25 DDA, lines with resistance and genetic tolerance to Mesotrione + Nicosulfuron were observed, showing symptoms in the foliage, therefore, they would not impact yield. Likewise, lines susceptible to the herbicide under study were

observed. On the other hand, the dose of the herbicide in the three evaluations where Mesotrione + Nicosulfuron was used ( $75 + 30 \text{ g.i.a. ha}^{-1}$ ) was the one that presented the greatest phytotoxicity on the crop. Lines LRB-1A and T-42 are resistant to Mesotrione + Nicosulfuron at doses of  $37.5 + 15$  and  $75 + 30 \text{ g.i.a. ha}^{-1}$ , likewise, T-41, LRB-137, T-38, LRB-16 and LRB-14 are tolerant. LRB-10, LRB-2A and LRB-3A are susceptible at both doses. The application of herbicides at higher doses has a negative impact on crop physiological development and yield.

**Key words:** lines, corn, Mesotrione, Nicosulfuron, genetic tolerance.

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales con mayor importancia en el mundo, su consumo principal es en humanos y animales. El mejoramiento genético del maíz a nivel mundial ha consistido básicamente en el incremento de rendimiento y la calidad nutritiva del grano (Smith, 2020). Así mismo, se ha mejorado características como el vigor de la planta, resistencia o tolerancia a plagas, enfermedades, acame de raíz y tallo, tipo de grano, número de espiga, la longitud y diámetro de mazorca, parámetros importantes para la expresión genética de un genotipo (Duvick, 2005). Hasta la fecha no existen estudios dentro de los programas de mejoramiento genético tradicional que comprendan la búsqueda de resistencia o tolerancia genética a herbicidas en líneas de maíz, lo cual, fungen como progenitores para la formación de híbridos. Por lo tanto, es indispensable realizar estudios para el control de malezas ya que reduce el rendimiento y causa daños sobre el cultivo hasta un 10 % a nivel mundial, sin embargo, en México daños hasta un 30 % (FAO, 1996; Rosales *et al.*, 2011). De acuerdo a Ortiz (2022), los métodos de control de malezas son variados, por lo tanto, se dividen en físicos (mecánico, manual), biológicos, culturales y químicos, este último el más utilizado. Existe en el mercado varios productos químicos para el control de maleza para los diferentes cultivos, sin embargo, existen herbicidas pre-emergente selectivo a maíz, dentro los principales se encuentran algunos ingredientes activos como la atrazina, S-metolacoloro, Nicosulfurón y Mesotrione. En cuanto a Nicosulfuron es un herbicida de la clase de las sulfonilureas y se recomienda para el control post-emergente de malezas dicotiledóneas, este grupo interrumpe la síntesis de proteínas, lo que provoca la inhibición de la división celular y crecimientos de las plantas (Cavaliere *et al.*, 2012). Por otro lado, en maíz se cuenta con una amplia gama de herbicidas de contacto y sistémicos, tal es el caso de Mesotrione que proviene de la familia Triketonas, se utiliza solo o combinado con otros herbicidas en pre o post-emergencia para el control de hojas anchas, así mismo, se utiliza para controlar algunas especies de gramíneas (Xu *et al.*, 2019; Armel *et al.*, 2003). Mesotrione y Nicosulfuron son herbicidas selectivos a maíz, especialmente en híbridos, lo cual la mayoría toleran el uso de este producto químico, sin embargo, en líneas se carece de información y por su nivel de endogamia son más susceptibles. El objetivo del estudio fue determinar la tolerancia y susceptibilidad en líneas élite de maíz a Mesotrione + Nicosulfuron.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Campo Experimental Río Bravo (CERIB), adscrito al Centro de Investigación Regional Noreste (CIRNE) del INIFAP, en el estado de Tamaulipas. La siembra de las 10 líneas de maíz a evaluar fue el 20 de febrero del 2023, bajo condiciones de riego. Así mismo, el diseño experimental utilizado fue bloques al azar con arreglo factorial A x B con cuatro repeticiones. El factor A corresponde a 10 niveles, de los cuales corresponden a las líneas de maíz; T-38, T-41, T-42, LRB-10, LRB-14, LRB-16, LRB-1A, LRB-2A, LRB-3A y LRB-137. El factor B es de tres niveles de los



cuales dos son dosis de herbicidas de Mesotrione + Nicosulfuron (Dosis 1= 37.5 + 15.0 g.i.a. ha<sup>-1</sup>, Dosis 2= 75.0 + 30.0 g.i.a. ha<sup>-1</sup>) más un testigo sin aplicación (0.0 g.i.a. ha<sup>-1</sup>). Las tres dosis se aplicaron en todas las 10 líneas de maíz.

Por otro lado, en las dosis de Mesotrione + Nicosulfuron se agregó un coadyuvante (Bionex) a razón de 1.5 ml L<sup>-1</sup> de agua. La aplicación del herbicida en cobertura total sobre el maíz se realizó el 04 de abril del 2023, lo anterior, se llevó a cabo entre la etapa de V<sub>4</sub> y V<sub>5</sub>. Se utilizó una aspersora de mochila manual con un aguilón de una boquilla de abanico plano 8003 con un volumen de aspersion de 250 L ha<sup>-1</sup>. Se ocupó agua comercial purificada libre de sales y pH neutro, con el propósito que el agua no fuera un factor a obstaculizar el efecto del herbicida al cultivo. La fitotoxicidad del herbicida en el cultivo se midió a los 8, 15 y 25 días después de la aplicación (DDA), lo anterior, se realizó con la escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (Silva *et al.*, 2005), en la cual los valores oscilan de 0.0 a 100.0 % (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de fitotoxicidad al cultivo por herbicida.**

Valor	Fitotoxicidad al cultivo (%)	Efecto en el cultivo
1	0.0 - 1.0	Sin efecto
2	1.0 - 3.5	Síntomas muy ligeros
3	3.5 - 7.0	Síntomas ligeros
4	7.0 - 12.5	Síntomas que no se refleja en el rendimiento (✓)
5	12.5 - 20.0	Daño medio
6	20.0 - 30.0	Daño elevado
7	30.0 - 50.0	Daño muy elevado
8	50.0 - 99.00	Daño severo
9	99.0 - 100.0	Muerte

(✓): Limite de aceptabilidad según EWRS.

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y comparación de medias Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2016). Los datos originales y los transformados a su valor de arcoseno fueron similares en la homogeneización de varianzas, por lo tanto, los análisis de varianza se realizaron con los datos originales de campo para su discusión.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) en líneas, dosis de herbicidas y la interacción líneas x dosis de herbicida a los 8, 15 y 25 días después de aplicación (DDA), así mismo, diferencias ( $P \leq 0.01$ ) en bloques a los 8 DDA (Cuadro 2). Los resultados demuestran que cada línea tiene una respuesta distinta a Mesotrione + Nicosulfuron, por lo tanto, se deduce que existen susceptibilidad o tolerancia a las dosis de herbicida. Con relación al coeficiente de determinación ( $R^2$ ) los valores fueron de 92.0 (8 DDA) y 97.0 % (15 y 25 DDA), lo que indica el modelo utilizado en el presente trabajo fue correcto.

**Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza del herbicida con relación a 10 líneas de maíz, en Río Bravo, Tamaulipas.**

F.V	G.L.	Efecto o daño en el cultivo		
		8 DDA	15 DDA	25 DDA
Líneas	9	352.33**	3450.83**	4901.13**
Dosis de herbicida	2	1316.87**	4863.33**	4620.30**
Líneas x Dosis de herbicida	4	94.42**	893.19**	1282.71**
Bloques	3	28.54**	23.88	4.49
Error	24	6.70	15.55	18.31
Media		6.12	12.16	12.00
R <sup>2</sup> (%)		0.92	0.97	0.97
C.V. (%)		42.26	32.41	35.64
Total	119			

\*\* : Diferentes a 0.001, F.V: fuentes de variación, G.L.: grados de libertad, R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación, C.V.: coeficiente de variación, DDA: días después de la aplicación.

En el Cuadro 3, se presentan los promedios de respuesta de las líneas a la aplicación de las diferentes dosis de Mesotrione + Nicosulfuron. Al respecto, se encontró que las líneas con síntomas muy ligeros a los 8 DDA fueron LRB-137, LRB-1A, T-41 y T-42 con valores que van de 2.08 a 3.33 %. Por otro lado, líneas con síntomas ligeros (3.5 - 7.0 %) son T-38, LRB-14 y LRB-16. En cuanto a síntomas que no se refleja en el rendimiento según la EWRS son los genotipos LRB-10 y LRB-2A, sin embargo, la línea con daños medio fue LRB-3A. La fitotoxicidad del herbicida a los 15 DDA fue sin efecto en T-42 y LRB-1A, sin embargo, se observaron, líneas (T-41, T-38, LRB-137 y LRB-16 y LRB-14) con síntomas muy ligeros en el follaje, por lo tanto, se esperaría que no afecte el rendimiento del cultivo. Por otro lado, los genotipos LRB-10, LRB-2A y LRB-3A con valores de 17.91 a 55.41 % presentaron los promedios más altos, lo que indica daño medio a severo. Finalmente, en la evaluación del experimento (25 DDA) las líneas con valores de 0.00 a 5.83 %, indican que existen líneas con resistencia o tolerancia genética a Mesotrione + Nicosulfuron, al mostrar síntomas en el follaje, por lo tanto, no impactaría en el rendimiento. Así mismo, se observaron líneas con daño medio a muy severo con valores que oscilaron de 16.25 a 65.50 %, lo que se deduce que estos conjuntos de líneas son susceptibles al herbicida en estudio. En un estudio realizado por Lv *et al.* (2024), en maíces dulces encontraron que Mesotrione afectó la tasa fotosintética y la homeostasis reactiva del oxígeno, así mismo, observaron que la alteración de la integridad de la pared celular pareció afectar la tolerancia a los herbicidas en genotipos de maíz.

**Cuadro 3. Promedio de 10 líneas de maíz a la respuesta de Mesotrione + Nicosulfuron a los 8,15 y 25 días después de la aplicación (DDA).**

Factor A (Líneas)	Factor B (Dosis de herbicida)		
	8 DDA	15 DDA	25 DDA
T-38	3.75 cde	3.75 def	2.91 de
T-41	2.91 de	3.33 def	1.66 de
T-42	3.33 de	0.83 ef	0.83 de
LRB-10	7.08 bc	17.91 c	16.25 c
LRB-14	3.75 cde	7.91 d	5.83 d
LRB-16	6.25 bcd	5.41 de	2.91 de
LRB-1A	2.50 e	0.00 f	0.00 e
LRB-2A	9.58 b	23.33 b	22.50 b
LRB-3A	20.00 a	55.41 a	65.50 a
LRB-137	2.08 e	3.75 def	1.66 de

Con respecto a la dosis del herbicida en las tres evaluaciones donde se utilizó 75.0 + 30.0 g.i.a. ha<sup>-1</sup> fue el que presentó mayor fitotoxicidad sobre el cultivo, lo cual, inició con 11.37 (daño medio) y finalizó con el 20.7 % (Daño elevado) de efectividad (Cuadro 4). Este estudio concuerda con O'Sullivan *et al.* (2017), al reportar que el daño de maíz dulce causado por Mesotrione aumentó a medida que se incrementó la dosis.

**Cuadro 4. Promedio de tres dosis de herbicida de MESOTRIONE + NICOSULFURON a los 8,15 y 25 días después de la aplicación (DDA).**

Dosis de herbicida	DDA		
	8	15	25
0.5 L/ha <sup>-1</sup> (37.5 + 15.0 g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	7.00 b	15.00 b	15.30 b
1.0 L/ha <sup>-1</sup> (75.0 + 30.0 g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	11.37 a	21.50 a	20.7 a
0.0 L/ha <sup>-1</sup> (testigo sin aplicación)	0.00 c	0.00 c	0.00 c

### CONCLUSIONES

La línea LRB-1A y T-42 son resistente a Mesotrione + Nicosulfuron a dosis de 37.5 + 15 y 75 + 30 g.i.a. ha<sup>-1</sup>, así mismo, T-41, LRB-137, T-38, LRB-16 y LRB-14, son tolerantes. Sin embargo, la LRB-10, LRB-2A y LRB-3A susceptibles en ambas dosis. En cuanto a la aplicación de herbicidas al aumentar la dosis tiene un impacto negativo en el cultivo de maíz por fitotoxicidad y en consecuencia afecta el rendimiento.

### REFERENCIAS

- Armel, G. R., Wilson, H. P., Richardson, R. J., & Hines, T. E. (2003). Mesotrione combinations in no-till corn (*Zea mays*). *Weed Technology*, 17(1), 111-116.
- Cavaliere, S. D., Silva, F. M. L., Velini, E. D., São José, A. R., Ulloa, S. M., Datta, A., ... & Knezevic, S. Z. (2012). Seletividade do nicosulfuron em três estádios fenológicos de milho-pipoca. *Planta Daninha*, 30, 377-386.
- Duvick D.N. (2005). The Contribution of Breeding to Yield Advances in maize (*Zea mays* L.). *Adv. Agron.* 86: 83-145.
- FAO, (1996). Manejo de malezas para países en desarrollo. Eds. R. Labrada, J.C. Caseley & C. Parker, FAO Plant Production and Protection Paper 120. Rome, 403 p.
- Lv, G., Li, X., Wang, T., Wu, Z., Fang, R., & Chen, J. (2024). Mechanisms Underlying the Differential Sensitivity to Mesotrione in Sweet Corn. *Agronomy*, 14(3), 555.
- Ortiz, A. (2022). Algunas malezas que afectan cultivos en Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 80-80.
- O'Sullivan, J., Zandstra, J., & Sikkema, P. (2002). Sweet corn (*Zea mays*) cultivar sensitivity to mesotrione. *Weed Technology*, 16(2), 421-425.
- Rosales, R. E.; Sánchez, C. R.; Cerda, G. P.A. (2011). Control químico de malezas de hoja ancha en sorgo para grano. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34 (4): 269-275.
- SAS Institute (2016) SAS/STAT® 9.3 User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 8640 p.
- Silva, F. M. A.; Rodríguez, M. J. C.; Díaz, G. O. y Bautista, M. N. (2005). Efectividad biológica de un derivado de ácido graso para el control de *Macrosiphum rosae* L. (Homóptero: Aphididae) y *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Agrociencia*, 39: 319-325.
- Smith, A.J. (2020). Nutritional quality and genetic enhancement of maize grain. *\*Journal of Cereal Science\**, \*92\*, 102941.
- Xu, K., Racine, F., He, Z., y Juneau, P. (2019). Impactos del inhibidor de la hidroxifenilpiruvato dioxigenasa (HPPD) (mesotriona) en los procesos fotosintéticos en *Chlamydomonas reinhardtii*. *Environmental Pollution*, 244, 295-303.

## RENTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE SOYA EN SAN LUIS POTOSÍ Y TAMAULIPAS, MÉXICO

Gerardo S. A.<sup>1</sup>; Alejandro A. F.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados-Postgrado en Desarrollo Rural. Campus Montecillo, carr. México-Texcoco km 36.5. Montecillo Texcoco, Estado de México. C.P. 56230. <sup>2</sup>Campo Experimental Río Bravo, INIFAP. Km. 61 carr. Matamoros-Reynosa, C.P. 88900, Río Bravo, Tamaulipas.

\*Autor de correspondencia: alejandro.florencia@inifap.gob.mx

### RESUMEN

La producción de soya en San Luis Potosí y Tamaulipas ha mostrado una disminución tanto en volumen como en superficie en los últimos años, sin embargo, aun cuando este grano es importante por su alto valor proteico para consumo humano y animal, no se cuenta con información actualizada sobre la forma de producir y la ganancia que obtienen los productores dedicados a esta actividad. El objetivo de este estudio fue analizar la producción y rentabilidad de la soya en los estados de San Luis Potosí y Tamaulipas. La información se obtuvo por medio de encuestas y el método de selección fue no probabilístico por conveniencia. Los resultados mostraron mayor ganancia en Ébano, ya que por cada peso invertido en la producción de soya se obtuvieron 46 centavos de ganancia, que equivale a una rentabilidad de 46 %. En cambio, en el sur de Tamaulipas la rentabilidad fue de 7 %, es decir, que por cada peso que invirtió el productor obtuvo siete centavos de ganancia. Lo anterior indica que la producción de soya solo es rentable en Ébano, San Luis Potosí, por lo que es necesario que los productores del sur de Tamaulipas implementen estrategias y acciones para reducir costos de producción o incrementar el rendimiento del cultivo. Sin embargo, en ambos estados es necesario reforzar la difusión y transferencia de innovaciones tecnológicas para una mayor adopción y lograr mayor competitividad.

**Palabras clave:** costos de producción, soya, ingreso neto.

### ABSTRACT

Soybean production in San Luis Potosí and Tamaulipas has shown a decrease in both volume and surface area in recent years, however, even though this grain is important for its high protein value for human and animal consumption, there is no information updated on the way of producing and the profit obtained by producers dedicated to this activity. The aim of this study was to analyze the production and profitability of soybeans in the states of San Luis Potosí and Tamaulipas. The information was obtained through surveys and the selection method was non-probabilistic for convenience. The results showed greater profit in Ebano, since for every peso invested in soybean production, 46 cents of profit were obtained, which is equivalent to profitability of 46%. On the other hand, in the south of Tamaulipas the profitability was 7%, that is, for every peso the producer invested he obtained seven cents of profit. The above indicates that soy production is only profitable in Ébano, San Luis Potosí, so it is necessary for producers in southern Tamaulipas to implement strategies and actions to reduce production costs or increase crop yield. However, in both states it is necessary to reinforce the dissemination and transfer of technological innovations for greater adoption and achieve greater competitiveness.

**Key words:** production costs, soybeans, net income.

## INTRODUCCIÓN

La soya es considerada como una oleaginosa de alto valor proteico para consumo humano y animal, así como en el uso de una variedad de productos comerciales elaborados con soya (Maldonado *et al.*, 2007). Este se cultiva en México en una superficie de 132,158 hectáreas, de las cuales, más del 90 % son producidas en temporal, con un rendimiento promedio nacional de 1.52 t ha<sup>-1</sup>. En seis entidades se concentró el 95.98 % de la producción nacional de soya en el año 2022: Campeche (41.55 %), Yucatán (16.73 %), Chiapas (13.51 %), Veracruz (10.97 %), San Luis Potosí (7.53 %) y Tamaulipas (5.69 %), principalmente en el ciclo agrícola primavera-verano (P-V). El rendimiento promedio en riego se ubicó en 2.24 t ha<sup>-1</sup> y en temporal en 1.44 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2023).

La producción de soya a nivel nacional ha experimentado una reducción de 7.1 % entre 2014 y 2023, donde la producción por entidad principalmente de Tamaulipas y San Luis Potosí está siendo desplazado por estados de Campeche y Yucatán (Cuadro 1). Esta situación no contrarresta las importaciones, ya que en el año 2022 se importaron 6.442 millones de toneladas (USDA, 2023).

En el sector agrícola de Tamaulipas, los principales municipios productores de soya se encuentran en el sur del estado: González, Altamira, El Mante y Aldama. La producción regional se realiza en el ciclo P-V tanto en condiciones de riego como de temporal. La soya era uno de los cultivos importantes, tan solo en el 2015, la entidad produjo el 28 % del valor total de la producción y ocupó el 49 % de la superficie del país dedicada al cultivo (SIAP, 2023), sin embargo, la producción en condiciones de temporal ha presentado un crecimiento medio anual de -33 % entre 2014 y 2023 (Cuadro 1), es decir, la producción de soya ha disminuido en los últimos 10 años. García *et al.* (2018a) señala que son varios los factores que explican el comportamiento en la producción y la superficie cultivada de soya, entre ellos, la política económica orientada al campo, la rentabilidad del cultivo y las afectaciones fitosanitarias. En el estado de San Luis Potosí, la situación es la misma, ya que la producción también presentó un crecimiento negativo de 30 % en los últimos 10 años (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Crecimiento de la producción de soya en México, 2014-2023. Fuente: elaboración propia con información de SIAP (2023).**

Estados	Producción 2014 (t)	Producción 2023 (t)	Tasa de crecimiento media anual 2014-2023 (%)
Campeche	60,601.87	111,451.38	7.0
Chiapas	24,567.40	24,754.92	0.1
Chihuahua	153.4	266	6.3
Jalisco	1.25	0	-
Nuevo León	658.92	4.8	-42.1
Puebla	3	0	-
Quintana Roo	3,712.00	4,321.25	1.7
San Luis Potosí	67,110.69	2,662.75	-30.1
Sinaloa	0.00	4,765.22	-
Sonora	16,186.32	1,387.33	-23.9
Tamaulipas	180,281.29	4,880.75	-33.0
Veracruz	30,453.20	15,960.00	-6.9
Yucatán	3,637.04	28,708.20	25.8
Nacional	387,366.38	199,162.60	-7.1

Debido a lo anterior, aun cuando la superficie se ha reducido en los últimos años, es importante contar con información actualizada sobre la forma de producir y la ganancia que obtienen los productores dedicados a esta actividad, por ello, el objetivo del presente estudio fue analizar la producción y rentabilidad de la soya en San Luis Potosí y Tamaulipas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el municipio de Ébano, San Luis Potosí y en dos municipios del sur de Tamaulipas (González y Altamira) (Figura 1). Ébano se localiza en altitudes entre 10 a 100 metros sobre el nivel del mar (msnm), el clima es cálido subhúmedo, con una precipitación promedio de 900 a 1100 mm. La temperatura promedio anual es de 22 a 26 °C y el tipo de suelo es Vertisol (INEGI, 2010). Los municipios de González y Altamira presentan altitudes en un rango de 50 a 1100 msnm (INEGI, 2010), el clima es AW°, el más seco de los cálidos subhúmedos con lluvias en verano, precipitaciones pluviales anuales de 800 a 1000 mm y temperatura media anual de 24 a 25 °C. Los suelos son de tipo arcilloso, que se caracterizan por ser ricos desde el punto de vista químico, pero con propiedades físicas limitantes para su uso (Ascencio *et al.*, 2021).

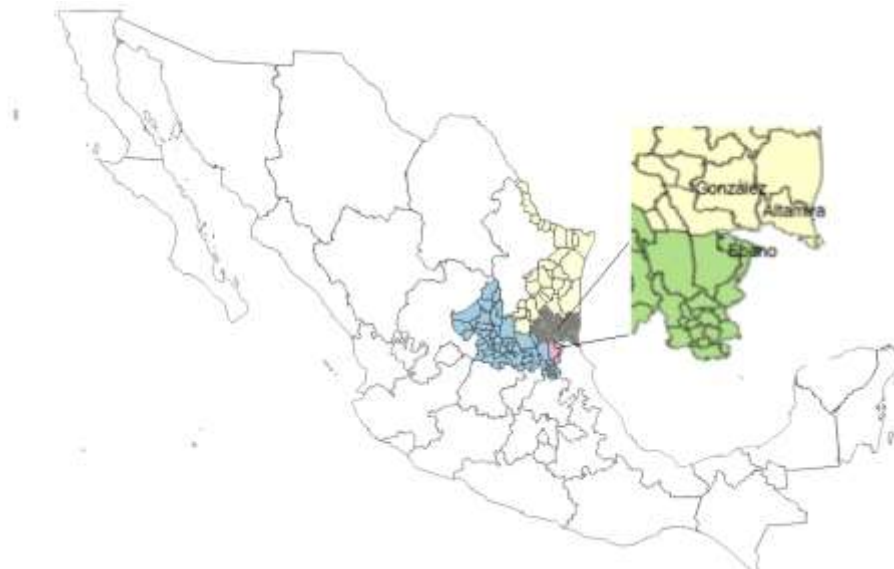


Figura 1. Área de estudio en la producción de soya en San Luis Potosí y Tamaulipas. Fuente: INEGI, 2021.

El presente estudio fue tipo no experimental transeccional descriptivo, donde se aplicaron 30 encuestas a productores de soya en el sur de Tamaulipas y 20 encuestas en Ébano, San Luis Potosí. El método de selección fue no probabilístico por conveniencia y los criterios de selección fueron aquellos que contaban con superficie sembrada de soya y que aceptaron ser entrevistados, la cual fue realizada entre los meses de junio y agosto de 2023. El cuestionario se diseñó para obtener información referente a características del productor, manejo del cultivo, costos de producción, rendimiento y precio de venta. La información obtenida fue capturada en hojas de Excel y analizadas mediante estadística descriptiva en el programa SPSS statistics versión 25.0.

Para el análisis de rentabilidad se calculó los costos de producción a precios del ciclo productivo P-V del año 2022. Basándose en Ayala-Garay *et al.* (2014) y Borja *et al.* (2016) los costos fueron divididos en costos directos como el pago de semilla, fertilizantes, agroquímicos para el control de maleza, plagas y enfermedades, labores mecanizadas y manuales, y los costos indirectos como el pago de agua de riego y acarreo de la producción. Para estimar el costo de producción por ha se consideraron  $r$  productores de soya que usan  $i$  insumos en su proceso de producción, mediante la siguiente fórmula:

$$CT_r = \sum_{i=1}^I [p_{ri} \times x_{ri}]$$

donde  $CT_r$  es el costo total de producción por el productor  $r$ ,  $p_{ri}$  es el precio del insumo  $i$  que paga el productor  $r$ ,  $X_{ri}$  es la cantidad de insumo  $i$  que compra el productor  $r$ .

Para estimar el ingreso bruto por ha se utilizó el precio de venta de soya y el rendimiento promedio reportado por los productores, cuya fórmula se expresa de la siguiente forma:

$$IT_r = p_r \times y_r$$

donde  $IT_r$  es el ingreso total que obtiene el productor  $r$ ,  $p_r$  es el precio de venta recibido por el productor  $r$ ,  $y_r$  es el rendimiento obtenido por el productor  $r$ . Por lo tanto, el ingreso neto del productor  $r$  es la diferencia entre el ingreso total y el costo total de producción, expresado como:

$$IN_r = IT_r - CT_r$$

De acuerdo a lo anterior, se determinó la Relación Beneficio-Costo, el cual indica la ganancia en centavos por peso invertido con la siguiente fórmula:

$$\text{Relación B/C} = \frac{IT_r}{CT_r}$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos sobre las características de los productores indicaron que el 90 % de los entrevistados fueron hombres con una edad entre 21 y 73 años, con promedio de 51 años. En relación a la escolaridad, el 58 % de los entrevistados tiene estudios de primaria, 30 % secundaria, 4 % preparatoria y 8 % licenciatura. Los productores encuestados presentaron 7.9 años de escolaridad en promedio. La importancia de estos datos indica que existen estudios que demuestran que la edad y el nivel de estudios de los productores son factores que influyen positivamente en la forma de realizar la actividad agrícola y en adoptar nuevas tecnologías (Mignouna *et al.*, 2011; Vélez *et al.*, 2013). La superficie sembrada promedio de los encuestados en ambas regiones fue de 22 ha. El 86 % de los productores son ejidatarios y el resto recurren a la renta del terreno.

### Manejo agronómico en la producción de soya en San Luis Potosí y Tamaulipas.

**Preparación del terreno.** La preparación del terreno inicia con la limpia del terreno, seguido del barbecho y/o subsuelo (dependiendo de la compactación del terreno), rastra y surcado.

De acuerdo con García *et al.* (2018b), en el sur de Tamaulipas, este proceso es mayormente mecánico, donde los grandes productores cuentan con maquinaria propia, mientras que los productores pequeños maquilan el mayor número de los procesos.

**Siembra.** La siembra la realizan entre el 15 de junio y 20 de julio, esta fecha de siembra coincide con la recomendación de Ascencio y Maldonado (2021) para escapar de la roya asiática, sin embargo, realizan siembras tardías después del 20 de julio, dependiendo de las condiciones climáticas de escasez de humedad que ha presentado las áreas productoras de soya en la región de estudio.

**Riego.** En el sur de Tamaulipas, el 100 % de los encuestados señalaron que la producción de soya la realizan en condiciones de temporal, sin embargo, García *et al.* (2018b) menciona que son pocos los productores con acceso a riego y utilizan generalmente sistema de aspersión o canales de tierra, mientras en Ébano, el 80 % de los encuestados riegan con agua de río.

**Fertilización.** En Ébano, el 55 % de los encuestados indicó fertilizar de forma foliar, en tanto, en el sur de Tamaulipas, el 60 % mencionó utilizar 46 unidades de nitrógeno.

**Control de maleza, plagas y enfermedades.** Para el control de maleza, en el municipio de Ébano solo el 35 % de los entrevistados indicó realizar herbicidas para su control, en tanto, en el sur de Tamaulipas el 83 % utilizan herbicidas para control de gramíneas y hoja ancha. En el caso de plagas, el 97 % de los encuestados en el sur de Tamaulipas utilizaron insecticidas, además el 37 % recurrieron al control biológico mediante el uso de crisopas y en Ébano el 75 % de productores usaron insecticidas. Para el control de enfermedades principalmente la roya asiática, el 40 % de los productores de Ébano aplicaron sulfocálcico y 90 % de los productores del sur de Tamaulipas aplicaron más variedad de fungicidas.

**Cosecha.** La cosecha la realizan entre los meses de noviembre y diciembre con una humedad promedio del grano de 14 y 16 %, donde García *et al.* (2018b) indica que este proceso es mayormente mecanizada, puntualizando que los productores de Altamira y González cuentan con trilladora propia.

### **Análisis de rentabilidad del cultivo**

Los costos directos por ha en el municipio de Ébano fue de \$10,665 y en el sur de Tamaulipas fue de \$10,587, que representó el 93 y 98 % de los costos totales, respectivamente, donde las labores mecanizadas reflejaron el mayor porcentaje de los costos directos (63 y 47 %, respectivamente), el resto se distribuyó en labores manuales y a la compra de insumos (semilla y agroquímicos). Aunado a lo anterior, Ascencio *et al.* (2021) describen que la actividad agrícola del sur de Tamaulipas corresponde a una agricultura comercial mecanizada y tecnificada. En el Cuadro 2 se muestra el costo total por hectárea para la producción de soya, con los respectivos conceptos.



Cuadro 2. Costos de producción de soya en San Luis Potosí y Tamaulipas, 2022.

Concepto	Ébano, San Luis Potosí	Sur de Tamaulipas (González y Altamira)
<b>Costos directos</b>		
Semilla y tratamiento	1,077	1,612
Fertilizantes	235	1,729
Fungicidas	175	321
Control biológico	0	6
Insecticidas	270	280
Herbicidas	526	672
Labores manuales	1,642	942
Preparación del terreno	3,553	1,732
Siembra	745	763
Aplicaciones mecanizadas	583	988
Escarda	630	568
Cosecha mecanizada	1,230	973
<b>Costos indirectos</b>		
Flete o acarreo	306	251
Cuota de agua	444	0
<b>Total</b>	<b>11,416</b>	<b>10,837</b>

El rendimiento promedio de los productores de Ébano osciló entre 1 y 2 t ha<sup>-1</sup>, mientras tanto, los productores del sur de Tamaulipas, obtuvieron entre 0.5 y 1.8 t ha<sup>-1</sup>. Respecto al precio de venta, los productores de Ébano registraron un precio de venta más alto.

Los productores de Ébano obtuvieron un ingreso total por hectárea entre \$11,000 y 22,000, en tanto, los productores del sur de Tamaulipas percibieron entre \$4,000 y 16,200, mismos que al descontar los costos totales de producción, resultaron con ingresos netos entre \$580 y \$13,200 y entre -\$4,575 y \$4,627, respectivamente. En el Cuadro 3 se muestra la Relación B/C, el cual indica la ganancia por peso invertido en la producción de soya, donde los productores del sur de Tamaulipas obtuvieron siete centavos de ganancia, que equivale a una rentabilidad de 7 %. En Ébano percibieron un precio de venta y rendimientos más altos, por lo tanto, la rentabilidad fue de 46 %, que significa una ganancia de 46 centavos. Lo anterior indica que los productores de Ébano muestran una mayor productividad de la actividad, al obtener mayores rendimientos y un menor costo de producción por unidad, así como lo describe Ayala-Garay *et al.* (2013).

Cuadro 3. Rentabilidad de la producción de soya en San Luis Potosí y Tamaulipas, 2022.

Concepto	Ébano, San Luis Potosí	Sur de Tamaulipas (González y Altamira)
Costo total de producción(\$ ha <sup>-1</sup> )	11,416	10,837
Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	1.540	1.328
Costo por tonelada (\$ t <sup>-1</sup> )	7,413	8,160
Precio de venta (\$ t <sup>-1</sup> )	10,795	8,723
Ingreso total (\$ ha <sup>-1</sup> )	16,624	11,585
Ingreso neto (\$ ha <sup>-1</sup> )	5,208	748
Relación B/C	1.46	1.07
Rentabilidad (%)	46	7

En un estudio realizado por Sánchez *et al.* (2018) en el año 2012, estimó un costo total por hectárea de \$7,200 y un precio de \$6,844, pero con rendimientos superiores a 1.5 t ha<sup>-1</sup> se generan utilidades arriba de 42 centavos por peso invertido, sin embargo, afirma que existen costos que no se contabilizan y de cierta forma, afecta directamente la estimación real de las ganancias del productor. Por otra parte, Alejandro *et al.* (2021) estimó el ingreso neto de dos variedades de soya en los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí y Veracruz, en el año 2015, donde el uso de la variedad Huasteca 400 generó una rentabilidad de 20 % y 5 % en la variedad Huasteca 200.

## CONCLUSIONES

La producción de soya en el estado de San Luis Potosí es una actividad rentable, ya que mostró un ingreso neto por hectárea entre \$580 y \$13,200, que por cada peso invertido en la actividad obtuvieron 46 centavos de ganancia, esto es una rentabilidad de 46 %. En el caso del sur de Tamaulipas, la actividad resultó con ganancias muy bajas, por lo que es necesario implementar estrategias para obtener mayores utilidades, estrategias como reducir los costos de producción o incrementar el rendimiento del cultivo. En ambos estados, es necesario reforzar la difusión y transferencia de innovaciones tecnológicas para una mayor adopción y lograr mayor competitividad. Aun cuando el precio de venta es un factor que puede disminuir la ganancia, esta leguminosa ha mostrado una alta demanda interna e internacional, que lo convierte en una opción viable para los productores.

## REFERENCIAS

- Alejandro-Allende, F., Espinosa-García, J.A. y Vélez-Izquierdo, A. 2021. Tasa de variación del ingreso neto e impacto en el uso de variedad de soya Huasteca 400. XXXIII Semana Internacional de Agronomía. Memoria: ISSN:2594-1437.
- Ascencio, L.G. y Maldonado, M.N. 2021. Ajuste a la época de siembra para reducir el daño de la roya asiática en el cultivo de soya. Ficha tecnológica. CIRNE-INIFAP. Disponible en: <http://www.inifapcirne.gob.mx/>
- Ascencio, L.G., García, R.J.C. y Maldonado, M.N. 2021. Zonificación agroecológica del maíz, sorgo y soya de temporal en el sur de Tamaulipas. Folleto técnico No. MX-0-310301-52-03-14-09-042. Campo Experimental Las Huastecas, INIFAP. 36 p.
- Ayala-Garay, A. V., Schwentesius-Rindermann, R., De la O-Olán, M., Preciado-Rangel, P., Almaguer-Vargas, G. y Rivas-Valencia, P. 2013. Análisis de rentabilidad de la producción de maíz en la región de Tulancingo, Hidalgo, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 10(4): 381-395.
- Ayala-Garay, A.V., Rivas-Valencia, P., Cortes-Espinoza, L., De la O-Olán, M., Escobedo-López, D. y Espitia-Rangel, E. 2014. La rentabilidad del cultivo de amaranto (*Amaranthus spp.*) en la región centro de México. *Ciencia ergo-sum*. 21(1): 47-54.
- Borja-Bravo, M., García-Salazar, J. L., Reyes-Muro, L. y Arellano-Arciniega, S. 2016. Rentabilidad de los sistemas de producción de uva (*Vitis vinífera*) para mesa e industria en Aguascalientes, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 13(1): 151-168.
- García, F. F., Legarreta, G.M.A. y Serna, H.J.A. 2018a. Capítulo II. La producción de soya en México y en el mundo. Datos sectoriales. En: García, F.F., Domínguez, J. A.L. y Galván, V. A. (coordinadores). *Sistemas de innovación y cadena de valor de la soya en el noreste de México*. Colofón. Ciudad de México. Disponible en: <https://libros.uat.edu.mx/index.php/librosuat/catalog/book/150>.
- García, F.F., Domínguez, J.A.L., Galván, V.A. y Sánchez, M.N. 2018b. La gobernanza de la cadena de valor de la soya en el sur de Tamaulipas (México): mapeando los procesos. *Agroalimentaria*, 24(47): 113-131.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos 2010. Tamaulipas. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825293178>.
- INEGI. 2021. Mapas: Marco Geoestadístico de diciembre 2021. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=00#collapse-Mapas>.
- Maldonado M. N., G. Ascencio L. y J. Ávila V. 2007. Guía para cultivar soya en el sur de Tamaulipas. SAGAR-INIFAP-CIR Noreste. CE Sur de Tamaulipas. Tampico, Tamaulipas, México. 83 p.
- Mignouna, D.B., Manyong, V.M. y Rusike, J. 2011. Determinants of adopting Imazapyr-Resistant Maize Technologies and its impact on household income in Western Kenya. *AgBioForum*, 14(3): 158-163.
- Sánchez, M.N.E., García, F.F., Domínguez, J.A.L. y Legarreta, G.M.A. 2018 Capítulo III. Caracterización y mapeo de la cadena de valor de la soya en el sur de Tamaulipas. En: García, F.F., Domínguez, J. A.L. y Galván, V. A. (coordinadores). *Sistemas de innovación y cadena de valor de la soya en el noreste de México*. Colofón. Ciudad de México. Disponible en: <https://libros.uat.edu.mx/index.php/librosuat/catalog/book/150>.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Anuario estadístico de la producción. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2023. Mexico: production, supply and distribution (PS&D) for soybeans. Market and trade data. Disponible en: <https://www.usda.gov>.
- Vélez, I.A., Espinosa, G.J.A., Omaña, S.J.M., González, O.T.A. y Quiroz, V.J. 2013. Adopción de tecnología en unidades de producción de lechería familiar en Guanajuato, México. *Actas Iberoamericanas de Conservación animal*. 3:88-96.

## IMPACTO ECONÓMICO EN EL USO DEL CONTROL QUÍMICO DEL PULGÓN AMARILLO DEL SORGO EN EL NORTE DE TAMAULIPAS, MÉXICO

Alejandro A. F.<sup>1\*</sup>; Hernández H. A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Río Bravo, INIFAP. Km. 61 carr. Matamoros-Reynosa, C.P. 88900, Río Bravo, Tamaulipas. <sup>2</sup>Profesionista independiente.

Autor de correspondencia: [alejandro.florencia@inifap.gob.mx](mailto:alejandro.florencia@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El pulgón amarillo *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) es considerado una de las plagas más dañinas para el cultivo de sorgo, se detectó a finales de 2013 en Tamaulipas. Las afectaciones fueron severas con pérdidas en rendimiento, dependiendo de los niveles de infestación. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) generó la tecnología que contribuye al control de la plaga. El objetivo del presente estudio fue evaluar el beneficio económico con el uso de la tecnología control químico del pulgón amarillo del sorgo (CQPAS) en la región norte de Tamaulipas, México. Para evaluar el impacto de la tecnología, se aplicaron 215 encuestas dirigidas a productores de sorgo que habían utilizado el CQPAS y aquellos sin el CQPAS. Donde el 48 % fueron productores con el uso de la tecnología INIFAP y 52 % fueron aquellos que no realizaron el CQPAS. El costo de producción de los adoptantes de la tecnología fue mayor en 17.7 % comparado con la tecnología testigo, mientras que, el rendimiento aumentó en 29 % y el ingreso neto incrementó en 55.6 %. El desarrollo de esta tecnología representa una ventaja para los productores de sorgo porque incrementa la productividad al obtener mayores rendimientos, mejorando la producción de alimentos y el bienestar del productor.

**Palabras clave:** ingreso neto, sorgo, tecnología.

### ABSTRACT

The yellow aphid *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) is considered one of the most harmful pests for sorghum cultivation, it was detected at the end of 2013 in Tamaulipas. The effects were severe with losses in yield, depending on the infestation levels. The National Institute of Forestry, Agricultural and Livestock Research (INIFAP) generated the technology that contributes to the control of the pest. The aim of this study was to evaluate the economic benefit with the use of chemical control technology for the yellow sorghum aphid (CQPAS) in the northern region of Tamaulipas, Mexico. To evaluate the impact of the technology, 215 surveys were administered to sorghum producers who had used CQPAS and those without CQPAS. Where 48% were producers with the use of INIFAP technology and 52% were those who did not carry out the CQPAS. The production cost of the technology adopters was 17.7% higher compared to control technology, however, the yield increased by 29% and the net income increased by 55.6%. The development of this technology represents an advantage for sorghum producers because it increases productivity by obtaining higher yields, improving food production and producer welfare.

**Key words:** net income, sorghum, technology.

## INTRODUCCIÓN

El sorgo se cultiva en México en una superficie de más de 1.3 millones de hectáreas, con una producción de 4.8 millones de toneladas y un rendimiento medio de 3.6 t ha<sup>-1</sup>. En el año 2021, seis entidades concentraron el 83 % de la producción nacional, liderando el estado de Tamaulipas el primer lugar. En este estado se cosecharon 693,513 ha en 35 municipios, sin embargo, los municipios de San Fernando, Matamoros, Río Bravo, Reynosa, Valle Hermoso y Méndez fueron los principales productores de este grano, que en conjunto aportaron el 85 % de la producción estatal y 34 % de la producción nacional. La producción regional se realiza en un 99.7 % en el ciclo otoño-invierno (O-I), tanto en condiciones de riego como de temporal (SIAP, 2023).

El pulgón amarillo *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) es originaria de África y actualmente se distribuye en diversos países de Asia, Australia, el Caribe, Centro y Sudamérica (Sinhg *et al.* 2004). Esta plaga se detectó por primera vez en Tamaulipas en noviembre de 2013 y desde entonces ha invadido otros estados de la República Mexicana donde se siembra sorgo. Las afectaciones fueron severas, se estimó que hubo pérdidas entre 30 y 100 % en el rendimiento, dependiendo de los niveles de infestación, ya que el sorgo es el cultivo preferido por esta plaga. Además, la presencia de la plaga puede asociarse a diversas enfermedades del sorgo (Rodríguez y Terán, 2014; Rodríguez y Terán, 2015). Por ello, para dar solución a la problemática, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) determinaron los mejores cinco insecticidas para el control del pulgón amarillo del sorgo, con una efectividad mayor al 90 % (Rodríguez y Terán, 2014). Aunado a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el beneficio económico con el uso de la tecnología control químico del pulgón amarillo del sorgo en el norte de Tamaulipas, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la región norte de Tamaulipas que corresponde a seis municipios: San Fernando, Matamoros, Río Bravo, Reynosa, Valle Hermoso y Méndez. Esta región del estado presenta altitudes en un rango de 0 a 500 metros sobre el nivel del mar; el clima predominante en la región es semicálido subhúmedo con precipitación promedio de 400 a 800 mm y temperatura promedio de 20 a 24 °C. En Méndez y Reynosa predominan los suelos Chernozem y Kastañozem y en Valle Hermoso, Río Bravo, San Fernando y Matamoros los suelos de tipo Chernozem y Vertisol (INEGI, 2010).

Para lograr el objetivo planteado se llevó a cabo en dos fases: de gabinete y de campo. La fase de gabinete fue realizar una pre evaluación que consistió en validar los costos de producción, rendimiento y precio de venta mediante revisión bibliográfica como fichas tecnológicas (documento interno en el cual se describe desde la generación hasta la adopción de una nueva tecnología en el INIFAP), documentos de divulgación, publicaciones e informes técnicos de los proyectos que dieron origen la tecnología: Control químico del pulgón amarillo del sorgo (CQPAS). Una vez obtenida la información secundaria de gabinete, se inició la fase de campo, el cual se contactó al investigador generador de la tecnología para obtener información de los usuarios de la tecnología al año 2021 en el norte de Tamaulipas. Posteriormente, se diseñó un cuestionario para obtener información referente a costos de producción, rendimientos y precio de venta con el uso de la tecnología INIFAP y el testigo. La aplicación de las encuestas se realizó entre septiembre y noviembre de 2022, mediante entrevista dirigida, incluyendo aquellos que habían utilizado el CQPAS

y aquellos sin realizar el CQPAS. El tamaño de la muestra se determinó para poblaciones finitas conforme a Sánchez *et al.* (2012):

$$n = \frac{Z^2 N pq}{(N - 1)e^2 + Z^2 pq}$$

donde  $n$  es el tamaño de muestra;  $N$  la población;  $z$  el nivel de confianza;  $e$  el error,  $p$  es la probabilidad de que la muestra sea representativa y;  $q$  es la probabilidad de que la muestra no sea representativa. Considerando la población ( $N$ ) de 8,621 productores de sorgo en el norte de Tamaulipas del Programa Producción para el Bienestar (SADER, 2021), un nivel de confianza de 95 % ( $z=1.96$ ), un error de 7 % y una probabilidad de que la muestra represente el 50 %, el tamaño  $n$  estimado fue de 192 encuestas; sin embargo, se aplicaron 215 encuestas.

Para determinar el impacto económico con el uso de la tecnología CQPAS, a través del cambio en el ingreso neto del productor, primeramente, se calcularon los costos de producción, que de acuerdo a Ayala-Garay *et al.* (2014) y Borja *et al.* (2016) fueron divididos en costos directos e indirectos. Los directos contabilizaron el pago de semilla, fertilizantes y agroquímicos para control de plagas y malezas, pago por labores mecanizadas y manuales. Los costos indirectos fueron el costo del agua para el riego, el secado del grano y el acarreo de la producción. Para estimar el costo de producción por ha se consideraron  $r$  productores de sorgo que usan  $i$  insumos en su proceso de producción, mediante la siguiente fórmula:

$$CT_r = \sum_{i=1}^I [p_{ri} \times x_{ri}]$$

donde:  $CT_r$ = costo total de producción por el productor  $r$ ,  $p_{ri}$ = precio del insumo  $i$  que paga el productor  $r$ ,  $X_{ri}$ = cantidad de insumo  $i$  que compra el productor  $r$ .

Para estimar el ingreso bruto por ha se utilizó el precio de venta del sorgo y el rendimiento promedio reportado por los productores, cuya fórmula se expresa de la siguiente forma:

$$IT_r = p_r \times y_r$$

donde:  $IT_r$ = ingreso total que obtiene el productor  $r$ ,  $p_r$ = precio de venta recibido por el productor  $r$ ,  $y_r$  es el rendimiento obtenido por el productor  $r$ . Por lo tanto, el ingreso neto del productor  $r$  es la diferencia entre el ingreso total y el costo total de producción, expresado como:

$$IN_r = [p_r \times y_r] - \sum_{i=1}^I [p_{ri} \times x_{ri}] = IT_r - CT_r$$

El cambio del ingreso neto de los productores ( $CINP$ ) se estimó de la siguiente fórmula:

$$CINP = \left[ \frac{IN_{rTI} - IN_{rTT}}{IN_{rTT}} \right] \times 100$$

Donde:  $IN_{rTI}$  = ingreso neto del productor  $r$  al utilizar la tecnología INIFAP (CQPAS);  $IN_{rTT}$  = ingreso neto del productor  $r$  al utilizar la tecnología testigo o tradicional (sin CQPAS).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tecnología INIFAP (CQPAS) consiste en la aplicación de algunos de los cinco insecticidas para el control del pulgón amarillo del sorgo, con una efectividad mayor al 90 %. Los insecticidas y sus dosis (g.i.a.  $ha^{-1}$ ) son: Imidacloprid (105), Sulfoxaflor (12), Spirotetramat (45), Thiametoxam (125) y Metamidofos (900). Los insecticidas deben aplicarse cuando el umbral económico haya alcanzado los 50 pulgones/hoja. De ser necesario, deberá realizarse una segunda aplicación, 20 días después de la primera. Debe considerarse el uso de mejoradores del pH del agua para garantizar la eficacia de los insecticidas. Es indispensable el uso de un dispersante y volúmenes de agua de al menos 200 L  $ha^{-1}$  en las aplicaciones terrestres. Si la presencia de la plaga es en manchones, se deberá aplicar con mochila sólo en esos sitios. Por el contrario, la tecnología testigo es sin aplicación de insecticidas para el control químico del pulgón amarillo del sorgo (Rodríguez y Terán, 2014).

De los 215 productores encuestados, 48 % fueron productores con el uso de la tecnología CQPAS y 52 % fueron aquellos que no realizaron el CQPAS. De los insecticidas más utilizados por los productores entrevistados fue Imidacloprid en un 99 %, donde el 57 % de los productores mencionó que para aplicar el insecticida utilizaron la metodología del umbral económico de 50 pulgones/hoja, el 25 % realizó aplicaciones al observar presencia de la plaga en el predio y el resto se reservaron a dar respuesta. La dosis recomendada de imidacloprid es 300 ml  $ha^{-1}$  (105 g.i.a.  $ha^{-1}$ ), sin embargo, el 78 % de los productores aplicaron 200 ml  $ha^{-1}$  de producto y con un precio frecuente de \$700 el litro.

Los productores de la región de estudio siembran en promedio 30 ha, no obstante, la superficie frecuente fue de 20 ha, donde la actividad la realizan en un 100 % en el ciclo otoño-invierno. Con respecto al régimen de humedad, el 82 % realizan la producción en condiciones de temporal y el resto de riego. En cuanto a la tenencia, mencionaron que son ejidatarios en un 86 %, 13 % son de propiedad privada y el resto recurren a la renta.

El costo de producción de la tecnología testigo que utilizaron los productores fue de \$6,334  $ha^{-1}$  (Cuadro 1), donde las labores mecanizadas representaron el mayor porcentaje del costo total (53 %) y el resto se distribuyó en la compra de insumos (semilla y agroquímicos). En cuanto al rendimiento de grano, los productores con esta tecnología obtuvieron un promedio de 2.1 t  $ha^{-1}$ . Al hacer uso de la tecnología de CQPAS, los productores invirtieron en la adquisición de insecticidas y en la aplicación del producto para su control, incrementando el costo de producción en un 17.7 % mayor (\$7,454  $ha^{-1}$ ), comparado con el costo de la tecnología testigo (Cuadro 1). El rendimiento obtenido con el uso de la tecnología CQPAS osciló entre los 1.2 y 6 t  $ha^{-1}$ , con un rendimiento medio de 2.7 t  $ha^{-1}$ , esto representó el 29 % más que el obtenido con la tecnología testigo (Cuadro 1).

Con el uso de la tecnología CQPAS se observó que los costos de producción totales incrementaron, pero el costo por tonelada de sorgo disminuyó, por lo tanto, el aumento en

el rendimiento por el uso de la tecnología CQPAS y la disminución del costo medio por tonelada de sorgo, son variables que muestran una mayor productividad en los sistemas de producción de acuerdo a Ayala-Garay *et al.* (2013).

Cuadro 1. Cambio en el ingreso neto de los productores de sorgo que utilizaron la tecnología INIFAP (CQPAS).

Concepto	Tecnología INIFAP: (CQPAS)	Tecnología testigo: (sin CQPAS)	Diferencia	porcentaje
Costo de producción (\$ ha <sup>-1</sup> )	7,454	6,334	1,119	17.7
Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	2.7	2.1	0.6	29
Costo medio de producción (\$ t <sup>-1</sup> )	2,761	3,016	-255	-8.5
Precio de venta (\$ t <sup>-1</sup> )	4,679	4,602	77	1.7
Ingreso bruto (\$ ha <sup>-1</sup> )	12,663	9,664	2,999	31
Ingreso neto (\$ ha <sup>-1</sup> )	5,179	3,329	1,849	55.6

Los ingresos netos obtenidos por la producción de sorgo aumentaron en 55.6 %, lo que indica que el CQPAS les permite obtener mayores ganancias netas que afectarán directamente en el ingreso total en las unidades de producción y en el bienestar de las familias de la región de estudio, y este incremento en el ingreso neto, es producto de la alta productividad que alcanza la producción de sorgo en las condiciones en las cuales se realiza, principalmente en temporal, al implementar el uso de la tecnología INIFAP.

## CONCLUSIONES

La evaluación del impacto económico que genera el uso de la tecnología control químico del pulgón amarillo del sorgo en la región norte de Tamaulipas, refleja la importancia de la inversión pública a la investigación, desarrollo y transferencia de tecnología, sobre todo en el corto plazo, como sucedió con el problema del pulgón amarillo del sorgo, el cual se necesitaba una solución inmediata. El desarrollo de esta tecnología representa una ventaja para los productores de sorgo porque obtienen una variación positiva en su ingreso neto, además, incrementan la productividad de la actividad al obtener mayores rendimientos y un menor costo medio de producción, mejorando la producción de alimentos y el bienestar del productor.

## REFERENCIAS

- Ayala-Garay, A. V., Schwentesius-Rindermann, R., De la O-Olán, M., Preciado-Rangel, P., Almaguer-Vargas, G. y Rivas-Valencia, P. 2013. Análisis de rentabilidad de la producción de maíz en la región de Tulancingo, Hidalgo, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 10(4): 381-395.
- Ayala-Garay, A.V., Rivas-Valencia, P., Cortes-Espinoza, L., De la O-Olán, M., Escobedo-López, D. y Espitia-Rangel, E. 2014. La rentabilidad del cultivo de amaranto (*Amaranthus spp.*) en la región centro de México. *Ciencia ergo-sum*. 21(1): 47-54.
- Borja-Bravo, M., García-Salazar, J. L., Reyes-Muro, L. y Arellano-Arciniega, S. 2016. Rentabilidad de los sistemas de producción de uva (*Vitis vinifera*) para mesa e industria en Aguascalientes, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 13(1): 151-168.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos 2010. Tamaulipas. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825293178>



- Rodríguez del Bosque, L. A. y A. P. Terán. 2015. *Melanaphis sacchari* (Hemiptera:Aphididae): A new sorghum insect pest in Mexico. *Southwestern Entomologist* 40: 433-434.
- Rodríguez, del B. L. A. y Terán, V. A. P. 2014. Control químico del pulgón amarillo del sorgo. Ficha tecnológica. Campo Experimental Río Bravo, CIR-NORESTE.
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2021. Producción para el bienestar. Disponible en: <https://www.suri.agricultura.gob.mx:8017/buscadorBeneficiario>.
- Sánchez, T.B.I., Zegbe, D.J.A. y Rumayor, R.A.F. 2012. Metodología para el diseño, aplicación y análisis de encuestas sobre adopción de tecnologías en productores rurales. Folleto técnico No. 39. Campo Experimental Zacatecas, INIFAP. 80 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Anuario estadístico de la producción. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Singh, B. U., P. G. Padmaja, N. Seetharama. 2004. Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphididae), in sorghum: a review. *Crop Prot*, 23: 739–755.

## EFFECTO DEL TAMAÑO DE SEMILLA PARA LA SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO Y CALIBRE DE GRANO EN GARBANZO

Ortega M. P. F.<sup>1</sup>., Fierros L. G. A.<sup>1</sup>., Pérez L. A. I.<sup>1</sup>., Padilla V. I.<sup>3</sup>, Acosta G. J. A.<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>CE Costa de Hermosillo CIRNO-INIFAP; <sup>2</sup>CE Bajío CIRCE-INIFAP; <sup>3</sup>CE Norman E. Borlaug CIRNO-INIFAP. [ortega.pedro@inifap.gob.mx](mailto:ortega.pedro@inifap.gob.mx); [ortegampedro@gmail.com](mailto:ortegampedro@gmail.com)

### RESUMEN

En México se produce el garbanzo principalmente en la región noroeste, que incluye a los estados de Sinaloa, Sonora y Baja California Sur, y esta producción es principalmente para exportación hacia el Medio Oriente. En los últimos cinco años (2020 a 2024) en esta región se han cosechado en promedio por año 78,700 hectáreas con una producción total de 158,220 toneladas (SIAP, 2024). El objetivo de esta evaluación es determinar el efecto del tamaño de semilla para la siembra en el rendimiento y tamaño de grano cosechado. Se evaluaron seis tamaños de semilla de garbanzo variedad BlancoSon: 860, 830, 680, 570, 440 y 300 mg por cada semilla. Se usó diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, parcela experimental de 8 m<sup>2</sup>, se evaluó el rendimiento y tamaño de grano producido, utilizando cribas con perforaciones de diferente tamaño. Se analizaron los datos utilizando el paquete JMP de SAS. No hubo diferencia en productividad de grano en los tamaños de semilla utilizados. Si hubo diferencia en el calibre de grano producido: el mayor tamaño de semilla utilizada produjo los más altos rendimientos con alta calidad ya que semilla de tamaño de 680, 830 y 860 mg produjeron 1,720, 1,527 y 1,421 kg ha<sup>-1</sup>, comparado con la semilla de 300 mg que produjo 982 kg ha<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** calibre de grano, riego por goteo, *Cicer arietinum* L.

### ABSTRACT

In Mexico, chickpeas are produced mainly in the northwest region, which includes the states of Sinaloa, Sonora and Baja California Sur, and this production is mainly for export to the Middle East. In the period of 2020 to 2024 in this region, an average of 78,700 hectares have been harvested per year with a total production of 158,220 tons. The objective of this evaluation is to determine the effect of seed size for sowing in the yield and harvested grain size. Six seed sizes of chickpea variety Blanco were evaluated: 860, 830, 680, 570, 440 and 300 mg for each seed. Random block design was used with four repetitions, with experimental plot of 8 m<sup>2</sup>; grain yield and grain size produced were evaluated using screens with different size perforations. The data were analyzed using the JMP package of SAS. There was no difference in grain productivity in the seed sizes used. There were differences in grain caliber produced: the largest seed size used produced the highest yields with high quality since seed sizes of 680, 830 and 860 mg produced 1,720, 1,527 and 1,421 kg ha<sup>-1</sup>, compared to the 300 mg seed which produced 982 kg ha<sup>-1</sup>.

**Key words:** grain caliber, drip irrigation, *Cicer arietinum* L.

## INTRODUCCIÓN

Este cultivo es parte del patrón de cultivos del noreste de México ya que requiere de relativamente poca agua para producir adecuadamente, con alrededor de 45 cm de lámina de riego durante su ciclo. En México se produce el garbanzo principalmente en la región noroeste, que incluye a los estados de Sinaloa, Sonora y Baja California Sur, y esta producción es principalmente para exportación hacia el Medio Oriente. En los últimos cinco años (2020 a 2024) en esta región se han cosechado en promedio por año 78,700 hectáreas con una producción total de 158,220 toneladas (SIAP, 2024). Se produce principalmente del tipo kabuli o grano grande de color claro. Por esta característica de grano grande requiere de altas cantidades de semilla para la siembra, ya que para una población de 150,000 semillas por hectárea, al usar semilla de peso promedio de 800 mg por grano (calibre 5X, 39 semillas en 30 g) se necesitan 120 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que al usar semilla de peso promedio de 470 mg por grano (calibre 14, 64 semillas en 30 g) se requiere de 71 kg ha<sup>-1</sup>, que al usar este último tamaño de semilla pudiera significar un ahorro de 3,878 ton de semilla para la región, comparada con la semilla de tamaño de 800 mg, si no hubiese efecto en el rendimiento y calidad de grano en cuanto a tamaño de grano se refiere. Se ha hipotetizado que al sembrar una semilla de tamaño chico año tras año, la proporción de grano chico que se obtenga en la cosecha se incrementa, lo que afectaría el valor de la cosecha. El objetivo de esta evaluación es determinar el efecto del tamaño de semilla para la siembra en el rendimiento y tamaño de grano cosechado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se estableció en terreno del Campo Experimental Costa de Hermosillo del INIFAP en la Calle 12 Sur km 10 de la Costa de Hermosillo, Sonora. Se evaluaron seis tamaños de semilla de siembra los cuales fueron obtenidos al pasar una muestra de grano por diferentes mallas con perforaciones de 12, 11, 10, 9 y 8 mm de diámetro. Los tamaños de semilla obtenidos fueron granos con peso individual de 830, 680, 570, 440, 300 y 860 mg, este último tamaño fue seleccionado de semilla proveniente de siembra con semilla de tamaño de 300 mg del año anterior. Estos tamaños son designados también en número de granos por 30 g y calibre, y son: 36 (calibre 7X), 44 (calibre 4X), 53 (calibre 4), 68 (calibre 18) y 100 (calibre 50) y 35 (7X), respectivamente.

La siembra se realizó utilizando la variedad BlancoSon, en sistema de riego por goteo, con regantes a 1.6 m de separación, con dos hileras de siembra a 0.50 m entre ellas. Se sembraron 12 semillas por m lineal, lo que dio una población aproximada de 150,000 plantas por hectárea. El manejo agronómico se le dio de acuerdo al recomendado por el INIFAP en cuanto a riegos, fertilización y control de plagas y maleza. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, con una parcela útil para estimar rendimiento de 8 m<sup>2</sup>. Se tomaron las variables rendimiento de grano de origen o de campo, rendimiento cribado usando criba con perforaciones de 9 mm de diámetro, calibre de grano (número de semillas en 30 g) de origen o de campo, calibre de grano cribado y porcentaje de grano cribado.

Además, se pasó una muestra de un kilogramo por las cribas con perforaciones de 12, 11, 10, 9 y 8 mm de diámetro, para estimar rendimiento de los diferentes tamaños o calibres de grano. En las cribas utilizadas se obtuvieron rendimientos de grano de calibre

38, 43, 54, 69 y 118 granos en 30 g, o que se denominan en esta evaluación como 6X (muy grande), 3X (grande), calibre 4 (mediano), calibre 20 (chico) y calibre 60 (rezaga), respectivamente. Se analizaron los datos utilizando el paquete estadístico JMP de SAS®.

## RESULTADOS

No hubo diferencia estadística significativa en el rendimiento de grano de campo, grano cribado y porcentaje de grano cribado entre los tratamientos de tamaño de semilla utilizada en esta evaluación (Cuadro 1). Estos resultados fueron obtenidos de semilla certificada de la variedad BlancoSon, sin mezcla de otras variedades. Los resultados obtenidos indican que independientemente del tamaño de semilla que se utilice, los rendimientos de grano permanecen muy similares, sin deterioro en la calidad de grano en cuanto a tamaño se refiere. Estos resultados fueron obtenidos en un sistema de riego por goteo, lo cual puede ser diferente en riego rodado o convencional por inundación. Estos resultados coinciden con Birderbost, Peretti y Errasti, 1980, que separaron semillas grandes y chicas de una variedad y no encontraron diferencias en el rendimiento de grano al usar semillas de los diferentes tamaños seleccionados. De la misma manera, Varshney 2003, separó en cuatro tamaños de semilla y no encontró diferencias en rendimiento de grano y calidad del grano. Gan et al. 2006, sugieren que al sembrar semillas grandes no incrementó el rendimiento de granos grandes (mayores de 9 mm de diámetro) comparada con semillas sin cribar. Asentaron además que el usar semillas chicas por tres ciclos de siembra, el rendimiento decreció en 23% y el rendimiento de grano grande decreció en 10%. En cuanto al calibre de grano obtenido, hubo diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, ya que las semillas evaluadas de mayor peso (830 y 830 mg) produjeron los tamaños de grano más grandes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y calibre de grano de origen y cribado en tratamientos de tamaño de semilla de siembra en garbanzo. Ciclo otoño-invierno 2023-2024. Costa de Hermosillo.

Peso de semilla (mg) <sup>‡</sup>	Rendimiento		Calibre de grano		Porcentaje de grano criado
	Origen	Cribado	Origen	Cribado	
440	2,824	2,222	54	48	78
680	2,550	2,161	55	48	85
570	2,530	2,098	56	49	83
830	2,353	2,005	50	45	85
300	2,288	1,948	55	48	84
860	2,098	1,818	51	46	87
Sign. Estad. <sup>†</sup>	ns	ns	*	*	ns

<sup>‡</sup>. Expresados en calibre de grano son: 830 mg= 7X, 680 mg= 4X, 570 mg= calibre 4, 440 mg= calibre 18, 300 mg= calibre 50, 860 mg=7X.

<sup>†</sup>. Sign. Estad., Significancia estadística; ns, no significativo; \*, significativo ( $p>0.95$ )

En el Cuadro 2 se anotan los rendimientos de grano obtenidos al pasar por mallas con diferente tamaño de perforaciones, para cada tamaño de semilla utilizada en la siembra, donde se anota que los tamaños de semilla de 680, 830 y 860 mg fueron los que produjeron

los rendimientos mas altos de tamaño muy grande y grande (6X y 3X) con 1,720, 1,527 y 1,421 kg ha<sup>-1</sup>, que corresponde en forma respectiva al 67.5, 65.0 y 68.2% del rendimiento total. El menor rendimiento de alta calidad (3X y 6X) se obtuvo con la semilla de tamaño pequeño (300 mg).

Cuadro 2. Rendimiento de grano (kg ha<sup>-1</sup>) al utilizar diferentes cribas en tratamientos de tamaño de semilla de siembra en garbanzo. Ciclo Otoño-Invierno 2023-2024. Costa de Hermosillo.

Peso semilla de siembra (mg)	Muy grande <sup>‡</sup>	Grande	Mediano	Chico	Rezaga	Rendimiento total
440	55	1,169	757	724	114	2,820
680	124	1,596	434	344	51	2,549
570	67	1,132	633	588	102	2,522
830	127	1,400	456	320	47	2,351
300	22	960	689	525	89	2,285
860	124	1,298	339	270	55	2,084

<sup>‡</sup>. Expresados en semilla por 30 gramos y calibre: Muy grande, 38 (calibre 6X); Grande, 43 (calibre 3X); Mediano 54 (calibre 4); Chico 69 (calibre 20) y Rezaga 118 (calibre 60)

Los resultados obtenidos en esta evaluación por segundo año, sugieren que el rendimiento y calidad del grano que se coseche depende del tamaño de semilla. Es posible que haya interacción con el manejo que se le proporcione al cultivo durante el ciclo de desarrollo, y hay que considerar el sistema de producción, ya que en el sistema de goteo se proporciona humedad y nutrientes suficientes para que todos los granos expresen su potencial de crecimiento.

### CONCLUSIONES.

Las semillas de siembra en los tamaños evaluados no se diferenciaron en productividad, pero si en la calidad de grano que se produjo. Los tamaños grandes de semilla (680, 830 y 860 mg) produjeron rendimiento de grano de alta calidad (3X y 6X) superior al resto de los tamaños de semillas utilizadas con 1,720, 1527 y 1421 kg<sup>-1</sup>, respectivamente. La semilla de tamaño de 300 mg produjo 982 kg ha<sup>-1</sup>.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Biderbost, E., Peretti, D. and Errasti, J. 1980. Influencia del tamaño y valor cultural de la semilla sobre la producción de garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Rv. Cienc. Agropecuarias 1:39-58.
- Gan, Y., P. Jayakumar, R.P. Zentner and C.L. McDonald. 2006. Selection for seed size and its impact on grain yield quality in kabuli chickpea. Canadian Journal of Plant Science 86(2):345-352.
- Varshney, S.K. 2003. Effect of seed size on seed yield and quality in chickpea. Int. Chickpea and Pigeonpea Newsletter. 10:5-6.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP. 2024. Consulta en línea, 31 de julio 2024. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>

## DETECCIÓN E IDENTIFICACIÓN RÁPIDA DE HONGOS TOXIGÉNICOS Y MICOTOXINAS EN GRANOS DE MAÍZ ALMACENADOS EN TAMAULIPAS, MÉXICO.

Alvarez O. M.G.<sup>1\*</sup>; Rodríguez F. R. <sup>1</sup>; Hernández M. R.<sup>1</sup>; Reséndiz R. Z. <sup>1</sup>; Maya H. V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61 Cd. Río Bravo, Tamaulipas. Autor de correspondencia: alvarez.genoveva@inifap.gob.mx

### RESUMEN

Se colectó maíz de grano blanco en nueve almacenes en la región norte de Tamaulipas, México. Lo anterior fue en el ciclo agrícola OI/2023, para determinar la incidencia de hongos en las muestras, por lo tanto, se sembraron diez granos en papa-dextrosa-agar por siete días. Los porcentajes mayores lo ocupó *Aspergillus* en el silo (B5) con un 46.29 %, *Fusarium* en la bodega (B1) con 30.9 % y *Penicillium* spp almacén (B6) con el 26.16 %. El Análisis de variancia mostró diferencias significativas, por otro lado, la comparación de medias por Tukey ( $P < 0.05$ ) indicó el porcentaje mayor de infestación de hongos se encontró en dos almacenes B5 y B10 con un 83.7 y 78.7 % respectivamente. La identificación molecular confirmó la presencia de los géneros *Fusarium verticillioides*, *Aspergillus flavus* y *Penicillium* spp en almacenes de maíz en Tamaulipas, México. Los resultados del análisis inmunoenzimático (ELISA competitivo) revelaron la presencia de metabolitos de aflatoxinas en 6.93 ppb, lo que indica que está por debajo de lo permitido en las NOM. En cuanto a los resultados del almacén para la cuantificación de fumolisinas en el almacén B10 fue de (5.58 ppm) estos parámetros están por arriba de los niveles recomendada por la Agencia de Drogas y Alimentos (FDA) de los Estados Unidos de Norteamérica que son 4 ppm para maíz entero o parcialmente molido, la bodega 4 (3.07 ppm) se encuentra por arriba de lo que marca la Unión Europea, que son 2 ppm en maíz. Además, la UE en su reglamento de cereales para consumo humano estableció 0.75 ppm. Los resultados obtenidos de los almacenes B5, B6, B7 y B9 (1.80, 1.64, 1.49 y 0.90 ppm), no cumplieron con este reglamento de la UE, sin embargo, para las regulaciones mexicanas los granos de postcosecha en el norte de Tamaulipas son aptos para consumo humano y animal.

**Palabras clave:** *Aspergillus*, *Fusarium*, hongos, *zea mays*

### ABSTRACT

White grain corn was collected in nine warehouses in the northern region of Tamaulipas, Mexico. The above was in the OI/2023 agricultural cycle, to determine the incidence of fungi in the samples, therefore, ten grains were sown in potato-dextrose-agar for seven days. The highest percentages were occupied by *Aspergillus* in the silo (B5) with 46.29%, *Fusarium* in the winery (B1) with 30.9% and *Penicillium* spp in the warehouse (B6) with 26.16%. The Analysis of variance showed significant differences, on the other hand, the comparison of means by Tukey ( $P < 0.05$ ) indicated the highest percentage of fungal infestation was found in two warehouses B5 and B10 with 83.7 and 78.7% respectively. Molecular identification confirmed the presence of the genera *Fusarium verticillioides*, *Aspergillus flavus* and *Penicillium* spp in corn warehouses in Tamaulipas, Mexico. The results of the immunoenzymatic analysis (competitive ELISA) revealed the presence of aflatoxin metabolites at 6.93 ppb, which indicates that it is below what is allowed in the NOM. Regarding the warehouse results for the quantification of fumolysins in warehouse B10, it

was (5.58 ppm), these parameters are above the levels recommended by the Food and Drug Administration (FDA) of the United States of America, which are 4 ppm for whole or partially ground corn, warehouse 4 (3.07 ppm) is above what the European Union sets, which is 2 ppm in corn. Furthermore, the EU in its regulations on cereals for human consumption established 0.75 ppm. The results obtained from warehouses B5, B6, B7 and B9 (1.80, 1.64, 1.49 and 0.90 ppm) did not comply with this EU regulation, however, for Mexican regulations, post-harvest grains in northern Tamaulipas are suitable for human and animal consumption.

**Key words:** *Aspergillus*, *Fusarium*, fungus, *zea mays*

## INTRODUCCIÓN

En Tamaulipas, la producción de maíz ocupa el segundo lugar en importancia, únicamente superado por el sorgo. En el 2023, la superficie sembrada de maíz grano fue de 114,808.69 hectáreas, con una superficie cosechada de 94,950.61 ha (SIAP, 2023). En el norte de Tamaulipas se caracteriza por presentar cultivos de temporal, períodos de sequía y altas temperaturas. El maíz, como cualquier otro cultivo, no está exento de problemas agronómicos, climáticos y fitosanitarios. La diversidad de microorganismos y plagas que afectan al maíz durante su desarrollo son susceptibles a variación, dependiendo de su genotipo y de las condiciones ambientales, que puede afectar la calidad e inocuidad del grano, lo que implica una baja disponibilidad del cultivo de maíz a nivel nacional y una disminución del ingreso económico en los productores (Betanzos, 2009). La calidad de las semillas puede verse afectada directa e indirectamente por la contaminación por hongos, las pérdidas causadas pueden ocurrir durante las etapas de desarrollo, almacenamiento o germinación. El daño resulta en la pérdida de la viabilidad de la semilla o en la infección de la plántula después de la germinación. Así como condiciones de alta humedad y temperatura. En las etapas de cosecha y postcosecha aumentan la incidencia de hongos que pueden aparecer en la fase de almacenamiento si la temperatura y la humedad no se mantienen adecuadamente (Hernández-Delgado *et al.*, 2007) en este sentido dentro de los hongos productores de micotoxinas, se encuentran principalmente a *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* y *Alternaria*, (Wicklów and Pearson, 2006; McMullin *et al.*, 2015; Frisvad and Sanson 1991; Chen *et al.*, 1992).

Una condición óptima para el desarrollo del maíz es la temperatura, la cual debe oscilar entre 21 y 32 °C, presentando los rendimientos de grano más altos cuando los años son más frescos (Shaw 1988). Cuando las temperaturas nocturnas son superiores a 22 °C y las diurnas a 35 °C o más, se presenta un severo estrés en la planta, agravándose esta situación cuando se tienen densidades altas y poca humedad (Prine 1971; Shaw 1988). Así mismo, su temperatura y la humedad durante el llenado del grano, por las prácticas de almacenamiento y el transporte después de la cosecha puede ocasionar la producción de micotoxinas. Las micotoxinas, son metabolitos secundarios producidos por algunas especies de hongos filamentosos que se ven expuestos a factores ambientales, lo que constituye un peligro para la salud de las personas y de los animales. Estas sustancias son encontradas a nivel mundial, a pesar de las diferencias geográficas y climáticas que existen (Alpizar, 2015).

Por esta razón, la inspección visual de los granos, que permite determinar el grado de daño producido por los hongos, no es un indicador confiable de la contaminación con micotoxinas, por lo tanto, puede evaluarse mediante análisis químicos específicos

(Trucksess y Pohland, 2002). Sin embargo, existen los análisis moleculares, como la PCR que pueden servir como buenas alternativas a los métodos convencionales para la detección de hongos toxigénicos. Los ensayos de PCR múltiple que amplifican simultáneamente un número de genes específicos de especies y/o genes estructurales o reguladores involucrados en las vías de biosíntesis de micotoxinas se han aplicado con éxito para la detección de hongos toxigénicos en una gran variedad de alimentos (Ramana, *et al.*, 2011; Rashmi, *et al.*, 2013; Rodríguez *et al.*, 2009). Por lo anterior. El objetivo de este estudio fue determinar la incidencia de hongos toxigénicos en maíz bajo condiciones de almacén, así como 2). Determinar la presencia de micotoxinas totales mediante un inmunoensayo competitivo.

## MATERIALES Y METODOS

**Recolección de las muestras de maíz.** La recolección de las muestras de maíz grano blanco se realizó durante el ciclo agrícola O/I- 2023, en nueve bodegas del estado de Tamaulipas, las cuales fueron identificadas como B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B9 y B10, dichas bodegas se encuentran localizadas en los municipios de Abasolo, Díaz Ordaz, Reynosa, Valle Hermoso y Río Bravo, Tamaulipas. El muestreo de maíz blanco se realizó aleatoriamente, el cual se llevó a cabo de tres sitios (centro, izquierda y derecha de la bodega, usando una sonda colador para la toma de muestras. La muestra compuesta de cada sitio fue homogenizada y mezclada completamente para obtener aproximadamente 1 kg dando un peso total de 3 kg. Así mismo, se tomó el porcentaje de humedad de las nueve muestras compuestas.

**Recuperación, identificación y enumeración de la micoflora en granos de maíz.** Previo al análisis microbiológico, se tomaron 10 granos de semilla de cada bodega y fueron colocados en vasos de precipitado, éstos fueron desinfectados con hipoclorito de sodio al 2 % se agitaron por tres minutos, después se enjuagaron con agua destilada esterilizada y se colocaron en toallas estériles en campana de flujo laminar. Después fueron tomados con pinzas estériles y se colocaron en cajas de Petri las cuales contenían Agar Papa Dextrosa (APD) y fueron incubadas a  $25 \pm 3$  °C, bajo condiciones de oscuridad y presencia de luz. A los tres días en incubación se registró el número de Unidades Formadoras de Colonia. Posteriormente, a los 10 días, se tomaron muestras de las colonias observadas, confirmando la identidad de cada género presente mediante la observación de sus características macro y micromorfológicas según los métodos recomendados para cada género (Barnett y Hunter, 1971; Nelson *et al.*, 1983; Raper and Fennell, 1965).

**Diseño y análisis estadístico de las muestras.** El diseño experimental fue bloques al azar con tres repeticiones, los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y comparación de medias Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2016).

**Identificación Molecular.** Los aislamientos puros fueron identificados molecularmente. Se realizó la extracción de ADN de acuerdo con la metodología propuesta por (Romero *et al.*, 2002). Para la amplificación se usaron los oligonucleótidos ITS1F-ITS4 (ITS1F 5'-CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA-3' y ITS4 5'TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'). Las secuencias resultantes fueron comparadas con la región ITS1- 5.8S- ITS2 correspondiente



de las secuencias de la base de datos GenBank del Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI, 2022). El programa térmico utilizado fue el siguiente: desnaturalización inicial de 94 °C por 5 min, seguido de 30 ciclos a 94 °C por 60 s, hibridación a 50 °C por 60 s, extensión de 72 °C por 2 min y una extensión final de 72 °C por 7 min.

**Electroforesis en geles de Agarosa al 1.5 %.** Los electroferogramas se realizaron en geles de agarosa al 1.5 % y visualizados en fotodocumentador (BioRad). Finalmente se realizó la purificación del PCR con un kit comercial (Promega), la metodología se describió de acuerdo con las condiciones del fabricante. El producto amplificado se envió a secuenciar al Laboratorio Nacional de Biotecnología Agrícola, Médica y Ambiental, del Instituto potosino de Investigación en Ciencia y Tecnología, ubicado en la Cd., de San Luis Potosí.

**Detección de Micotoxinas totales.** Se usó el Kit comercial de ELISA competitivo directo “Agra Quant Total Fumonisin y Aflatoxinas” para la determinación de fumolisinas y Aflatoxinas totales.

**Preparación de la Muestra (Extracción):** Se tomó una fracción del ensayo de cada muestra de maíz, obtenida de las bodegas y se identificaron previamente, se pesaron 20 g, se vaciaron en frascos de licuadora los 20 g, posteriormente estas fueron molidas en licuadora, la muestra macerada fue colocada en frascos con tapón de rosca, a cada muestra se agregaron 100 ml de la solución de extracción 70 /30 (V/V) de metanol en agua. Se tapó el recipiente y se agitó manualmente en forma enérgica, se dejaron reposar por 10 min, posteriormente, se filtró con papel de filtro Whatman #1. Se recolectó el extracto filtrado, cuyo pH se ajustó entre 6 y 8, para lo cual se usó buffer fosfato a pH 7. Se diluyó el filtrado con agua destilada en una relación 1:20. (50 µl del extracto a 950 µl de agua).

**ELISA competitivo “Agra Quant® Fumolisinas y Aflatoxinas.** Se utilizó una prueba de Inmunoensayo ligado a enzimas competitiva (ELISA) para analizar muestras de maíz en busca de aflatoxinas totales y fumolisinas totales. El análisis espectrométrico se realizó utilizando dos kits de Agra Quant®.Fumonisin Assay 0.25/5, para fumolisinas y Agra Quant® Total Aflatoxin Elisa 4-40 ppb, para leer las absorbancias se usó un espectrofotómetro (Sigma Diagnostic) la lectura se realizó a 450 nm, al mismo tiempo se usó un filtro diferencial de 650 mn, la metodología empleada fue de acuerdo con las condiciones del fabricante. La lectura de la reacción pudo percibirse visualmente en donde la intensidad del color es inversamente proporcional a la concentración de la micotoxina o estándar. Las lecturas obtenidas consistieron en datos de absorbancia que fueron convertidos con la fórmula de Log/logit a partes por millón (ppm) para aflatoxinas y partes por billon (ppb) para fumolisinas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

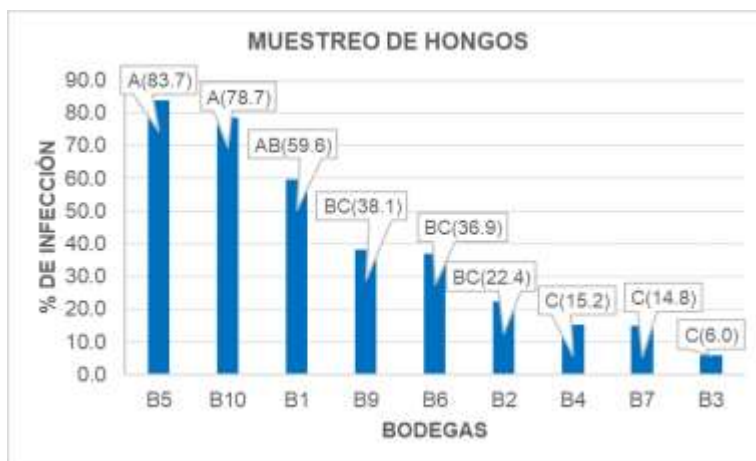
**Análisis microbiológico.** Al realizar la observación microscópica y macroscópica de las cepas aisladas en la bodega B1 se detectó *Fusarium* spp en un 30.9 %, seguida de la B10 con un 23.8 %, así mismo, las bodegas B2, B3, B4, B5, B6, B7 y B9 con un porcentaje menor al 7 %. Mientras que para el género *Aspergillus* spp en la Bodega 5 se determinó un 46.29 %, seguido de las bodegas 1 y 9 con un 11.1 y 12.9 % respectivamente, y porcentajes menores a 3.7 fueron los silos B4, B6 y B7. Estos datos concuerdan con

Hernández *et al.*, 2007, donde encontraron que el género *Aspergillus* fue el más frecuente en grano de maíz blanco y amarillo almacenado en el norte de Tamaulipas. Para el género *Penicillium* spp se aislaron 24 cepas de las cuales la bodega 6 presentó un 29.16 %, seguida de las B2, B6 y B10 con un 20.83, 29.6 y 12.5 %, mientras que las B3, B4, B5 y B9 oclaron entre 4 y 8 % (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Porcentaje de infestación de hongos en nueve bodegas de maíz, ubicadas en cinco municipios de Tamaulipas, México**

Localidad	Identificación	<i>Fusarium</i> spp	<i>Aspergillus</i> spp	<i>Penicillium</i> spp
Abasolo	Bodega 1	30.9	11.11	Ausente
Abasolo	Bodega 2	7.10	Ausente	20.83
Abasolo	Bodega 3	4.76	Ausente	8.33
Abasolo	Bodega 4	7.10	1.85	8.33
Abasolo	Bodega 5	7.10	46.29	8.88
Valle Hermoso	Bodega 6	2.3	3.70	29.16
Díaz Ordaz	Bodega 7	7.10	1.85	Ausente
Reynosa	Bodega 9	7.10	12.96	4.1
Río Bravo	Bodega 10	23.8	18.5	12.5

La prueba de ANOVA indicó diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre los silos (0.01), así mismo, los porcentajes de infestación mayor fue detectado en las bodegas 5 y 10, con un 83.7 y 78.7 % respectivamente, al realizar la comparación de medias por Tukey (0.05) se puede observar los porcentajes de infestación del resto de los silos (Figura 1), cabe destacar que en todas las bodegas no contaban con un sistema de enfriamiento y la temperatura oscilaba arriba de 25 °C, condición que favorece la actividad biológica en la capa superior del silo (existiendo mayor respiración del grano, presencia de hongos e insectos) (Munkvold 2003).



**Figura 1. Promedio de % de infección de hongos en grano de maíz en Tamaulipas.**

\*Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ )

A nivel molecular se lograron identificar los géneros: *Aspergillus flavus* con un 99.1 % de homología, con clave de acceso No. SRX6532.1 del Banco de Genes (GenBank), del

Centro de Información Biotecnológica Nacional (NCBI); *A terreus* con un 89.4 % No. acceso. MTS30257; *Penicillium* spp, 99.58 % clave de acceso KX067868.1; *Fusarium verticillioides* con un 98.58 % similitud acceso No. PP892794.1 así como *F. proliferatum* 100 % de homología, No accesión MF327378.1. Las cepas identificadas en este trabajo son de importancia a nivel sanitario debido a que pueden sintetizar micotoxinas en los granos de maíz (Li, *et al.*, 2001; Bravo, 2022; Rahman, *et al.*, 2020).

### Diagnóstico mediante ELISA competitivo de aflatoxinas y fumolisinas en granos de maíz bajo condiciones de almacén.

A pesar de que se aisló una cantidad de hongos del género *Aspergillus*, solo se detectó la presencia de aflatoxinas totales en el almacén 10, (identificado como B10) el cual se ubica en Río Bravo, Tamaulipas. Valor por debajo de las Normas Oficiales Mexicanas NOM-247-SSA1-2008 y la NOM-187-SSA1-2002 que estable 20 µg/kg para harinas de maíz nixtamalizado. Con respecto a los resultados obtenidos en este estudio la detección total de aflatoxinas con la prueba de ELISA se puede inferir que la bodega 10 obtuvo 6.93 ppb, lo que indica que está por debajo de lo permitido en las NOM, mientras que los almacenes identificados como B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, y B9 no se detectaron, lo que equivale a un nivel de desarrollo (LOD), menor a 3 ppb. Sin embargo, no podemos atribuir que las cepas obtenidas de este silo sean las causantes de la producción de micotoxinas, en algunos casos la capacidad de síntesis de un determinado metabolito secundario puede ser transitoria ya que se observa normalmente en cultivos que han sido recientemente aislados de su hábitat natural y puede perderse como consecuencia de su manejo en el laboratorio (Schroeder and Kelton, 1975).

En relación con la regulación de fumolisinas en México, no existen regulaciones para fumolisinas y ocratoxinas. Los niveles de contaminación con fumolisinas de la bodega B10 (5.82 ppm) se encuentra por arriba de los niveles recomendada por la Agencia de Drogas y Alimentos (FDA) de los Estados Unidos de Norteamérica que son 4 ppm para maíz entero o parcialmente molido, la bodega 4 (3.07 ppm) se encuentra por arriba de lo que marca la Unión Europea (Diario Oficial para la UE, 2007), que son 2 ppm en maíz no elaborado, además, esta mismo institución marca en su reglamento de 0.75 ppm de cereales para consumo humano, por lo tanto, los resultados obtenidos de los almacenes B5, B6, B7 y B9 (1.80, 1.64, 1.49 y 0.90 ppm), no cumplirían con este reglamento de la UE. Con estos resultados podemos inferir que la contaminación por micotoxinas no se asocia con las condiciones del cultivo sino con las condiciones inadecuadas de almacenamiento del grano, además, se debe inspeccionar para detectar los problemas y tomar medidas de control (Cuadro 2).

Cuadro 2. Aflatoxinas fumolisinas totales, por Inmunoensayo ligado a enzimas, en nueve almacenes de maíz blanco del Norte del estado de Tamaulipas, México

Identificación almacén	Aflatoxinas totales (ppm)	Fumolisinas totales (ppb)
B1	<LOD (3ppb)	<LOD (0.20ppm)
B2	<LOD (3ppb)	<LOD (0.20ppm)
B3	<LOD (3ppb)	<LOD (0.20ppm)
B4	<LOD (3ppb)	<b>3.07 ppm</b>
B5	<LOD (3ppb)	1.80 ppm
B6	<LOD (3ppb)	1.63 ppm
B7	<LOD (3ppb)	1.49 ppm
B9	<LOD (3ppb)	0.90 ppm
B10	<b>6.93 ppb</b>	<b>5.82 ppm</b>

1 ppb  $10^{-9}$  (nanogramo/ml, ng/ml); ppm  $10^{-6}$  µg/ml); (<LOD; menor límite de detección)

## CONCLUSIONES

Los géneros de hongos fitopatógenos productores de micotoxinas de mayor incidencia en los almacenes del noreste de Tamaulipas fueron: *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium* spp. El porcentaje de infestación de los hongos fue detectado en los almacenes B5 y B10 con un 83.7 y 78.7 % respectivamente. Los niveles de contaminación por aflatoxinas estuvieron en 6.93 ppm, lo que indica que no representa riesgo para consumo humano y animal. La cuantificación de fumolisinas en almacenes de Tamaulipas, está dentro de los límites de tolerancia establecidos por las NOMs. Sin embargo, se requiere realizar más estudios sobre producción de fumolisinas con el fin de implementar regulaciones mexicanas para este tipo de micotoxinas.

## REFERENCIAS

- Alpizar, C. (2015). Presencia de hongos y contaminación con micotoxinas en ensilajes para alimentación de rumiantes. Artículo de Revisión. Ciencias Veterinarias, 33: (1) p 7-31.
- Barnett, H.L., and Hunter B.B. (1971). Illustrated Genera of Imperfect *Fungi*, Minneapolis: Burgess, 3rd ed.
- Betanzos, E. (2009). "Híbridos de maíz resistentes a pudrición de mazorca en Chiapas y Veracruz, México", en Agric.Téc.Méx. 35 (4): 391-400.
- Bravo, Morales Belem. (2022). Consumo y almacenamiento de maíces (*Zea mays* L.) de subsistencia y comercial y su relación con *Fusarium* spp. Tesis de licenciatura. UAAAN.
- Chen J, Mirocha CJ, Xie W, Hogge L, Olson D. (1992). Production of the mycotoxin fumonisin B1 by *Alternaria alternata* f. sp. lycopersici. Appl Environ Microbiol. 58: 3928-3931.
- Diario Oficial de la Unión Europea. Reglamento CE (No. 1881/2007). DE LA COMISIÓN 2006 de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. consultado el 2 de agosto de 2024.
- Frisvad JC, Samson RA. (1991). Mycotoxins produced by species of *Penicillium* and *Aspergillus*. En: Chelkowski J (Ed.) Cereal Grain. Mycotoxins, Fungi and Quality in Drying and Storage. Amsterdam, Elsevier. 441-476
- Hernández-Delgado SJ, Reyes-López MA, García-Olivares JG, Mayek-Pérez N y Reyes- Méndez CA. (2007). Incidencia de hongos potencialmente tóxicos en maíz (*zea mays* L.) almacenados y cultivados en el Noreste de Tamaulipas, México. Rev. Mex de Fitopatología. 25: (2), p 127.123.
- Kim, D.M.; Chung, S.H.; Chun, H.S. (2011). Multiplex PCR assay for the detection of aflatoxigenic and non-aflatoxigenic fungi in meju, a korean fermented soybean food starter. Food Microbiol, 28, 1402–1408.
- Li Wang, Koji Yokoyama, Haruo Takahasi, Nobuaki Kase, Yoshiki Hanya, Kumiko Yashiro, Makoto Miyaji, Kazuko Nishimura. (2001). Identification of species in *Aspergillus* section Flavi based on sequencing of the mitochondrial cytochrome b gene, International Journal of Food Microbiology, 71, Issue 1, P.75-86, ISSN 0168-1605
- McMullin, D., Mizaikoff, B. and Krska, R. (2015). Advancements in IR spectroscopic approaches for the determination of fungal derived contaminations in food crops. Anal Bioanal Chem 407, 653–660
- Munkvold, G.P. (2003). Cultural and genetic approaches to managing mycotoxins in maize. Annual Review of Phytopathology 41:99-116.
- National Center for Biotechnology Information - U. S. <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi> consultado el 3 de agosto 2024
- Nelson P.E., Touson T.A., Marasas W. F .O.(1983). *Fusarium* species. An illustrated manual for identification. Pennsylvania, University Press, p193.
- Norma Oficial Mexicana (NOM-188-SSA1-2002). México. 23 p. Diario Oficial de la Federación. 2002. Productos y Servicios. Control de Aflatoxinas en Cereales para Consumo Humano y Animal. Especificaciones Sanitarias. Norma Oficial Mexicana (NOM-188-SSA1-2002). México. 23 p.
- Norma Oficial Mexicana (NOM-247-SSA1-2008). México. Diario Oficial de la Federación. 2008. Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o

- semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.
- Prine, G. M. (1971). A critical period of ear development in maize. *Crop Sci.* 11: 782-786.
- Ramana, M.V.; Balakrishna, K.; Murali, H.C.; Batra, H.V. (2011). Multiplex PCR-based strategy to detect contamination with mycotoxigenic *Fusarium* species in rice and finger millet collected from southern India. *J. Sci. Food Agric.* 91, 1666–1673.
- Rahman, H. U., Yue, X., Ren, X., Zhang, W., Zhang, Q., and Li, P. (2020). Multiplex PCR assay to detect *Aspergillus*, *Penicillium* and *Fusarium* species simultaneously. *Food Additives and Contaminants: Part A*, 37(11), 1939–1950.
- Rashmi, R.; Ramana, M.V.; Shylaja, R.; Uppalapati, S.R.; Murali, H.S.; Batra, H.V. (2013). Evaluation of a multiplex PCR assay for concurrent detection of four major mycotoxigenic fungi from foods. *J. Appl. Microbiol.* 114, 819–827.
- Rodríguez, P.; Venancio, A.; Kozakiewicz, Z.; Lima, N. A. (2009). Polyphasic approach to the identification of aflatoxigenic and non-aflatoxigenic strains of *Aspergillus* Section *Flavi* isolated from Portuguese almonds. *Int. J. Food Microbiol.* 129, 187–193.
- Romero J, Garcia-Varela M, Lacleste J. P., Espejo, R. T. (2002). Bacterial 16S rRNA gene analysis revealed that bacteria related to *Arcobacter* spp. constitute an abundant and common component of the oyster microbiota (*Tiostrea chilensis*). *Microb Ecol.* 44: 365-371.
- Raper K.B. and Fennell D.I. 1965. The genus *Aspergillus*. Baltimore: Willians and Wilkins.
- SAS Institute (2016) SAS/STAT® 9.3 User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 8640 p
- Shaw, R. H. (1988). Climate requeriment of corn. In: *Corn and Corn Improvement*. Third Edition. G. F. Sprague and J. W. Dudley, Editors. Madison Wisconsin, U.S.A. 609-638.
- Schroeder HW, and Kelton WH. (1975). Production of sterigmatocystin by some species of the genus *Aspergillus* and its toxicity to chicken embryos. *Appl Microbiol.* 30: 589-591.
- SIAP, 2023. Información agrícola anual y por estados SADER. México. Disponible en <http://www.siap.sader.gob.mx>. Consulta efectuada el 24 de junio de 2024.
- Trucksess, M.W., Pohland, A.E. (2002). Methods and method evaluation for mycotoxins. *Mol Biotechnol* 22, 287–292.
- Wicklow, D. T and Pearson T. C. (2006). Detection and removal of single mycotoxin contaminated maize grains following harvest., p 110-119.

## EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE GARBANZO EN CONDICIONES DE RIEGO RESTRINGIDO

Ortega M. P<sup>1</sup>., Fierros L. G. A<sup>1</sup>., Padilla V. I.<sup>3</sup>, Acosta G. J. A.<sup>2</sup>, Melgoza V. C.M<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>CE Costa de Hermosillo CIRNO-INIFAP; <sup>2</sup>CE Bajío CIRCE-INIFAP; <sup>3</sup>CE Norman E. Borlaug CIRNO-INIFAP, <sup>4</sup>CE Todos Santos CIRNO-INIFAP. [ortega.pedro@inifap.gob.mx](mailto:ortega.pedro@inifap.gob.mx); [ortegampedro@gmail.com](mailto:ortegampedro@gmail.com)

### RESUMEN

El garbanzo se siembra en México principalmente en el noroeste de México, en los estados de Sinaloa, Sonora y Baja California Sur, donde se produce alrededor del 84% del total del garbanzo. Es un cultivo que posee una alta eficiencia en el uso del agua de riego que lo hace idónea para estas regiones. Con el objetivo de seleccionar material genético tolerante al déficit de humedad se evaluaron dos tipos de riego: riego normal durante todo el ciclo y riego restringido donde se dejó de regar en la etapa de floración, alrededor de 65 días después de siembra. El efecto de la sequía en el rendimiento de grano promedio de cada genotipo se estimó con el índice de susceptibilidad a la sequía (ISS), con la media geométrica (MG) y con el índice de eficiencia relativa (IER). De los genotipos evaluados HOGA 2007-2-14, CUGA-09-3096 y HOGA 2008-5-2 fueron los genotipos con más tolerancia al estrés por déficit de humedad en la etapa reproductiva, mientras que los más susceptibles fue Mazocahui.

**Palabras clave:** Índice de susceptibilidad de sequía (ISS), Media geométrica (MG), Índice de eficiencia relativa (IER).

### ABSTRACT

Chickpeas are planted in Mexico mainly in the northwest of Mexico, in the states of Sinaloa, Sonora and Baja California Sur, where around 84% of the total chickpeas are produced. It is a crop that has high efficiency in the use of irrigation water, which makes it ideal for these regions. With the objective of selecting genetic material tolerant to irrigation deficit starting at the flowering stage, four advanced lines and three varieties were evaluated. Two types of irrigation were evaluated: normal irrigation throughout the cycle and restricted irrigation where watering was stopped from the flowering of the crop, at 65 days after sowing. The effect of drought on the average grain yield of each genotype was estimated with the drought susceptibility index (ISS), with the geometric mean (MG) and with the relative efficiency index (IER). From the genotypes evaluated, HOGA 2007-2-14, CUGA-09-3096 and HOGA 2008-5-2 were the genotypes with the most tolerance to stress due to humidity deficit in the reproductive stage, while Mazocahui was the most susceptible.

**Key words:** Drought susceptibility index (ISS), Geometric mean (MG), Relative efficiency index

## INTRODUCCION

El mejoramiento genético de garbanzo para tolerancia a sequía representa una alternativa para incrementar la productividad de garbanzo bajo esas condiciones de producción, ya que su amplio sistema radical para explorar el suelo en busca de humedad es uno de los principales atributos del garbanzo para lograr producción adecuada de grano con menor cantidad de agua que otros cultivos. Ésta característica es importante porque representa una oportunidad para el ahorro de agua de riego y para incluir al garbanzo en rotaciones agronómicas ventajosas.

Una forma de lograr resultados en menor tiempo consiste en evaluar los genotipos sin limitaciones de humedad (riego) y con suspensión de riego en la etapa reproductiva del cultivo para identificar los genotipos sobresalientes mediante índices de selección (Rosales-Serna et al., 2000). Entre los índices utilizados está el propuesto por Fisher y Maurer (1978), en el que se utiliza la media de rendimiento de todos los genotipos en ambas condiciones de humedad para calcular el índice de intensidad y de susceptibilidad a la sequía; también está la media geométrica que utiliza el rendimiento observado de cada genotipo bajo riego y sequía y ha mostrado ser un criterio de selección efectivo (Abebe et al., 1998). El índice de eficiencia relativa (Graham, 1984) permite clasificar y seleccionar genotipos que presenten alto rendimiento bajo condiciones de riego y de deficiencia de humedad. El objetivo de este estudio fue de identificar genotipos con alta eficiencia en el rendimiento de grano en condiciones de déficit de humedad en la etapa reproductiva

## MATERIALES Y METODOS

En la Costa de Hermosillo, Sonora, se estableció un ensayo con 7 genotipos de garbanzo tipo 'kabuli' o blanco, con riego normal (RN) y sin riego suplementario a partir de floración o riego restringido (RR). Se usó diseño experimental de parcelas divididas con arreglo de bloques al azar con cuatro repeticiones; la parcela grande fueron los tipos de riego y las subparcelas los genotipos. La parcela experimental fue una cama de siembra de 5 m de longitud y 1.6 m de ancho con doble hilera a 0.5 m, y la parcela útil fue 8 m<sup>2</sup>. La siembra se hizo el 17 de enero de 2024. Se usó riego por goteo con cinta enterrada a 12 cm de profundidad. Las variables medidas fueron el rendimiento de grano de origen o de campo (no mostrado), rendimiento de grano cribado usando criba con perforaciones de 9 mm de diámetro, se obtuvo el calibre del grano que corresponde al número de granos en 30 g, así como el porcentaje de grano cribado. Se realizó análisis de varianza usando el paquete estadístico JMP de SAS®.

El efecto de la sequía en el rendimiento de grano promedio de cada genotipo se estimó con el índice de susceptibilidad a la sequía (ISS), con la media geométrica (MG) y con el índice de eficiencia relativa (IER).

El ISS de cada genotipo se calculó con la ecuación propuesta por Fischer y Maurer (1978):  $ISS_i = 1 - (Y_i/Y_c)/IIS$ , donde:  $Y_i$ = promedio de rendimiento de cada genotipo en RR;  $Y_c$ = promedio de rendimiento de cada genotipo en RN. El índice de intensidad a la sequía (IIS), se obtuvo mediante la fórmula:  $IIS = 1 - (Y_i/Y_c)$ , en la que  $Y_i$ = promedio de rendimiento en el tratamiento de RR y  $Y_c$ = promedio de rendimiento en RN. La MG propuesta por Samper y

Adams (1985) se calculó con la ecuación:  $MG = (Y_i * Y_c)^{1/2}$ , donde  $MG_i$  = media geométrica de cada genotipo; y  $Y_i$  y  $Y_c$  = rendimiento de cada genotipo en RN y RR, respectivamente. El IER descrito por Graham (1984) se calculó mediante la ecuación:  $IER = (Y_i/Y_i) (Y_c/Y_c)$ , donde  $IER_i$  = índice de eficiencia relativa de cada genotipo;  $Y_i$  = rendimiento del genotipo  $i$  sin aplicación de riego a partir de inicio de floración (RR);  $Y_i$  = rendimiento promedio con suspensión de riego a partir de inicio de floración (RR);  $Y_c$  = rendimiento del genotipo  $i$  con riego durante el ciclo del cultivo (RN); y  $Y_c$  = rendimiento promedio con riego durante el ciclo del cultivo (RN).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los análisis de varianza de los datos de rendimiento cribado detectaron diferencia altamente significativa entre los tipos de riego y los genotipos evaluados, mas no en la interacción. En RN CUGA 09-3096 fue la que obtuvo el rendimiento de grano cribado más alto con 2,355 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que en RR sobresalieron HOGA 2007-2-14 y HOGA 2008-5-2 con 1,650 y 1,618 kg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 1). La reducción del riego ocasionó falta de humedad en el llenado de grano que afectó el rendimiento a todos los genotipos y fue más severo en Mazocahui ya que la reducción comparada con RN fue de 45%, que a su vez presentaron los valores más altos de ISS junto con CUGA 09-3096, que en RN fue el más rendidor de grano (Cuadro 2). El genotipo que presentó mayor tolerancia a la sequía fue HOGA 2008-5-2 debido a que presentó los valores de ISS más bajos y cercanos a cero (Fisher y Maurer, 1978). Este índice es un criterio aceptable para seleccionar genotipos que reducen menos su rendimiento al someterlos a estrés por humedad, aunque puedan no ser los mas rendidores (Rosales et al., 2000). Los genotipos que obtuvieron los mas altos valores de MG y IER fueron HOGA 2007-2-14, CUGA-09-3096 y HOGA 2008-5-2 que indican altos rendimientos en las dos condiciones de riego evaluadas, estos índices están altamente correlacionados entre si y se basan en la producción bajo los dos regímenes de humedad. (López et al., 2006).

**Cuadro 1. Rendimiento de grano cribado de genotipos de garbanzo en dos condiciones de humedad. Ciclo 2023-2024.**

	Rendimiento de grano kg ha <sup>-1</sup>					% Reducción
	Riego Normal		Riego restringido		Promedio	
HOGA 2007-2-14	1,849	ab	1,650	ab	1,749	11
CUGA-09-3096	2,355	a	1,355	b	1,855	42
HOGA 2008-5-2	1,781	ab	1,618	ab	1,699	9
CUGA-09-3160	1,518	ab	1,348	b	1,433	11
BlancoSon	1,532	ab	1,383	b	1,457	10
Sinalomex 2018	1,567	ab	1,301	b	1,434	17
Mazocahui	1,737	ab	961	b	1,349	45
Promedio	1,763		1,374		1,568	21
Signif. Estadística	**		**			



**Cuadro 2. Indicadores de susceptibilidad a sequía y de eficiencia del rendimiento de genotipos de garbanzo en dos tipos de riego. Ciclo 2023-2024.**

GENOTIPOS	ISS <sup>†</sup>	MG <sup>‡</sup>	IER <sup>§</sup>
HOGA 2007-2-14	0.70	1,797	1.33
CUGA-09-3096	1.82	1,785	1.30
HOGA 2008-5-2	0.09	1,671	1.18
CUGA-09-3160	0.48	1,485	0.92
BlancoSon	0.40	1,450	0.90
Sinalomex 2018	0.72	1,411	0.83
Mazocahui	1.50	1,222	0.61
Promedio	0.81	1,546	1.01

<sup>†</sup> ISS, Índice de Susceptibilidad a Sequía; <sup>‡</sup> MG, Media Geométrica; <sup>§</sup> IER, Índice de Eficiencia Relativa.

Hubo diferencia altamente significativa entre los genotipos y la interacción de tipo de riego y genotipos para calibre de grano de campo y cribado, así como para porcentaje de grano cribado ( $p > 0.001$ ). En promedio general, el tamaño de grano de origen expresado en calibre fue similar en RN que en RR, así como el porcentaje de grano cribado. Los genotipos que en ambos tipos de riegos produjeron los granos más grandes (más bajo calibre) fueron HOGA 2007-2-14 y Sinalomex 2018 con calibre cribado de 39 y 42 en RN, y 42 y 44 en RR, respectivamente. En el porcentaje de grano cribado los genotipos menos afectados por el riego restringido fueron HOGA 2007-2-14 y BlancoSon con 92 y 83% en RN y 92 y 79% en RR, respectivamente (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Efecto de condiciones de humedad del suelo en calibre de grano de origen y cribado y porcentaje de grano cribado de genotipos de garbanzo.**

Genotipo	Calibre de origen		Calibre cribado		Porcentaje cribado	
	RN <sup>†</sup>	RR <sup>†</sup>	RN	RR	RN	RR
HOGA 2007-2-14	41	44	39	42	92	92
CUGA-09-3096	54	58	49	52	83	70
HOGA 2008-5-2	53	48	47	47	75	86
CUGA-09-3160	57	52	49	48	73	82
BlancoSon	52	50	47	47	83	79
Sinalomex 2018	46	49	42	44	90	84
Mazocahui	50	56	45	50	84	68
Promedio	50	51	45	47	83	80

<sup>†</sup>, RN, Riego normal; RR, Riego restringido.

### CONCLUSIONES

Los genotipos HOGA 2007-2-14, CUGA-09-3096 y HOGA 2008-5-2 fueron los genotipos con más tolerancia al estrés por déficit de humedad en la etapa reproductiva, mientras que los más susceptibles fue Mazocahui.

## REFERENCIAS

- Abebe, A.; Brick, M. A. and Kirkby, R. A. 1998. Comparison of selection indices to identify productive dry bean lines under diverse environmental conditions. *Field Crops Res.* 58:15-23.
- Fisher, R. A. and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Austr. J. Agric. Res.* 29:897-912.
- Graham, R. D. 1984. Breeding for nutritional characteristics in cereals. *Adv. Plant. Nutr.* 1:57-102.
- López, S. E.; Tosquy, V. O. H.; Villar, S. B.; Becerra, L. E. N.; Ugalde, A. F. J. y Cumpián, G. J. 2006. Adaptación de genotipos de frijol resistentes a enfermedades y suelos ácidos. *Rev. Fitotec. Mex.* 29:33-39.
- Rosales, S. R.; Ramírez, V. P.; Acosta, G. J. A.; Castillo, G. F. y Kelly, J. D. 2000. Rendimiento de grano y tolerancia a la sequía del frijol común en condiciones de campo. *Agrociencia.* 34:153-165.
- Samper, C. M. and Adams, W. 1985. Geometric mean of stress and control yield as a selection criterion for drought tolerance. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 28:53-54.

## RESPUESTA DE GENOTIPOS DE GARBANZO EN RENDIMIENTO DE GRANO Y A ENFERMEDAD DE LA RAÍZ CAUSADA POR *Fusarium*

Ortega M. P<sup>1.</sup>, Fierros L. G. A<sup>1.</sup>, Guerrero A. B. Z.<sup>2.</sup>, Padilla V. I.<sup>3.</sup>, Acosta G. J. A.<sup>2.</sup>

<sup>1</sup>CE Costa de Hermosillo CIRNO-INIFAP; <sup>2</sup>CE Bajío CIRCE-INIFAP; <sup>3</sup>CE Norman E. Borlaug CIRNO-INIFAP. [ortega.pedro@infap.gob.mx](mailto:ortega.pedro@infap.gob.mx); [ortegampedro@gmail.com](mailto:ortegampedro@gmail.com)

### RESUMEN

El garbanzo se siembra en México principalmente en el noroeste de México, en los estados de Sinaloa, Sonora y Baja California Sur, donde se produce alrededor del 84% del total del garbanzo. Es un cultivo que posee una alta eficiencia en el uso del agua de riego que lo hace idónea para estas regiones. Las enfermedades de la raíz causadas por *Fusarium*, son una de las principales causas de bajas en el rendimiento. El mejoramiento genético es una buena arma para reducir los efectos de estas enfermedades. Con el objetivo de seleccionar material genético tolerante a *Fusarium*, se evaluaron 13 líneas avanzadas y dos testigos, en terreno con antecedentes de esta enfermedad. El terreno presentó 2,267 Unidades Formadoras de Colonia (UFC) de las cuales 1,467 fueron de *F. solani* y 800 de *F. oxysporum*. Se sembró en riego por goteo, con el manejo agronómico sugerido por el INIFAP. De los genotipos evaluados, existe material superior a los testigos utilizados, con alto rendimiento de grano y tamaño de grano adecuado para el mercado internacional, y además tolerante a la enfermedad causada por *Fusarium*. Sobresalen los genotipos HOGA 2010-31-12, HOGA 2012-31-6, HOGA 2010-23-7 y HOGA 2011-31-16 por sus atributos de producción y tamaño de grano. Es posible liberar una nueva variedad en un futuro cercano que supere a los testigos regionales utilizados.

**Palabras clave:** calibre de grano, rendimiento cribado, índice de enfermedad

### ABSTRACT

Chickpeas are planted in México mainly in the northwest of Mexico, in the states of Sinaloa, Sonora and Baja California Sur, where around 84% of the total chickpeas are produced. It is a crop that has high efficiency in the use of irrigation water, which makes it ideal for these regions. Root diseases caused by *Fusarium* are one of the main causes of yield declines. Genetic improvement is a good weapon to reduce the effects of these diseases. With the objective of selecting genetic material tolerant to *Fusarium*, 13 advanced lines and two controls were evaluated in a field with a history of this disease. The field presented 2,267 Colony Forming Units (CFU) of which 1,467 were *F. solani* and 800 were *F. oxysporum*. It was planted under drip irrigation, with the agronomic management suggested by INIFAP. Of the genotypes evaluated, there is material superior to the controls used, with high grain yield and grain size suitable for the international market, and also tolerant to the disease caused by *Fusarium*. The genotypes HOGA 2010-31-12, HOGA 2012-31-6, HOGA 2010-23-7 and HOGA 2011-31-16 stand out for their production attributes and grain size.

**Key words:** grain size, screened yield, disease index

## INTRODUCCION

El garbanzo es una planta del ciclo de invierno con características idóneas para zonas con baja cantidad de agua disponible para la producción adecuada de grano. En el noroeste de México, que comprende los estados de Sinaloa, Sonora y Baja California Sur, se han sembrado anualmente en promedio de los ciclos 2020 a 2024, 73,924 ha, con una producción promedio de 144,544 toneladas de grano por año y valor de la producción anual de aproximadamente 2,062 millones de pesos (SIAP, 2024). En esta región se cosecha alrededor del 84% del garbanzo que se produce en México. Esta producción casi en su totalidad es para exportación principalmente hacia los países de Oriente Medio. Una de las principales limitantes son las pudriciones de planta causada principalmente por el hongo *Fusarium* spp. El desarrollo y uso de cultivares de alto rendimiento resistentes a la(s) raza(s) patogénica(s) prevaleciente(s) en un área determinada es la medida de control de enfermedades individual más práctica y rentable para el manejo de la enfermedad (Jiménez-Díaz, Castillo, Jiménez-Gasco, Landa and Navas-Cortés, 2015)., por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar material genético obtenido en el Programa de Mejoramiento Genético de Garbanzo del INIFAP, con sede en Hermosillo, Sonora y en Culiacán, Sinaloa, en condiciones de alta presencia de este hongo.

## MATERIALES Y METODOS

Se evaluaron 15 genotipos de garbanzo provenientes de los programas de Mejoramiento Genético de Garbanzo del INIFAP, que incluyó a dos variedades liberadas como testigos, en un sistema de riego por goteo, en rotación por al menos 6 ciclos de garbanzo, con antecedentes de infección en la raíz por el hongo *Fusarium*, causando secadera de plantas (“rabia”) y baja en la producción y calidad del grano. Las poblaciones de *Fusarium* spp detectadas mediante análisis de laboratorio en el área de evaluación fueron de 2,267 Unidades Formadoras de Colonia (UFC) de las cuales 1,467 fueron de *F. solani* y 800 de *F. oxysporum*. Se estableció en camas a 1.6 m de separación y doble hilera de siembra a 50 cm entre ellas. Se sembró el 27 de diciembre 2023, con manejo agronómico recomendado por el INIFAP. Se cuantificó la incidencia de secadera de plantas mediante la escala propuesta por CIAT, 1987, donde 1 no se detecta síntomas visibles de la enfermedad, y 9, muerte de mas del 75% de las plantas. Las parcelas experimentales fueron de 1 cama de 5 m de largo y la parcela útil fue de 8 m<sup>2</sup>. Los genotipos se evaluaron utilizando un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Se estimó el rendimiento de grano de origen (de campo) y cribado, éste se obtuvo pasando una muestra por una malla con perforaciones de 9 mm. Se obtuvo el calibre de grano contando el número de granos en 30 g. Los datos se analizaron con el paquete estadístico JMP® de SAS. Se obtuvo el grado de correlación entre rendimiento e incidencia de la enfermedad utilizando la tabla de contingencia de Pearson. A los 111 días después de la siembra se tomaron las notas de incidencia de secadera de plantas por *Fusarium*, que coincidió con la etapa de llenado de grano.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Hubo alta significancia estadística ( $p > 0.99$ ) en los datos de rendimiento de grano de origen y cribado, así como en el calibre de grano de origen y cribado y el porcentaje de grano

cribado de los genotipos evaluados. La presencia de *Fusarium* fue determinante para la productividad de los genotipos. El rendimiento de grano de origen y cribado estuvieron altamente correlacionadas negativamente con la lectura del índice de *Fusarium* ( $p=-0.93$  y  $-0.92$ , respectivamente), donde los valores bajos indican baja incidencia de la enfermedad (Cuadro 1).

Los resultados de rendimiento de grano de campo indicaron que los genotipos más rendidores fueron HOGA 2010-31-12, HOGA 2012-31-6, HOGA 2006-40-8, HOGA 2010-23-7, HOGA 2010-29-16, HOGA 2011-31-16, Blanco Sinaloa-92 y CUGA-09-2031 con 3,024, 2,950, 3,062, 2,941, 2,934, 2,702, 2,929 y 2,696 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. En cuanto al rendimiento cribado, sobresalieron las líneas HOGA 2010-31-12 y HOGA 2012-31-6 con 2,840 y 2,791 kg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 1). Estas líneas presentaron valores bajos de índice de *Fusarium*, los que indica tolerancia a la enfermedad en los niveles de UFC que se presentaron en este ciclo. Los valores más altos de índice de *Fusarium* fueron con los genotipos HOGA 2010-29-22, HOGA 2010-4-19, HOGA 2008-6-1 y HOGA 2015-25-4, lo que indica la susceptibilidad de estos materiales a *Fusarium*, y por ende obtuvieron bajos rendimientos de grano.

Cuadro 1. Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) de grano de origen y cribado e incidencia de *Fusarium* en genotipos de garbanzo en suelo infestado.

Genotipo	Rendimiento de origen†		Rendimiento cribado		Índice <i>Fusarium</i> ‡
HOGA 2010-31-12	3,024	a	2,840	a	2
HOGA 2012-31-6	2,950	a	2,791	a	2
HOGA 2006-40-8	3,062	a	2,693	ab	2
HOGA 2010-23-7	2,941	a	2,675	ab	2
HOGA 2010-29-16	2,934	a	2,650	ab	2
HOGA 2011-31-16	2,702	a	2,553	ab	3
Blanco Sinaloa-92	2,929	a	2,521	ab	2
CUGA-09-2031	2,696	a	2,472	ab	1
HOGA 2006-27-1	2,561	ab	2,293	ab	3
Blanoro	2,613	ab	2,285	ab	2
HOGA 2010-29-20	2,447	ab	1,989	bc	2
HOGA 2010-29-22	1,871	b	1,495	c	6
HOGA 2010-4-19	755	c	433	d	8
HOGA 2008-6-1	719	c	388	d	9
HOGA 2015-25-4	602	c	245	d	9
Sign Estadística. §	**		**		

†, Valores con la misma letra dentro de la columna son iguales estadísticamente Tukey, 0.05.

‡, CIAT, 1987. Donde 1, no hay presencia de la enfermedad y 9, más del 75% de las plantas muertas.

§, Sign. Estadística, \*\*, altamente significativo,  $p>0.99$ .

Los atributos del grano son muy importantes en garbanzo, ya que el precio de venta depende del tamaño del grano, denominado calibre. Entre más grande el grano, mayor es

el precio que se paga. De los genotipos evaluados en este ensayo, HOGA 2010-31-12, HOGA 2012-31-6, HOGA 2010-23-7, HOGA 2011-31-16 y HOGA 2006-27-1 fueron los que produjeron los granos de mayor tamaño y el porcentaje de grano cribado superior a 90%. Además presentaron tolerancia a enfermedad de la raíz causada por *Fusarium* y rendimiento entre 2,293 y 2,840 kg ha<sup>-1</sup>. Los genotipos que fueron mas sensibles a la infección por *Fusarium* como HOGA 2010-4-19, HOGA 2008-6-1 y HOGA 2015-25-4 presentaron los granos de menor tamaño, así como el menor porcentaje de grano cribado que coincide por lo establecido por Fierros *et al* 2021. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Calibre de grano de origen y cribado, y porcentaje de grano cribado de genotipos de garbanzo.

Genotipo	Calibre de origen †		Calibre grano cribado †		Porcentaje de cribado ‡	
HOGA 2010-31-12	43	d	41	e	94	a
HOGA 2012-31-6	45	cd	42	e	94	a
HOGA 2006-40-8	48	cd	45	cde	88	a
HOGA 2010-23-7	45	cd	43	de	91	a
HOGA 2010-29-16	46	cd	44	cde	91	a
HOGA 2011-31-16	43	d	41	e	94	a
Blanco Sinaloa-92	50	cd	44	de	86	a
CUGA-09-2031	46	cd	44	cde	92	a
HOGA 2006-27-1	45	cd	43	e	90	a
Blanoro	50	cd	45	bcde	87	a
HOGA 2010-29-20	50	cd	48	abcd	81	a
HOGA 2010-29-22	54	bc	49	abc	80	a
HOGA 2010-4-19	71	a	50	a	45	b
HOGA 2008-6-1	61	b	50	ab	51	b
HOGA 2015-25-4	73	a	52	a	38	b
Sign Est. §	**		**		**	

†, Calibre, número de granos en 30 g

‡, Porcentaje de cribado, porcentaje de granos obtenidos al pasar por una malla con perforaciones de 9 mm de diámetro.

### CONCLUSIONES

De los genotipos evaluados, existe material superior a los testigos utilizados, con alto rendimiento de grano y tamaño de grano adecuado para el mercado internacional, y además tolerante a la enfermedad causada por *Fusarium*. Sobresalen los genotipos HOGA 2010-31-12, HOGA 2012-31-6, HOGA 2010-23-7 y HOGA 2011-31-16 por sus atributos de producción y tamaño de grano. Es posible liberar una nueva variedad en un futuro cercano que supere a los testigos regionales utilizados.

### REFERENCIAS

- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Standard system for the evaluation of bean germplasm. van Schoonhoven, A. and Pastor-Corrales, M.A. (compilers). Cali, Colombia. 54 p.
- Fierros L. G. A., P. F. Ortega M., J.A. Acosta G. e I. Padilla V. 2021. Comportamiento de 10 líneas avanzadas y tres variedades de garbanzo de grano blanco en riego por goteo en la Costa de Hermosillo, Sonora. p. 92-95. *In*. Memoria Simposio Nacional de Garbanzo IX. Hermosillo, Sonora, México.
- Jiménez-Díaz, Rafael M., Pablo Castillo, María del Mar Jiménez-Gasco, Blanca B. Landa and Juan A. Navas-Cortés. 2015. Fusarium wilt of chickpeas: Biology, ecology and management. *Crop Protection*, 73, 16-27. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.02.023>
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP. 2024. Consulta en línea, 31 de julio 2024. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>

## PROGRAMACIÓN GENÉTICA: FUNDAMENTOS, APLICACIONES Y POSIBILIDADES EN EL MODELADO HIDROLÓGICO

Ruiz-Ortega, FJ<sup>1\*</sup>; Fortis-Hernández, M<sup>1</sup>; Medinaveitia Sandoval Luis Fernando<sup>2</sup>; Lozano-Jiménez, Luz María<sup>2</sup>; Tobar-Gutiérrez, Javier<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/I.T. Torreón. Antigua Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Torreón, Coahuila, México. C.P. 27170. Tel: (871) 1117279.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México/I.T. La Laguna. Blvd. Revolución y, Av. Instituto Tecnológico de La Laguna s/n, Primero de Cobián Centro, 27000 Torreón, Coah.

\*Autor para correspondencia: [ruiz6812@hotmail.com](mailto:ruiz6812@hotmail.com)

### RESUMEN

La modelización hidrológica es crucial para la planificación y gestión de recursos hídricos, especialmente en regiones con estrés hídrico, donde una gestión efectiva es vital. Sin embargo, debido a la complejidad y dinámica de las interacciones hidrometeorológicas, lograr una modelización precisa y fiable de los sistemas de recursos hídricos sigue siendo un desafío considerable. A pesar del desarrollo y la adopción de diversas técnicas de modelización, el progreso en este campo ha sido lento debido a la incertidumbre en las metodologías y resultados. En respuesta, las técnicas de computación evolutiva (EC), como la programación genética (GP), han surgido como herramientas prometedoras para abordar problemas hidrológicos con soluciones precisas. Esta investigación revisa los principios, necesidades metodológicas y aplicaciones de GP, destacando su capacidad para resolver problemas como estimar la evapotranspiración, precipitación, la modelización lluvia-escorrentía, la previsión de caudales, el transporte de sedimentos, la calidad del agua y las aguas subterráneas, entre otras. Además, se exploran formas de aprovechar estas oportunidades en el futuro cercano. Se hace un llamado a la adopción generalizada de GP y sus variantes en estudios hidrológicos para mejorar la modelización de recursos hídricos y apoyar la toma de decisiones de manera más efectiva.

Palabras clave: computo suave, computo evolutivo, programación genética, modelización hidrológica.

### ABSTRACT

Hydrological modeling is crucial for the planning and management of water resources, particularly in water-stressed regions where effective management is essential. However, due to the complexity and dynamic nature of hydro-meteorological interactions, achieving accurate and reliable modeling of water resource systems remains a significant challenge. Despite the development and adoption of various modeling techniques, progress in this field has been slow due to uncertainties in methodologies and results. In response, evolutionary computation (EC) techniques, such as genetic programming (GP), have emerged as promising tools for addressing hydrological problems with precise solutions. This paper reviews the principles, methodological requirements, and applications of GP, highlighting its



effectiveness in solving issues such as evapotranspiration estimation, precipitation, rainfall-runoff modeling, streamflow forecasting, sediment transport, water quality, and groundwater modeling. Additionally, the paper explores ways to leverage these opportunities in the near future. A call is made for the widespread adoption of GP and its variants in hydrological studies to enhance water resource modeling and support more effective decision-making.

Keywords: soft computing, evolutionary computation, genetic programming, hydrological modeling.

## INTRODUCCIÓN

La Programación Genética (GP), desarrollada por Koza (John, 1992), es un tipo de algoritmo evolutivo (EA) basado en el "principio de supervivencia del más apto", que se inspira en los procesos de evolución natural y genética. Aunque GP es relativamente nueva en comparación con otras técnicas de EA, como la programación evolutiva (EP), los algoritmos genéticos (GA) y las estrategias evolutivas (ES) (Babovic & Keijzer, 2000), ofrece enfoques distintivos. A diferencia de los GA, que generan soluciones en forma de cadenas binarias, GP produce resultados en forma de programas informáticos o ecuaciones (Shreenivas Londhe & Shrikant Charhate, 2010). GP es una técnica de modelado basada en datos que emplea una búsqueda poblacional para generar y evolucionar soluciones candidatas a un problema mediante operadores genéticos específicos. A diferencia de otros modelos basados en datos (DDMs), como las redes neuronales artificiales (ANNs), los sistemas basados en reglas difusas (FRBS) y los modelos de árboles (MTs), GP proporciona estructuras matemáticamente significativas con parámetros óptimos que relacionan las variables de entrada y salida del sistema (Babovic & Rao, 2010). GP se utiliza principalmente en regresión simbólica, con el objetivo de descubrir relaciones funcionales entre las variables de entrada y salida, ya sean lineales, cuadráticas o polinomios de mayor orden. Este enfoque permite optimizar simultáneamente tanto la estructura del modelo como los coeficientes numéricos. El algoritmo GP se basa en dos componentes principales: los conjuntos de terminales y las funciones, que constituyen los bloques fundamentales para crear los miembros de la población en el espacio de búsqueda de GP.

### Representación de GP

Los programas de Programación Genética (GP) se representan generalmente como árboles sintácticos, que están compuestos por conjuntos de terminales y funciones. El conjunto de terminales, conocido comúnmente como "Terminales", incluye las variables independientes y las constantes, también denominadas "hojas del árbol", que actúan como entradas para el problema (Poli et al., 2008). Por ejemplo, un conjunto de terminales puede estar compuesto por variables que influyen en un proceso hidrológico específico. Dado que GP se utiliza a menudo como una técnica de regresión, las constantes numéricas (o coeficientes) que ajustan la estructura del modelo a la salida deseada se determinan en etapas posteriores. Así, las variables de entrada y las constantes numéricas conforman el conjunto de terminales, cuyo objetivo es encontrar una fórmula que utilice estas variables para generar la salida deseada (Babovic & Keijzer, 2000).

El conjunto de funciones, por su parte, está compuesto por una serie de funciones específicas del dominio que se combinan con los terminales para permitir que el algoritmo genere soluciones candidatas al problema. Este conjunto puede incluir operadores

aritméticos básicos, funciones matemáticas (como sen, cos, tan, log, ln, exp), operadores booleanos (AND, OR, NOT), expresiones lógicas (IF-THEN-ELSE), funciones iterativas (DO-UNTIL) y cualquier otra función definida por el usuario. Aunque el programa puede representarse de manera lineal, también es común utilizar una representación explícita en forma de árbol. La Figura 1 muestra un ejemplo de notación de árbol de sintaxis para un modelo matemático, donde  $y' = (x+x)/\sin(9.34*x)$ , que es una combinación de funciones y terminales (donde  $y'$  es la salida prevista).

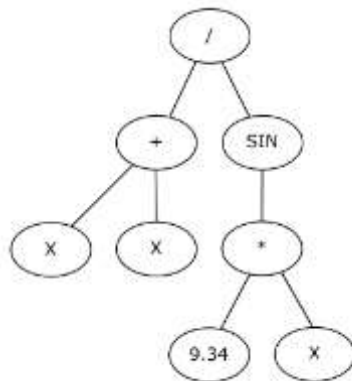


Figura 1. Representación en árbol de la expresión matemática.

El conjunto de funciones y terminales permisibles conforma lo que se conoce como el conjunto primitivo, un componente crucial del espacio de búsqueda en un sistema de Programación Genética (GP). Babovic y Keijzer (Babovic & Keijzer, 2000) señalaron que este conjunto primitivo debe cumplir con dos propiedades esenciales: la propiedad de "cerradura" y la propiedad de "suficiencia". La propiedad de cerradura implica que cualquier subárbol dentro del árbol puede ser intercambiado con otro en cualquier ubicación del mismo. Además, garantiza que todas las funciones del conjunto puedan aceptar cualquier entrada de los terminales y devolver un valor bien definido. Por ejemplo, si una función de división recibe una "entrada no válida", como un cero, podría generar un valor indefinido, lo cual podría distorsionar el funcionamiento del algoritmo [1]. Para evitar esto, dichas funciones suelen ser protegidas configurándolas para devolver un valor específico cuando enfrentan entradas no válidas. Siguiendo el ejemplo, la función de división podría configurarse para devolver un 1 cuando la entrada sea cero, es decir,  $\text{división}(x) = 1$ .

Por otro lado, la propiedad de suficiencia asegura que los elementos del conjunto primitivo sean capaces de expresar una solución al problema planteado. Poli et al. (Poli et al., 2008) afirmaron que "cuando un conjunto primitivo es insuficiente, GP solo puede desarrollar programas que aproximen la solución deseada". Sin embargo, añadieron que esta aproximación, en muchos casos, puede ser suficientemente precisa para cumplir con los objetivos del usuario.

Una vez establecido el conjunto primitivo, es fundamental evaluar la calidad de los elementos dentro del espacio de población. Para ello, se asigna una "función de aptitud" (también conocida como "función objetivo") a cada miembro de la población, la cual mide el rendimiento de cada programa individual. Esta función de aptitud evalúa la precisión del programa calculando la diferencia entre los valores reales y los valores predichos, utilizando medidas de error como el error cuadrático medio (RMSE), el error medio cuadrático (MSE),

entre otras (Babovic & Keijzer, 2000). Dependiendo del objetivo del modelo, esta función puede ser minimizada o maximizada. Además, se puede utilizar el concepto de "aciertos" para evaluar el rendimiento del programa, donde un acierto se define como un punto de datos correctamente predicho dentro de un intervalo de tolerancia. Sin embargo, este enfoque tiene una limitación: clasifica cada punto de datos como un "acierto" o un "fallo", lo que puede permitir que un modelo menos preciso comparta la misma función objetivo que otro más preciso.

## **Inicialización de GP**

El primer paso en la implementación de la Programación Genética (GP) es crear aleatoriamente una población inicial para un tamaño de población dado. La población inicial se crea a menudo de manera aleatoria para proporcionar una cobertura inicial satisfactoria del espacio de búsqueda. Además, es un proceso computacional económico que no requiere conocimientos previos del modelador. Se emplean diferentes métodos para generar aleatoriamente la población inicial del espacio de búsqueda.

Estos métodos incluyen el método completo, el método de crecimiento y el método de medio y medio escalonado. En el método completo, los nodos del árbol se generan únicamente a partir del conjunto de funciones hasta alcanzar una profundidad máxima preasignada, momento en el cual solo se pueden elegir terminales. El método se denomina método completo porque genera árboles completos, con todas las hojas a la misma profundidad. A diferencia del método completo, el método de crecimiento permite la creación de árboles con tamaños o formas variables. El método de crecimiento también permite la selección de nodos del conjunto primitivo completo, hasta alcanzar el límite de profundidad predefinido, momento en el cual solo se pueden seleccionar terminales.

El método de medio y medio escalonado, por otro lado, es una combinación del método completo y del método de crecimiento, que permite la creación de árboles con varios tamaños y formas, pero también con un número igual de árboles para la profundidad especificada. El método de medio y medio escalonado fue preferido por Koza [1] debido a su fácil implementación y uso, así como a su buena cobertura del espacio de búsqueda. Poli et al. (Poli et al., 2008), sin embargo, señalaron que cada vez que se emplea el método de medio y medio escalonado, se experimenta una alta dificultad en controlar la distribución estadística de las propiedades importantes, como el tamaño y la forma de los árboles de sintaxis generados.

Una vez que la población inicial se ha creado aleatoriamente, el siguiente paso es crear la siguiente generación de población, que implica seleccionar soluciones de programas mejores.

## **Selección**

De acuerdo con los principios de la genética, los individuos superiores tienen más probabilidades de producir una mayor cantidad de descendencia que los individuos inferiores. Por lo tanto, la Programación Genética (GP) emplea un proceso de selección (una fuerza de optimización en los algoritmos evolutivos), para centrarse en las regiones valiosas del espacio de búsqueda mediante la asignación de los valores de la función objetivo al número de descendientes producidos (Babovic & Keijzer, 2000). La selección implica el uso de operadores genéticos para elegir probabilísticamente individuos en función

de su desempeño, evaluado utilizando la función objetivo. Cuanto mejor sea la aptitud de un individuo, mayor será la probabilidad de que ese individuo sea trasladado a la siguiente generación.

Aunque se utilizan diferentes métodos de selección dentro del dominio de los algoritmos evolutivos, como la selección por truncamiento y la selección proporcional a la aptitud, el método de selección más popular empleado en GP es el método de "torneo". La selección por torneo consiste en elegir dos programas individuales al azar de la población y compararlos entre sí. El programa "más apto" gana el torneo. Una característica principal del método de torneo es que solo se considera cuál programa es mejor que otro, y no cuánto mejor (Poli et al., 2008). Esto se hace para asegurar que los programas excepcionales no eclipsen a los demás durante el proceso de selección y, posteriormente, llenen todo el espacio de búsqueda con su descendencia. Por lo tanto, da a los programas de calidad promedio la oportunidad de producir descendencia. Las ventajas de la selección por torneo sobre otros métodos son: (i) es más fácil de implementar, y (ii) proporciona una reescalación automática de la aptitud, lo que explica su amplia aceptación en GP.

### Operadores Genéticos

En GP, se utilizan dos operadores genéticos, a saber, el cruce y la mutación, para transformar los mejores programas seleccionados en una nueva generación de programas. Estos operadores genéticos funcionan aplicando ligeras modificaciones a la estructura de los programas seleccionados para lograr programas mejores o más adecuados (Figura 3). El propósito del operador de cruce (Figura 3a) es generar nuevos programas que no existían en la población antigua, para permitir un muestreo exhaustivo del espacio de búsqueda. El cruce se realiza seleccionando dos programas parentales del grupo de emparejamiento y cambiando algunas secciones correspondientes a través de un punto elegido aleatoriamente para producir dos programas descendientes diferentes con características distintas. El número de programas que experimentan cruce depende de una probabilidad predefinida de cruce. La operación de mutación (Figura 3b), en cambio, implica la modificación aleatoria de un miembro estructural de un programa parental seleccionado para crear un nuevo programa descendiente. La modificación también se realiza según una probabilidad de mutación. El proceso de evolución se lleva a cabo a lo largo de generaciones sucesivas hasta que se cumple un criterio de terminación preestablecido, y el programa generado al finalizar la ejecución se selecciona finalmente como el mejor programa que proporciona la descripción más precisa del sistema modelado.

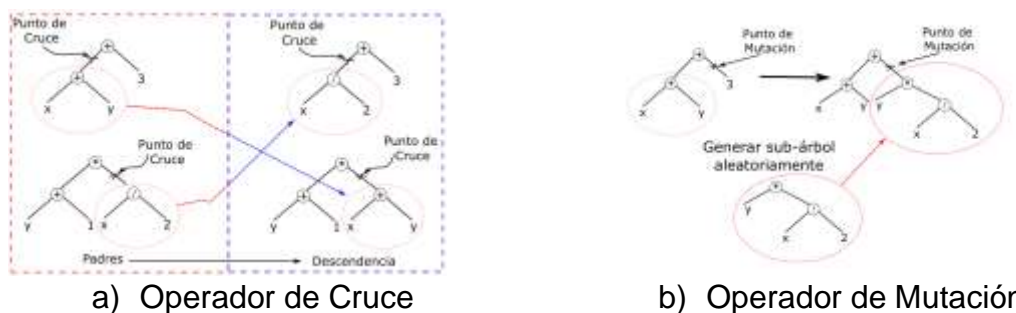


Figura 3. a) =Operador de Cruce y b) Operador de mutación realizados en programas parentales.

En general, GP evoluciona modelos en dos formas diferentes. Estos modelos pueden evolucionar ya sea en forma de programas de computadora o en forma de ecuaciones (Deo, 2009). Los modelos basados en programas consisten en códigos que pueden estar escritos en diferentes lenguajes de programación, como Assembly, Java, C o C++, lo que permite que los archivos fuente sean llamados y se les envíen nuevos datos. Por otro lado, en el enfoque basado en ecuaciones, las relaciones de entrada-salida se definen al evolucionar modelos en forma de fórmulas matemáticas. Algunos buenos ejemplos de kits de implementación de GP basados en programas y en ecuaciones incluyen Discipulus™ (Francone, 1998) y GPKernel, respectivamente.

### Aplicación de GP en la modelización hidrológica

A pesar de su estatus como una rama relativamente joven y en crecimiento de EA, GP ha sido aplicado con éxito para resolver una amplia gama de problemas relacionados con el agua. Por lo tanto, la literatura sobre sus aplicaciones es multifacética. En la Tabla 1 se presentan algunos ejemplos representativos de las principales aplicaciones de GP.

Tabla 1. Investigaciones sobre hidrología con enfoque evolutivo

#### Cómputo evolutivo para estimar la evapotranspiración

Autor	Técnica	Parámetros Entrada	Métricas
(Parasuraman et.al., 2007)	GP, ANN	Rn, Tavg, $u_2$ , HRmin, HRmax	RMSE, MARE, R
(Guyen et.al., 2008)	GEP	Rs, Tavg, TSuelo, HRmin, HRmax, VPD, $u_2$ , DirViento, Precip	MSE, $R^2$
(Kisi y Guven, 2010)	LGP, SVR, ANN	Tmax, HRmin, HRmax, Rs, $u_2$	RMSE, $R^2$ , MAE
(El-Baroudy et.al., 2010)	GEP, EPR, ANN	Rn, Tavg, TSuelo, $u_2$ , HRmin, HRmax	RMSE, MARE, R
(Izadifar y Elshorbagy, 2010)	GP, ANN, Modeloe estadísticos, Penman	Rn, TSuelo, Tavg, HRmin, HRmax, $u_2$	RMSE, MARE, R
(Shiri et.al., 2012)	GEP, ANFIS, Modelos empíricos	Tmax, Tavg, Tmin, HRmin, HRmax, Rs, $u_2$	RMSE, $R^2$ , SI
(Traore y Guven, 2012)	GEP	NR, Tavg, HRmin, HRmax, $u_2$	RMSE, $R^2$

(Karimi et.al., 2017)	SVM, GEP	Tmax, Tmin, HRmin, HRmax, Rs, $u_2$	MAE, CRM
(Kiafar et.al., 2017)	GEP, Modelos empíricos	Tmax, Tavg, Tmin, HRmin, HRmax, Rs, $u_2$	RMSE, $R^2$ , CRM
(Mehdizadeh et.al., 2017)	MARS, SVR, GEP	Tmax, Tavg, Tmin, HRmin, HRmax, Rs, $u_2$	RMSE, $R^2$ , MAE
(Traore et.al., 2017)	GEP, Penman	Tmax, Tavg, Tmin, HRmin, HRmax, luminosidad, $u_2$	RMSE, R, MAE, RRSE
(Shiri, 2017)	KP modelos empíricos y $GEP_{1-8}$	Tmax, Tmin, Tavg, HRavg, Rs, $u_2$	SI, MAE, NS
(Landeras et.al., 2018)	ANN, GEP	Tmax, Tmin, Tavg, HRmin, HRmax, HRavg, Fotoperiodo, $u_2$	RMSE, MAE, SI
(Jovic et.al., 2018)	GP	Tmax, Tavg, Tmin, HRmin, HRmax, Fotoperiodo, $u_2$	RMSE, $R^2$
(Mattar y Alazba, 2019)	GEP, MLR, Penman	Tmax, Tmin, HRavg, Rs, $u_2$	RMSE, R, MAE
(Shiri, 2019)	GEP	Tmax, Tavg, Tmin, HRmin, HRmax, Fotoperiodo, $u_2$	IOA, RMSE, NS
(Shiri et.al., 2019)	GEP, Modelos empíricos	Tmax, Tavg, Tmin, Ra, Rs	SI, NS

### Áreas de Preocupación

Los investigadores han señalado algunos problemas importantes relacionados con la aplicación de GP en estudios relacionados con el agua. Algunas críticas han seguido a la generación de formulaciones matemáticas por parte de GP, ya que su combinación de múltiples funciones elementales a menudo resulta en modelos extremadamente complejos que pueden ser demasiado difíciles de interpretar (Keijzer & Babovic, 1999), (Solomatine & Ostfeld, 2008). Keijzer y Babovic (Keijzer & Babovic, 1999) argumentaron que la complejidad de estas fórmulas puede llevar a que GP produzca modelos con una sintaxis precisa, pero con semántica sin sentido. Posteriormente, se hizo un caso para la introducción de dimensiones en el paradigma de GP.

Otro desafío importante que enfrentan los modeladores en el uso de GP es la selección de configuraciones de parámetros apropiados para controlar la ejecución del algoritmo. La convergencia del algoritmo GP al óptimo global depende de los parámetros que rigen el proceso de evolución (Babovic & Rao, 2010). Sin embargo, se debe tener precaución al

configurar estos parámetros, ya que las configuraciones óptimas varían de una aplicación a otra. Por lo tanto, para un problema dado, a menudo se realizan múltiples ejecuciones utilizando diferentes configuraciones de parámetros y se comparan las soluciones. Esta tarea a menudo se considera altamente laboriosa y también requiere mayores recursos computacionales.

La capacidad de GP para encontrar la solución óptima en horizontes de pronóstico más largos también ha generado algunas preocupaciones entre los usuarios de GP, ya que la precisión del pronóstico tiende a deteriorarse con el aumento del horizonte de pronóstico. Jayawardena et al. [15] en su estudio observaron la incapacidad de GP para capturar la transformación compleja de lluvia-escorrentía cuando se aplica a una cuenca con pendiente pronunciada, caracterizada por altos picos de descarga con pendientes pronunciadas en el aumento y la recesión. Sin embargo, reconocieron el desempeño satisfactorio de GP cuando se aplicó a otras dos cuencas en intervalos de tiempo más cortos. Además, Babovic y Keijzer (Babovic & Keijzer, 2000) anteriormente notaron que la capacidad de GP para encontrar la solución óptima depende de la magnitud de los valores numéricos y sus dimensiones. Así, la diferencia en la magnitud y las dimensiones de las variables de entrada a menudo dificulta que GP escale las variables a valores utilizables.

Finalmente, la capacidad de generalización de las soluciones de GP está influenciada por los fenómenos de hinchazón y sobreajuste, lo que significa el crecimiento excesivo de programas sin límites y sin ninguna mejora en la aptitud de la población. El aumento en el tamaño del código es un efecto de los llamados intrones, partes del árbol que no afectan la funcionalidad de la solución. Hacia el final de una ejecución de GP, los intrones crecen rápidamente y comprenden casi todo el código mientras el proceso de optimización se estanca (Bleuler et al., 2001). Esto lleva, en consecuencia, a un uso excesivo de tiempo de CPU y memoria, junto con una generalización inadecuada. Este es un problema importante que preocupa a la comunidad investigadora de GP y sigue generando más estudios.

### **Ventajas y Desventajas**

Se ha encontrado que GP presenta varias ventajas sobre otros Modelos de Decisión Dinámicos (DDMs). Su principal ventaja es su capacidad para generar programas que pueden simular de manera eficiente procesos complejos utilizando expresiones simbólicas (Elshorbagy & El-Baroudy, 2009). Otra ventaja de GP sobre métodos robustos como las Redes Neuronales Artificiales (ANN) es que genera una representación transparente y estructurada del sistema que se está modelando, sin requerir una identificación previa de la estructura del modelo (Giustolisi & Savic, 2006). Esto contrasta con el enfoque de ANN, donde la estructura de la red y el algoritmo de entrenamiento deben definirse de antemano, y solo se realiza la optimización de los parámetros de la red (pesos y sesgos). En cambio, en GP tanto la estructura del modelo como sus parámetros están siendo optimizados, ya que ambos forman parte del proceso de búsqueda (Babovic & Keijzer, 2002). Esto le da a GP la capacidad de identificar automáticamente las variables de entrada que contribuyen de manera beneficiosa al modelo y descartar las que no lo hacen (Jayawardena et al., 2005), reduciendo así la dimensionalidad del modelo. Además, GP evoluciona modelos capaces de ofrecer una visión física sobre las interacciones de entrada-salida inherentes en el sistema modelado, a diferencia de las ANN, donde todavía existe dificultad para extraer conocimiento de los parámetros de la red (Sudheer, 2005).

Por otro lado, GP tiene sus propias limitaciones. Principalmente, GP no es muy eficaz para encontrar constantes, y más importante aún, tiende a producir funciones más complejas a medida que aumenta el horizonte de pronóstico (Giustolisi & Savic, 2006).

## CONCLUSIÓN

Esta investigación ha ofrecido una revisión detallada de los principios y técnicas para la implementación de la Programación Genética (GP), destacando diversas aplicaciones en el ámbito hidrológico. Las aplicaciones revisadas demuestran que GP es capaz de resolver problemas complejos de modelado hidrológico y, además, ofrece un rendimiento predictivo superior en comparación con otros DDMs. Por tanto, la comunidad de modelado hidrológico puede beneficiarse significativamente de las múltiples oportunidades que GP presenta. Estas incluyen la fácil integración con otros DDMs (hibridación de modelos) para el modelado complementario, el acoplamiento con modelos basados en procesos para reducir la incertidumbre y mitigar desafíos de sensibilidad, así como la mejora de la capacidad de generalización de los modelos cuando los conjuntos de datos son limitados. Aunque en esta revisión se han identificado algunas inquietudes en la implementación de GP, las ventajas de su aplicación superan con creces los inconvenientes. Estas inquietudes orientarán futuras investigaciones en la comunidad de modelado hidrológico y seguirán siendo un tema de debate en diversos ámbitos de la computación suave, desde la perspectiva de los expertos en TI hasta la de los modeladores hidrológicos.

## REFERENCES

- Babovic, V., & Keijzer, M. J. H. R. (2002). Rainfall runoff modelling based on genetic programming. *33(5)*, 331-346.
- Babovic, V., & Keijzer, M. J. J. o. H. (2000). Genetic programming as a model induction engine. *2(1)*, 35-60.
- Babovic, V., & Rao, R. (2010). Evolutionary computing in hydrology. In *Advances In Data-Based Approaches For Hydrologic Modeling And Forecasting* (pp. 347-369). World Scientific.
- Bleuler, S., Brack, M., Thiele, L., & Zitzler, E. (2001). Multiobjective genetic programming: Reducing bloat using SPEA2. *Proceedings of the 2001 Congress on Evolutionary Computation (IEEE Cat. No. 01TH8546)*,
- Deo, M. J. I. J. o. H. E. (2009). Recent Data Driven Methods and Applications in Coastal and Hydrologic Dataanalysis. *15(sup1)*, 310-327.
- Elshorbagy, A., & El-Baroudy, I. J. J. o. H. (2009). Investigating the capabilities of evolutionary data-driven techniques using the challenging estimation of soil moisture content. *11(3-4)*, 237-251.
- Francone, F. D. J. M. L. T., Inc., Littleton, Colorado. (1998). *Discipulus owner's manual*.
- Giustolisi, O., & Savic, D. A. J. J. o. H. (2006). A symbolic data-driven technique based on evolutionary polynomial regression. *8(3)*, 207-222.



- Jayawardena, A., Muttill, N., & Fernando, T. (2005). Rainfall-runoff modelling using genetic programming. International Congress on Modelling and Simulation, Modelling and Simulation, MODSIM05 Proceedings,
- John, R. (1992). Koza. Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection. In: MIT press Cambridge, MA.
- Keijzer, M., & Babovic, V. (1999). Dimensionally aware genetic programming. Proceedings of the 1st Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation-Volume 2,
- Poli, R., Langdon, W., & McPhee, N. J. U. L. (2008). A field guide to genetic programming. Lulu Enterprises.
- Shreenivas Londhe, S. L., & Shrikant Charhate, S. C. (2010). Comparison of data-driven modelling techniques for river flow forecasting.
- Solomatine, D. P., & Ostfeld, A. J. J. o. h. (2008). Data-driven modelling: some past experiences and new approaches. *10*(1), 3-22.
- Sudheer, K. J. J. o. H. E. (2005). Knowledge extraction from trained neural network river flow models. *10*(4), 264-269.

## PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO CON ALTA DENSIDAD DE POBLACIÓN Y RIEGO POR GOTEO EN LA COMARCA LAGUNERA

### FORAGE CORN PRODUCTION WITH HIGH PLANT DENSITY AND DRIP IRRIGATION IN THE COMARCA LAGUNERA

Reyes G. A.<sup>1§</sup>, Servín P. M.<sup>2</sup>, Puente V. C. O.<sup>3</sup>, Sánchez D. J. I.<sup>1</sup> y Anaya D. A.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental La Laguna. Matamoros, Coahuila.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Zacatecas, Zacatecas.

<sup>3</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta y Atmosfera. Gomez Palacio, Durango.

§Autor para correspondencia: [reyes.arturo@inifap.gob.mx](mailto:reyes.arturo@inifap.gob.mx)

#### RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar la producción de cuatro híbridos de maíz forrajero con alta densidad de población y riego por goteo en Comarca Lagunera. El estudio se realizó en el ciclo de primavera 2024. Se evaluaron cuatro híbridos de maíz (2620, Zamorano, P3270, y P3097), bajo un sistema de riego por goteo subsuperficial y alta densidad de población. El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones. De acuerdo con los resultados obtenidos, el híbrido con mayor rendimiento de forraje verde, forraje seco y eficiencia en el uso de agua fue el híbrido P3270. Por lo tanto, si se quiere tener altos rendimientos en maíz forrajero en la Cámara Lagunera se tendrá que sembrar el híbrido P3270 con una densidad de población de 150 mil plantas por hectárea, sembrado a doble hilera y riego por goteo.

**Palabras Clave:** híbridos de maíz, riego por goteo, rendimiento

#### ABSTRACT

The aim was to evaluate the production of four forage corn hybrids with high plant density and drip irrigation in Comarca Lagunera. The study was carried out in the spring 2024 growing season. Four corn hybrids (2620, Zamorano, P3270, and P3097) were evaluated under a subsurface drip irrigation system and high plant density. The experiment was arranged as a randomized complete blocks design with three replicates. According to the results, the hybrid with highest yield of green forage, dry forage and in water use efficiency was the hybrid P3270. Therefore, if you want to have high yields in forage corn in the Comarca Lagunera, you will have to plant the hybrid P3270 with a plant population density of 150 thousand plants per hectare, planted in twin rows and drip irrigation.

**Key words:** corn hybrids, drip irrigation, yield

#### INTRODUCCIÓN

Se espera que la población mundial alcance más de nueve mil millones para 2050. Como resultado, el recurso agua será limitado a escala global, por lo que el manejo del vital líquido en la agricultura deberá ser más eficiente para garantizar la seguridad alimentaria (Fatahi *et al.*, 2022). Una opción viable para mejorar la producción de alimento es cambiar del riego convencional (superficie) al riego por goteo y usar altas densidades de población.

El riego por goteo es un método moderno que mejora la eficiencia del recurso hídrico, ya que aplica agua y fertilizante de manera directa a la zona radical de la planta; lo que contribuye a mejorar el rendimiento del cultivo. El riego se debe aplicar de acuerdo a las necesidades hídricas del cultivo, esto depende de su etapa fenológica y condiciones climáticas (Reyes *et al.*, 2023a). El agua de riego no solo beneficia a los cultivos al satisfacer su demanda de agua, sino que también crea un enfriamiento por transpiración que mitiga el estrés térmico de los cultivos. Además, el riego hace que el rendimiento de los cultivos dependa menos del clima (temperatura), amortiguando la variabilidad del rendimiento ante las fluctuaciones climáticas.

Por otro lado, el sistema de producción de maíz se caracteriza por sembrarlo en surcos de 76 cm, a una densidad de población de 100 mil plantas por hectárea, aunque sin obtener los rendimientos potenciales. Por esta razón, si se quiere incrementar los rendimientos, se tendrá que buscar nuevos sistemas de producción por ejemplo el establecimiento de altas densidades de población.

El uso de altas densidad de población son una alternativa para aumentar los rendimientos de materia seca en maíz. A su vez Chura *et al.*, (2019), reportaron mayores rendimientos al incrementar la densidad de población en diferentes híbridos de maíz. En general los sistemas de producción a doble hilera se han adoptado como una alternativa para aumentar los rendimientos en comparación con el sistema de surco sencillo a 76 cm. Pinter *et al.*, (1990) concluyen que las altas densidades de población en maíz pueden reducir la calidad del forraje, debido principalmente al menor contenido de grano, sin embargo, existe una respuesta diferente de acuerdo a las características de los genotipos de maíz.

El maíz es utilizado como forraje verde o ensilaje, el cual sirve como alimento para el ganado bovino. En Estados Unidos, Argentina y en algunos países de Europa, es común el uso del maíz para ensilaje, debido a su alto rendimiento que oscila entre 40 a 95 toneladas por hectárea (Wang *et al.*, 1995). En la Comarca Lagunera el maíz forrajero ocupa el primer lugar en superficie con casi 50 mil has (SADER, 2023). Por lo anterior el objetivo del trabajo fue evaluar la producción de cuatro híbridos de maíz forrajero con alta densidad de población y riego por goteo en Comarca Lagunera.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el INIFAP Campo Experimental La Laguna de Matamoros, Coahuila. La siembra se realizó en seco en un suelo de textura migajón arcillosa-arenosa el 15 de marzo de 2024 con los híbridos de maíz 2620, Zamorano, P3270 y P3097. Los cuales son de hoja semi-erecta, ideal para altas densidades de población (150 mil plantas por hectárea). La dosis de fertilización fue: 300-100-00 (N, P, K). Como fuente de nitrógeno se utilizó UAN-32 y de fósforo ácido fosfórico. Las 300 y 100 unidades provienen de la extracción unitaria estimada de nitrógeno de 14 kg de N/t de materia seca (MS) y de fosforo 7.2 kg de P/t de MS. Los nutrientes se fraccionaron e inyectaron semanalmente de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo, mediante el sistema de riego utilizando un inyector Venturi. El diseño experimental que se utilizó fue bloques completos al azar con tres repeticiones. Las parcelas experimentales fueron ocho surcos de 6 m de largo y 0.76 m de separación entre surcos (36.48 m<sup>2</sup>) por cada híbrido. Para obtener la alta densidad (150 mil) la separación entre doble hilera fue de 20 cm y la separación entre plantas fue de 17.5 cm. La cinta de riego que se utilizó fue la RO DRIP 8 mil (Rivulis Irrigation Inc., San Diego, CA, EUA) con espesor de pared de 0.2 mm y diámetro interior de 16 mm, con emisores a 0.2 m y caudal de 2.5 L h<sup>-1</sup> por metro lineal. La cintilla se colocó a 15 cm de profundidad, con

distancia entre ellas de 0.76 m. El riego se aplicó cada tercer día. La presión de operación del sistema de riego fue 0.05 Mpa. La calendarización de los riegos fue en base a la evapotranspiración de referencia (ET<sub>r</sub>), la ET<sub>r</sub> se tomó de un atmómetro (ETgage, modelo A comercializado por ETgage Company Loveland, Colorado, EUA), ubicado a 20 m del experimento. La ET<sub>r</sub> se multiplicó por el coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) para obtener la ET del cultivo (ET<sub>c</sub>).

La cosecha se llevó a cabo a los 100 DDS, donde la producción de forraje verde se calculó con el peso de la biomasa de cuatro metros lineales en los dos surcos centrales de cada tratamiento. Después, se tomó una muestra de 500 g y se secó en una estufa de aire forzado a temperatura de 65 °C durante 72 h para determinar el porcentaje de materia seca (MS). Con la producción de forraje verde y el porcentaje de MS del forraje se estimó el rendimiento de forraje seco (FS). La eficiencia en el uso del agua se determinó al dividir el peso de FS (kg ha<sup>-1</sup>) entre el volumen total de agua aplicado (m<sup>3</sup>). Para la comparación de medias entre híbridos, se utilizó la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), con el paquete estadístico SAS 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC. EUA).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Temperaturas y unidades calor

La Figura 1 muestra la temperatura máxima, mínima y promedio, además de la acumulación de unidades calor que se presentaron durante el ciclo del cultivo. La temperatura máxima osciló de 22 a 40°C, la mínima de 8 a 23°C y el promedio de 15 a 32°C. La floración de los híbridos fue cuando se acumularon 900 U.C y la cosecha se realizó cuando se alcanzaron 1640 U.C. La precipitación fue despreciable ya que durante el ciclo llovieron solo 8 mm.



Figura 1. Temperaturas y acumulación de unidades calor durante el ciclo del cultivo primavera 2024, Matamoros, Coahuila, México.

### Forraje verde

En el rendimiento de forraje verde hubo diferencia estadística significativa entre híbridos (Figura 2). Los híbridos P3270 y P3097 fueron similar estadísticamente, pero diferentes a los híbridos 2620 y Zamorano. El mayor rendimiento (82 t/ha) de forraje verde se obtuvo con el híbrido P3270 y el menor rendimiento (68 t/ha) se obtuvo con el híbrido Zamorano. Es importante mencionar que estos rendimientos son superiores a los rendimientos que se obtiene comúnmente en la Comarca Lagunera con densidades de población de 100 mil plantas por hectárea. Reyes *et al.*, 2023b obtuvieron rendimientos similares a los de este

estudio con 150 y 200 mil plantas por hectárea, ellos obtuvieron rendimientos de forraje verde de 81 t/ha con el híbrido P3201.

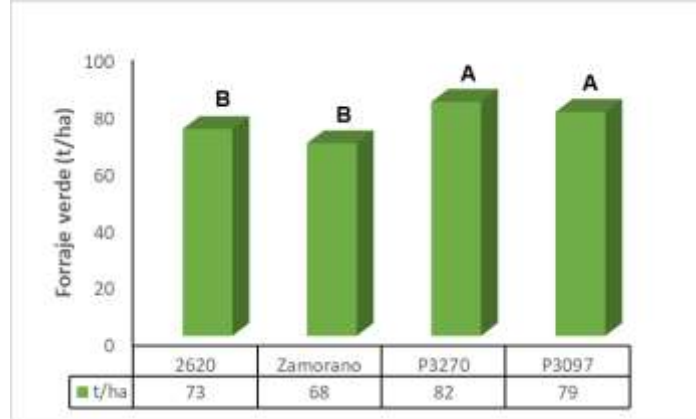


Figura 2. Producción de forraje verde de cuatro híbridos de maíz forrajero establecidos con alta densidad en el ciclo primavera 2024.

**Forraje seco**

La Figura 3 presenta el rendimiento de forraje seco de cuatro híbridos de maíz. De acuerdo con el análisis estadístico, el híbrido P3270 no muestra diferencia significativa con los híbridos P3097 y 2620, aunque estos híbridos son iguales al híbrido Zamorano. Por lo tanto, el mejor híbrido es el P3270 con 26 t/ha, mientras que el peor es el Zamorano con 22 t/ha. En el sistema de riego por goteo se han logrado obtener a nivel experimental hasta 30 t/ha con densidades de 150 y 200 mil plantas por hectárea. En la Comarca Lagunera García *et al.*, 2023 lograron rendimientos de forraje seco por arriba de 30 t/ha con altas densidades de población, mientras que en la ciudad de Querétaro en maíz forrajero establecido con altas poblaciones ha alcanzado una producción de forraje seco hasta de 32.5 t/ha (Larrondo *et al.*, 2021).

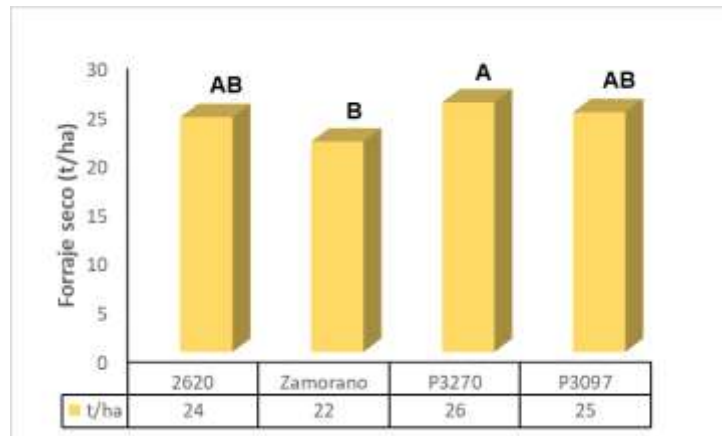


Figura 3. Producción de forraje seco de cuatro híbridos de maíz forrajero establecidos con alta densidad en el ciclo primavera 2024.

**Eficiencia en el uso de agua (EUA)**

Los valores de EUA para cuatro híbridos de maíz se muestran en la Figura 4. El análisis estadístico muestra que el híbrido P3270 fue similar a los híbridos P3097 y 2620, sin

embargo, estos híbridos son iguales al híbrido Zamorano. El híbrido que obtuvo mayor EUA fue el P3270 ( $3.38 \text{ kg/m}^3$ ) y el híbrido que obtuvo el menor valor fue Zamorano ( $2.88 \text{ kg/m}^3$ ). Los valores de EUA de esta investigación fueron similares a los reportados por Montemayor *et al.*, (2006), quienes reportaron valores de  $2.9 \text{ kg/m}^3$  y a los reportados por Ortiz *et al.*, 2022 quienes reportaron valores de  $3.4 \text{ kg/m}^3$ , aunque inferiores a los reportados por Reyes (2022) quien encontró valores de EUA de  $4.8 \text{ kg/m}^3$ .

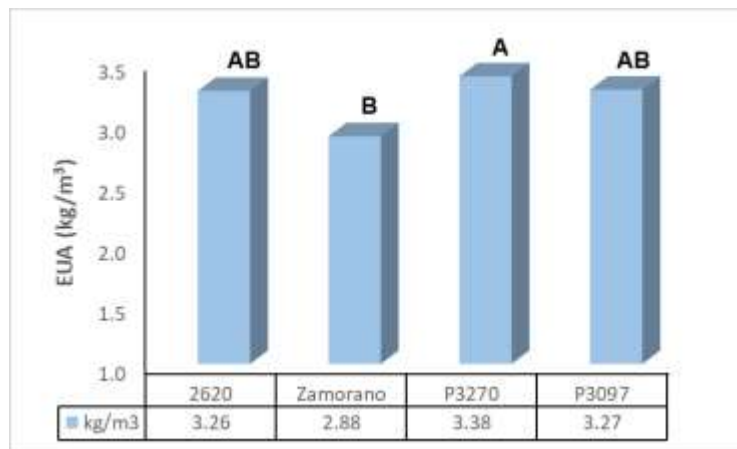


Figura 4. Eficiencia en el uso de agua (EUA) para cuatro híbridos de maíz forrajero establecidos con alta densidad en el ciclo primavera 2024.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados, el híbrido con mayor rendimiento de forraje verde fue el P3270. En cuanto a la producción de forraje seco y eficiencia en el uso de agua, el híbrido P3270 también fue el que presentó los mayores valores. Por lo tanto, si se quiere tener buenos rendimientos en maíz forrajero en la Cámara Lagunera se tendrá que sembrar el híbrido P3270 con una densidad de población de 150 mil plantas por hectárea, sembrado a doble hilera y riego por goteo.

## REFERENCIAS

- Chura, J., Mendoza-Cortez, J. W., & De la Cruz, J. C. 2019. Dosis y fraccionamiento de nitrógeno en dos densidades de siembra del maíz amarillo duro. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 241-248.
- Fatahi, N. R., Yaghoobi, P., Raeisi, V. H., Ostad, A. K., Nouri, J., Maghsoudlou, B. 2022. Correction to: Eco-hydrologic stability zonation of dams and power plants using the combined models of SMCE and CEQUALW2. *Applied Water Science* 11,109, 1-7. <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01563-6>
- García, H. J. I., Reyes, G. A., Frias, R. J. E., y Fonseca, M. A. 2023. Uso de densidades de población para incrementar el rendimiento en maíz forrajero bajo riego por goteo. *Semana Internacional de Agronomía 2023*, pp 1353-1359.
- Larrondo, O., Juárez, M., Orduña, F. y Escamilla, A. 2021. Siembra de maíz forrajero en alta densidad con surco reducido. *Revista oficial de la Unión Ganadera Regional de la Laguna*. Diciembre 2021. P 56-62.
- Montemayor, T. J. A., Gómez, M. O. Á., Olague, R. C. R., Fortis, H. M. F., Salazar, S. E., y Aldaco, N. R. 2006. Efecto de tres profundidades de cinta de riego por goteo en la eficiencia de uso

- de agua y en el rendimiento de maíz forrajero. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 44(3), 359-364.
- Ortiz, D. S. A., Reyes, G. A., Fortis H. M., Ivan, S. O., Zermeño, G. H. y Preciado, R. P. 2022. Profundidad de la cinta de riego y estiércol solarizado en la producción y calidad de maíz forrajero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. P. especial 28. pp 276-286.
- Pinter, L, Schmidt, J, Jozsa, S, Szabo J, Kelemen G. 1990. Effect of plant density on the value of forage maize. *Maydica* ;35:73-79.
- Reyes, G. A. 2022. Efecto de profundidades de cinta de riego en el rendimiento y productividad del agua en maíz forrajero. *Revista oficial de la Unión Ganadera Regional de la Laguna*. Julio 2022. P 46-52.
- Reyes, G. A., Reta, S. D. G., Sánchez, D. J. I., Preciado, R. P., Rodríguez, M. V. M., & Ruiz, A. O. 2023a. Uso del atmómetro y coeficiente de cultivo en la programación del riego en maíz forrajero. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(1), 1-14. <https://doi.org/10.19136/era.a10n1.3160>
- Reyes, G. A., Sánchez, D J. I., Servín, P. M y Puente, V. C. O. 2023b. Maíz a doble hilera y surcos angostos con riego por goteo para incrementar los rendimientos. *Desplegable para productores*, Núm. 54. Serie INIFAP.
- SADER. 2023. Delegación en la Región Lagunera, sector agropecuario, 2023. *El Siglo de Torreón*. Suplemento especial. 24 p.
- Wang, CH., Lee, L., Cheng, W., Wang, Y. C., Lee, M. y Cheng, W. 1995. Effect of planting density and nitrogen application rates on growth characteristics, grass yield and quality of forage maize. *Journal of Taiwan Livestock Research* 2 (28):125-132.

## CALIBRACIÓN DE SENSORES CAPACITIVOS PARA LA MONITORIZACIÓN DE HUMEDAD DE SUELO EN PLANTACIÓN DE ALGODÓN

‡Anaya A. S.<sup>1</sup>, Franco I. G.<sup>1</sup>, Hernández E. L.<sup>2</sup>, Bonilla O. B.<sup>2</sup>, Isidro L. M. R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INIFAP-CIRNOC, Campo Experimental La Laguna Blvd. José Santos Valdez No. 1200 Pte. Col. Centro, Matamoros, Coahuila, <sup>2</sup>INIFAP-CIRNOC, Campo Experimental Delicias Km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua.‡ Autor para correspondencia: [anaya.antonio@inifap.gob.mx](mailto:anaya.antonio@inifap.gob.mx); [aanayas2002@hotmail.com](mailto:aanayas2002@hotmail.com)

### RESUMEN

El grado de presión por la disponibilidad del recurso hídrico en las zonas áridas ha incrementado a la par del aumento de la demanda de productos de origen agrícola, lo que instancia en un seguimiento del manejo eficiente del agua de riego con el requerimiento de un monitoreo de la humedad del agua en el suelo con cultivo como el algodón, con técnicas actuales calibradas con metodologías base. En esta investigación se presentan resultados a partir del desempeño, evaluación y datos de la calibración de dos sensores de humedad con principios en la reflectometría del dominio EC-5 y GH3 (de bajo costo), siguiendo la metodología sugerida en la referencia científica, lo que genera un modelo y métricas estadísticas de comparación del desempeño y caracterización. La curva de calibración para modelos de tipo polinomio en todos los casos presentó mejor desempeño en términos de coeficiente de determinación R<sup>2</sup>, al comparar los dos mejores modelos para el caso de estudio. Para los valores RAW counts correspondió un R<sup>2</sup> de 0.954 y 0.957 (respectivamente lineal y polinomial) esto para los valores medidos por el sensor EC-5. El R<sup>2</sup> para la curva de calibración de fábrica, presentó valores ligeramente menores a los generados por los sensores EC-5 del actual trabajo. El sensor EC-5 presentó un mejor desempeño al compararse los dos sensores (R<sup>2</sup> de 0.957 contra 0.666).

**Palabras clave:** *Dispositivos para húmeda, Fibra textil, agua.*

### ABSTRACT

The degree of pressure for the availability of water resources in arid zones has increased along with the increase in demand for products of agricultural origin, which requires monitoring the efficient management of irrigation water with the requirement of monitoring the water humidity in the soil with crops such as cotton, with current techniques calibrated. In this research, results are presented from the performance, evaluation and calibration data of two humidity sensors with principles in the reflectometry of the EC-5 and GH3 (low-cost) domain, following the methodology suggested in the scientific reference, which that generates a model and statistical metrics for performance comparison and characterization.



The calibration curve for polynomial type models in all cases presented better performance in terms of coefficient of determination  $R^2$ , when comparing the two best models for the case study. For the RAW counts values, an  $R^2$  of 0.954 and 0.957 (respectively linear and polynomial) corresponded to the values measured by the EC-5 sensor. The  $R^2$  for the factory calibration curve presented values slightly lower than those generated by the EC-5 sensors of the current work. The EC-5 sensor presented better performance when comparing the two sensors ( $R^2$  of 0.957 versus 0.666).

**Palabras clave:** *Dispositivos para húmeda, Fibra textil, agua.*

## INTRODUCCIÓN

El uso y manejo del recurso hídrico en las actividades económicas ha incrementado el grado de presión por su disponibilidad (Aguilar *et al.*, 2017). En las partes semiáridas del mundo, este problema se agudiza en una mayor escala (Esparza *et al.*, 2014; CNA, 2019; FAO, 2020). La Región Lagunera de clima árido tiene como una de sus principales actividades económicas la agricultura. Del agua que se maneja en los diferentes sectores, alrededor de un 80% se emplea en la agricultura en la zona. La escasez del agua como resultado del crecimiento poblacional, unido al impacto del cambio climático conducen a la necesidad de un manejo integrado del recurso (González *et al.*, 2022; Aguilar *et al.*, 2017). Deben enfocarse esfuerzos en investigaciones con alternativas para mejorar la productividad de este recurso (Martínez *et al.*, 2019). Para lograr una producción eficiente de los cultivos y evitar el desperdicio de agua, es necesario conocer los requerimientos hídricos de la planta en escalas de tiempo (Sifuentes *et al.*, 2014; Inzunza *et al.*, 2024). Para ello es importante evaluar el comportamiento y variabilidad del agua en el sustrato, determinar su frecuencia de riego y la cantidad a suministrar, sin llegar a una aplicación en exceso o una deficiencia de este recurso. El manejo y el uso eficiente del agua en el riego tiene una notable influencia sobre el rendimiento de los cultivos (González *et al.*, 2022). Estrada (2015) sugiere el seguimiento de la variabilidad de la humedad en la zona de raíz, del cultivo y clima, los cuales son diferentes en escalas de tiempos y espacio. Las necesidades hídricas del cultivo se estiman con el entorno climático de las etapas del cultivo, la evapotranspiración de referencia y el coeficiente de cultivo son insumos para estimar los requerimientos hídricos de cultivo en escalas de tiempos (FAO 2020). Sin embargo, hay diferentes métodos para el cálculo de los requerimientos, con estos se genera una variabilidad en la estimación de la cantidad de agua por aplicar al cultivo (Sifuentes *et al.*, 2014). El monitorear la humedad del suelo es fundamental para tratar de mantener un valor óptimo entre la capacidad de

campo (CC), y agua fácilmente disponible para el cultivo, para que no se llegue a un escenario de tensión entre suelo y cultivo por el factor agua (Inzunza *et al.*, 2010). La programación del riego está dada en función de un porcentaje de abatimiento de humedad por etapas de cultivo (Inzunza *et al.*, 2010; Núñez *et al.*, 2014; Reta *et al.*, 2017). Investigaciones en riego rodado con algodón y sorgo, recomiendan un abatimiento de humedad cerca al 50% esto ayuda al desarrollo de la raíz. La medición y seguimiento de la humedad en la zona de la raíz genera información que se relaciona con el desarrollo y la producción. La determinación del contenido de humedad en el suelo, genera un soporte para el cálculo de las necesidades hídricas del cultivo. Existen diferentes técnicas para medir la humedad del suelo algunos métodos son: El tacto de muestra, la resistencia eléctrica con bloques de yeso, los sensores watermark® y los tensiómetros, por último existen tecnologías alternativas como, instrumentos de medición de refractancia en el dominio del tiempo (sondas TDR) y de capacitancia eléctrica (Sondas-C y reflectómetros que funcionan en el dominio de frecuencia (FDR, por sus siglas en inglés), los cuales producen valores de frecuencia de acuerdo al contenido de humedad del suelo. Es conveniente generar una curva de calibración para cada suelo como lo recomienda Spelman (2013), para dar una mayor precisión a los datos generados, aunque estos cuenten con una calibración de fábrica para suelos de tipo mineral. En el caso del TDR tiene la ventaja de ser móvil y las sondas FDR se instalan en un lugar fijo, aunque estas no se muevan generan un número importante de datos de acuerdo a la configuración deseada. El objetivo del presente trabajo de investigación es evaluar el desempeño y calibración de dos sensores de humedad con principios en la reflectometría, de diferente tipo y costo en un cultivo de algodón con riego por gravedad.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Este trabajo se llevó a cabo en las instalaciones del Campo Experimental la Laguna del Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, ubicado en Matamoros Coahuila, México, durante el ciclo del cultivo de algodón primavera 2024; a una altitud de 1150 msnm, entre los paralelos 25° 32' latitud norte y los meridianos 103° 14' longitud oeste. La siembra de algodón se realizó en húmedo el día 27 de marzo. Previo a la siembra se tomaron muestras de suelo para análisis y pruebas de laboratorio para la generación de modelos de regresión para los sensores tipo EC-5 de la marca DECAGON y el GH3. El sensor EC-5 se instaló en campo para su validación y registro de datos de humedad. Los riegos se aplicaron a los 43, 68 y 82 días después del riego de presembrado y en este intervalo

se realizó el muestreo en campo y seguimiento de humedad en el suelo. El valor del contenido de humedad aprovechable (HA) del suelo, se generó a partir de las lecturas de los sensores de humedad Decagon EC-5 de ©Meter-Group, Inc., Washington, USA, del tipo Reflectometría en el dominio de la frecuencia (FDR, por sus siglas en inglés) reportado en trabajos de investigación por Spelman (2013). Además, se utilizó otro tipo de sensor de tipo sonda de humedad del suelo de 3 vías St Helens GH3 de Electrovision Ltd. Lancots Lane, Sutton, St. Helens, Merseyside, UK. El cual dispone de dos barrillas de metal con una conductividad eléctrica específica para su funcionamiento y operación que se inserta en el área de lectura con principios similares a los del sensor de humedad del tipo TDR, con la característica que es un dispositivo muy económico en las tres vías, toma lecturas de humedad del suelo, potencial hidrógeno en el suelo y la cantidad de luminosidad que recibe el área de muestreo. Las lecturas generadas por el sensor DECAGON EC-5 fueron leídas y almacenadas por el sensor datalogger Em50, en el caso del sensor GH3 las lecturas se generan directamente en el lector del dispositivo. El sensor EC-5 da lecturas en tiempo real que deben ser leídas con el uso de computadora o con lector directo de la misma marca para la (Figura 1). El suelo utilizado en los experimentos es de tipo franco arcilloso en el que se establecieron plantaciones de algodón del CELALA. Con una densidad aparente de  $1.41 \text{ g/cm}^3$ , la capacidad de campo es de 37.1% y el punto de marchitez permanente se presenta cuando el suelo tiene un 23.0% de humedad, la saturación se da a 58.0% de humedad. La metodología usada para la calibración con las muestras de suelo es similar a la usada en estudios anteriores (Spelman et al., 2013). Se prepararon muestras de suelo de volumen conocido previamente calculados con un matraz, se les añadió diferentes cantidades de agua (25, 50,75 y 100%) de la capacidad de retención máxima del suelo como lo menciona Aguado (2016). Estas muestras fueron mezcladas en un recipiente amplio para asegurar la distribución homogénea del agua. Posteriormente, se añadieron por capas las muestras a otro contenedor, asegurándose de compactar cada capa de suelo. Una vez listas las muestras, se procedió a insertar los sensores para la toma y registro de las mediciones (Figura 1), esta operación se realizó para cada porcentaje de CRHM, y se tomó una muestra gravimétrica que se dispuso a un secado de muestras de suelo en un horno a  $110 \text{ }^\circ\text{C}$  durante un tiempo considerable que generó un peso constante de suelo seco.



Figura 1. Sensores de humedad y muestreo de humedad gravimétrica.

Los datos fueron analizados mediante el paquete estadístico SAS 9.2 para realizar un análisis de componentes que incluye estadística descriptiva.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En obtención de los datos de entrenamiento para los modelos de calibración de los sensores, se utilizaron las mediciones de laboratorio a diferentes porcentajes de capacidad de retención máxima de humedad. Se realizó un análisis de regresión entre las variables de contenido de humedad medidos base volumen (WVC) y valores estimados por los aparatos (VWCE). Los modelos que presentaron coeficientes de determinación con valores mayores a 0.95 para la variable RAW, fueron los de tipo lineal y polinomial de segundo grado. Para los valores RAW counts correspondió un  $R^2$ : 0.954 y 0.957 (respectivamente lineal y polinomial) esto para los valores medidos por el sensor EC-5. En suelo a condiciones meteorológicas en una ladera Altoandina en una investigación con sensores similares, Patiño (2018) encontró un coeficiente de determinación ligeramente menor de 0.940 con un modelo de regresión lineal, ( $WVC = 4 \times 10^{-8} \times RAW - 0.14$ ) similar a lo encontrado en el presente trabajo (cuadro 1), sin embargo, Nasta (2024) encontró un valor ligeramente superior al de Patiño y similar al del presente trabajo de 0.950 en un modelo de regresión polinomial de segundo orden ( $WVC = 3 \times 10^{-8} RAW^2 + 0.0005 RAW - 0.4401$ ), con referencia en el Cuadro 1. En trabajos realizados con sensores manufacturados por la misma compañía (Decagon Devices), el coeficiente de determinación para la curva de calibración de fábrica, presentó valores ligeramente menores a los generados por los sensores EC-5 del actual trabajo, valores de: 0.940 y 0.956 para la variable RAW. Esto presentó un valor menor en un modelo de regresión lineal. El valor del coeficiente de determinación para la variable WVC es similar a los encontrados en los trabajos de Patiño (2018) y Nasta (2024). Para ambos sensores los coeficientes de determinación tuvieron mejor desempeño para los modelos polinomiales (cuadro 1).

Cuadro 1. Coeficientes de determinación y modelo de regresión para el sensor EC-5

	Tipo de modelo	Lineal	Modelo
RAW	Lineal	0.9543	$WVC = 0.169 \text{ RAW} + 1.6828$
	Polinomial	0.9574	$WVC = 0.0064 \text{ RAW}^2 - 0.2295 \text{ RAW} + 7.4141$
VWC fabrica	Lineal	0.9409	$0.0472 \text{ VWC} - 12.369$
	Polinomial	0.9563	$y = 23.911 \text{ VWC}^2 + 44.892 \text{ VWC} + 13.614$

RAW: valor medio de capacitancia, VWC: Contenido de humedad base volumen.

En el cuadro 2. Se presentan los resultados generados a partir del sensor GH3. En el cual se obtuvo el coeficiente con menor desempeño. Los valores generados del coeficiente de determinación  $R^2$  para el modelo lineal ( $WVC = 0.169L + 1.6828$ ) fue de 0.666 y un desempeño medianamente aceptable en un modelo de regresión polinomial ( $WVC = 0.0064L^2 - 0.2295L + 7.4141$ ), con un  $R^2$  de 0.740, esto con un bajo desempeño de mayor influencia en el rango cercano a la disponibilidad de agua en un medio cercano a PMP. En un trabajo de investigación realizado por Aranda (2022), obtuvo valores ligeramente superiores a los que se presentan en este trabajo esto con sensores de bajo costo. El  $R^2$  que Aranda obtuvo fue de 0.800 en suelos arenosos con plantaciones de fresa.

Cuadro 1. Coeficientes de determinación y modelo de regresión para el sensor GH3

Tipo de modelo	R2	Modelo
Lineal	0.6662	$WVC = 0.169L + 1.6828$
Polinomial	0.7406	$WVC = 0.0064L^2 - 0.2295L + 7.4141$

L: Lectura en sensor GH3

### CONCLUSIONES

En este trabajo se realizó la calibración y caracterización de dos sensores de humedad capacitivos comerciales: EC-5 y GH3 este último de bajo costo. Para la calibración se propone un modelo de regresión polinomial de segundo grado para relacionar las medidas de los sensores con el contenido volumétrico de humedad del suelo (VWC) el cual presentó mejor desempeño que el modelo lineal. El modelo propuesto para el sensor EC-5 a partir de RAW, se comparó con el propuesto por el fabricante, con respecto al cual el modelo propuesto en el actual ensayo reflejó un mejor desempeño en términos de  $R^2$ . Al comparar los dos modelos de mejores desempeños en el ensayo, el modelo polinomial en todos los casos presentó un mejor desempeño. En algunos casos la diferencia fue ligeramente mínima, sin embargo, el modelo polinomial tuvo mejor desempeño. Por último, se estudió y se comparó el desempeño de los dos tipos de sensores. El sensor EC-5 presentó un mejor desempeño al compararse los dos sensores, en la toma de datos y determinación de VWC,

por lo que estos se pueden utilizar con un grado de confianza alto y en el caso del sensor económico GH3 tiene un desempeño aceptable en el primer medio de la humedad aprovechable y un desempeño menor en el último medio cercano a PMP (cuando el suelo esta con humedad considerable).

**Agradecimientos.** Este trabajo forma parte de las actividades de investigación del proyecto “Determinación del potencial productivo y calidad de fibra de siete materiales convencionales de algodón para el norte centro de México” del INIFAP.

### BIBLIOGRAFIA

- Aguilar Ibarra, A., y Pérez Espejo, R. H. (2017). La contaminación agrícola del agua en México: retos y perspectivas. *Problemas del desarrollo*, 39(153), 205-215.
- Aguado-Rodríguez, G. J., Quevedo-Nolasco, A., Castro-Popoca, M., Arteaga-Ramírez, R., Vázquez-Peña, M. A., & Zamora-Morales, B. P. (2016). Predicción de variables meteorológicas por medio de modelos ARIMA. *Agrociencia*, 50(1), 1-13.
- Aranda, D., Tapia Córdoba, A., & Millan Gata, P. (2022). Calibración y caracterización de sensores capacitivos de bajo coste para la monitorización de humedad de suelo. In XLIII Jornadas de Automática (pp. 479-485). Universidade da Coruña. Servizo de Publicacións.
- CNA, 2019. Comisión Nacional del Agua. 2011. Estrategia del sector Hidráulico, Estadísticas del agua en México.
- Esparza, M. (2014). La sequía y la escasez de agua en México: Situación actual y perspectivas futuras. *Secuencia*, (89), 193-219.
- Estrada-Prado, W., Lescay-Batista, E., Álvarez-Fonseca, A., & Maceo-Ramos, Y. C. (2015). Niveles de humedad en el suelo en la producción de bulbos de cebolla. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 112-117.
- FAO, 2020. El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2008. Biocombustible: Perspectiva, riesgos y oportunidades. Colección FAO. ROMA.
- Gonzalez de Leon, Aquileo Daniel et al. Evaluación y estimación de curvas de calibración de dispositivos para medir humedad de suelo. *Agron. Mesoam* [online]. 2024, 35(1)96-98
- González-Villarreal FJ, Herrera-Vázquez E, Enrique-Aguilar A, y Arriaga-Medina JA. 2022. Ocurrencia, disponibilidad y usos del agua. In Martínez-Cornejo, J. (ed.) *Perspectivas del Agua en México*. UNAM, Ciudad de México: pp. 35:50. Disponible en:
- Inzunza Ibarra, M. A., Catalán Valencia, E. A., Villa Castorena, M., Sánchez Cohen, I., & Román López, A. (2010). Respuesta de la canola al déficit hídrico del suelo. *Revista fitotecnia mexicana*, 33(1), 52-59.
- Inzunza-Ibarra, M. A., Sánchez-Cohen. I., Jiménez-Jiménez, S. I., Marcial-Pablo, M. J., & Sifuentes-Ibarra, E. (2024). Cotton and its response to different soil water conditions. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 16(1) 3-13.
- Martínez-Austria, P.F., Díaz-Delgado, C., Moeller-Chavez, G. (2019). Water security in Mexico: general diagnosis and main challenges. *Ingeniería del agua*, 23(2), 107-121.
- Nasta, P.; Coccia, F.; Lazzaro, U.; Bogena, H.R.; Huisman, J.A.; Sica, B.; Mazzitelli, C.; Vereecken, H.; Romano, N. Temperature-Corrected Calibration of GS3 and TEROS-12 Soil Water Content Sensors 2024, 24, 952.
- Núñez H.G, Anaya S. A., Figueroa V. U., Reta S. D.G., Faz C. R. 2014. Alternativas de forrajes para ganado lechero, sector agricultura y ganadería año 3:29-32.
- Patiño, D. T., Sánchez, P. C., & Rojas, G. M. (2018). Umbrales en la respuesta de humedad del suelo a condiciones meteorológicas en una ladera Altoandina. *Maskana*, 9(2), 53-65.
- Reta Sánchez, D. G., Serrato Corona, J. S., Quiroga Garza, H. M., Gaytán Mascorro, A.,(2017). Secuencias de cultivo alternativas para incrementar el potencial forrajero y productividad del agua. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 8(4), 397-406.
- Sifuentes Ibarra, E., Ruelas Islas, J. D. R., Soto Flores, J. J., Macías, J., & Palacios Mondaca, C. A. (2014). Planeación del riego en el cultivo de algodón (Gossypium hirsutum L.), mediante un

modelo de programación integral en el Distrito 075, Sinaloa, México. *Scientia Agropecuaria*, 5(2), 93-102.

Spelman D, Kristoph-Dietrich K, and Kunberger T. 2013. Calibration of the 10HS soil moisture sensor for southwest Florida agricultural soils. *Journal of Irrigation*. 139(12): 965-969.

## PRODUCCIÓN Y EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA EN CANOLA CON RIEGO POR GRAVEDAD Y DIFERENTES FUENTES DE FERTILIZACIÓN

‡Anaya A. S.<sup>1</sup>, Franco I. G.<sup>1</sup>, Hernández E. L.<sup>2</sup>, Bonilla O. B.<sup>2</sup>, Isidro L. M. R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INIFAP-CIRNOC, Campo Experimental La Laguna Blvd. José Santos Valdez No. 1200 Pte. Col. Centro, Matamoros, Coahuila, <sup>2</sup>INIFAP-CIRNOC, Campo Experimental Delicias Km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua.

‡ Autor para correspondencia: [anaya.antonio@inifap.gob.mx](mailto:anaya.antonio@inifap.gob.mx); [aanayas2002@hotmail.com](mailto:aanayas2002@hotmail.com)

### RESUMEN

El recurso hídrico es un tema recurrente mencionado en reportes de riesgos globales. La baja disponibilidad del agua en regiones áridas, genera la necesidad de realizar ensayos probando técnicas que ayuden en la eficiencia del uso del agua en la producción de biomasa por la planta mediante prácticas con diferentes fuentes de fertilización, probándose en un cultivo alternativo de reciente introducción en la región semiárida del norte de México canola (*Brassica napus*), en sistemas de riego comunes en la región (riego por gravedad). Se realizaron estudios de campo en invierno (2013-2014), en condiciones de riego por gravedad. Se evaluó la influencia de la inoculación por *Azospirillum brasilense* y 60 P (FB) y la fertilización química (150 y 60 kg ha<sup>-1</sup> de N y P, respectivamente) (FQ), en el crecimiento y rendimiento forraje verde y seco, el uso eficiente del agua de riego (UEAR) en la producción de forraje por la canola (Hyola 401 F1). Se encontraron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) para la variable de altura con valores de 132.8 cm (FQ) hasta 117.4 (testigo) cm, la producción de forraje seco presentó diferencias entre el tratamiento testigo y el resto de componentes del ensayo. Los resultados demostraron que FQ presentó mejores valores en todas las variables de respuesta.

**Palabras clave:** *Forrajes alternativos, nutrición vegetal, productividad del agua.*

### ABSTRACT

The water resources are recurring theme mentioned in global risk reports. The low availability of water in arid regions generates the need to carry out trials testing techniques that help in the efficient use of water in the production of biomass by the plant through practices with different sources of fertilization, testing in an alternative crop recently introduced in the semiarid region of northern Mexico, canola (*Brassica napus*), in irrigation systems common in the region (gravity irrigation). Field studies were carried out in winter (2013-2014), under gravity irrigation conditions. The influence of inoculation with *Azospirillum brasilense* and 60 P (FB) and chemical fertilization (150 and 60 kg ha<sup>-1</sup> of N and P, respectively) (FQ), on the growth and yield of green and dry forage, and the efficient use of irrigation water (UEAR) in the production of forage by canola (Hyola 401 F1) were evaluated. Differences ( $P \leq 0.05$ ) were found for the height variable with values from 132.8 cm (FQ) to 117.4 (control) cm, the production of dry forage showed differences between the control treatment and the rest of the components of the trial. The results showed that FQ presented better values in all the response variables.

**Key words:** *Alternative forages, plant nutrition, water productivity.*



## INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico es un tema recurrente mencionado en reportes de riesgos globales. La escasez y aumento de su demanda a la par del desarrollo urbano y el crecimiento poblacional, son situaciones que requieren y demandan la disposición del recurso agua para usos básicos (González *et al.*, 2022), además del recurso hídrico utilizado en el proceso de producción en productos manufacturados y de alimentos (Martínez *et al.*, 2019). De acuerdo a las estadísticas que se manejan por las dependencias encargadas de la administración y reglamentación del uso y gestión del agua; mencionan que el sector agrícola es el que mayor cantidad de agua utiliza, aun y cuando la mayor parte del agua de uso agrícola es liberada a la atmosfera en forma de vapor o por infiltración; la cantidad de agua que forma parte de los alimentos es una mínima (Godoy *et al.*, 2004; Taylor *et al.*, 2003; González *et al.*, 2022). En cuanto al uso y manejo de este recurso en este sector, el valor es alto 64% a nivel mundial. En regiones áridas, la baja disponibilidad del agua es un resultado de condiciones naturales que agrupan altas temperaturas, bajas precipitaciones y condiciones de un entorno con una aridez (CNA, 2019). La agricultura en México utiliza para la producción el 76.6 % del agua disponible (FAO, 2020), esta cifra genera la necesidad de un uso eficiente del recurso agua, para tener un enfoque en una seguridad hídrica nacional (González *et al.*, 2022).

En la Comarca Lagunera una de las principales actividades económicas es la producción de leche de bovino, esta actividad está basada en la producción de forraje bajo riego. En la región se tienen problemas de abatimiento del acuífero como resultado de la sobreexplotación. Actualmente son pocos cultivos los que se producen para forraje (maíz, sorgo, cereales de invierno y alfalfa), sin embargo, el manejo del riego presenta en la mayoría de casos un escenario crítico con posibilidades de mejoras en el uso eficiente del agua de riego. Una alternativa es la integración de nuevos cultivos forrajeros con un bajo consumo de agua y alta eficiencia de transformación (producción de materia seca por unidad de agua consumida) (Inzunza *et al.*, 2010; Núñez *et al.*, 2014; Reta *et al.*, 2017). La canola es un cultivo de doble propósito ya que produce aceite de alta calidad para el consumo humano y forraje con mayor contenido nutricional que el de otros cultivos como trigo (*Triticum aestivum* L.) y algodón (*Gossypium hirsutum* L.). Asimismo, presenta ventajas adicionales como bajo consumo de agua, ciclo vegetativo más corto que otros cultivos oleaginosos como el cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), y que al igual que éste tiene raíz de tipo pivotante que le permite aprovechar el agua del suelo de capas más profundas y ser más eficiente en el uso del agua para la generación de biomasa. La canola presenta bajas tasas de evapotranspiración como consecuencia a su alta capacidad de autorregulación, por lo que es un cultivo deseable en regiones con baja disponibilidad de agua como la región (Karam *et al.*, 2003; Kang *et al.*, 2006; Inzunza *et al.*, 2010).

La nutrición de la planta es otro componente que influye en el desarrollo y la producción del cultivo. Los fertilizantes químicos son una opción para algunos elementos que en función de la fuente de fertilizante, tienen diferente respuesta en la eficiencia de la utilización de los elementos por la planta (Figueroa *et al.*, 2009), por otra parte, la asociación de microorganismos (*Azospirillum brasilense*, hongos ectomicorrizicos y endomicorrizicos) en la raíz de la planta favorecen la asimilación de los nutrientes facilitando la disponibilidad de los elementos para tener mejor eficiencia en la utilización de fuentes de nutrición (Holguin *et al.*, 2001). La combinación de un sistema de aplicación de agua y diferentes fuentes de nutrición para la planta, pueden generar una mejor respuesta de las variables de producción para obtener valores convenientes de uso eficiente del agua de riego UEAR. El objetivo del

presente trabajo de investigación es evaluar un cultivo forrajero de invierno alternativo (canola), con riego por gravedad y diferentes fuentes de fertilización.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo fue establecido en las instalaciones del Campo Experimental la Laguna del Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y pecuarias, ubicado en Matamoros Coahuila, México, durante el ciclo otoño invierno 2013-2014; a una altitud de 1150 msnm, entre los paralelos 25° 32' latitud norte y los meridianos 103° 14' longitud oeste. La siembra se realizó en seco en un suelo de textura arcillosa. Se utilizó el híbrido 'Hyola-401 F1' a una densidad de siembra de 15.5 kg ha<sup>-1</sup>. El riego de establecimiento se aplicó el 27 de noviembre de 2013. El riego de las parcelas experimentales se realizó con tubería presurizada y se instalaron hidrantes para la conexión de la tubería de compuertas. Se utilizó un medidor volumétrico previamente calibrado para la estimación de gasto de operación y láminas de riego utilizadas.

Previo a la siembra se analizaron las características químicas del suelo: nitratos (método de Kjeldahl), fósforo (método de AS-11, NOM-021-SEMARNAT-2000), estableciendo tres tratamientos con diferentes fuentes de fertilización: química (FQ; 150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 60 kg ha<sup>-1</sup> de fosforo), biofertilización (BF; *Azospirillum brasilense*, hongos ectomicorrizicos y endomicorrizicos, carbono orgánico oxidables y 60 kg ha<sup>-1</sup> de fosforo) y el testigo (T; 0 fertilización). La fuente de nitrógeno fue sulfato de amonio y para fosforo se utilizó MAP. En la siembra se aplicó el 10% de la fertilización química y el resto se dosificó en el riego (40 y 50%). En el caso de la biofertilización, se realizó previo a la siembra la inoculación de la semilla, se utilizó como adherente una solución de agua con azúcar como lo sugiere Holguin, 2001.

Los tratamientos se distribuyeron de manera aleatoria en el campo, en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Cada parcela o unidad experimental tuvo una superficie de 24 m<sup>2</sup>. Al momento de la cosecha a los 90 días después de la siembra (inicio de crecimiento de vainas) se tomaron datos de altura de planta, número de plantas y se estimó el rendimiento de forraje verde (RFV) tomando una muestra de un kg para secarla en la estufa de aire forzado a 60°C hasta obtener un peso constante con lo cual se determinó el porcentaje de materia seca (%MS) y después se determinó el rendimiento de materia seca. La eficiencia en el uso del agua de riego se obtuvo con el rendimiento de forraje seco (RFS) entre el volumen de agua aplicado en m<sup>3</sup>. Los datos fueron analizados mediante el paquete estadístico SAS 9.2 para realizar un ANOVA con prueba de medias con una DMS al 0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables de producción para cada uno de los tratamientos se pueden observar en el cuadro 1. La altura de planta presentó valores desde los 132.8 a los 117.4 cm, siendo el tratamiento con FQ el que obtuvo el valor más alto, el tratamiento de biofertilizante fue estadísticamente similar al testigo sin embargo, este último presentó el valor más bajo de altura. Estos valores fueron ligeramente superiores a los encontrados por Ortegón *et al.* (2006) quienes obtuvieron valores de 103.3 cm al realizar varios estudios en el ciclo de invierno con siembras de canola a baja densidad de población. De igual forma en un estudio realizado por Cruz *et al.* (2012) se obtuvieron valores medios de 109.16 cm de altura con diferentes láminas de riego aplicadas.

En rendimiento de forraje seco, los valores obtenidos fueron de 7.85 (FQ), 7.8 (BF) y 6.2 t ha<sup>-1</sup> (T), cabe mencionar que no se mostró diferencia significativa entre los tratamientos de FQ y BF, sin embargo, estos fueron diferentes estadísticamente al testigo. Estos valores son menores a los reportados por Cruz *et al.* (2012) donde obtuvieron producciones de hasta 10.30 t ha<sup>-1</sup>, esto se atribuye a que en su estudio se utilizó una lámina de riego mayor (54.20 cm) a la utilizada en el presente estudio el cual fue de 43.7 cm.

La EUAR dio valores de 2.03 (FQ), 2.01 (BF) y 1.60 kg MS/m<sup>3</sup> (T), al igual que RFS no se mostró diferencia significativa entre los tratamientos de FQ y BF sin embargo, estos si fueron diferentes significativamente al testigo. Cruz *et al.* (2012) reportan valores de 2.38 kg MS/m<sup>3</sup> para la EUAR utilizando una lámina de riego total de 26.60 cm, este valor es ligeramente superior a lo obtenido en este ensayo al utilizar una lámina menor a la que reporta Cruz, el cultivo estuvo sometido a un confort menor al del actual trabajo, lo que puede incidir en la calidad de forraje, un posible tema de un posterior estudio.

Las variables de rendimiento de forraje verde y porcentaje de materia seca no presentaron diferencias significativas para ( $f = 0.05$ ), entre tratamientos sin embargo si se obtuvieron diferencias en valores numéricos donde el testigo presentó los valores más bajos.

#### Cuadro 1. Rendimientos y características agronómicas de la canola del ciclo 2013-2014.

Tratamiento	Altura De Planta (cm)	Peso Forraje Verde (Ton/ha)	% Materia Seca	Peso Forraje Seco (Ton/ha)	EUAR (kg MS/m <sup>3</sup> )
FQ	132.8 a	84.2	9.35	7.85 a	2.03 a
Biofertilización	121.1 b	85.6	9.2	7.8 a	2.01 a
Testigo	117.4 b	74.25	8.45	6.2 b	1.60 b

Literales por columna con letra distinta son estadísticamente diferentes (DMS,  $\alpha 0.05$ ). UEAR: Uso eficiente del agua de riego.

El Cuadro 2. muestra el calendario de aplicación de nitrógeno por tratamiento en días después de la siembra (dds). En los tratamientos 2 y 3 no se dispuso de nitrógeno en forma de fertilizante durante el ciclo del cultivo. La semilla del tratamiento 2 se inoculo con un producto a base de microorganismos (Díaz *et al.*, 2006) que se asocian con la raíz del cultivo y aumenta el área de exploración radicular del cultivo aportando del 30 a 50% de los requerimientos de nitrógeno de los cultivos (García *et al.*, 2006).

El tratamiento 1 tuvo una aplicación de nitrógeno en función de los requerimientos de acuerdo a la etapa de desarrollo. En el periodo de la siembra a los 42 días se aplicó el 10% de la dosis, en este periodo la planta se encuentra en desarrollo inicial por lo tanto requiere una cantidad baja de nitrógeno. En el periodo 43 a 70 dds se aplicó el 50%, en este período los requerimientos de nitrógeno son mayores ya que la planta se encuentra en pleno desarrollo generando parte del follaje. En el período de los 71 dds a los 80 dds la planta sigue generando follaje, flores, vainas y requiere una buena cantidad de nitrógeno por lo que se le aplico el 40 % restante.

**Cuadro 2. Calendario de aplicación de nitrógeno en kg ha<sup>-1</sup>**

Tratamiento	0-42 dds	43-70 dds	71-80 dds
FQ	15	75	60
Biofertilización	-	-	-
Testigo	-	-	-

FQ: Fertilización química

**CONCLUSIONES**

Se concluye que el mejor valor para altura de planta la obtuvo el tratamiento con fertilización química seguido por el tratamiento de biofertilización a base de *Azospirillum brasilense*, hongos *ectomicorricicos* y *endomicorricicos*; microorganismos que se asocian con la raíz para asimilar de forma más eficiente los nutrientes residuales del suelo, obteniendo así una mejor producción en comparación con el tratamiento testigo, lo que nos muestra el efecto positivo de la inoculación de semillas con estos microorganismos en comparación con el no realizarlo. Este efecto también puede observarse en la EUAR puesto que este valor fue similar para el tratamiento de FQ y BF posteriormente se puede considerar la combinación de FQ y la utilización de estos microorganismos en futuros trabajos.

**Agradecimientos.** Este trabajo forma parte de las actividades de investigación sobre el manejo de agua de riego en la Comarca Lagunera” del INIFAP.

**REFERENCIAS**

- CNA, 2019. Comisión Nacional del Agua. 2011. Estrategia del sector Hidráulico, Estadísticas del agua en México.
- Cruz Ch.J.J. Y Núñez H.G, 2012. Efecto del agua aplicada en el rendimiento y eficiencia del Uso del agua en canola, Memoria de la XXIV Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED: 618-622.
- Díaz F. A. y Ortegón S. A. M., 2006, Efecto de inoculación con *azospirillum brasilense* y fertilización química en el crecimiento y rendimiento de canola (*Brassica napus*) *Revista Fitotecnia Mexicana*, enero-marzo, (29)1:63-67
- FAO, 2020. El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2008. Biocombustible: Perspectiva, riesgos y oportunidades. Colección FAO. ROMA.
- Figueroa V. U., Núñez H. G., Delgado J.A., Cueto W. J.A., Flores M. J.P. 2009. Estimación de la producción de estiércol y de la excreción de nitrógeno, fósforo y potasio por bovino lechero en la Comarca lagunera. En: Agricultura orgánica. 2da Edición. pp 130-149.
- García-Olivares, J. G., Mendoza-Herrera, A., & Mayek-Pérez, N. (2012). Efecto de *Azospirillum brasilense* en el rendimiento del maíz en el norte de Tamaulipas, México. *Universidad y ciencia*, 28(1), 79-84.
- Godoy A., C e I.J. Reyes. 2004. Fertirriego en alfalfa. Memorias de la XVI Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. 212-216 pp.
- González-Villarreal FJ, Herrera-Vázquez E, Enrique-Aguilar A, y Arriaga-Medina JA. 2022. Ocurrencia, disponibilidad y usos del agua. In Martínez-Cornejo, J. (ed.) *Perspectivas del Agua en México*. UNAM, Ciudad de México: pp. 35:50. Disponible en:

- González-Villarreal FJ, Herrera-Vázquez E, Enrique-Aguilar A, y Arriaga-Medina JA. 2022. Ocurrencia, disponibilidad y usos del agua. In Martínez-Cornejo, J. (ed.) *Perspectivas del Agua en México*. UNAM, Ciudad de México: pp. 35:50.
- Holguin G., Glick R. Z. B., 2001. Expression of the ACC Deaminase Gene from *Enterobacter cloacae* UW4 in *Azospirillum brasilense*, *Microbial Ecology* Springer-Verlag, 41:281-288.
- Inzunza Ibarra, M. A., Catalán Valencia, E. A., Villa Castorena, M., Sánchez Cohen, I., & Román López, A. (2010). Respuesta de la canola al déficit hídrico del suelo. *Revista fitotecnia mexicana*, 33(1), 52-59.
- Kang, S.Z., Y. L. Zhang L., X. T. Hu, J. Cai, H., J. Gu, B. 2002. Effects of limited irrigation on yield and water use efficiency of winter wheat in the loess Plateau of China. *Agric. Water Manage.*55:203-216.
- Karam, F., J. Breidy, G. Stephan, J. Roupael, 2003. Evapotranspiration, yield and water use efficiency of drip irrigated corn in the Bekka Valley of Lebanon. *Agric. Water Manage.* 63 (2)125-137.
- Martínez-Austria, P.F., Díaz-Delgado, C., Moeller-Chavez, G. (2019). Water security in Mexico: general diagnosis and main challenges. *Ingeniería del agua*, 23(2), 107-121.
- Núñez H.G, Anaya S. A., Figueroa V. U., Reta S. D.G., Faz C. R. 2014. Alternativas de forrajes para ganado lechero, sector agricultura y ganadería año 3:29-32.
- Ortegón Morales, A. S., Díaz Franco, A., González Quintero, J., & Garza Cano, I. (2006). La temperatura en la etapa reproductiva del cultivo de canola (*Brassica napus* L.). *Agricultura técnica en México*, 32(3), 259-265.
- Reta Sánchez, D. G., Serrato Corona, J. S., Quiroga Garza, H. M., Gaytán Mascorro, A.,(2017). Secuencias de cultivo alternativas para incrementar el potencial forrajero y productividad del agua. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 8(4), 397-406.
- SEMARNAT (1996). Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996. Norma oficial mexicana nom-021-semarnat-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. *Diario Oficial de la Federación*. México.
- Taylor, H. M., Jordan, W.R., Sinclair, T.R., 2003. *Limitation to Efficient Water Use in Crop Production*. ASA-CSSA-SSSA, Inc., Madison, WI.

## COMPOSICIÓN QUÍMICA Y UTILIDAD FORRAJERA E INDUSTRIAL DE *Acacia retinodes* CULTIVADA EN DURANGO, MÉXICO

Ríos S. J. C.<sup>1\*</sup>, Rosales S. R.<sup>1</sup>, Carrillo P. A.<sup>2</sup>, Sarabia S. L.<sup>3</sup> y Jiménez O. R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIFAP – Campo Experimental Valle del Guadiana, Carretera Durango – El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. <sup>2</sup>Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera (ISIMA), Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), Boulevard del Guadiana Núm. 501, Colonia Torre de Institutos, Durango, México. C. P. 34120. <sup>3</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No 1., Universidad Autónoma de Guerrero, Carretera Altamirano-Iguala km. 3.5, Pungarabato, Ciudad Altamirano, Guerrero, México. C. P. 40610.  
\*e-mail: jrjossaucedo@hotmail.com

### RESUMEN

La acacia (*Acacia retinodes* Schltdl.) es una especie introducida a Durango, como árbol con fines paisajísticos. El objetivo fue evaluar la composición química y utilidad forrajera e industrial de *A. retinodes* cultivada en Durango, México. En marzo de 2024, se colectaron muestras de tallos y hojas de brotes tiernos en tres árboles adultos de *A. retinodes*, plantados desde 2016, para evaluar la calidad del forraje, madera y carbón. Se realizó el análisis químico proximal de las hojas (proteína, cenizas y grasa) y se determinó el contenido de fibras (FDN y FDA), celulosa y hemicelulosa. Los tallos con más de 5 cm de diámetro se utilizaron para determinar la densidad básica (DB) de la madera y calidad de carbón. La madera usada para producir carbón se cortó en probetas de 2 cm por lado, para obtener análisis inmediato y poder calorífico (PC), luego del proceso de carbonización. Se utilizaron dos tratamientos de pirólisis: 1) 30 °C min<sup>-1</sup> hasta 500 °C y 2) 30 °C min<sup>-1</sup> hasta 700 °C. Las probetas carbonizadas se usaron en los análisis inmediatos (volátiles, carbón fijo y cenizas) y pruebas de PC. Los análisis inmediatos se realizaron en la mufla y el PC se obtuvo con la bomba calorimétrica isoperibólica semi-automatizada (LECO AC600). Los datos se analizaron mediante el uso de estadística descriptiva (media y desviación estándar). Se observaron diferencias entre árboles para todas las variables evaluadas y el contenido de proteína varió entre 10.9 y 14.2%, grasa cruda de 0.7 a 1.3% y ceniza entre 4.5 y 8.8%. El contenido de FDN fue aceptable (49.4 a 54.8%), al igual que la FDA (47.8 a 51.9%) y hemicelulosa (1.6 a 3.7%). Con ello, las hojas de *A. retinodes* pueden considerarse como un forraje de calidad aceptable. Los valores para la DB fluctuaron entre 0.51 y 0.56 g cm<sup>-3</sup>, lo cual resultó inferior a los registrados en especies forestales usadas tradicionalmente. Las variaciones de la DB entre árboles, pudieron estar relacionadas con las diferencias de edad entre individuos. Los valores del proceso de carbonización en la rampa térmica hasta 500 °C, generó contenido aceptable de cenizas (5.29 a 5.40%) y el carbón cumplió con las características de calidad. El contenido de compuestos volátiles fue bajo con un intervalo entre 2.95 a 2.98%; mientras que, el carbón fijo fluctuó entre 89.5 a 90.0%. El poder calorífico registró un promedio de 28.3 Mj kg<sup>-1</sup> y fluctuación entre 28.0 y 28.6 Mj kg<sup>-1</sup>. Se observaron diferencias en la calidad de forraje, madera y carbón entre árboles de *A. retinodes*, debido a la heterogeneidad poblacional observado de manera natural en plantas silvestres. El contenido de proteína en la biomasa foliar de *A. retinodes* puede contribuir a complementar la dieta del ganado con fines zootécnicos. Se observaron diferencias en la respuesta de la madera de *A. retinodes* a dos procesos de carbonización, con mejores resultados en la rampa térmica que culminó en 500 °C. Además, las diferencias se relacionaron con la ontogenia de la planta y método de utilización de la madera con fines dendroenergéticos.

**Palabras clave.** *Acacia retinodes*, productividad, uso, utilidad.

## ABSTRACT

*Acacia* (*Acacia retinodes* Schltl.) is a plant species introduced in Durango as a tree for landscaping purposes. The objective was to evaluate the chemical composition and forage and industrial utility of *A. retinodes* cultivated in Durango, México. In March 2024, samples of stems and newly born leaves were collected from three adult *A. retinodes* trees, planted since 2016, to evaluate the quality of forage, wood and charcoal. A proximate chemical analysis of the leaves (protein, ash, and fat) was performed and the content of fiber (NDF and ADF), cellulose and hemicellulose were determined. Stems larger than 5 cm in diameter were used to determine the wood basic density (BD) and charcoal quality. The wood used to produce charcoal was cut into 2 cm-wide test tubes to obtain immediate analysis and higher heating value (HHV) after the carbonization process. Two pyrolysis treatments were utilized: 1) 30 °C min<sup>-1</sup> up to 500 °C and 2) 30 °C min<sup>-1</sup> up to 700 °C. The carbonized samples were used in the immediate analysis (volatiles, fixed carbon and ash content) and HHV tests. The immediate analysis was carried out in the muffle and HHV was obtained with the semi-automated isoperibolic calorimeter bomb (LECO AC600). The data were analyzed using descriptive statistics (mean and standard deviation). Differences between trees were observed for all the variables evaluated and the protein content varied between 10.9 and 14.2%, crude fat from 0.7 to 1.3% and ash between 4.5 and 8.8%. The NDF content was acceptable (49.4 to 54.8%), as was the ADF (47.8 to 51.9%) and hemicellulose (1.6 to 3.7%). Thus, the leaves of *A. retinodes* were considered as an acceptable-quality forage. The values for the BD fluctuated between 0.51 and 0.56 g cm<sup>-3</sup>, which was lower than those recorded in traditional wood species. The variations in the BD between trees were related to the differences in the age of each individual. The values of the carbonization process in the thermal ramp up to 500 °C generated an acceptable ash content (5.29 to 5.40%) and charcoal met the commercial quality characteristics. The content of volatile compounds was low with a range between 2.95 to 2.98%, while the fixed carbon fluctuated between 89.5 to 90.0%. The calorific value recorded an average value of 28.3 Mj kg<sup>-1</sup> and fluctuated between 28.0 and 28.6 Mj kg<sup>-1</sup>. Differences were observed in the quality of forage, wood and charcoal among *A. retinodes* trees, due to the population heterogeneity observed naturally in wild plants. The protein content in the leaf biomass of *Acacia retinodes* can contribute to complement the diet of livestock for zotechnical purposes. Differences were observed in the response of *A. retinodes* wood to the two carbonization processes, with better results in the thermal ramp culminating in 500 °C. In addition, the differences were related to the ontogeny of the plant and the method of using wood for dendroenergy purposes.

**Key words.** *Acacia retinodes*, productivity, use, utility.

## INTRODUCCIÓN

La acacia (*Acacia retinodes* Schltl.) es una especie originaria de Australia, es un árbol monoico de entre 7 m y 20 m de altura. Tiene crecimiento arbustivo y sus hojas (filoides) son perennes, aunque en el norte de México la susceptibilidad a las temperaturas bajas (heladas) ocasiona la pérdida invernal de éstas (CONAFOR, 2013) en árboles jóvenes. El tallo tiene ritidoma de color grisáceo y sus hojas son filoides reducidos, de color verde claro, 3 a 20 cm de largo x 0.2 a 1.5 cm de ancho y una vena que corre a lo largo del filode. Las flores son de color amarillo pálido, distribuidas en cabezuelas de 0.5 a 0.8 cm de diámetro, las cuales pueden agruparse en racimos con un número de 6 a 15. Los frutos son vainas comprimidas de color café claro, casi lineares y semillas completamente rodeadas por un funículo de color rosa/escarlata (Invasoras.pt, 2017). En Durango, se evaluó la producción

de biomasa de especies endémicas e introducidas, para identificar aquellas que mostraran rendimiento alto y entre ellas, resultó seleccionada la acacia (*Acacia retinodes*) (Rosales *et al.*, 2018), debido a que tiene posibilidades altas para su uso como biocombustible.

En 2023, se hicieron pruebas de preferencia en ganado caprino y éste mostró gustosidad por las hojas (filoides) de árboles adultos de *A. retinodes*, por lo que se consideró validar su utilización como forraje. Lo anterior, debido a que la proteína es el componente más costoso del alimento para el ganado bovino, caprino y ovino, en Durango (Santana *et al.*, 2020). La acacia, por ser especie leguminosa tiene la capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, que luego es utilizado en la generación de proteínas almacenadas en semillas, vainas y otros órganos de la planta. Las semillas de *A. retinodes* han sido utilizadas para determinar su composición química, demostrando que pueden alcanzar 27.5% de proteína, 16.4% grasa, 3.7% ceniza, 34.0% fibra dietaria y 12.8% para carbohidratos no fibrosos (Shelat *et al.*, 2021). Las hojas de varias especies de acacia muestran contenidos medios y altos de proteína, con una variación entre 15 a 29% (Rubanza *et al.*, 2007). El objetivo fue determinar la composición química y utilidad forrajera e industrial de una especie exótica de *Acacia* cultivada en Durango, México.

### MATERIALES Y MÉTODOS

La plantación inicial incluyó 27 especies vegetales y se estableció el 26 de abril de 2016, en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). El sitio está ubicado en el kilómetro 4.5 de la Carretera Durango-El Mezquital, en la latitud 23° 59' 08" N, longitud 104° 37' 13" O y una altitud de 1,878 m. El suelo predominante es del tipo franco (arenoso y arcilloso), con capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 2%, pH de 8.1 y contenido moderadamente bajo de materia orgánica (1.1%), moderadamente alto de fósforo (23.3 ppm) y bajo de nitrógeno (7.1 ppm). El clima de la región es templado, semiárido, con régimen de lluvias en verano [BS<sub>1</sub> kw (w) (e)] y la temperatura media anual es de 17.4 °C, con variación fuerte a lo largo del día (García, 1987). La lluvia acumulada durante el año, en el sitio de estudio, alcanza un promedio de 476 mm, con valores altos entre junio y septiembre (Medina *et al.*, 2005). Las muestras simples para forraje fueron recolectadas en tres estratos de cada uno de tres árboles, se utilizaron en la conformación de una muestra compuesta de 5 kg árbol<sup>-1</sup>, la cual fue molida a un tamaño de partícula de 2 mm.

**Variables evaluadas.** Se realizó el análisis químico proximal y se determinó contenido de fibras (FDN y FDA). Además, los tallos con más de 5 cm de diámetro se utilizaron en la determinación de la densidad básica de la madera y calidad de carbón. En el laboratorio se utilizaron las hojas para medir el contenido de proteína, cenizas, grasa y fibras [fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA)], celulosa, hemicelulosa y lignina. La FDN incluye los compuestos: celulosa, hemicelulosa, lignina; mientras que FDA es el resultado de la suma de celulosa y lignina (Romero *et al.*, 2014). La cantidad de proteínas se determinó con el método Micro-Kjeldahl (nitrógeno total x 0.65), cenizas mediante la incineración de los residuos de cada muestra a 550 °C (AOAC, 1990) y grasa con el método de extracción continua (Soxhlet), con éter de petróleo. La fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA) y lignina (L) se determinaron con base en el método ANKOM, (2005), en el cual se consideró la utilización de bolsas ANKOM F57. La hemicelulosa se calculó por diferencia (HE = FDN - FDA), al igual que la celulosa (CE) = FDA - lignina.

Se determinó la densidad básica (DB), mediante la extracción de muestras en cada rama con las dimensiones de más de 5 cm de diámetro, de las cuales se obtuvieron cortes transversales hasta un mínimo de 0.5 cm. Con la determinación del peso y dimensiones de



las probetas se obtuvo el contenido de humedad la densidad en: verde, equilibrio, anhidra y básica a través de ensayos de propiedades físicas, para ello se utilizaron probetas pequeñas de tallo (10 x 2.5 cm x 2.5 cm). Las probetas se identificaron y colocaron en mallas plásticas, para luego sumergirlas en un tanque con agua, para asegurar saturación perfecta. Se determinó su volumen por el método de desplazamiento de agua, midiendo el peso del agua desplazada por cada muestra ( $\text{cm}^3$ ). En la medición se utilizó una balanza electrónica ( $\pm 0.1$  g), sobreponiendo un recipiente con agua para que las muestras cupieran sin tocar los costados, al mismo tiempo que estaban completamente sumergidas. Posteriormente, las muestras fueron puestas en bolsas de papel y llevadas a horno a una temperatura de  $105\text{ }^\circ\text{C}$  para obtener el peso seco constante (g). La densidad básica de la madera correspondió al cociente entre el peso seco y volumen saturado de cada muestra de madera (Densidad = Peso Seco/Volumen).

La madera de cada tallo se cortó en probetas, consistentes en cubos de 2 cm por lado, para obtener carbón y realizar el análisis inmediato y determinar el poder calorífico. Para lograrlo, los cubos se introdujeron en reactores especializados para la carbonización de cuatro muestras pequeñas, al ser procesadas en la mufla. Las probetas fueron procesadas en dos tratamientos de pirólisis (rampas de calentamiento + nivel de pirólisis): 1)  $30\text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$  hasta  $500\text{ }^\circ\text{C}$  y 2)  $30\text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$  hasta  $700\text{ }^\circ\text{C}$ . Se enfriaron los reactores, mediante inmersión en arena, para sacar las probetas carbonizadas y realizar los análisis inmediatos y pruebas de poder calorífico. El análisis inmediato consistió en la determinación del contenido de volátiles (%), cenizas (%) y carbón fijo (%). Los compuestos volátiles se midieron al colocar los crisoles, con la muestra, en la mufla a una temperatura de  $950\text{ }^\circ\text{C}$  durante 11 minutos. La secuencia de procesamiento consistió en colocar los crisoles 2 min en la tapa de la mufla, 3 min en la entrada y 6 min dentro, para evitar que los volátiles se desprendieran rápidamente. El carbón fijo se calculó como la diferencia entre 100% y el contenido de compuestos volátiles. Para determinar la proporción de cenizas, se colocaron los crisoles en la mufla a  $750\text{ }^\circ\text{C}$  durante 6 h, hasta corroborar el peso constante. El poder calorífico se obtuvo con la bomba calorimétrica isoperibólica semi-automatizada (LECO AC600).

**Análisis estadísticos.** Los datos obtenidos se analizaron mediante el uso de estadística descriptiva (media y desviación estándar), para cada una de las muestras incluidas en el estudio. El análisis de los datos experimentales se realizó con el programa de cómputo Excel versión 14.5.6®.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias entre árboles para todas las variables evaluadas, por lo que el contenido de proteína varió entre 10.9 y 14.2%, con un promedio de 12.9%. El contenido de proteína fue alto en comparación con el rastrojo de maíz (5.2 a 7.4%) (Arellano *et al.*, 2016), que se proporciona al ganado en la época seca del año; así como, con respecto al forraje fresco de sorgo (5.6 a 10.0%; Nava *et al.*, 2017). Otros componentes de la biomasa de acacia fueron grasa cruda (0.7 a 1.3%) y ceniza o minerales (4.5 a 8.8%). Los niveles de grasa fueron bajos, lo que concuerda con reportes anteriores; mientras que, el contenido de minerales fue alto, aunque se desconoce los elementos químicos y proporciones que la conforman. El contenido de FDN fue aceptable (49.4% a 54.8%), al igual que la FDA (47.8% a 51.9%) y hemicelulosa (1.6% a 3.7%). Los valores observados fueron bajos en relación con el sorgo cultivado en cuatro localidades del estado de Durango (Nava *et al.*, 2017), para FDN (67.7%), FDA (41.1%) y hemicelulosa (26.3%). Con ello, puede considerarse como un forraje de calidad mayor por su preferencia, consumo y digestibilidad para el ganado (Cuadro 1).

Los valores para la densidad básica fluctuaron entre 0.51 y 0.56 g cm<sup>-3</sup>, lo cual resultó inferior a los registrados en madera de encino (0.62 a 0.66 kg m<sup>-3</sup>) (Pérez *et al.*, 2015), debido a las diferencias anatómicas entre especies. Las variaciones de la densidad básica entre árboles, pudieron estar relacionadas con las diferencias en la edad de cada individuo, ya que se estableció la influencia de los años de crecimiento sobre dicha variable (Cobas *et al.*, 2014). Los valores del proceso de carbonización en la rampa térmica de 500 °C, generó contenido menor de cenizas (5.29 a 5.40%), por lo que se cumplió con una de las características de calidad más importantes; aunque los valores fueron altos, con respecto a los obtenidos con pélets de la misma especie (3.5%) (Ríos *et al.*, 2021). El contenido de compuestos volátiles fue bajo en comparación con lo observado en trabajos previos con *A. retinodes* (80.6%) (Ríos *et al.*, 2021), con un promedio de 2.97% (2.95 a 2.98%); mientras que, para carbón fijo mostró valor promedio alto 89.7 (89.5 a 90.0%), comparado con reportes anteriores 16.0% (Ríos *et al.*, 2021). La edad de la planta y proceso de carbonización, modificaron considerablemente las propiedades energéticas de *A. retinodes* (Cuadro 2).

El poder calorífico registró un valor promedio de 28.3 Mj kg<sup>-1</sup> y fluctuación entre 28.0 y 28.6 Mj kg<sup>-1</sup>, lo cual resultó superior al observado previamente (19.3 Mj kg<sup>-1</sup>). En la rampa térmica que alcanzó 700 °C generó contenido mayor de cenizas (8.79% a 9.17%), lo que redujo su nivel de calidad con base en estándares internacionales establecidos para el carbón vegetal. El contenido de compuestos volátiles fue muy bajo, con un promedio de 2.40% (1.98 a 2.88%); mientras que, los valores del carbón fijo mostró valor promedio alto 87.6 (87.0 a 88.3%). El poder calorífico registró un valor medio de 29.8 Mj kg<sup>-1</sup> y fluctuación entre 29.4 y 30.1 Mj kg<sup>-1</sup>. Se observaron diferencias en la respuesta de la madera de acacia a los dos procesos de carbonización, con mejores resultados en la rampa térmica que culmina en 500 °C. Además, las diferencias se relacionaron con la ontogenia de la planta y método de utilización de la madera con fines dendroenergéticos.

Cuadro 1. Valores medios para características de calidad forrajera de *Acacia retinodes* cultivada en Durango, México. 2024.

Árbol	Proteína (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	<sup>1</sup> FDN (%)	FDA (%)	Hem (%)
1	10.9	0.7	8.8	54.8	51.1	3.7
2	14.2	1.0	4.5	49.4	47.8	1.6
3	13.6	1.3	7.3	53.7	51.9	1.9
Promedio	12.9	1.0	6.9	52.7	50.3	2.4
Desv. Estándar	1.6	0.3	1.9	2.7	2.6	1.3

<sup>1</sup>FDN = Fibra en Detergente Neutro, FDA =Fibra en Detergente Ácido y Hem = Hemicelulosa.

Cuadro 2. Valores medios para características de calidad de madera y dos tratamientos para obtener carbón de *Acacia retinodes* cultivada en Durango, México. 2024.

Árbol	Rampa Térmica 500 °C					Rampa Térmica 700 °C			
	<sup>1</sup> DB (kg/m <sup>3</sup> )	CV (%)	C (%)	CF (%)	PC (Mj kg <sup>-1</sup> )	CV (%)	C (%)	CF (%)	PC (Mj kg <sup>-1</sup> )
1	0.51	2.97	5.34	89.7	28.3	2.42	8.97	87.6	29.8
2	0.56	2.95	5.40	90.0	28.6	2.88	8.79	87.0	30.1
3	0.54	2.98	5.29	89.5	28.0	1.98	9.17	88.3	29.4
Promedio	0.54	2.97	5.34	89.7	28.3	2.4	9.0	87.6	29.8
Desv. Estándar	0.03	0.01	0.04	0.2	0.2	0.4	0.2	0.6	0.3

<sup>1</sup>DB = Densidad Básica; CV = Compuestos Volátiles; C = Cenizas, CF = Carbón Fijo y PC = Poder Calorífico.

### CONCLUSIONES

Se observaron diferencias en la calidad de forraje, madera y carbón entre árboles de *Acacia retinodes*, debido principalmente a la heterogeneidad poblacional observado de manera natural en plantas provenientes de poblaciones silvestres. El contenido de proteína en la biomasa foliar de *A. retinodes* puede contribuir a complementar la dieta del ganado con fines zootécnicos en Durango. El contenido de minerales de las hojas de *A. retinodes* fue alto, lo cual puede relacionarse con la presencia de silicio. El contenido de FDN, FDA y hemicelulosa favorecieron la calidad de la biomasa de la *A. retinodes* para su uso como forraje, por su preferencia, consumo y digestibilidad. En el caso de la madera, la densidad básica fue baja, y mostró variación entre árboles, por lo que puede realizarse selección con base en esta característica y si es el caso, para el establecimiento del turno técnico de corte. La producción de carbón de *A. retinodes* puede realizarse en la rampa térmica de 500 °C, lo cual generó contenido bajo de cenizas, para cumplir con estándares internacionales de calidad. Además, se tuvo contenido bajo de compuestos volátiles y carbón fijo alto, lo que favorece la calidad energética. El poder calorífico de la madera de *A. retinodes* (28.3 Mj kg<sup>-1</sup>), se relacionó con la ontogenia de la planta y método de utilización de la madera con fines dendroenergéticos.

### REFERENCIAS

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official methods of analysis. 15<sup>th</sup>. ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.
- ANKOM. Acid detergent fiber in feeds. Filter bag technique (ANKOM<sup>200</sup>). Ankom Technology 2005; [www.ankom.com/09\\_procedures/ADF%20Method%20A200.pdf](http://www.ankom.com/09_procedures/ADF%20Method%20A200.pdf) (verified 8 Jan. 2008). Macedon, NY, USA: Ankom Technology Corp. Accessed June 28, 2016.
- Arellano V., I., R. Pinto R., F. Guevara H., L. Reyes M., D. Hernández S. y A. Ley de C. 2016. Caracterización del uso directo del rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) por bovinos. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas* 7(5): 1117-1129.
- Cobas, A. C., M. C. Area, y S. Monteoliva. 2014. Patrones de variación de la densidad de la madera y morfometría celular de *Salix babylonica* para la determinación de la edad de transición entre madera juvenil y madura. *Maderas, Ciencia y Tecnología* 16(3): 343-354.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2013. *Acacia retinodes* Schltldl. SIRE-Paquetes Tecnológicos. 24 p. Consultado en línea 08/02/2020. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/876Acacia%20retinodes.pdf>.
- García M., E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4a. ed. Enriqueta García de Miranda. México, D. F. 217 p.
- Invasoras.pt. 2017. *Acacia retinodes* (Water Wattle). Consultado en línea 20/04/2017. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/876Acacia%20retinodes.pdf>

- Nava B., C. A., R. Rosales S., R. Jiménez O., F. O. Carrete C., P. A. Domínguez M., y M. Murillo O. 2017. Rendimiento y valor nutricional de tres variedades de sorgo dulce cultivadas en cuatro ambientes de Durango. *Revista Mexicana de la Ciencias Pecuarias* 8(2): 147-155.
- Medina G., G., G. Díaz P., J. López H., J. A. Ruiz C., y M. Marín S. 2005. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Durango (Periodo 1961-2003). Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Dgo. México. 224 p.
- Pérez O., C. de la P., R. Dávalos S., R. Limón G., y P. A. Quintanar I. 2015. Características tecnológicas de la madera de dos especies de *Quercus* de Durango, México. *Madera y Bosques* 21(3): 19-46.
- Ríos S., J. C., R. Rosales S., R. Jiménez O., P. A. Domínguez M., A. Carrillo P., y L. M. Valenzuela N. 2021. Calidad de pélets a partir de biomasa de ocho especies dendroenergéticas de crecimiento rápido. *Agrociencia* 55(6): 557-568.
- Romero, J. J., M. S. Castillo, J. C. Burns, P. Moriel, and S. Davidson. 2014. Forage quality: Concepts and practices. North Carolina Cooperative Extension. NCSU. USA. 6 p.
- Rosales S., R., J. C. Ríos S., R. Jiménez O., A. Carrillo P., C. A. Nava B., y P. A. Domínguez M. 2018. Rendimiento y calidad de biomasa en especies cultivadas para obtención de energía y abonos en Durango. *AGROFAZ-Volumen Especial CELALA*: 139-153.
- Rubanza, C. D. K., M. N. Shem, S. S. Bakengesa, T. Ichinohe, and T. Fujihara. 2007. The content of protein, fibre and minerals of leaves of selected *Acacia* species indigenous to north-western Tanzania. *Archives of Animal Nutrition* 61(2): 151-156.
- Santana E., S., R. Rosales S., P. A. Domínguez M., D. Sierra Z., J. C. Ríos S., y A. Carrillo P. 2020. Fertilización orgánica para la producción alta y sostenible de forraje de avena en Durango, México. *Ciencia e Innovación* 3(2): 669-678.
- Shelat, K. J., O. Q. Adiamo, S. M. Olarte M., H. E. Smyth, U. Tinggi, S. Hikey, B. Rühmann, V. Sieber, and Y. Sultanbawa. 2019. Overall nutritional and sensory profile of different species of australian Wattle Seeds (*Acacia* spp.): Potential food sources in the arid and semi-arid Regions. *Foods* 8(10): 482.

## IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS SOBRESALIENTES DE FRIJOL NEGRO BAJO TEMPORAL Y RIEGO SUPLEMENTARIO EN ZACATECAS

<sup>1</sup>Cid-Ríos J. Á., <sup>2</sup>Acosta-Gallegos J. A., <sup>1</sup>Figueroa-González J. J., <sup>1</sup>Echavarría-Chairez F. G. y <sup>3</sup>Alcalá-Rico Juan Samuel Guadalupe Jesús.

<sup>1</sup>Campo Experimental Zacatecas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Carretera 24.5 Zacatecas -Fresnillo.

<sup>2</sup>Campo Experimental Bajío, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Carretera Celaya - San Miguel de Allende.

<sup>3</sup>Campo Experimental Tampico, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Mante kilómetro 55, Estación Cuauhtémoc, Tamaulipas.

Autor para correspondencia: cid.angel@inifap.gob.mx

### RESUMEN

El frijol es un cultivo importante en Zacatecas bajo condiciones de temporal. El objetivo fue identificar las líneas de frijol negro brillante con mayor rendimiento que el testigo comercial Negro Otomí bajo condiciones de temporal y temporal más un riego suplementario. En Calera, Zacatecas se establecieron 16 líneas avanzadas en un diseño de Látxe 4x4 cuatro repeticiones, la siembra fue en seco y se dio un riego para la emergencia del cultivo. A dos repeticiones se les aplicó un riego suplementario en la floración y dos estuvieron bajo condiciones de temporal. Hubo presencia de sequía intermitente durante el ciclo, ya que la precipitación registrada durante el ciclo del cultivo fueron 121.4 mm. El análisis de varianza detectó diferencias significativas para el rendimiento de las líneas bajo temporal más riego suplementario y en un análisis combinado con la información de temporal. Se identificaron cinco líneas superiores en rendimiento bajo ambos tratamientos, temporal más riego suplementario y temporal, corresponden a los materiales 13 (testigo San Luis 22), 2, 14, 12 y 5. Es importante continuar con la evaluación de las líneas sobresalientes en diversos ambientes para reafirmar su comportamiento en ambientes con déficit de humedad y e utilizarlas en programas de mejoramiento genético.

**Palabras clave:** Temporal, riego suplementario, selección, frijol

### ABSTRACT

Beans are an important crop in Zacatecas under rainfed conditions. The objective was to identify the bright black bean lines with higher yield than the commercial control Negro Otomí under rainfed and rainfed conditions plus supplemental irrigation. In Calera, Zacatecas, 16 advanced lines were established in a 4x4 Lattice design with four repetitions, sowing was dry and irrigation was given for the emergence of the crop. Supplementary irrigation was applied to two repetitions during flowering and two were under rainfed conditions. There was presence of intermittent drought during the cycle, since the precipitation recorded during the crop cycle was 121.4 mm. The analysis of variance detected significant differences for the performance of the lines under rainfed plus supplementary irrigation and in a combined analysis with rainfed information. Five lines superior in yield were identified under both treatments, temporary plus supplementary irrigation and temporary, corresponding to materials 13 (control San Luis 22), 2, 14, 12 and 5. It is important to continue with the evaluation of the outstanding lines in various environments to reaffirm their behavior in environments with humidity deficit and use them in genetic improvement programs.

**Key words:** Rainfed, supplemental irrigation, selection, beans

## INTRODUCCIÓN

El frijol presenta una gran capacidad de adaptación a climas y ambientes diversos en diferentes áreas geográficas de México, donde los principales tipos que se establecen son de color: negro, pinto, rosa, rojo, amarillo, entre otros (Ayala-Garay *et al.*, 2021). El frijol en México es de gran importancia debido a la superficie sembrada, contribuye en el desarrollo social y económico de los productores de este cultivo, y juega un papel importante en la alimentación de los mexicanos. Para el año 2022, la superficie sembrada con frijol en el estado de Zacatecas fue de 618,224.46 ha<sup>-1</sup>. En Zacatecas, se establece el 41.98 % de la superficie sembrada a nivel nacional. De esa superficie solo el 3.63 % es establecida bajo condiciones de riego y el 96.37 % bajo condiciones de temporal, donde el promedio de rendimiento de frijol negro fue de 0.480 kg por ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2022). Dentro de las principales limitantes a la que se enfrenta el cultivo de frijol es la escasa y errática distribución de lluvia durante el ciclo del cultivo, suelos erosionados, prácticas culturales que promueven la degradación de suelo, y el uso de variedades poco productivas en la región (Gayosso-Barragán *et al.*, 2022). El principal factor que causa la obtención de bajo rendimiento de frijol de temporal es la sequía, la cual se puede presentar en periodos frecuentes en la etapa reproductiva, y la mayoría de los suelos son pobres en contenido de materia orgánica, nutrientes y someros (Acosta-Gallegos *et al.*, 2000). Por lo tanto, es indispensable identificar líneas de frijol con mayor adaptación a estos ambientes, y atender los aspectos agronómicos para evitar la erosión del suelo. Además, en la selección de germoplasma de frijol bajo condiciones de temporal se deben elegir los materiales que presenten rendimiento por encima de la media geométrica y probarlos en diversos ambientes. En condiciones de estrés es posible identificar materiales estables en rendimiento y tolerancia a sequía (Appiah-Kubi *et al.*, 2022). Bajo este contexto, el objetivo del presente trabajo de investigación fue identificar las líneas de frijol negro brillante con mayor rendimiento por hectárea bajo condiciones de temporal y riego suplementario en el estado de Zacatecas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Campo Experimental Zacatecas (CEZAC), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el km 24.5 de la carretera Zacatecas-Fresnillo, en el Municipio de Calera de Víctor Rosales cuyas coordenadas y altura son 22° 54' 31" latitud norte y 102° 39' 34" longitud Oeste, y 2240 msnm. Se realizó la evaluación de 16 líneas avanzadas de frijol negro brillante provenientes de un programa de hibridación, las cuales fueron establecidas mediante un diseño látice simple 4 x 4 incluyendo el testigo regional Negro San Luis y Negro Otomí, evaluados bajo condiciones de temporal, con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de ocho metros lineales con 10 cm entre plantas y 0.76 m entre surcos. La siembra del experimento se realizó en seco el día 2 de agosto del 2023, colocando una cinta regante por surco y se aplicaron diez horas de riego para garantizar la germinación, esto debido al atraso de las lluvias. Así mismo, debido a la falta de lluvias en el ciclo, un par de repeticiones del experimento fue manejado bajo temporal + riego suplementario aplicado en la etapa de floración, el cual fue de seis horas de riego, procurando la aplicación de un riego uniforme, el resto del ciclo del cultivo se manejó bajo condiciones de temporal. Otras dos repeticiones fueron bajo condiciones de temporal. Se realizaron dos escardas, la primera a los 15 días después de la siembra y al mismo tiempo se aplicó la fertilización química 30-50-30 Nitrógeno, Fosforo y Potasio, respectivamente. La segunda escarda fue a los 25 días después de la primera. En la etapa reproductiva se realizó un deshierbe manual para mantener el cultivo libre de malezas y evitar la afectación del crecimiento de las líneas. A

los 120 días después de la siembra se realizó la cosecha de cada una de las líneas. Las muestras se desgranaron manualmente y se les determinó el rendimiento por hectárea. Se realizó un ANOVA, se realizó la prueba de medias mediante el rango múltiple Duncan ( $\alpha=0.05$ ). Los resultados obtenidos se analizaron mediante el programa estadístico SAS 9.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precipitación que ocurrió en el CEZAC, durante el desarrollo del cultivo fue de 121.4 mm. Es importante señalar, que aun con la baja precipitación, se registraron tres eventos de lluvia que contribuyeron al sostenimiento del cultivo; el primero en la etapa vegetativa con 32.8 mm, y el segundo en floración con 27.4 mm y el último en llenado de grano del cultivo con 26.0 mm.

Con la aplicación de riego suplementario se observaron diferencias significativas ( $P=0.040$ ) entre líneas de frijol, el tratamiento 15 fue el de mayor rendimiento con  $645 \text{ kg ha}^{-1}$ , seguido del tratamiento 13 (variedad San Luis 22) con  $611 \text{ kg ha}^{-1}$ . El tratamiento 7 presentó el menor rendimiento con  $251 \text{ kg ha}^{-1}$  (Cuadro 1). Es importante señalar que doce tratamientos presentaron mayor rendimiento en comparación con el testigo Negro Otomí (16).

**Cuadro 1.** Comparación de medias para rendimiento por hectárea en líneas de frijol negro brillante con aplicación de temporal + riego suplementario, dentro del CEZAC, en el ciclo primavera-verano 2023.

Trata	Media (kg ha <sup>-1</sup> )	Trata	Media (kg ha <sup>-1</sup> )	Trata	Media (kg ha <sup>-1</sup> )	Trata	Media (kg ha <sup>-1</sup> )
15	0.645 a	14	0.543 abcd	6	0.407 abcde	16*	0.318 cde
13	0.611 ab	12	0.514 abcde	5	0.370 abcde	8	0.269 de
2	0.576 abc	10	0.494 abcde	9	0.344 bcde	3	0.251 e
4	0.564 abc	1	0.481 abcde	11	0.319 bcde	7	0.251 e

C.V. 26.63. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento. \*Negro Otomí

En el análisis combinado al incluir las repeticiones bajo temporal, mostraron diferencias significativas entre tratamientos ( $P=0.011$ ). En el (Cuadro 2), se observa que el tratamiento 13 fue el de mayor rendimiento con  $562 \text{ kg ha}^{-1}$ , en segundo lugar, se encuentra el tratamiento 12 ( $0.526 \text{ kg ha}^{-1}$ ). El tratamiento con menor rendimiento fue el 8 con ( $0.289 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Es importante señalar que 12 tratamientos muestran rendimiento superior al tratamiento 16. Los bajos rendimientos son atribuidos a lo señalado por Acosta *et al.* (1999), quienes mencionan que para la selección de germoplasma no solo se debe considerar el rendimiento de grano, también se debe tomar en cuenta la calidad comercial de grano, caracteres de mediana y alta heredabilidad tales como tamaño de grano, color, brillo, tiempo de cocción y tolerancia a las plagas y enfermedades que ocurren de forma natural en la región.

**Cuadro 2.** Comparación de medias para análisis combinado para rendimiento por hectárea para líneas de frijol negro brillante bajo temporal + riego suplementario y temporal, dentro del CEZAC, en el ciclo primavera-verano 2023.

Trata	Media (kg ha <sup>-1</sup> )	Trata	Media (kg ha <sup>-1</sup> )	Trata	Media (kg ha <sup>-1</sup> )	Trata	Media (kg ha <sup>-1</sup> )
13	0.562 a	1	0.487 abcd	15	0.454 abcdef	3	0.325cdef
12	0.526 ab	10	0.483 abcd	6	0.438 abcdef	11	0.318 def
2	0.506 abc	5	0.471 abcde	7	0.370 bcdef	16*	0.296 ef
14	0.498 abcd	4	0.456 abcdef	9	0.343 cdef	8	0.289 f

C.V. 25.18. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento. \* Negro Otomí

## CONCLUSIONES

Se identificaron 5 líneas de frijol negro brillante de mayor rendimiento y tolerancia a sequía intermitente que el testigo regional. Es pertinente continuar evaluando las líneas superiores en diversos ambientes en la región para identificar las de mayor estabilidad en rendimiento y estar en posibilidades de registrar una nueva variedad de este tipo de frijol.

## REFERENCIAS

- Acosta-Gallegos J. A., Rosales-Serna R., Navarrete-Maya R. y López-Salinas E. 2000. Desarrollo de variedades de mejoradas de frijol para condiciones de riego y temporal en México. *Agricultura Técnica en México*. 26: 79-98
- Acosta J. A.; Acosta E.; Padilla S.; Goytia Ma. A.; Rosales R. y López E. 1999. Mejoramiento de la resistencia a la sequía del frijol común en México. *Agronomía Mesoamericana*. 10: 83-90
- Appiah-Kubi D., Asibuo J. Y., Butare L., Yeboah S., Appiah-Kubi Z., Kena A. W., and Akromah R. 2022. Heat Stress Tolerance: A prerequisite for the selection of drought-and low phosphorus-tolerant common beans for equatorial tropical regions such as ghana. *Plants*. 11: 2352. doi.org/10.3390/plants11182352
- Ayala-Garay A. V., Acosta-Gallegos J. A. y Reyes-Muro Luis. 2021. El Cultivo del Frijol Presente y Futuro para México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Centro. Campo Experimental Bajío. Celaya Gto. México. Libro Técnico No. 1. 232 p.
- Gayosso-Barragán O., Osuna-Ceja E.S., Chávez-Aguilar G. y Aguirre-Gutiérrez C.A. 2022. Paquete tecnológico para alto rendimiento en frijol de temporal en el Altiplano semiárido templado de México. INIFAP. CENID Agricultura Familiar, Jalisco México, 48 p
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2022. Anuario estadístico de la producción agrícola. <http://siap.gob.mx>



## RENDIMIENTO COMERCIAL DE GENOTIPOS DE AJO EN CALERA ZACATECAS

Cid R. J.A.; Reveles H. M., y Figueroa G. J.J.

**Campo Experimental Zacatecas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Km. 20.5 Carretera Zacatecas Fresnillo, Calera, V. R., Zacatecas, México. CP 98500. Tel. 018000882222 Ext 82315. Autor para correspondencia: [cid.angel@inifap.gob.mx](mailto:cid.angel@inifap.gob.mx).**

### RESUMEN

El propósito del trabajo fue evaluar la productividad de genotipos de ajo establecidos y producidos en forma comercial, donde se evaluó el genotipo ENC4, y las variedades Barretero y Calerense, esta última utilizada como testigo, las cuales se establecieron en camas con seis hileras de plantas. Para la evaluación del rendimiento por hectárea y calidad comercial, de cada genotipo se realizó un muestreo completamente al azar con tres repeticiones. Se encontraron diferencias altamente significativas en el rendimiento por hectárea para los genotipos evaluados, encontrando al Clon ENC4 como el de mayor rendimiento con 17,958. 3 kg · ha<sup>-1</sup>, superando al testigo con 31.20 % más de producción de ajo por hectárea. Así mismo, este clon produce 85.69 % de ajo comercial superando a la variedad Calerense en 14.43 % más de producción de ajo comercial. Por lo que se recomienda seguir evaluando la productividad del clon para en un futuro realizar el registro como nueva variedad. También es recomendable la difusión de la variedad Barretero para contribuir a incrementar la rentabilidad y productividad del cultivo de ajo con las mismas condiciones edafoclimáticas del estado de Zacatecas.

**Palabra clave:** Ajo, productividad, rendimiento y calidad comercial

### ABSTRACT

The purpose of the work was to evaluate the productivity of garlic genotypes established and produced commercially, where the ENC4 genotype was evaluated, and the Barretero and Calerense varieties, the latter used as a control, which were established in beds with six rows of plants. For the evaluation of yield per hectare and commercial quality, a completely random sampling with three repetitions was carried out for each genotype. Highly significant differences were found in the yield per hectare for the genotypes evaluated, finding Clone ENC4 as the one with the highest yield with 17,958. 3 kg. ha<sup>-1</sup>, surpassing the control with 31.20% more garlic production per hectare. Likewise, this clone produces 85.69% of commercial garlic, surpassing the Calerense variety by 14.43% more commercial garlic production. Therefore, it is recommended to continue evaluating the productivity of the clone in order to register it as a new variety in the future. It is also advisable to disseminate the Barretero variety to help increase the profitability and productivity of garlic cultivation with the same edaphoclimatic conditions of the state of Zacatecas.

**Key words:** Garlic, productivity, yield and commercial quality

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de ajo es originario de Asia Central, la especie *Allium sativum* L., es utilizada por sus características aromáticas y organolépticas, debida a estos componentes se le atribuyen características medicinales y antimicrobianas (Madariaga y Catalán, 2020). Además, este cultivo es utilizado en aspectos culinarios, así como, terapéuticos, durante la historia y recientemente es estudiado para las distintas enfermedades que se presentan en el ser humano, donde se ha encontrado que el consumo de esta hortaliza contribuye en la prevención de enfermedades cardiovasculares y cánceres (Ramírez-Concepción *et al.*, 2016).

En México, los estados de mayor superficie sembrada de ajo en el 2023, fueron Zacatecas, Guanajuato, Sonora, Puebla, y Nuevo León, los cuales aportan el 81.39 por ciento de la producción de ajo en el país. El estado de Zacatecas para el 2023, fue el de mayor superficie sembrada con 3,977.34 hectáreas, aportando un 44.10 por ciento de la producción nacional (SIAP, 2023).

Para el establecimiento del cultivo de ajo es recomendable utilizar una densidad apropiada para el cultivo, dado que una mala densidad puede ocasionar alteraciones fisiológicas en la planta, así como su rendimiento y calidad comercial del ajo (Jiménez- Vázquez *et al.*, 2014). La densidad de siembra en conjunto con una apropiada fertilización permite obtener mayores rendimientos y bulbo de alta calidad comercial (Mujica-Rivero *et al.*, 2015).

Además, en el establecimiento del germoplasma de ajo es importante considerar la adaptación, porte, altura, forma y peso del bulbo, dado que estas características están directamente relacionadas con la productividad y calidad del ajo (Aswani *et al.*, 2023).

Una de las limitaciones a las que se enfrentan los productores de ajo en México, es la disponibilidad de materiales mejorados para cada región, para poder ofertar diversificación de materiales para el mercado (Cid *et al.*, 2014). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento del clon ENC4, la variedad Barretero y Calerense, establecidas y manejadas en condiciones comerciales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Dentro del Campo Experimental Zacatecas, se estableció un lote comercial de ajo, con coordenadas 22° 54' 31.3" de latitud norte, 102° 39' 34.0" de longitud oeste y 2197 metros de altura sobre el nivel del mar. Donde se evaluaron los siguientes materiales de ajo; el clon ENC4, la variedad Barretero y Calerense, esta última fue utilizada como testigo. La siembra fue realizada el día 26 de octubre del 2022, utilizando bulbos o dientes procedentes de ajos con calibre ocho para cada genotipo, la cama de siembra constó de 1.60 m de ancho colocando seis hileras de plantas a una distancia de 10 cm entre ellos y 20 entre líneas. Para la ampliación de riegos se utilizó cintilla calibre 6,000 de flujo medio, colocando dos cintas en medio de tal forma que la cinta regara las dos hileras de plantas. Previo al establecimiento se aplicó la dosis 80-80-80, expresada en kilogramos de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente, para lo cual se utilizaron como fuentes sulfato de amonio, superfosfato de calcio simple y sulfato de potasio; el resto de la fertilización se realizó usando sulfato de amonio, fosfo-nitrato y sulfato de potasio, aplicados a través del sistema de riego durante el ciclo de cultivo y de acuerdo con la curva de extracción del cultivo, hasta alcanzar la dosis recomendada en el estado para este cultivo 250-100-126-120 expresada en kilogramos de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio por hectárea respectivamente.

La cosecha se realizó el día 7 de mayo de 2023, tomando tres muestras al azar de cada una de las variedades evaluadas, las cuales consistieron en una cama de 1.60 m de ancho por 5.00 m de largo, una vez colectados los bulbos se procedió a clasificarlos por su tamaño

de acuerdo con la Norma Mexicana, se procedió a contarlos y pesarlos para cada una de las muestras.

Para evaluar el rendimiento de ajo por su producción de bulbos de tamaño comercial se tomó en cuenta la clasificación de la norma mexicana NMX-FF-018-SCFI-2006, considerando ajos comerciales aquellos cuyos bulbos tienen un diámetro ecuatorial igual o superior a 45 mm, mientras que para la calidad industrial se consideraron aquellos bulbos cuyo diámetro ecuatorial fue menor a 45 mm (Reveles-Hernández *et al.*, 2009). Los datos obtenidos se analizaron usando el paquete estadístico SAS 9.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza se observaron diferencias altamente significativas para el rendimiento por hectárea entre las variedades evaluadas ( $P=0.005$ ), donde en la comparación de medias por el método de Tukey con un nivel de significancia de 0.05, reflejó que el clon ENC4 fue el que mayor rendimiento por hectárea con  $17,958.3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , mientras la variedad testigo solo produjo  $12,354 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , lo cual representa una diferencia de 31.20 % más de producción de ajo por hectárea.

**Cuadro 1. Comparación de medias para evaluación de germoplasma de ajo evaluado bajo condiciones de riego en Calera Zacatecas.**

Genotipo	Rendimiento por hectárea ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ )	% de ajos con diámetro superior $\geq 45\text{mm}$ ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ )	% bulbos con diámetro $\leq 45\text{mm}$
ENC4	17,958. 3a	85.69a	14.37b
Barretero	16,625. 0a	85.62a	14.30b
Calerense	12,354. 2a	71.26b	28.73a

Nota: Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Para el análisis de bulbo comercial (bulbo con diámetro superior a 45 mm), mostró diferencias significativas ( $P=0.011$ ) entre genotipo de ajo evaluados, encontrándose al clon ENC4 con un 85.69 % de producción de ajos comerciales, seguido de la variedad Barretero, los cuales superan en producción con un 14.43 y 14.36 % de ajo comercial respectivamente, a la variedad Calerense, de igual manera, se muestra la misma tendencia para la producción de ajo industrial (bulbo con diámetro inferior al 45 mm), donde la variedad testigo es la que más produce ajo no comercial. Los resultados obtenidos concuerdan con lo señalado por Macias-Duarte *et al.* (2010), quienes señalan que el peso y diámetro de bulbo de ajo está relacionado con la productividad y la preferencia en el mercado. El rendimiento puede ser atribuido a lo señalado por López *et al.* (2010), quienes señalan que la fertilización nitrogenada y el manejo de agua eficiente favorece el incremento del bulbo y el rendimiento por hectárea.

## CONCLUSIONES

El clon ENC4 fue el de mayor rendimiento de ajo comercial, por lo que se sugiere seguir evaluando en localidades de producción de ajo con características edafoclimáticas similares, y en un futuro pensar en el registro de este material.

Así mismo, es importante seguir promoviendo la variedad de ajo Barretero, para que los productores puedan incrementar la productividad y rentabilidad del cultivo de ajo en el estado.

**REFERENCIAS**

- Aswani, N., Azmi, C., Cartika, I., and Basuki, R. S. 2023. Agronomic responses of four garlic genotypes in two different locations. *Jurnal Agronomi Indonesia*. Indonesian Journal of Agronomy. 51(1): 134-145.
- Cid R. J. Á., Reveles H. M., Velázquez V. R. y Reveles T. L. R. 2014. Crecimiento y rendimiento de cinco nuevos clones de ajo (*Allium sativum* L.) en campos de productores en Zacatecas. *AGROFAZ*. 14(3):1-7
- Jiménez-Vázquez P., Rangel-Lucio J. A., Mendoza-Elos M., Cervantes-Ortíz F., y Rivera-Reyes J. G. 2014. Efecto de tamaño del bulbo/bulbillo y densidad de plantación en la emergencia, rendimiento y calidad de ajo (*Allium sativum* L.). *Phyton* (Buenos Aires). 83(1):83-91.
- López, M. A. H., López, J., Jiménez, J., Ortega, S. G., Preciado, F. A., Álvarez, A. y Rodríguez, J. 2010. Fertilización nitrogenada en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) bajo riego por goteo en la Costa de Hermosillo. *Biotecnia*. 12(3): 23-31.
- Mujica-Rivero H., de Camacaro M. P. y Sanabria M. E. 2015. Efecto de la densidad de siembra y la nutrición potásica sobre los componentes de crecimiento en ajo morado. *Agronomía Tropical*. 65(3-4): 139-149.
- Madariaga V. M. y Catalán F. A. 2020. Valorización del cultivo del ajo (*Allium sativum*) en la región del Libertador Bernardo O'Higgins. 144 p. Boletín INIA N° 424. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación INIA Rayentué, Rengo, Chile. 145p.
- Macías-Duarte, R., Grijalva-Contreras, R. L., y Robles-Contreras, F. 2010. Productividad y calidad de variedades de ajo (*Allium sativum* L.) bajo condiciones desérticas en Caborca, Sonora. *Biotecnia*. 12(1): 44-54
- Ramírez-Concepción H. R., Castro-Velasco L. N., y Martínez-Santiago E. 2016. Efectos terapéuticos del ajo (*Allium sativum*). *Revista Salud y Administración*. 3(8): 39-47.
- Reveles-Hernández M.; Velásquez-Valle R. y Bravo-Lozano A. G. 2009. Tecnología para cultivar ajo en Zacatecas. Libro Técnico No. 11. Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP. México. 272 p.
- SIAP. 2022. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2022. En: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>, consultada en línea el 23 de julio de 2024.

## INFLUENCIA DE FERTILIZACIÓN FOLIAR CON MAGNESIO EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL PEPINO

Guillén E. R. R.<sup>1</sup>; Chávez M. M. M.<sup>1</sup>; Peña R. B. P.; González A. R.<sup>1</sup>; Preciado R. P.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez s/n, Colonia Valle Verde, 27054. Torreón, Coahuila, México. \*Autor para correspondencia: [ppreciado@yahoo.com.mx](mailto:ppreciado@yahoo.com.mx)

### RESUMEN

En México, la producción de hortalizas bajo invernadero ha incrementado significativamente, siendo el pepino una de las principales hortalizas cultivadas. Este estudio evaluó el efecto de diferentes concentraciones de sulfato de magnesio aplicadas vía foliar sobre el rendimiento, contenido de materia seca y sólidos solubles totales en pepino. Los resultados mostraron que la fertilización foliar de Mg aumenta el rendimiento, materia seca y los sólidos solubles totales. En conclusión, optimizar la fertilización foliar en la producción de pepino, mejorando tanto su rendimiento como su calidad.

**Palabras clave:** Fertilización foliar, rendimiento, pepino.

### ABSTRACT

In Mexico, greenhouse vegetable production has increased significantly, with cucumber being one of the main vegetables grown. This study evaluated the effect of different concentrations of foliar-applied magnesium sulfate on yield, dry matter content and total soluble solids in cucumber. The results showed that foliar Mg fertilization increases yield, dry matter and total soluble solids. In conclusion, optimizing foliar fertilization in cucumber production improves both yield and quality.

**Key words:** Foliar fertilization, yield, cucumber.

### INTRODUCCIÓN

En México, la producción de hortalizas en invernaderos ha aumentado notablemente, con el cultivo de pepino ocupando el 10% de la superficie (López et al., 2015). La producción de hortalizas como el pepino en ambientes protegidos se ha convertido en una opción viable para muchos productores, ya que el uso de invernaderos y otros sistemas de protección vegetal facilitan su producción en regiones no tradicionales, permitiendo su cultivo durante todo el año (Singh et al., 2017).

El pepino está compuesto en un 95% de agua y tiene un bajo contenido calórico, con menos de 20 calorías por cada 100 gramos, lo que lo hace muy ligero y adecuado para combatir la obesidad (Aremu et al., 2021). Bajo condiciones de invernadero, el ciclo de cultivo del pepino

dura 108 días en invierno, lo que permite realizar dos siembras al año y extender la ventana de producción (López et al., 2015).

Para maximizar el rendimiento, las plantas requieren una alimentación continua de nutrientes (Brown et al., 2022). Estos nutrientes se proporcionan a través del suelo y las hojas, siendo la aplicación foliar el método más rápido y efectivo para suministrar nutrientes (Niu et al., 2021). El magnesio es un componente central de la molécula de clorofila, esencial para la fotosíntesis en las plantas (Tian et al., 2021). Sin magnesio, la clorofila no puede capturar la energía solar necesaria para la fotosíntesis, además de desempeñar un papel crucial en la partición y utilización de fotoasimilados, la fotofosforilación (incluida la formación de cloroplastos), la carga de sacarosa en el floema, la fotooxidación en los tejidos de las hojas y la generación de especies reactivas de oxígeno (Ishfaq et al., 2022).

El magnesio aplicado foliarmente desempeña un papel crucial en los ciclos fisiológicos y bioquímicos de las plantas (Salcido-Martínez et al., 2020). La biofortificación ha surgido como una técnica innovadora para combatir el hambre oculta, que es consecuencia de la dependencia exclusiva de los alimentos básicos para la nutrición (Koç y Karayiğit, 2022).

En este estudio, se evaluó el efecto de diversas concentraciones de  $MgSO_4$  aplicadas foliarmente sobre el rendimiento, el contenido de materia seca y los sólidos solubles totales en el cultivo de pepino. La hipótesis de trabajo sugiere que la fertilización foliar con  $MgSO_4$  puede mejorar significativamente tanto la cantidad como la calidad de los frutos de pepino.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Localización y descripción del sitio experimental**

El trabajo se llevó a cabo en un invernadero ubicado en Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, localizada en Periférico y Carretera a Santa Fe s/n, Torreón, Coahuila,

### **Material vegetal**

El material vegetativo se usó semilla de pepino de la variedad Poinsett 76, tipo monoica y crecimiento indeterminado.

### **Trasplante y sustrato**

Se utilizaron semillas de pepino de la variedad Poinsett 76, tipo monoica y crecimiento indeterminado. El experimento fue establecido por siembra directa en bolsas negras de polietileno con capacidad de 4 L, el sustrato utilizado fue arena y perlita en relación 9:1. Dicho cultivo se guio a un solo tallo, el riego y la nutrición con la solución nutritiva (Steiner, 1961).

La CE fue de 2 dS m<sup>-1</sup> con un pH de 5.5. El riego con la SN se realizó aplicando en la etapa de germinación 250 mL por día durante dos semanas. Después, un litro por planta durante los siguientes tres meses.

### **Manejo del cultivo**

#### **Poda**

Las plantas fueron podadas a una sola guía, eliminando las yemas axilares (chupones) regularmente cada semana. Sin embargo, hubo podas de hojas senescentes para mejorar la aireación y penetración de luz en la parte inferior de las plantas.

#### **Tutoreo**

Se utilizó rafia agrícola de polipropileno calibre 1200 m/kg con la finalidad de mantener las plantas derechas. Las plantas fueron amarradas con rafia al alambre que se tendió a una altura de 2,10 m. atada a la estructura del invernadero.

### **Variables agronómicas y calidad de fruto**

#### **Rendimiento**

Se efectuó con el peso de cada uno de los frutos en una báscula digital, posteriormente se una suma total de los frutos de cada planta se multiplicó por los metros cuadrados que fue 1.2 m<sup>2</sup>.

#### **Materia Seca**

La producción de biomasa foliar se determinó calculando el peso seco promedio (PS) por planta (g). Se secaron el tallo, las hojas y las raíces en un horno (QL-20GC, Quincy Lab) a una temperatura constante de 60 °C durante un período de 72 horas. Las hojas secas se pesaron luego utilizando una balanza analítica (Ohaus Corporation, Pine Brook, NJ, EE.UU.).

#### **Sólidos solubles totales**

Se tomo tres frutos de cada tratamiento y por repetición, perforando cuidadosamente cada fruto para obtener una gota de jugo el cual fue depositada en un refractómetro manual (Master Refractometer Automatic Atago) los valores se reportarían en °Brix.

#### **Análisis estadístico**

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza y la comparación de medias con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.5$ ) utilizando el paquete estadístico SAS versión 9.0 (Statistical Analysis System Institute).

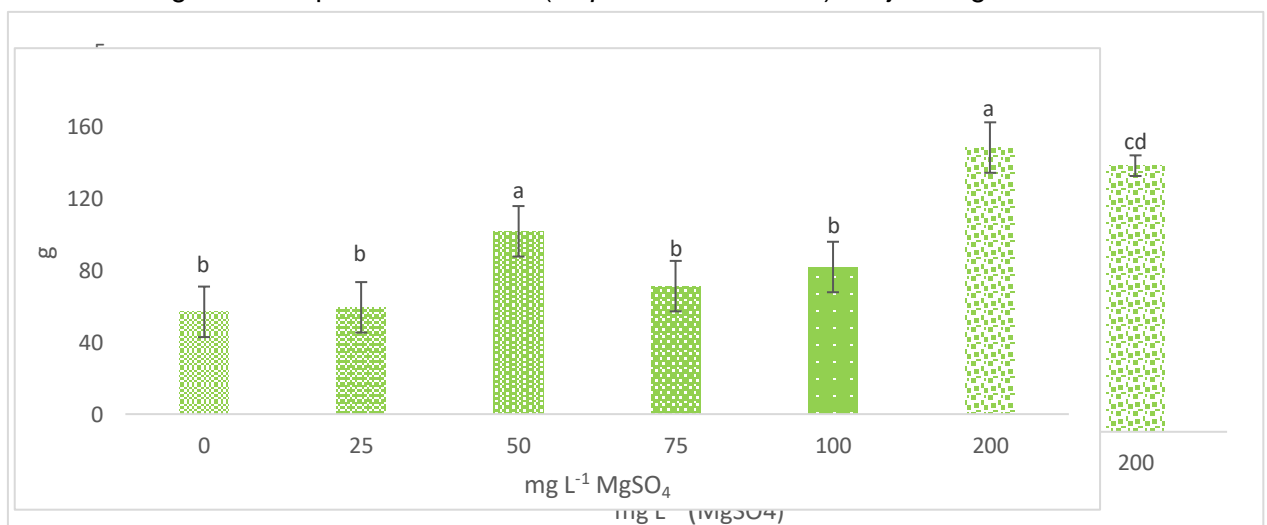
## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### **Rendimiento**

El análisis de varianza del rendimiento mostro diferencia significativa a la aplicación foliar de magnesio evaluadas. Donde el control obtuvo la mayor producción en comparación a las demás concentraciones (Figura 1).

Figura 1. Efecto de la fertilización foliar con Mg sobre el rendimiento del cultivo de pepino. \*Medias con la misma letra en columnas adyacentes son similares estadísticamente ( $P \leq 0.05$ ).

El rendimiento de un cultivo es determinado por la capacidad de la acumulación de materia seca en los órganos destinados a la cosecha, donde el número y peso de frutos son los principales componentes del rendimiento (Casierra *et al.*, 2007). Se han realizado investigaciones similares según Harris *et al.* (2023), quienes encontraron que la aplicación foliar de magnesio en plantas de chile (*Capsicum annum* L.) mejora significativamente el



crecimiento y la producción de frutos. En su estudio, la combinación de boro y magnesio a 100 ppm resultó en un aumento notable en la altura de las plantas, el número de ramas y hojas, así como en el rendimiento total de frutos, alcanzando un peso de 333 g por planta. Por otro lado, Venkataramana (2012) documentó que la aplicación de sulfato de magnesio también incrementó el número de hojas en plantas de pimiento, lo que sugiere que el magnesio juega un papel crucial en la fotosíntesis y el crecimiento general de las plantas. Además, Babaeian *et al.* (2012) demostraron que la inclusión de magnesio en la nutrición de cultivos de cebada mejoró significativamente el rendimiento, lo que resalta la importancia de estos micronutrientes en la agricultura.

## Biomasa

Los resultados obtenidos para las distintas concentraciones de Mg asperjadas muestran que la mayor producción de biomasa corresponde a la concentración de 200  $\text{mg L}^{-1}$  superando al control (Figura 2). Similares resultados son reportados por Mendoza, (2020), al obtener la



mayor producción de materia seca en plantas de tomate con la dosis de 120 mg L<sup>-1</sup>, contribuyendo así a lograr el mejor crecimiento y rendimiento del cultivo.

Figura 2. Efecto de la fertilización foliar con Mg sobre la biomasa. \*Medias con la misma letra en columnas adyacentes son similares estadísticamente ( $P \leq 0.05$ ).

### Sólidos solubles totales

La aplicación foliar de Mg incrementa significativamente los sólidos solubles totales en pepino, obteniendo los mayores valores con las dosis de 50 y 75 mg L<sup>-1</sup> (Figura 3). De acuerdo con Coelho *et al.*, (2022) los sólidos solubles totales se consideran uno de los parámetros más relevantes en los tomates, con sabores influenciados por este contenido. **Este aumento puede explicarse por varios mecanismos fisiológicos y bioquímicos. Por ejemplo,** el magnesio es un componente central de la molécula de clorofila, esencial para la fotosíntesis. Una mayor disponibilidad de Mg mejora la eficiencia fotosintética, aumentando la producción de carbohidratos y, por ende, el contenido de SST en el fruto (Azarmi *et al.*, 2015). **Además,** el Mg actúa como un cofactor en numerosas enzimas involucradas en el metabolismo de los carbohidratos. Una adecuada nutrición con Mg facilita la conversión de azúcares y su transporte hacia los frutos, incrementando los SST (Han *et al.*, 2024).

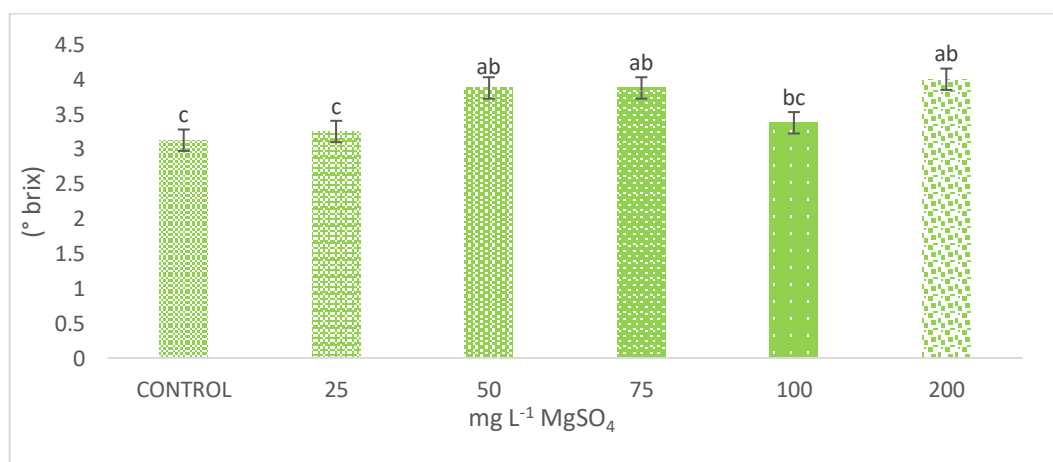


Figura 3. Valores promedio de sólidos solubles totales en fruto de pepino por efecto de la aplicación foliar de sulfato de magnesio. \*Medias con la misma letra en columnas adyacentes son similares estadísticamente ( $P \leq 0.05$ )

### CONCLUSIONES

La aplicación foliar de  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  no mostró diferencias significativas en el rendimiento del pepino, pero la concentración de  $200 \text{ mg L}^{-1}$  aumentó el contenido de materia seca. Las dosis de  $50$  y  $75 \text{ mg L}^{-1}$  incrementaron los sólidos solubles totales, mejorando la calidad del fruto. Estos resultados sugieren que la fertilización foliar con  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  puede optimizar la calidad del pepino.

### REFERENCIAS

- López-Elías, J., Ortega, S. G., López, M. A. H., León, J. J., Puente, E. O. R., & Amador, B. M. (2015). Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en función de la densidad de plantación en condiciones de invernadero. *European Scientific Journal*, 11(24).
- Singh, M. C., Singh, J. P., Pandey, S. K., Mahay, D., & Srivastava, V. (2017). Factors affecting the performance of greenhouse cucumber cultivation-a review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(10), 2304-2323.
- Aremu, M. O., Ajine, P. L., Omosebi, M. O., Baba, N. M., Onwuka, J. C., Audu, S. S., & Shuaibu, B. S. (2021). Lipid profiles and health promoting uses of carrot (*Daucus carota* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Int. J. Sci*, 10, 22-29.
- Brown, P. H., Zhao, F. J., & Dobermann, A. (2022). What is a plant nutrient? Changing definitions to advance science and innovation in plant nutrition. *Plant and Soil*, 476(1), 11-23.
- Niu, J., Liu, C., Huang, M., Liu, K., & Yan, D. (2021). Effects of foliar fertilization: a review of current status and future perspectives. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21, 104-118.
- Tian, X. Y., He, D. D., Bai, S., Zeng, W. Z., Wang, Z., Wang, M., ... & Chen, Z. C. (2021). Physiological and molecular advances in magnesium nutrition of plants. *Plant and Soil*, 468, 1-17.
- Ishfaq, M., Wang, Y., Yan, M., Wang, Z., Wu, L., Li, C., & Li, X. (2022). Physiological essence of magnesium in plants and its widespread deficiency in the farming system of China. *Frontiers in plant science*, 13, 802274.
- Salcido-Martinez, A., Sanchez, E., Licon-Trillo, L. P., Perez-Alvarez, S., Palacio-Marquez, A., Amaya-Olivas, N. I., & Preciado-Rangel, P. (2020). Impact of the foliar application of magnesium nanofertilizer on physiological and biochemical parameters and yield in green beans. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(4), 2167-2181.
- Koç, E., & Karayiğit, B. (2022). Assessment of biofortification approaches used to improve micronutrient-dense plants that are a sustainable solution to combat hidden hunger. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22(1), 475-500.
- Casierra, F. F. Cardoso, M.C., y Cárdenas, J. F. (2007). Análisis de crecimiento en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) cultivadas bajo invernadero. *Agronomía colombiana*. 25:299-305.
- Coelho, A.R.F., Luís, I.C., Marques, A.C., Pessoa, C.C., Daccak, D., Silva, M.M., Simões, M., Reboredo, F.H., Pessoa, M.F., Legoinha, P., Galhano, C., Regato, M., Regato, J., Dias, J., Beja, N., Guerreiro, I., Ramalho, J.C., Campos, P.S., Pais, I.P., y Lidon, F.C. (2022). Interacción Mineral en Tomates Biofortificados (*Lycopersicum esculentum* L.) con Magnesio. <https://doi.org/10.3390/iecho2022-12509>.
- Harris, K. D., et al. (2023). Effect of foliar application of boron and magnesium on growth and

- yield of green chilli (*Capsicum annum* L.) cv. MIPC-1. *Journal of Agricultural Research*, [Detalles de la publicación, si están disponibles].
- Venkataramana, M. (2012). Influence of magnesium on growth and yield of pepper plants. *Journal of Horticultural Science*, [Detalles de la publicación, si están disponibles].
- Babaeian, M., Esmaeilian, Y., Tavassoli, A., & Asgharzade, A. (2012). Efficacy of different iron, zinc and magnesium fertilizers on yield and yield components of barley. *African Journal of Microbiology Research*, 6(28), 5754-5756.
- Azarmi, R. A. S. O. U. L., Tabatabaei, S. J., & Chaparzadeh, N. A. D. E. R. (2015). Effect of magnesium on growth, fruit quality and sugar content in cucumber under various light intensities. *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences*, 4(9), 5915-5932.
- Han, H., Chen, X. L., Liu, Y. Z., Zhou, T., Alam, S. M., & Khan, M. A. (2024). Foliar spraying magnesium promotes soluble sugar accumulation by inducing the activities of sucrose biosynthesis and transport in citrus fruits. *Scientia Horticulturae*, 324, 112593.

## ALGORITMOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA ESTIMAR EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA EN EL NORTE DE MÉXICO

Martínez S. A. R.<sup>1.</sup>, González B. J. L.<sup>2.</sup>, Nuria A. L. H.<sup>2.</sup>, Estrada A. J.<sup>2.</sup>, Trucíos C. R.<sup>2.</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Torreón.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera

Autor por correspondencia: im\_aldo09@hotmail.com

### RESUMEN

La evapotranspiración (ET) representa la cantidad de agua que las plantas pierden a través de la transpiración y la evaporación del suelo. Conocer la ET ayuda a determinar las necesidades de riego de los cultivos, optimizando el uso del agua y evitando el desperdicio. El objetivo del presente estudio fue estimar la evapotranspiración de referencia en maíz a través de los algoritmos Redes Neuronales Artificiales y Random Forest utilizando las variables de temperatura máxima, mínima y media. Se descargó información climática diaria de la base de datos de NASA, y se estimó la evapotranspiración por el método de Penman-Monteith. Se comparó la evapotranspiración estimada por Redes Neuronales y Random Forest con la de Penman-Monteith. Con Redes Neuronales se encontró una varianza explicada por el modelo de 79.87% y con Random Forest de 78.45%. Se concluye que es factible estimar la evapotranspiración con resultados aceptables únicamente con variables de temperatura máxima, mínima y media.

**Palabras clave:** Árboles aleatorios, Machine learning, Redes Neuronales

### ABSTRACT

Evapotranspiration (ET) represents the amount of water that plants lose through transpiration and soil evaporation. Knowing the ET helps determine the irrigation needs of crops, optimizing water use and avoiding waste. The aim of this study was to estimate reference evapotranspiration in maize using Artificial Neural Networks (ANN) and Random Forest algorithms with maximum, minimum, and mean temperature variables. Daily climate data were downloaded from the NASA database, and evapotranspiration was estimated using the Penman-Monteith method. The evapotranspiration estimated by ANN and Random Forest was compared to that of Penman-Monteith. ANN yielded an explained variance of 79.87%, while Random Forest yielded 78.45%. It is concluded that it is feasible to estimate evapotranspiration with acceptable results using only maximum, minimum, and mean temperature variables.

**Key words:** Artificial Neural Networks, Machine learning, Random Forest

## INTRODUCCION

La combinación simultánea de los procesos de evaporación y transpiración se denomina evapotranspiración (ET). Ambos procesos, ET y transpiración, están influenciados por una variedad de factores, incluyendo las condiciones meteorológicas, las características de los cultivos y factores ecológicos. La evapotranspiración se define como la cantidad de agua que se pierde hacia la atmósfera a través de la combinación de evaporación y transpiración. Este indicador es fundamental en estudios hidrológicos y agrometeorológicos, particularmente para optimizar la gestión del agua en la agricultura (Jiang y Liu, 2022). Existen diversos métodos para estimar la evapotranspiración, cada uno con sus ventajas y desventajas, dependiendo de la aplicación concreta y los datos disponibles. Para abordar la problemática relacionada con la alta demanda de datos meteorológicos para el modelo PM FAO-56 y la falta de precisión de los modelos empíricos simples, se han implementado diversos modelos de aprendizaje automático (ML), que ofrecen una mayor eficiencia y facilidad de uso. En consecuencia, los modelos de ML están surgiendo como alternativas preferidas frente a métodos directos o indirectos. Se ha observado una tendencia significativa hacia la utilización de modelos de ML para la estimación de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>), especialmente en regiones donde los datos meteorológicos son limitados o difíciles de obtener. El objetivo del presente estudio fue estimar la evapotranspiración de referencia en maíz mediante los algoritmos de Redes Neuronales Artificiales y Random Forest mediante temperatura máxima, mínima y media.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en una finca privada ubicada en el municipio de Francisco I. Madero, en el estado de Coahuila, México. La superficie cultivable investigada abarca 26,14 hectáreas. El clima predominante es semicálido seco (BWH), con temperaturas medias anuales de 20,9 °C y precipitaciones promedio de 260,7 mm. El análisis se realizó durante el ciclo agrícola de verano de 2020. La textura del suelo es franco arcilloso. Se empleó el híbrido de maíz Syngenta N8305, con una densidad de siembra de 93,100 plantas por hectárea. Las prácticas agrícolas incluyeron rastra, subsolado, doble rastra, siembra y rotocultivo. La fertilización química consistió en aplicar 200 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato monoamónico y 100 kg ha<sup>-1</sup> de Solub 45. El riego se realizó con un primer riego de saturación seguido de tres riegos adicionales durante el ciclo del cultivo. La evapotranspiración de referencia se calculó utilizando el modelo Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

$$Eto(PM) = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

Donde Eto representa la evapotranspiración de referencia (mm por día); Rn indica la radiación neta (MJ por m<sup>2</sup> por día); G es la densidad del flujo térmico del suelo (MJ por m<sup>2</sup> por día), que se considera nula para cálculos diarios; T es la temperatura diaria del aire (°C) medida a 2 metros de altura; u<sub>2</sub> es la velocidad promedio del viento a 2 metros de altura (m/s); e<sub>s</sub> es la presión de vapor de saturación (kPa); e<sub>a</sub> es la presión de vapor actual (kPa); (e<sub>s</sub>-e<sub>a</sub>) es el déficit de presión de vapor (Δe, kPa) a la temperatura T; Δ es la pendiente de la curva de presión de vapor (kPa/°C); y γ es la constante psicométrica (0.0677 kPa/°C).

Se obtuvo información diaria sobre temperatura máxima, mínima y promedio a 2 metros de la superficie terrestre, así como humedad relativa, velocidad del viento, radiación extraterrestre acumulada y radiación solar acumulada, de la plataforma NASA POWER para los años 2021 a 2023. Para estimar la evapotranspiración de referencia (Eto), se emplearon las librerías neuralnet y randomForest en el programa RStudio, utilizando las variables de temperatura máxima, mínima y promedio proporcionadas por NASA POWER. Los datos se dividieron en dos conjuntos: uno de entrenamiento (70%) y otro de prueba (30%).

Se aplicó una validación cruzada k-fold, dividiendo el conjunto de entrenamiento en cinco subconjuntos para realizar la validación. Para evaluar el desempeño de los modelos se calculó el coeficiente de determinación R<sup>2</sup>, la raíz del error cuadrático medio y el error cuadrático medio.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La aplicación del modelo de Backpropagation de Redes Neuronales con las variables de temperatura máxima, mínima y media muestra una varianza explicada del 79.87%, un error cuadrático medio de 1.15 y la raíz del error cuadrático medio de 1.07. Por otro lado, con el modelo Random Forest con los datos de temperatura máxima, mínima y media muestra una varianza explicada del 78.45%, un error cuadrático medio de 1.15 y la raíz del error cuadrático medio de 1.07 (Figura 1).

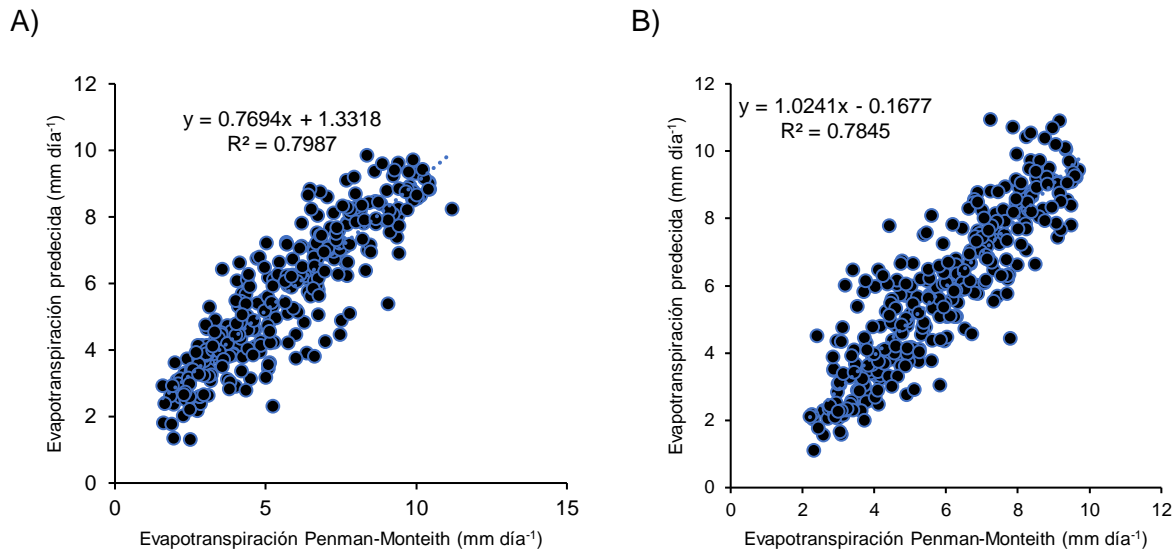


Figura 1. Comparación de la evapotranspiración de referencia estimada por Penman-Monteith y Redes Neuronales (A). Comparación de evapotranspiración de referencia estimada por Penman-Monteith y Random Forest (B).

Se han implementado técnicas de aprendizaje automático para la estimación de la evapotranspiración, destacándose el uso de Redes Neuronales, las cuales han logrado explicar hasta un 79% de la varianza empleando exclusivamente variables relacionadas con la temperatura (Yong et al., 2023). Por otro lado, se han desarrollado estimaciones de evapotranspiración a través de modelos de Machine Learning, y se han encontrado resultados significativos mediante Random Forest con una varianza explicada de hasta 85% (Spontoni et al., 2023), resultados inferiores al del presente estudio. Este enfoque permite calcular la pérdida de agua en áreas agrícolas utilizando únicamente datos de temperatura máxima, mínima y media. Además de mejorar la precisión de las estimaciones, esta metodología ofrece ventajas en términos de flexibilidad, adaptabilidad, automatización y escalabilidad en el análisis (Chia et al., 2020).

### CONCLUSIONES

Los algoritmos de inteligencia artificial se han convertido en herramientas importantes para la toma de decisiones agronómicas. En el presente estudio, se encontraron relaciones significativas para la estimación de nitrógeno en maíz con algoritmos de random forest y redes neuronales. Sin embargo, el algoritmo de redes neuronales, mostró un mejor desempeño utilizando solamente variables de temperatura en comparación al método de Penman-Monteith (FAO).

**REFERENCIAS**

- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. Crop Evapotranspiration—Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper 56; FAO: Rome, Italy, 1998; p. 300.
- Chia, M.Y.; Huang, Y.F.; Koo, C.H.; Fung, K.F. Recent advances in evapotranspiration estimation using artificial intelligence approaches focusing on hybridization techniques—A review. *Agronomy* 2020, 10, 101.
- Jiang, Y.; Liu, Z. Simulation of actual evapotranspiration and evaluation of three complementary relationships in three parallel river basins. *Water Resour. Manag.* 2022, 36, 5107–5126.
- Spontoni, T.A.; Ventura, T.M.; Palácios, R.S.; Curado, L.F.A.; Fernandes, W.A.; Capistrano, V.B.; Fritzen, C.L.; Pavão, H.G.; Rodrigues, T.R. Evaluation and Modelling of Reference Evapotranspiration Using Different Machine Learning Techniques for a Brazilian Tropical Savanna. *Agronomy* 2023, 13, 2056. <https://doi.org/10.3390/agronomy13082056>
- Yong, S.L.S.; Ng, J.L.; Huang, Y.F.; Ang, C.K. Estimation of Reference Crop Evapotranspiration with Three Different Machine Learning Models and Limited Meteorological Variables. *Agronomy* 2023, 13, 1048. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041048>



A photograph of several goats in a metal enclosure. The goats are of various colors, including white, brown, and black. They are standing behind a metal railing. The background shows a large, industrial-looking structure, possibly a barn or a processing plant, with a bright light source visible in the upper right corner. The text "Producción Animal" is overlaid in the center of the image in a white, serif font.

# Producción Animal

## EFICACIA DE LA COMBINACIÓN DE IVERMECTINA Y FIPRONIL SOBRE LOS PIOJOS (*LINOGNATHUS SPP.* Y *BOVICOLA SPP.*) EN CABRAS BAJO CONDICIONES DE PASTOREO

Tadeo R. J<sup>1\*</sup>; Ángel G. O.<sup>3</sup>; Arellano R. F.<sup>2</sup>; Alvarado E. A.<sup>2</sup>; González A. V.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria UAAAN UL, <sup>2</sup>Departamento de Producción Animal UAAAN UL, <sup>3</sup>Departamento de Ciencias Médico Veterinarias UAAAN UL, <sup>4</sup>Universidad Autónoma de Guerrero FMVZ-2

\*Correo de correspondencia: [mvzjosetadeo@gmail.com](mailto:mvzjosetadeo@gmail.com)

### RESUMEN

El presente trabajo de investigación, fue realizado en el mes de noviembre, en Petronilas, Municipio de Matamoros estado de Coahuila de Zaragoza (25° 27' 9" N, 103° 6' 29" O) Coahuila de Zaragoza, México. Con el objetivo de medir la eficacia de la combinación de ivermectina y fipronil. Se utilizaron 25 cabras multirraciales del sistema extensivo. Para la obtención de especímenes se realizó un cepillado del animal, para posteriormente identificar y clasificar a los ectoparásitos. Se realizó una desparasitación en dosis de ivermectina (1ml/50kg vía SC) y fipronil (1ml/ 10kg vía PC). En los resultados obtenidos a principios del mes de noviembre, se encontró una prevalencia 54% de *Linognathus spp.* y 90% de *Bovicola spp.* Se realizó la aplicación del desparasitante a finales de noviembre y se midió la eficacia de los desparasitantes realizando muestreos durante los meses de diciembre a febrero. La prevalencia de ectoparásitos tanto *Linognathus spp.* y *Bovicola spp.* fue del 0% para los meses de diciembre, enero y hasta febrero. En conclusión, nuestros resultados muestran que la combinación de ivermectina y fipronil tienen una eficacia del 100 % sobre la prevalencia de piojos *Linognathus spp.* y *Bovicola spp.* para los meses de diciembre, enero y hasta febrero.

**Palabras clave.** Desparasitante, pediculosis, mecanismo de acción

### ABSTRACT

This research work was carried out in November in Petronilas, Matamoros Municipality, Coahuila de Zaragoza State (25° 27' 9" N, 103° 6' 29" W) Coahuila de Zaragoza, Mexico. The objective was to measure the effectiveness of the combination of ivermectin and fipronil. Twenty-five multi-breed goats from the extensive system were used. To obtain specimens, the animal is brushed to subsequently identify and classify ectoparasites. Deworming is performed at doses of ivermectin (1ml/50kg via SC) and fipronil (1ml/10kg via PC). In the results obtained at the beginning of November, a prevalence of 54% of *Linognathus spp.* and 90% of *Bovicola spp.* was found. The deworming agent was applied at the end of November and the efficacy of the deworming agents was measured by taking samples during the months of December to February. The prevalence of ectoparasites of both *Linognathus spp.* and *Bovicola spp.* was 0% for the months of December, January and until February. In conclusion, our results show that the combination of ivermectin and fipronil has a 100% efficacy on the prevalence of lice *Linognathus spp.* and *Bovicola spp.* for the months of December, January and until February.

**Key words.** Dewormer, pediculosis, mechanism of action.

### INTRODUCCION

Los pequeños rumiantes suelen estar infestados por ectoparásitos que pueden tener un gran impacto negativo en el estado de salud y la producción animal. Los ectoparásitos más importantes que afectan la productividad de las cabras son los piojos. Las cabras pueden estar

infestadas por piojos chupadores de sangre (*Anoplura*, *Linognathus spp.*) y piojos masticadores o mordedores (*Mallophaga*, *Bovicola/Damalinia spp.*) y son más frecuentes durante el invierno y principios de la primavera (Cotticelli *et al.*, 2023).

Los piojos pasan toda su vida sobre su hospedador, donde la hembra adulta, tras el apareamiento, pone unos huevos pequeños, blanquecinos y ovalados, que se conocen como liendres, y que se encuentran firmemente adheridos al pelo. De los huevos surgen las ninfas, que completan tres estadios antes de convertirse en adultas. El ciclo vital completo puede durar entre 3-4 semanas, comenzando con la oviposición (González, 2020).

Las principales manifestaciones clínicas de la pediculosis caprina se atribuyen a la irritación y reacción de hipersensibilidad a los antígenos presentes en la saliva de los piojos. Las infestaciones graves de piojos masticadores inducen alopecia, irritación, dermatitis pápulo-crustosa y autoexcoriación (Ajith, 2017; Nizamov y Iliev 2023).

El control exitoso de los piojos en los rebaños de cabras depende del método de aplicación y la eficacia del insecticida, que, a su vez, depende de la distribución en la superficie corporal y de su redistribución a las partes no tratadas. El fracaso del tratamiento puede deberse a una aplicación incorrecta, a la incapacidad de alcanzar una concentración eficaz del insecticida en la superficie de la piel y al desarrollo de resistencia a los insecticidas. La ivermectina es un fármaco antiparasitario con un amplio espectro de actividad, alta eficacia y amplio margen de seguridad. El estudio farmacocinético de la ivermectina en cabras demostró que persiste en concentraciones significativas en la piel y el pelo durante un mínimo de 17 días después del tratamiento después de la vía de administración subcutánea (Lespine *et al.* 2003; Quiroz, 2011; Ajith, 2019; Báez *et al.*, 2019).

El fipronil es un fármaco pertenece a los fenilpirazoles, este ejerce acción permitiendo el ingreso de los canales de cloro, en específico a los que son regulados por el neurotransmisor (GABA), inhibiendo la transferencia pre y postsináptica del cloro por la membrana celular, provocando una acción incontrolada del sistema nervioso y así la muerte de los piojos 48 horas después de la exposición y una acción prolongada de hasta 35 días después de aplicarse (Ramesh y Anadón, 2018).

## MATERIALES Y METODOS

### Localización y condiciones climáticas del área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en el ejido de Petronilas ubicado en el Municipio de Matamoros estado de Coahuila de Zaragoza. 25° 27' 9" N, 103° 6' 29" O, la altitud es de 1,106 metros sobre el nivel medio del mar. El clima en la localidad es cálido y seco durante todo el año (CONAGUA, 2024).

### Manejo de los animales

Se usaron 25 cabras multirraciales del sistema extensivo donde los animales fueron pastoreados durante nueve horas y caminaban aproximadamente 3 km diarios desde sus corrales de resguardo hasta la zona donde encuentren alimento disponible, los animales no habían recibido ningún tratamiento de desparasitación desde hace años.

### Recolección de muestras

Para determinar los especímenes y la prevalencia de piojos se realizó un cepillado con un peine de cerdas metálicas en la zona del cuello, miembros posteriores y abdomen de las cabras, los especímenes se recolectaban en una tela color blanco para ser depositadas en un tubo Eppendorf de 2 ml. Que contenía alcohol al 70%, se identificó cada muestra con número de arete de la cabra. Posteriormente las muestras se llevaron al laboratorio de parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, para hacer la clasificación

e identificación utilizando lo descrito por Price y Graham (1997) y conteo de los especímenes, colocándolos en una placa de Petri (100 mm) para ser observados en un microscopio estereoscópico.

#### Tratamiento

Para el tratamiento se realizó una desparasitación utilizando ivermectina en dosis de 1 ml/50 kg de PV vía intramuscular profunda en la tabla del cuello y fipronil al 1% en dosis de 1ml/10 kg de PV en vía percutánea, a lo largo del lomo del animal. Como complementación del manejo zootécnico se aplicó un complejo vitamínico (1mL por animal) en vía IM y una vacuna para la prevención de enfermedades (clostridiasis) por vía subcutánea. Todos los fármacos fueron aplicados con jeringa hipodérmica estéril y los animales fueron sujetados de manera que no causara estrés y que estos no se lastimaran con el fin de cumplir en su totalidad con los lineamientos de bienestar animal.

### RESULTADOS Y DISCUSION

En los resultados obtenidos a principios del mes de noviembre, se encontró una prevalencia 54% de *Linognathus spp.* y 90% de *Bovicola spp.* Se realizó la aplicación del desparasitante a finales de noviembre y se midió la eficacia de los desparasitantes realizando muestreos durante los meses de diciembre a febrero. Posterior a la desparasitación la prevalencia de ectoparásitos tanto *Linognathus spp.* y *Bovicola spp.* fue del 0%. Nuestros resultados demuestran que la combinación de ivermectina y fipronil tienen una eficacia del 100 % sobre los piojos *Linognathus spp.* y *Bovicola spp.* para los meses de diciembre, enero y hasta febrero.

Según Lespine *et al.* (2005) en un estudio farmacocinético de la ivermectina en cabras mostró que persiste en concentraciones significativas en la piel y el pelo durante un mínimo de 17 días después del tratamiento después de la vía de administración subcutánea. Este estudio coincide a los que plantea Quiroz *et al.* (2011) ya que menciona que solo una aplicación de ivermectina es eficaz para eliminar a los ectoparásitos.

El fipronil al aplicarse por vía cutánea y fijarse a las glándulas sebáceas, folículo piloso y estrato corneo de la piel quedando almacenado y liberándose poco a poco provoca parálisis y también la muerte de *Bovicola* 48 horas después de la exposición y una acción prolongada de hasta 35 días después de aplicarse (Ramesh y Anadón, 2018). Sin embargo, nuestros resultados nos muestran que en combinación de la ivermectina y fipronil la acción prolongada es de hasta 90 días.

También se obtuvieron resultados similares a González (2020) y Oviedo *et al.* (2021) donde mencionan que, durante el invierno los ectoparásitos chupadores *Linognathus spp.* y masticadores *Bovicola spp.* se presentan en mayor porcentaje afectando considerablemente a los animales. Esto también puede relacionarse a factores como la falta de un programa de desparasitación anual

### CONCLUSIONES

La combinación de ivermectina y fipronil sobre la prevalencia de los ectoparásitos *Linognathus spp.* y *Bovicola spp.* tiene una eficacia del 100% y un mecanismo de acción prolongado de hasta 90 días. Lo anterior puede ser una alternativa confiable para llevar a cabo los programas de desparasitación en la zona de estudio.

### REFERENCIAS

Ajith, Y., Dimri, U., Gopalakrishnan, A. & Devi, G., 2019, 'A field study on the efficacy of ivermectin via subcutaneous route against chewing lice (*Bovicola caprae*) infestation in naturally infested goats', Onderstepoort Journal of Veterinary Research 86(1), a1635.

- Ajith, Y., Dimri, U., Gopalakrishnan, A. Devi, G. 2017. A study on prevalence and factors associated with ectoparasitism in goats of two agro-climatic regions in India. *J Parasit Dis*.
- Báez, C., Lara, M., Ortega, O., Torres, M., Bogarín, L. 2019. Efecto antihelmíntico de ivermectina y doramectina en bovinos destetados del sur paraguayo. Departamento de Ciencias Fisiológicas, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay. *Rev. Vet.* 30: 2.
- Comision Nacional del Agua (CONAGUA), 2024. [Servicio Meteorológico Nacional \(conagua.gob.mx\)](http://servicio.meteorologico.nacional.conagua.gob.mx)
- González, V. H. 2020. Presence of two lice species (Insecta: Phthiraptera) in a goat (*Capra hircus*) from La Comarca Lagunera, Mexico: a case report. *International Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology (IJRASB)*, 7(5), 152-155.
- Lespine, A., Alvinerie, M., Sutra, J.F., Pors, I. & Chartier, C., 2005, 'Influence of the route of administration on efficacy and tissue distribution of ivermectin in goat', *Veterinary Parasitology* 128(3-4), 251–260.
- Nizamov, N., Iliev, P. 2023. Clinical and hemato-biochemical studies on goats naturally infested with sucking and biting lice. *Trakia Journal of Sciences*, Vol. 21, № 1, pp 18-24.
- Oviedo, G. T., Hernández, V.C., Oviedo, E. 2021. Atlas de las enfermedades más frecuentes de ovinos y caprinos en el centro de México. B.M. Editores. 86-90.
- Price, M.A., & Graham, O.H. (1997). Chewing and sucking lice as parasites of mammals and birds. *USDA Technical bulletin 1849: Washington, DC*
- Quiroz, R.H., Figueroa, C.J., Ibarra, V.F., López, A.M. 2011. Epidemiología de enfermedades parasitarias en animales domésticos. Primera edición. 396-402.
- Ramesh, C. Anadón, A. 2018. Chapter 42 – Fipronil, *Veterinary Toxicology (Third Edition)*, Academic Press, Pages 533-538
- Uslu, U., Balevi T., Uçan U., Ceylan O., Uslu A. 2017. Effect of Parenteral Administration of Vitamin B12 to Goats on Performance, Lice (Phthiraptera) Infestations and Cellular Immunity. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 23 (5): 715-720. DOI: 10.9775/kvfd.2017.17592



## DIVERSIDAD MICROBIANA RUMINAL OBTENIDA POR SECUENCIACIÓN MASIVA DE AMPLICONES DEL GEN 16S

Torres V.D.S.<sup>1</sup>; Araiza P.K.A.<sup>2</sup>; Rojas C.J.A.<sup>3</sup>; Cervantes, G.M.<sup>2</sup>; Murillo O.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CONAHACYT – Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Carr. al Mezquital Km 11.5. Durango, Dgo. México. <sup>2</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Carr. al Mezquital Km 11.5. Durango, Dgo. México. <sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango. Felipe Pescador 1830 Ote. Col. Nueva Vizcaya. Durango, Dgo. México. torresofia@gmail.com

### RESUMEN

La fermentación ruminal es un proceso metabólico vital llevada a cabo por las poblaciones microbianas presentes en el rumen de bovinos, éstas son afectadas por cambios en la composición de la dieta repercutiendo directamente en la eficiencia del proceso y, por lo tanto, en el desempeño productivo del ganado. De aquí la importancia de su estudio en el desarrollo de estrategias de mejora de los sistemas de producción. La secuenciación masiva ha permitido el incremento de la comprensión de ambientes complejos como lo es el rumen y la disminución en los costos ha incrementado la accesibilidad de esta herramienta. Sin embargo, los estudios en México son aún insuficientes. El objetivo de este trabajo fue determinar la diversidad microbiana ruminal que es posible observar tras secuenciación mediante Illumina Miseq de amplicones de una región hipervariable del gen 16S. Lo anterior se realizó a partir del ADN extraído de líquido ruminal de una vaquilla fistulada de rumen que fue amplificado por PCR empleando los cebadores 341F y 805R, los fragmentos amplificados se usaron en la construcción de una biblioteca y tras la secuenciación se efectuó un análisis bioinformático para la obtención de perfiles taxonómicos. El análisis permitió identificar 383 géneros bacterianos y 2 géneros de arqueas en la muestra, los géneros más abundantes fueron *Prevotella*, *Rikenellaceae RC9\_gut\_group*, *Butyrivibrio*, *Bacteroidia*, *Ruminococcus Gracilibacter*, *Garciella* y *Olsenella*, dentro de arqueas metanogénicas el predominante fue *Methanovibrobacter*. Los géneros encontrados coinciden con lo reportado en estudios similares con rumiantes, con variaciones en los porcentajes entre especies y en función de las características de la dieta. Se concluye que la secuenciación masiva es una herramienta de gran utilidad que, puede seguir siendo empleada de manera regular para evaluar los cambios en poblaciones microbianas de interés al introducir cambios en la composición de la dieta de ganado bovino para mejorar su rendimiento productivo.

**Palabras clave:** microorganismos ruminales, secuenciación masiva, ADN, amplicón, gen 16S

### ABSTRACT

Ruminal fermentation is a vital metabolic process carried out by the microbial populations present in the rumen of bovines, these are affected by changes in the composition of the diet, directly impacting the efficiency of the process and, thus, the productive performance of livestock; thereby, their study in the development of strategies to improve production systems is crucial. Massive sequencing has allowed a better understanding of complex environments such as the rumen and the decrease in costs has increased the accessibility of this tool. However, studies in Mexico are still insufficient. The objective of this work was to determine the rumen microbial diversity that can be observed after sequencing by Illumina Miseq of amplicons of a hypervariable region of the 16S gene. This was carried out using DNA isolated

from the ruminal fluid of a rumen fistulated bovine that was amplified by PCR using primers 341F and 805R, the amplicons were used in library construction and sequenced; then, a bioinformatic analysis was carried out to obtain taxonomic profiles. The analysis allowed the identification of 383 bacterial genera and 2 archaeal genera in the sample, the most abundant were *Prevotella*, *Rikenellaceae* RC9\_gut\_group, *Butyrivibrio*, *Bacteroidia*, *Ruminococcus* *Gracilibacter*, *Garciella*, and *Olsenella*, within methanogenic archaea the predominant one was *Methanovibrobacter*. The genera found coincide with what was reported in similar studies with ruminants, with variations in the percentages between species and depending on the characteristics of the diet. It is concluded that massive sequencing is a handy tool that can continue to be used regularly to evaluate changes in microbial populations of interest by introducing changes in the composition of cattle's diet to improve their productive performance.

**Key words:** ruminal microorganisms, massive sequencing, DNA, amplicon, 16S gene

## INTRODUCCION

La ganadería de rumiantes es una actividad pecuaria sumamente relevante al afrontar los retos mundiales asociados con el incremento en la demanda de alimentos y el calentamiento global. Este sector produce alimentos altos en proteína y micronutrientes, pero también se considera una fuente importante de metano, un potente gas de efecto invernadero. Los microorganismos presentes en el rumen desempeñan un papel clave tanto en la capacidad digestiva de los animales como en las emisiones de metano. Por ello, el estudio de la diversidad microbiana ruminal ha recibido cada vez más atención a medida que esta actividad productiva crece y se incrementa la necesidad de comprender el ambiente ruminal en la búsqueda de estrategias de mejora en los sistemas de alimentación encaminados a una mayor eficiencia productiva y a la mitigación de emisiones metano (McSweeney & Mackie, 2012; Huws *et al.*, 2022).

El rumen es un ecosistema anaerobio muy diverso que lleva a cabo la fermentación ruminal, un complejo proceso metabólico del que depende la salud del animal, eficiencia productiva y cantidad de metano. Este ecosistema está comprendido en su mayoría por una gran diversidad de bacterias que cumplen funciones amilolíticas, celulolíticas, proteolíticas y lipídicas, pero también de hongos, protozoarios, arqueas y fagos que conducen la fermentación ruminal transformando los nutrientes de dietas altas en fibra en ácidos grasos volátiles y proteína microbiana que son fuente de energía y proteína de fácil digestión para el animal huésped, este proceso también genera hidrógeno que es aprovechado para la conversión de dióxido de carbono en metano que es liberado a la atmósfera. Aunque existe una comunidad microbiana central común, las poblaciones presentes y su dominancia dependen en gran medida de la composición de la dieta por lo que se han desarrollado estrategias para optimizar este microbioma mediante el balanceo de raciones, uso de aditivos, enzimas, probióticos, entre otros. Además, se ha demostrado que las poblaciones también

varían de acuerdo con la región, especie y raza del hospedero (Chaucheyras-Durand & Ossa, 2014; Ku-Vera *et al.*, 2020; Huws *et al.* 2022).

La evidencia indica que la mayoría de las poblaciones ruminales tienen una función específica en la salud y eficiencia del animal y algunas se han relacionado con características de la leche producida, eficiencias de degradación y productiva, así como las emisiones de metano. De aquí que explorar la diversidad microbiana del rumen y los cambios generados en su estructura y función a partir de diversos factores resulta fundamental en el desarrollo de estrategias integrales de aprovechamiento ganadero (Kittelmann *et al.*, 2013; Huws *et al.*, 2022; Márquez-Mota *et al.*, 2023).

La implementación de herramientas de análisis filogenético ha sido fundamental para el progreso en el área considerando las dificultades que implica el aislamiento de los microorganismos presentes en muestras complejas como es el rumen. La mayoría se deriva de la secuenciación de una región del gen 16S ribosomal que permite la diferenciación de las comunidades microbianas presentes a partir de las cuáles se puede hacer una clasificación taxonómica que puede asociarse a cambios en el metabolismo del animal. Estas técnicas se han vuelto más accesibles en países en desarrollo como México, donde aún el número de estudios que las aplican es bajo. Sin embargo, su implementación es necesaria en la búsqueda de estrategias de mejora indispensables para la adaptación de los sistemas productivos locales a los retos globales actuales (McSweeney *et al.*, 2007; Angarita *et al.*, 2015; McCabe *et al.*, 2015; Andrade *et al.*, 2020; Márquez-Mota *et al.*, 2023).

El objetivo de este trabajo fue determinar la diversidad microbiana ruminal que es posible observar tras secuenciación mediante Illumina Miseq de amplicones de una región hipervariable del gen 16S.

## MATERIALES Y METODOS

El análisis se realizó en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), y en los laboratorios de Innovación y de Biología Molecular de la Unidad de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Durango (Tecnológico Nacional de México/ITD).

La muestra de líquido ruminal se obtuvo de una vaquilla fistulada de rumen (Holstein-Montbéliarde, 40 meses de edad y 580kg) alimentada con heno de avena, heno de alfalfa y maíz molido (70:20:10). La colecta se realizó antes de la primera comida del día. El líquido fue filtrado inmediatamente a través de 8 capas de gasa y transportado al laboratorio para ser almacenado a -20°C en alícuotas de 10mL hasta la extracción de ADN.



Se centrifugó la muestra a 20000 x g for 5 min y 200mg del pellet se emplearon para realizar una extracción de ADN basada en el rompimiento mecánico con esferas y purificación en columna mediante un kit de de la marca ZymoBIOMICS™ DNA (Zymo Research, D4300), se siguieron las instrucciones del fabricante. La integridad del ADN fue analizada en gel de agarosa al 1% por electroforesis (55 min, 95 V) en buffer TAE (40 mM Tris base, 20 mM glacial acetic acid, and 1 mM EDTA pH 8.0), luego se cuantificó en Nanodrop.

La region hipervariable V3/V4 del gen ribosomal 16S fue amplificada por PCR empleando los cebadores 341F/805R; partiendo de 100 ng del ADN extraído en un volumen final de 25 µl (1.5 mM MgCl<sub>2</sub>; 0.2 mM dATP, dCTP, dGTP, y dTTP; 0.2 M primers; 1.25 IU of Taq DNA polymerase (Promega Corp, Madison, Wis.) en termociclador SureCycler 8800, mod. 68800A, (Agilent Technologies). La amplificación fue verificada en gel de agarosa al 1% a las condiciones previamente descritas.

Para la construcción de bibliotecas, secuenciación y análisis bioinformático se recurrió a los servicios especializados de la Unidad Universitaria de Secuenciación Masiva de la UNAM (Instituto de Biotecnología en Cuernavaca, Mor.) donde se siguió el protocolo 16S Metagenomic Sequencing Library Preparation de la compañía Illumina para obtener 100 mil lecturas/muestra en la secuencia final. La secuenciación se realizó en un equipo MiSeq (Illumina), utiizando un kit de 600 ciclos (2x300 ciclos). La reconstrucción de los fragmentos secuenciados se realizó utilizando el software Flash (v.1.2.11). Para la clasificación taxonómica las secuencias consenso obtenidas se introdujeron al software de análisis metagenómico Parallel-META (v2.4.1), utilizando una base de datos específica para 16S.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El 99.8% de las secuencias de un total de 25731 corresponde al reino Bacteria, mientras que el 0.2% al reino Archaea. En el primero, se encontraron ocho filos (Tabla 1), entre los que Firmicutes abarcó el 56% del total y Bacteroidetes 38%. De los filos dominantes, Clostridia es la clase más abundante con 95% del filo de Firmicutes, mientras que la clase Bacteroidales constituyó el 98% del filo Bacteroidetes (Figura 1). Esto coincide con algunos resultados reportados, los cuales han demostrado que miembros de estos filos predominan en el rumen con porcentajes similares (Seshadri *et al.*, 2018; Andrade *et al.*, 2020).

Tabla 1. Porcentaje de secuencias pertenecientes a cada Filo encontrado por Reino

Reino	Filo	%
<b>Bacteria</b>	Firmicutes	56
	Bacteroidetes	38
	Actinobacteria	5
	Proteobacteria	0.8
	Synergistaceae	0.4
	Anaerolineaceae	0.1
	Spirochaetaceae	0.07
	Planctomycetaceae	0.04
	Mollicutes	0.02
	Phormidium	0.004
	Haloferula	0.004
	Victivallis	0.004
	<b>Archaea</b>	Euryarchaeota

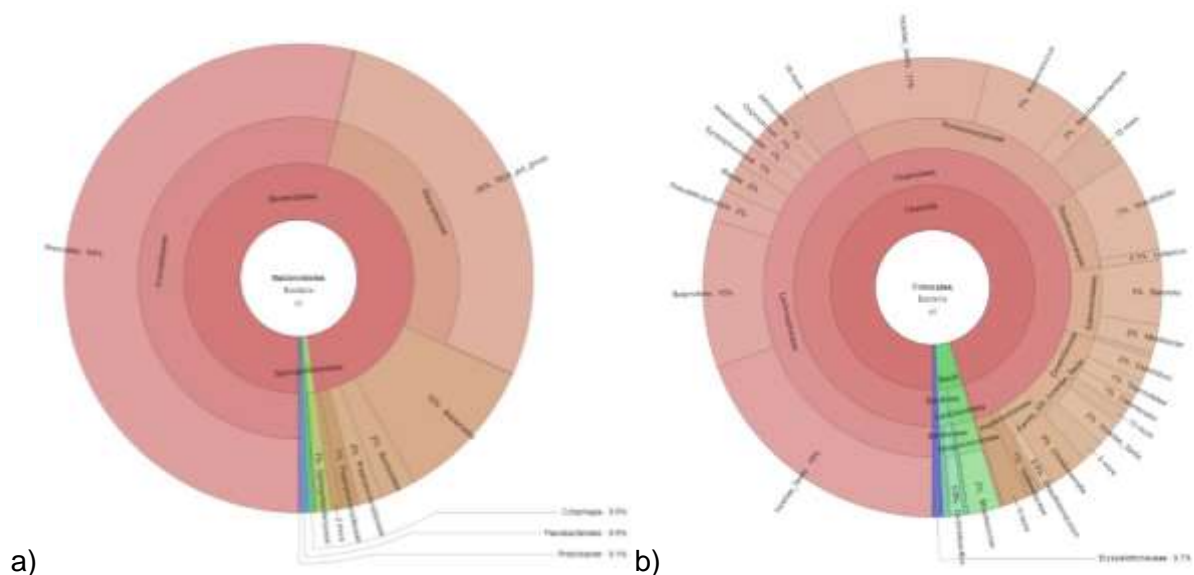


Figura 1: Gráficas de Krona, que ilustran la diversidad de a) Firmicutes, b) Bacteroidetes

En total, se encontraron 383 géneros bacterianos y 2 de arqueas en la muestra (Figura 2), los géneros predominantes fueron: *Prevotella* con 21% del total, encontrado comúnmente en el tracto gastrointestinal de mamíferos al que se atribuye un papel significativo en la degradación del complejo lignina-celulosa-hemicelulosa en rumiantes (Andrade *et al.*, 2020; Márquez-Mota *et al.*, 2023); *Rikenellaceae* RC9\_gut\_group, 11%, miembros no caracterizados del orden de los *Bacteroidales* que constituyen poblaciones importantes en el rumen (Seshadri *et al.*, 2018); *Butyrivibrio* (6%), también asociados a la degradación de polisacáridos y producción de ácidos grasos volátiles en el rumen (Palevich *et al.*, 2019); *Bacteroidia* (4%); *Ruminococcus* (4%), al que pertenecen especies productoras de enzimas especializadas en la degradación de una

gran diversidad de polisacáridos (McSweeney & Mackie, 2012); *Gracilibacter* (4%), género encontrado en otros rumiantes y reportado como uno de los predominantes en cabras (Guo *et al.*, 2020); finalmente, *Garciella* (3%) y *Olsenella* (2%), que no han sido reportados en estudios similares como de importancia en el ambiente ruminal.

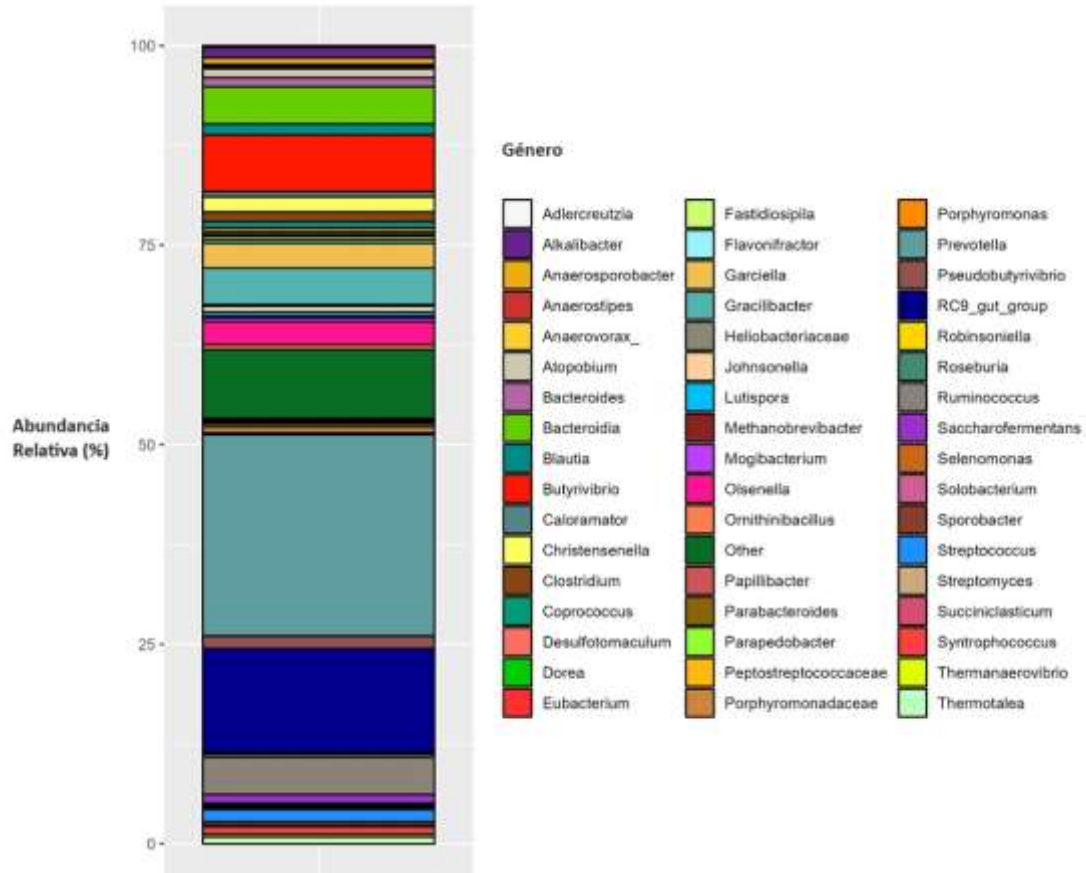


Figura 2. Gráfico de barras apiladas que indica la abundancia relativa (%) de los 50 géneros mayoritarios

El género más abundante dentro de las arqueas fue *Methanobrevibacter*, que constituyó el 98% de las secuencias de éste reino y 0.2% del total, éste género ha sido reportado como el mayoritario en estudios anteriores aunque en menor proporción, lo que podría asociarse a la dieta, especie y ambiente del hospedero (Seshadri *et al.*, 2018; Andrade *et al.*, 2020).

## CONCLUSIONES

Se concluye que la secuenciación masiva de la región hipervariable V3/V4 del gen ribosomal 16S constituye una herramienta poderosa y práctica para el análisis de las poblaciones microbianas ruminales, por lo que su implementación facilitará el diseño de dietas que disminuyan la producción de metano y mejoren el ambiente ruminal y como consecuencia el rendimiento productivo del ganado.

## REFERENCIAS

- Angarita, E., Molina, I., Villegas, G., Mayorga, O., Chará, J., & Barahona, R. (2015). Quantitative analysis of rumen microbial populations by qPCR in heifers fed on *Leucaena leucocephala* in the Colombian Tropical Dry Forest. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 37(2), 135-142.
- Andrade, B. G., Bressani, F. A., Cuadrat, R. R., Tizioto, P. C., de Oliveira, P. S., Mourão, G. B., ... & Regitano, L. C. (2020). The structure of microbial populations in Nelore GIT reveals inter-dependency of methanogens in feces and rumen. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11, 1-10.
- Chaucheyras-Durand, F., & Ossa, F. (2014). Review: The rumen microbiome: Composition, abundance, diversity, and new investigative tools. *The Professional Animal Scientist*, 30, 1-12.
- Guo, J., Li, P., Liu, S., Miao, B., Zeng, B., Jiang, Y., ... & Zhang, H. (2020). Characterization of the rumen microbiota and volatile fatty acid profiles of weaned goat kids under shrub-grassland grazing and indoor feeding. *Animals*, 10(2), 176. <https://doi.org/10.1128/AEM.01993-19>
- Huws, S. A., Oyama, L. B., & Creevey, C. J. (2022). The sustainable use and conservation of microorganisms of relevance to ruminant digestion (Draft study on the sustainable use and conservation of microorganisms of relevance to ruminant digestion- FAO Intergovernmental Technical Working Group on Animal Genetic Resources for Food and Agriculture). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Kittelmann, S., Seedorf, H., *et al.* (2013). Simultaneous amplicon sequencing to explore co-occurrence patterns of bacterial, archaeal and eukaryotic microorganisms in rumen microbial communities. *PLoS ONE*, 8(2), e47879.
- Ku-Vera, J.C., Jiménez-Ocampo, R., Valencia-Salazar, S.S., Montoya-Flores, M.D., Molina-Botero, I.C., Arango J, Gómez-Bravo CA, Aguilar-Pérez CF and Solorio-Sánchez FJ. (2020). Role of Secondary Plant Metabolites on Enteric Methane Mitigation in Ruminants. *Front. Vet. Sci.* 7:584. doi: 10.3389/fvets.2020.00584
- Márquez Mota, C.C., Piña-González, L., Sánchez-Tapia, M., Torres, N., Tovar, A.R., Loor, J.J., *et al.* (2023). Changes in the bacterial diversity of the ruminal liquid fraction of dairy cows on a corn stover based diet. *Veterinaria México OA*.10. doi: 10.22201/fmvz.24486760e.2023.1030.
- McCabe, M. S., Cormican, P., Keogh, K., O'Connor, A., O'Hara, E., Palladino, R. A., ... & Waters, S. M. (2015). Illumina MiSeq phylogenetic amplicon sequencing shows a large reduction of an uncharacterised *Succinivibrionaceae* and an increase of the *Methanobrevibacter gottschalkii* clade in feed restricted cattle. *PloS one*, 10(7), e0133234.
- McSweeney, C. & Mackie, R. (2012). Micro-organisms and ruminant digestion: state of knowledge, trends and future prospects. Background study paper, (61). Roma.
- McSweeney, C. S., Denman, S. E., Wright, A. & Yu, Z. (2007). Application of recent DNA/RNA-based techniques in rumen ecology. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 20(2), 283.
- Palevich, N., Kelly, W.J., Leahy, S.C., Denman, S., Altermann, E., Rakonjac, J., Attwood, G.T. (2019). Comparative Genomics of Rumen *Butyrivibrio* spp. Uncovers a Continuum of Polysaccharide-Degrading Capabilities. *Appl Environ Microbiol* 86:e01993-19.
- Seshadri, R., Leahy, S. C., Attwood, G. T., Teh, K. H., Lambie, S. C., Cookson, A. L., ... & Kelly, W. J. (2018). Cultivation and sequencing of rumen microbiome members from the Hungate1000 Collection. *Nature biotechnology*, 36(4), 359-367.

## ELABORACIÓN DE ENSILADO DE VAINA DE MEZQUITE

Sánchez D. J. I.<sup>1</sup>; Santana O. I.<sup>2</sup>; Granados N. J. A.<sup>3</sup>; López C. M. J.<sup>3</sup>; Reyes G. A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Matamoros, Coah., México. C.P. 27440; <sup>2</sup>INIFAP. Aguascalientes, Ags., México. C.P. 20660; <sup>3</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia, Dgo., México. C.P. 35111.

[sanchez.juan@inifap.gob.mx](mailto:sanchez.juan@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la adición diferentes porcentajes de humedad a la vaina de mezquite seca molida sobre la fermentación y el valor nutritivo del ensilado. Los tratamientos de humedad fueron 0, 10, 20, 30, 40 y 50 % de agua con base en peso. Las variables de fermentación fueron el pH y el N-amoniaco. Las variables del valor nutritivo fueron proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA), carbohidratos no fibrosos (CNF), energía metabolizable (EM) y energía neta para ganancia (EN<sub>g</sub>). Se utilizaron tres mini-silos de PVC por tratamiento bajo un diseño completamente al azar. Adicionalmente, se realizó un ensilado de vaina de mezquite semicomercial con el mejor tratamiento. Experimentalmente, se observaron diferencias en pH y N-amoniaco ( $P < 0.05$ ), indicando un pH intermedio en los tratamientos de 20-30% de agua y menor concentración de N-amoniaco. La PC fue similar entre tratamientos ( $P = 0.09$ ), pero la FDN y FDA aumentaron a medida que incrementó la adición de agua de 0 a 50%, pero fue en los tratamientos de 20 y hasta 40% de agua cuando se observaron concentraciones intermedias de fibras. Los CNF se redujeron a medida que aumenta la adición de agua ( $P < .0001$ ), pero fue a partir del tratamiento de 20 y hasta 40% de agua cuando el nivel de estos carbohidratos no desciende hasta lo observado con el tratamiento de 50% de agua. La EM y la EN<sub>g</sub> del ensilado fueron superiores en el tratamiento de 10% de agua e inferiores cuando se agregaron 50% de agua. El ensilado semi-comercial con 30% de agua indicó un pH de 4.5 y el valor nutritivo mostró valores de 11% de PC, 44.5% de FDN, 30.5% de FDA y 38.7% de CNF. En conclusión, se puede elaborar ensilado de vaina de mezquite añadiendo entre 20 y 30% de agua en condiciones experimentales y semicomerciales.

**Palabras clave:** *Prosopis spp* conservación, humedad.

### ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the effect of adding different percentage of moisture to ground dried mesquite pod on the fermentation and nutritional value of silage. Moisture treatments were 0, 10, 20, 30, 40 and 50% water on a weight basis. The fermentation variables were pH and ammonia-N. The nutritional value variables were crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), non-fibrous carbohydrates (NFC), metabolizable energy (ME) and net energy for gain (NE<sub>g</sub>). Three PVC mini-silos per treatment were used under a completely randomized design. Additionally, semi-commercial mesquite pod silage was made with the best treatment. Experimentally, differences were observed in pH and ammonia-N ( $P < 0.05$ ), indicating an intermediate pH in the treatments of 20-30% water and a lower concentration of ammonia-N. CP was similar between treatments ( $P = 0.09$ ), but NDF and ADF increased as the addition of water increased from 0 to 50%, but it was in the treatments of 20 and up to 40% water when intermediate concentration of fibers were observed. The NFC decreased as the addition of water increased ( $P < .0001$ ), but it is from the

treatment of 20 and up to 40% water when the level of these carbohydrates does not decrease to what was observed with the 50% treatment of water. The ME and NE<sub>g</sub> of the silage were higher in the 10% water treatment and lower when 50% water was added. The semi-commercial silage with 30% water indicated a pH of 4.5 and the nutritional value showed values of 11% CP, 44.5% NDF, 30.5% ADF and 38.7% NFC. In conclusion, mesquite pod silage can be made by adding between 20 and 30% water under experimental and semi-commercial conditions.

**Key words:** *Prosopis spp*, conservation, humidity.

## INTRODUCCION

El mezquite (*Prosopis glandulosa*) es un arbusto forrajero muy común en la Comarca Lagunera debido a su alta adaptabilidad a las condiciones semidesérticas de esta región. El árbol de mezquite es muy importante en los ecosistemas semidesérticos porque fija nitrógeno al suelo, hace que algunas especies de matorrales crezcan alrededor de él, ayuda a retener humedad en el suelo y a prevenir su erosión (Villegas-Espinoza *et al.*, 2014). Además de estas propiedades ecológicas, el mezquite es utilizado para la elaboración de carbón o leña, como material de construcción, uso medicinal e industrial y como alimento para las cabras (Pérez, 2016).

Respecto a la alimentación en cabras, el mezquite se ha utilizado como un suplemento alimenticio. Las cabras en pastoreo extensivo normalmente consumen la vaina de mezquite fresca cuando aún no ha caído del árbol y/o cuando esta ha perdido humedad y se encuentra sobre la base del suelo. Además, es también común que los caprinocultores la recolecten y la almacenen para ofrecerla a las cabras en los corrales (Arnero, 2015). Sin embargo, debido a que la vaina de mezquite es muy susceptible al deterioro por escarabajos y otros insectos cuando se encuentra en campo o almacenado, su disponibilidad en tiempo se reduce y no permite su uso en épocas de escasas de alimento.

Las características nutricionales de la vaina de mezquite varían de acuerdo con su estado de madurez, cuando esta se ha secado es cuando tiene su máximo aprovechamiento. La materia seca (MS) de la vaina de mezquite varía de 90 a 95% con contenidos de proteína cruda (PC) de 9 a 22%, fibra detergente neutro (FDN) de hasta 40% y un contenido de carbohidratos entre 25 y 72% (Pérez, 2016; Armijo-Najera, *et al.*, 2019). Sin embargo, debido a que la mayor parte de la PC se encuentra en la semilla, es posible que las cabras no la aprovechen totalmente (Arnero, 2015).

Existen algunas desventajas de usar cantidades excesivas de vaina de mezquite en cabras, ya que, contiene alcaloides citotóxicos que pueden causar intoxicación (Arnero, 2015). Adicionalmente, existe la evidencia práctica entre caprinocultores que un consumo excesivo de vaina de mezquite ocasiona timpanismo en cabras, ya que, la semilla obstruye el orificio retículo-omasal en el tracto digestivo, por lo que, la trituración de la vaina de mezquite antes de ser ensilada podría ayudar a evitar este tipo de problemas en las cabras. El objetivo de este estudio evaluar el efecto de la adición diferentes porcentajes de humedad a la vaina de mezquite seca molida sobre la fermentación y el valor nutritivo del ensilado.

## MATERIALES Y METODOS

### Ensilado experimental

El trabajo se realizó en el Campo Experimental La Laguna, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). La recolección de la vaina de mezquite se realizó a partir de julio del 2022 en predios de pastoreo de las cabras en Matamoros, Coahuila. Se evaluó el efecto de adicionar diferentes niveles de agua (0, 10, 20, 30, 40 y 50%) sobre algunos parámetros de la fermentación (pH y N-amoniaco) y el valor

nutritivo (MS, PC, FDN, fibra detergente ácida [FDA], carbohidratos no fibrosos [CNF], nutrientes digestibles totales [NDT] y las energías digestibles [ED], metabolizable [EM], neta para mantenimiento [EN<sub>m</sub>] y neta para ganancia [EN<sub>g</sub>]) del ensilado de la vaina seca de mezquite. Se utilizó un diseño completamente al azar. La adición del agua fue para poder identificar el mejor nivel de humedad al que se puede conservar la vaina de mezquite ensilada. Esto nos permitirá almacenar la vaina de mezquite como ensilado y utilizarla como un suplemento alimenticio para cabras en cualquier época del año.

La vaina de mezquite recolectada se trituró con un molino (Modelo JF5; Terramark, JF Máquinas Agrícolas) y se realizó una curva de humedad con los tratamientos de agua por triplicado descritos en base a peso. Para la curva de humedad se mezclaron 500 g en total de cada tratamiento incluyendo el mezquite molido y su porcentaje de agua correspondiente. La mezcla se realizó en un recipiente de plástico y el agua se fue añadiendo con un aspersor manual. Cada muestra se secó en estufa de aire forzado a 65 °C hasta peso constante. De manera general, a medida que aumenta el nivel de agua en los tratamientos, la húmeda aumenta y la MS se reduce gradualmente. Esto nos permitió conocer la MS real de cada tratamiento para utilizar una misma densidad al momento de realizar los ensilados. Los ensilados se elaboraron con mini-silos hechos con tubos de PVC (10.5 cm de diámetro x 18 cm de largo) sellados de la parte superior e inferior con una tapa de inserción del mismo material. En la parte central de la tapa inferior se realizó un orificio con una broca de 2.78 mm para permitir escurrimiento al momento de realizar la compactación de la vaina de mezquite. Se utilizaron tres mini-silos por tratamiento. La vaina de mezquite seca y molida se mezcló con su tratamiento de humedad respectivo manualmente en un recipiente de plástico y se incluyó en capas de 10 cm en cada mini-silo utilizando una densidad de 720 kg de MS/m<sup>3</sup>. La densidad de cada tratamiento en el mini-silo se logró utilizando el contenido de MS de cada tratamiento y el volumen de cada mini-silo. El volumen se calculó como:  $V = \pi r^2 \times h$ , donde  $r$  es el radio y  $h$  es la altura. La compactación de la vaina de mezquite rehidratada se realizó con una prensa manual, la cual está compuesta de un brazo metálico fijado en la parte superior que entra en el mini-silo y un gato hidráulico de 4 toneladas que genera la presión levantando el mini-silo. Cada mini-silo se selló y se dejó fermentar durante 30 días en el laboratorio.

Al abrir los mini-silos se tomaron muestras de 20 g de ensilado fresco a los que se le añadieron 200 ml de agua desionizada y se mezclaron por 30 s en una licuadora de alta velocidad. La mezcla se filtró a través de tres capas de malla quesera y el pH se midió en la fase líquida utilizando un potenciómetro portátil (OHAUS Modelo ST2100, Parsippany, NJ, USA). El nitrógeno amoniacal (N-amoniacal) de los ensilados se determinó utilizando el procedimiento Kjeldhal de acuerdo con los métodos AOAC (1990). Del remanente de material de cada mini-silo se tomaron 500 g de muestra y se secaron a 60 °C en una estufa de aire forzado por 72 horas para posteriores análisis bromatológicos. Las muestras secas se molieron para pasar una criba de 1 mm en un molino Wiley (Arthur T. Thomas, Swedesboro, NJ.). En cada muestra molida se determinó el contenido de N total con el método de Dumas mediante combustión en seco (Leco FP-528, St. Joseph, MO) y la PC se calculó como N total  $\times$  6.25. El análisis de fibras se realizó de manera secuencial iniciando con la determinación de la FDN en 0.5 g de muestra que se introdujeron en bolsas Ankom F-57 (Ankom Tech., Macedonia, NY) y utilizando  $\alpha$ -amilasa termo-estable y sulfito de sodio en el analizador de fibras (A200, Ankom Tech., Macedonia, NY); después de que las bolsas se secaron y se registró el peso, se determinó la FDA con CTAB y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en el mismo analizador de fibras. Finalmente, en las mismas bolsas se determinó lignina utilizando H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 72%. El contenido de cenizas se determinó al incinerar 2.0 g de muestra seca introducida en crisoles que fueron secados en una mufla a 550 °C por 6 h. El contenido de CNF se obtuvo por diferencia como: CNF (%) = 100 – (% PC + % FDN + % Cenizas + % EE), en donde el EE (extracto etéreo) se asumió fuera de 0.07% para todas las muestras. La estimación de NDT y parámetros energéticos se realizaron de acuerdo con Armijo-Najera (2019).



Los resultados se analizaron por ANOVA utilizando un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Cuando se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ), se aplicó la prueba de Tukey para comparar las medias entre tratamientos al mismo nivel de significancia.

### **Ensilado semi-comercial**

Adicional a los ensilados experimentales, se realizó un ensilado de vaina de mezquite semi-comercial para demostrar que se puede hacer ensilado a una mayor escala. El ensilado se realizó en una bolsa negra de 20 kg añadiéndole únicamente el tratamiento de 30% de agua. Este tratamiento fue tomando en cuenta el resultado de lo obtenido en el experimento. Al igual que en el experimento, el agua se le fue añadiendo a la vaina de mezquite y se mezcló manualmente con una pala. Una vez que la mezcla fue homogénea, esta se añadió en capas de 20 cm en la bolsa y se fue compactando con un pisón de madera. Al llenar la bolsa se selló y se dejó ensilar por 30 días. Al abrir la bolsa se desecharon los primeros 10 cm y se tomaron cinco sub-muestras para su análisis en el laboratorio. Se analizó el pH y las concentraciones de PC, FDN, FDA, lignina, cenizas y las estimaciones de CNF y NDT como se describió anteriormente en la metodología experimental.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### **Fermentación y valor nutritivo del ensilado experimental**

En el cuadro 1 se muestra la diferencia en el pH del ensilado de vaina de mezquite rehidratada con agua para los diferentes tratamientos. Se observó un pH mayor del ensilado cuando se agregaron 0 y 10% de agua, intermedio cuando se añadieron 20 y 30% de agua e inferior cuando se usaron 40 y 50% de agua. El pH intermedio observado del ensilado de vaina de mezquite del presente estudio está por encima del pH (3.7-4.0) de ensilados de maíz forrajero con 30-40% de MS, pero este se asemeja al pH (4.3-4.5) del ensilado de leguminosa con 30-35% de MS (Kung et al., 2018).

El N-amoniaco del ensilado de vaina de mezquite se muestra en el Cuadro 1. La mayor concentración de N-amoniaco en el ensilado fue cuando se aplicaron 40 y 50% de agua e inferior cuando se utilizaron 20 y 30% de agua. La fermentación microbiana y la degradación de la proteína durante el proceso de fermentación de los ensilados incrementa la cantidad de nitrógeno amoniaco (Muck et al., 2003). Las concentraciones de N-amoniaco del ensilado de vaina de mezquite más bajas (5.6 -6.51 %) son similares a las que se reportan en ensilados de maíz forrajero con 30-35% de MS (Kung et al., 2018). Entonces, de acuerdo con estos parámetros fermentativos, se puede considerar que los tratamientos que propician una mejor fermentación de la vaina de mezquite son cuando se aplican entre 20-30% de agua.

Los parámetros del valor nutritivo del ensilado de vaina de mezquite rehidratada se observan en el Cuadro 1. La PC fue similar entre tratamientos, pero las concentraciones de FDN y FDA fueron aumentando a medida que se incrementaron los niveles de agua adicionada. En los tratamientos de 20 y hasta 40% de agua es cuando se observaron concentraciones intermedias de fibras. La lignina fue superior en el tratamiento de 50% de agua y no hubo diferencia entre el resto de los tratamientos. El contenido de CNF en el ensilado se reducen a medida que aumenta la adición de agua, pero es a partir del tratamiento de 20 y hasta 40% de agua cuando el nivel de estos carbohidratos no desciende hasta lo observado con el tratamiento de 50% de agua. Estos valores coinciden con los aumentos de FDN y FDA en el ensilado a medida que aumentan los tratamientos de agua. Lo que confirma que las bacterias en el silo utilizan mayormente porciones de los CNF para producir ácido láctico y acidificar el



ensilado (Kung y Shaver, 2001). Esto permite que vayan quedando una mayor proporción de componentes fibrosos (FDN y FDA) en comparación a los no fibrosos (CNF) en el ensilado. Los NDT, la ED y EN<sub>m</sub> fueron similares entre los tratamientos evaluados (Cuadro 1). Sin embargo, la EM y la EN<sub>g</sub> fueron diferentes entre los tratamientos. La EM y la EN<sub>g</sub> del ensilado fueron superiores en el tratamiento de 10% de agua e inferiores cuando se agregaron 50% de agua. La EM promedio contenida en los tratamientos entre 10 y 40% de agua (1.15 Mca/kg de MS) está por debajo del reportado en un silo de maíz (2.0 Mcal/kg) pero similar a una paja de trigo (1.18 Mcal/kg de MS; INRA, 2018).

**Cuadro 1.** Fermentación y valor nutritivo del ensilado de vaina de mezquite con diferentes niveles de humedad.

Componente	Tratamientos (% de agua adicionada)						EE	Valor P
	0	10	20	30	40	50		
<b>Fermentación</b>								
pH	5.03 <sup>a</sup>	4.94 <sup>a</sup>	4.66 <sup>b</sup>	4.53 <sup>b</sup>	4.29 <sup>c</sup>	4.07 <sup>d</sup>	0.04	<.0001
N-amoniaco (% N total)	6.6 <sup>ab</sup>	6.72 <sup>ab</sup>	5.6 <sup>b</sup>	6.51 <sup>ab</sup>	8.66 <sup>a</sup>	8.16 <sup>a</sup>	0.49	0.008
<b>Valor nutritivo</b>								
MS (% del ensilado)	94.97 <sup>a</sup>	86.03 <sup>b</sup>	71.74 <sup>c</sup>	65.31 <sup>d</sup>	57.88 <sup>e</sup>	49.31 <sup>f</sup>	0.88	<.0001
PC (% MS)	10.43	10.17	10.95	11.21	11.26	11.81	0.38	0.09
FDN (% MS)	38.52 <sup>cd</sup>	37.97 <sup>d</sup>	43.49 <sup>bc</sup>	45.54 <sup>b</sup>	45.40 <sup>b</sup>	52.35 <sup>a</sup>	1.11	<.0001
FDA (% MS)	24.26 <sup>c</sup>	24.17 <sup>c</sup>	29.58 <sup>b</sup>	30.76 <sup>b</sup>	30.74 <sup>b</sup>	36.46 <sup>a</sup>	0.90	<.0001
Lignina	6.46 <sup>b</sup>	7.06 <sup>b</sup>	7.98 <sup>b</sup>	8.61 <sup>b</sup>	8.50 <sup>b</sup>	11.71 <sup>a</sup>	0.53	0.0002
CNF (% MS)	45.72 <sup>a</sup>	46.67 <sup>a</sup>	39.91 <sup>b</sup>	37.68 <sup>b</sup>	39.91 <sup>b</sup>	30.73 <sup>c</sup>	1.05	<.0001
NDT (% MS)	87.96	88.33	87.23	86.86	86.79	86.03	0.53	0.09
ED (Mcal/kg MS)	3.87	3.89	3.84	3.82	3.82	3.79	0.02	0.08
EM (Mcal/kg MS)	3.17 <sup>ab</sup>	3.19 <sup>a</sup>	3.15 <sup>ab</sup>	3.13 <sup>ab</sup>	3.13 <sup>ab</sup>	3.10 <sup>b</sup>	0.02	0.05
EN <sub>m</sub> (Mcal/kg MS)	1.82	1.82	1.81	1.80	1.79	1.78	0.009	0.09
EN <sub>g</sub> (Mcal/kg MS)	1.14 <sup>ab</sup>	1.15 <sup>a</sup>	1.13 <sup>ab</sup>	1.13 <sup>ab</sup>	1.13 <sup>ab</sup>	1.12 <sup>b</sup>	0.006	0.02

PC = proteína cruda, FDN = fibra detergente neutro, FDA = fibra detergente ácida, CNF = carbohidratos no fibrosos, NDT = nutrientes digestibles totales, ED = energía digestible, EM = energía metabolizable, EN<sub>m</sub> = energía neta para mantenimiento, EN<sub>g</sub> = energía neta para ganancia.

<sup>abc</sup>Medias dentro de cada fila con literal desigual difieren al nivel de probabilidad indicado.

### **pH y valor nutritivo del ensilado de vaina de mezquite comercial**

El pH y el valor nutritivo del ensilado de vaina de mezquite adicionando 30% de agua se pueden ver en el Cuadro 2. En general, se tuvo un ensilado con 4.5 de pH el cual es similar (pH = 4.7 -5.0) al observado en ensilados de leguminosas con 45-55 % de MS (Kung y Shaver, 2001). El valor nutritivo del ensilado de vaina de mezquite comercial mostró 11% de PC, 44.5% de FDN, 30.5% de FDA, 8.2% de lignina, 4.6% de cenizas, 38.7% de CNF y 87% de NDT.

**Cuadro 2.** pH y valor nutritivo del ensilado de vaina de mezquite con 30% de agua adicionada.

Parámetro	Valor
pH	4.5
MS (% del ensilado)	68.5
PC (%MS)	11.0
FDN (% MS)	44.5
FDA (% MS)	30.2

Lignina (% MS)	8.2
Cenizas (% MS)	4.6
CNF (% MS)	38.7
NDT (% MS)	87.0

PC = proteína cruda; FDN = fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácida; CNF = carbohidratos no fibrosos; NDT = nutrientes digestibles totales

### CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio experimental y semicomercial demuestran que es posible elaborar ensilado de vaina de mezquite añadiendo entre 20 y 30% de agua. Con estos niveles de humedad se tiene una buena fermentación del ensilado sin afectar significativamente su valor nutritivo.

### REFERENCIAS

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. 15<sup>th</sup> Edition. 2200 Wilson Boulevard, Arlington. Virginia 22201, USA.
- Armijo-Najera, M. G., Moreno-Reséndez, A., Blanco-Contreras, E., Borroel-García, V. J. y Reyes-Carrillo, J. L. (2019). Vaina de mezquite (*Prosopis* spp.) alimento para ganado caprino en el semidesierto. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(1):113-122.
- Arnero, Ch. M. A. (2015). La vaina de mezquite (*Prosopis* spp) en la alimentación del ganado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Monografía. División Regional de Ciencia Animal. Torreón, Coahuila, México.
- INRA, 2018. INRA feeding system for ruminants. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, 640 pp.
- Kung, Jr. L., Shaver, R. D., Grant, R. J. y Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101:4020-4033.
- Kung, L. y Shaver, R. (2001). Interpretation and use of silage fermentation analysis report. Focus on Forage. University of Wisconsin. Vol. 3. No. 13.
- Muck, R. E., Moser, L. E. y Pitt, R. E. (2003). Postharvest factors affecting ensiling. p. 251-304. *In: Silage science and technology*. Agron. Monogr. 42. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Pérez, H. R. (2016). Bromatología de la vaina de mezquite (*Prodopis* spp.) como alternativa para consumo sustentable en la Comarca Lagunera. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Monografía. Torreón, Coahuila, México.
- Villegas-Espinoza, J. A., Rueda, P. E. O., Murillo, A. B., Puente, M. E., Ruíz, E. F. H., Zamora, S. S. y Beltran-Morales, F. A. (2014). Bacterias promotoras de crecimiento de plantas autóctonas y su efecto en *Prosopis chilensis* (Molina) Stunz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(6):1041-1053.

## EFFECTO BACTERIOSTÁTICO DE EXTRACTO DE MORINGA EN CALOSTRO BOVINO REFRIGERADO DENTRO DE LAS PRIMERAS 120 HORAS POST-ORDEÑO

González A. R.<sup>1</sup>; González A. J.<sup>2</sup>; Hermosillo A. M. C.<sup>1</sup>; Guillén E. R. R.<sup>1</sup>; Peña R. B. P.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez s/n, Colonia Valle Verde, 27054. Torreón, Coahuila, México. <sup>2</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Hidalgo, México \*Autor para correspondencia: [jaliscorga@gmail.com](mailto:jaliscorga@gmail.com)

### RESUMEN

El calostro bovino es vital para el recién nacido, ya que proporciona nutrientes e inmunoglobulinas esenciales para el desarrollo de la inmunidad pasiva. Sin embargo, la calidad del calostro puede verse afectada por la contaminación bacteriana. Este estudio evaluó el efecto bacteriostático del extracto de moringa en calostro bovino refrigerado. Se utilizaron muestras del primer ordeño de vacas primíparas y multíparas Holstein Friesian, recolectadas dentro de las 120 horas post-parto. Se aplicaron cuatro tratamientos: T1 (control), T2 (2 ml de extracto/litro), T3 (4 ml/litro) y T4 (6 ml/litro). El recuento de bacterias mesofílicas aerobias se realizó siguiendo la NOM-092-SSA1-1994. Los datos fueron analizados mediante ANOVA y la prueba de Tukey, considerando un valor de  $P < 0.05$  como significativo. Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, indicando que el extracto de moringa no tuvo un efecto bacteriostático relevante.

**Palabras clave:** bacterias, inmunoglobulinas, inmunidad.

### ABSTRACT

Bovine colostrum is crucial for newborn calves, providing essential nutrients and immunoglobulins for passive immunity development. However, colostrum quality can be compromised by bacterial contamination. This study aimed to evaluate the bacteriostatic effect of moringa extract on refrigerated bovine colostrum. Colostrum samples were collected within 120 hours postpartum from primiparous and multiparous Holstein Friesian cows. Four treatments were tested: T1 (control), T2 (2 ml of extract/liter), T3 (4 ml/liter), and T4 (6 ml/liter). The count of mesophilic aerobic bacteria was assessed according to NOM-092-SSA1-1994. Statistical analysis was performed using ANOVA and Tukey's test, with  $P < 0.05$  considered significant. The results indicated no significant differences between treatments, suggesting that moringa extract did not have a significant bacteriostatic effect.

**Keywords:** bacteria, immunoglobulins, immunity

## INTRODUCCIÓN

El sistema inmune de la becerro al nacimiento es inmaduro e incapaz de producir suficientes inmunoglobulinas (Ig) para combatir infecciones (Eğlenti *et al.*, 2020). Adicionado a ello, la estructura de la placenta bovina previene de la transferencia de Ig séricas de la madre al feto antes del nacimiento (Lopez, & Heinrichs, 2022). Consecuentemente, la becerro nace sin inmunidad humoral (anticuerpos) adecuada y depende casi totalmente de la transferencia pasiva de Ig maternas presentes en el calostro (Lopez, & Heinrichs, 2022). De esta forma la adquisición de Ig a través de la absorción intestinal protege a la becerro de las enfermedades hasta que su propio sistema inmune llegue a ser completamente funcional (Woolums, 2021).

El calostro bovino es una fuente importante de Ig y su absorción es esencial para proteger a las crías contra infecciones intestinales, que son la causa principal de su mortalidad durante las primeras semanas de vida, por muchos años se ha reconocido que uno de los factores críticos para asegurar una adecuada transferencia de inmunidad pasiva (TIP) en becerros es el consumo de una cantidad adecuada de calostro de buena calidad durante las primeras horas de vida (Lopez, & Heinrichs, 2022).

Las crías nacen con una concentración de Ig muy baja o nula, por lo que estas importantes proteínas deben ser proporcionadas, a través del calostro o sustitutos de este, en una cantidad adecuada y de manera oportuna para asegurar una efectiva TIP (Silva *et al.*, 2024). Sin embargo, recientemente se ha sugerido que la contaminación bacteriana juega un papel importante (Silva *et al.*, 2024).

En los últimos años la hoja seca de la moringa se ha vuelto muy popular en México y otros países particularmente para preparar infusiones (tés) a los que se le atribuyen propiedades anti escleróticas, y antioxidantes; además, a la hoja de la moringa y los té se le atribuyen otras propiedades benéficas como antimicrobiana, antibacteriana, antiviral, antiparasitaria, contra el cáncer, anti anémica, antidiabética y antidiurética, entre otras características (Cortes-Alvarez *et al.*, 2024). También, se ha reportado que la hoja tiene un efecto antiparasitario y curativo en animales (Pedraza-Hernández *et al.*, 2021). Por lo anteriormente mencionado, el principal objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del extracto de moringa como bacteriostático en el calostro bovino refrigerado.

## MATERIALES Y METODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó del 24 de agosto al 24 de octubre del 2018, en un establo lagunero del municipio de Torreón Coahuila, el cual se encuentra localizado en una región semidesértica del norte de México a una altura de 1140 msnm, entre los paralelos de 25°30' y 25°45' N y los meridianos 103°20' y 103°40' O (INEGI, 2009).

### Calostro y tratamientos

Se utilizó calostro de vacas primíparas y multíparas de raza Holstein Friesian dentro de las 120 horas después del parto. Las muestras de calostro se tomaron en bolsas ziploc con capacidad para 1litro. A partir de la hora 0 en que se agregó el extracto de moringa a cada litro se comenzaron a tomar sub-muestras de 50 ml de cada litro con su respectivo tratamiento, esto se realizó cada 24 horas hasta tener un total de 5 sub-muestras de cada tratamiento. Se utilizaron 4 tratamientos: T1=0, T2=2ml, T3=4ml y T4=6ml de extracto de moringa por cada litro de calostro respectivamente

### Variables

Para el análisis microbiológico de las muestras se trasladaron al laboratorio de microbiología sanitaria del departamento de salubridad e higiene de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Este método se basa en la hipótesis de que las células microbianas que contiene una muestra mezclada con un medio de agar forman cada una colonias visibles y separadas para ellos se mezclan diluciones decimales de la muestra del alimento homogenizando con el medio. Después de incubar las placas a 30°C durante 72 horas, se calcula el número de bacterias aeróbicas mesófitas por mililitro de muestra, basándose en el número de bacterias aeróbicas mesófilas por mililitro de muestra, basándose en el número de colonias obtenidas en caja Petri elegidas con diluciones que den resultados significativos. Con el objetivo de determinar la eficacia de un proceso de desinfección o cualquier tipo de tratamiento que tienda a mejorar su calidad a base de reducir la carga bacteriana.

### Análisis estadístico

El análisis estadístico para el recuento de bacterias mesofílicas aeróbicas se realizó mediante un análisis de varianza y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey, utilizando el paquete estadístico de Olivares-Sáenz versión 2012. Se utilizó el valor de  $P < 0.05$  para considerar diferencia estadística.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Resultados obtenidos de las muestras en el presente estudio (Cuadros 1 y 2) con relación al conteo de bacterias presentes en el calostro, de acuerdo con el análisis estadístico no existe diferencia significativa entre los tratamientos. El conteo de bacterias en el calostro promedio suministrado en establos comerciales con frecuencia es muy superior a 100,000 UFC mL<sup>-1</sup> (Matthews, 2022).

**Cuadro 1. Promedio del conteo de bacterias en calostro suplementado extracto de moringa durante las 120 h post-ordeño (Agar sal y manitol).**

Tratamiento	24h	48h	72h	96h	120h	Promedio
Testigo	2,000 <sup>a</sup>	176,750 <sup>a</sup>	802,040 <sup>a</sup>	2,227,760 <sup>a</sup>	3,351,670 <sup>a</sup>	1,312,044 <sup>a</sup>
2ml	4,325 <sup>a</sup>	369,950 <sup>a</sup>	184,330 <sup>a</sup>	1,969,500 <sup>a</sup>	2,750,250 <sup>a</sup>	1,055,671 <sup>a</sup>
4ml	7,100 <sup>a</sup>	317,466 <sup>a</sup>	880,875 <sup>a</sup>	1,517,750 <sup>a</sup>	1,923,000 <sup>a</sup>	929,238 <sup>a</sup>
6ml	8,075 <sup>a</sup>	341,180 <sup>a</sup>	656,500 <sup>a</sup>	1,950,012 <sup>a</sup>	2,036,818 <sup>a</sup>	998,517 <sup>a</sup>

Diferencia literal entre columnas indica diferencia estadística P < 0.05

**Cuadro 2. Promedio del conteo de bacterias en calostro suplementado con extracto de moringa durante las 120 h post-ordeño (Agar Estándar).**

Variable	24h	48h	72h	96h	120h	Promedio
Testigo	70,337 <sup>a</sup>	643,330 <sup>a</sup>	2,843,750 <sup>a</sup>	5,969,370 <sup>a</sup>	9,770,010 <sup>a</sup>	3,859,359 <sup>a</sup>
2ml	91,862 <sup>a</sup>	524,500 <sup>a</sup>	1,483,630 <sup>a</sup>	1,279,510 <sup>a</sup>	2,971,570 <sup>a</sup>	1,270,214 <sup>a</sup>
4ml	151,400 <sup>a</sup>	1,009,140 <sup>a</sup>	4,748,200 <sup>a</sup>	4,193,800 <sup>a</sup>	4,834,400 <sup>a</sup>	2,987,388 <sup>a</sup>
6ml	72,212 <sup>a</sup>	573,330 <sup>a</sup>	3,898,240 <sup>a</sup>	4,335,400 <sup>a</sup>	5,000,183 <sup>a</sup>	2,775,873 <sup>a</sup>

Diferencia literal entre columnas indica diferencia estadística P < 0.05

Debido a las características del calostro y composición química, rico en carbohidratos, grasas, proteínas, minerales, vitaminas y otros elementos, además poseer un pH cercano a la neutralidad, por estas cualidades crea un medio idóneo para el crecimiento de bacterias contaminantes (Silva *et al.*, 2024). A pesar de ser recogida asépticamente y procedentes de un animal sano, siempre contienen células provenientes de la sangre y de la glándula mamaria, además de los diversos microorganismos que habitan normalmente en el canal del pezón (Elizondo-Salazar *et al.*, 2008). Una fuente de contaminación es el equipo sucio, el calostro está limpio cuando se recolecta directamente de la vaca, pero se contamina durante su manipulación y almacenamiento, el calostro es transferido de un recipiente a otro en un promedio de 2,5 veces, antes de ser suministrado aumentando la contaminación bacteriana.

La investigación sobre las propiedades antimicrobianas ha sido ampliamente reportada, sin embargo, hasta la fecha el mecanismo responsable de la actividad microbiana no está totalmente claro (Xu *et al.*, 2024). Varios mecanismos propuestos incluyen daño en la membrana, cambios en el pH intracelular, cambios en el potencial de membrana y en la síntesis de ATP (Azizi *et al.*, 2021; contaminantes (Megan *et al.*, 2021).

### CONCLUSIONES

Con relación a los resultados obtenidos en la presente investigación permite concluir que la aplicación de extracto de moringa al calostro bovino no es estadísticamente diferente en relación con la carga bacteriana. Se observó una disminución en la población de bacterias en donde se utilizaron 4ml de extracto de moringa. Por lo cual se sugiere llevar a cabo más investigaciones sobre el tema, utilizando diferentes dosis y en combinación con la refrigeración, congelación o pasteurización del calostro para determinar la mejor combinación.

### REFERENCIAS

- Azizi, N. F., Kumar, M. R., Yeap, S. K., Abdullah, J. O., Khalid, M., Omar, A. R., & Alitheen, N. B. (2021). Kefir and its biological activities. *Foods*, 10(6), 1210.
- Cortes-Alvarez, S. I., Delgado-Enciso, I., Rodriguez-Hernandez, A., Hernandez-Fuentes, G. A., Aurelien-Cabezas, N. S., Moy-Lopez, N. A., ... & Sanchez-Ramirez, C. A. (2024). Efficacy of Hot Tea Infusion vs. Ethanolic Extract of *Moringa oleifera* for the Simultaneous Treatment of Nonalcoholic Fatty Liver, Hyperlipidemia, and Hyperglycemia in a Murine Model Fed with a High-Fat Diet. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2024(1), 2209581.
- Eğlenti, N., Kozat, S., & Denizhan, V. (2020). Investigation of immunoglobulin (IgE, IgA, IgG, IgM) concentrations in calves naturally infected with coccidiosis. *Journal of Istanbul Veterinary Sciences*, 4(1), 1-7.
- Elizondo-Salazar, J. A., Jayarao, M. B., y Heinrich, J. A. 2008. Pasteurización del calostro: efecto sobre la carga bacteriana y la concentración de inmunoglobulinas G. *REDVET; Revista electrónica de veterinaria*. 9 (9): 1-9.
- Lopez, A. J., & Heinrichs, A. J. (2022). Invited review: The importance of colostrum in the newborn dairy calf. *Journal of dairy science*, 105(4), 2733-2749.
- Magan, J. B., O' Callaghan, T. F., Kelly, A. L., & McCarthy, N. A. (2021). Compositional and functional properties of milk and dairy products derived from cows fed pasture or concentrate-based diets. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(3), 2769-2800.
- Matthews, L. R. (2022). Procedures to optimise pasteurisation and storage of colostrum. Project report Lindsay Matthews & Associates Research International.
- Pedraza-Hernández, J., Elghandour, M. M., Khusro, A., Salem, M. Z., Camacho-Diaz, L. M., Barbabosa-Pliego, A., & Salem, A. Z. (2021). Assessment on bioactive role of *Moringa oleifera* leaves as anthelmintic agent and improved growth performance in goats. *Tropical Animal Health and Production*, 53(2), 318.
- Silva, F. G., Silva, S. R., Pereira, A. M., Cerqueira, J. L., & Conceição, C. (2024). A Comprehensive Review of Bovine Colostrum Components and Selected Aspects Regarding Their Impact on Neonatal Calf Physiology. *Animals*, 14(7), 1130.

- Woolums, A. (2021). Immune management and vaccination of the preweaning beef calf. In American Association of Bovine Practitioners Conference Proceedings, 17-20.
- Xu, R., McLoughlin, G., Nicol, M., Geddes, D., & Stinson, L. (2024). Residents or Tourists: Is the Lactating Mammary Gland Colonized by Residential Microbiota?. *Microorganisms*, 12(5), 1009.



## SALUD Y DESARROLLO DE BECERRAS LECHERAS LACTANTES SUPLEMENTADAS CON UN MULTIVITAMÍNICO COMERCIAL

González A. R.<sup>1</sup>; Ávila C. R.<sup>1</sup>; Hermosillo A. M. C.<sup>1</sup>; Guillén E. R. R.<sup>1</sup>; Peña R. B. P.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez s/n, Colonia Valle Verde, 27054. Torreón, Coahuila, México.

\*Autor para correspondencia: [jaliscorga@gmail.com](mailto:jaliscorga@gmail.com)

### RESUMEN

El crecimiento adecuado de la becerria pre-destete puede verse afectado por las prácticas actuales de manejo que limitan la cantidad de sustituto lácteo suministrado. Como futuras hembras productivas, las becerras representan una inversión financiera y de trabajo que debe ser protegida. Este estudio evaluó la salud y desarrollo de becerras suplementadas con un multivitamínico comercial. Se utilizaron 30 becerras Holstein desde el nacimiento, divididas en tres tratamientos: T1=0 ml, T2=4 ml, y T3=6 ml del multivitamínico. El producto se aplicó en los primeros 20 días y 15 días antes del destete. Se evaluaron parámetros de salud y desarrollo hasta el día 45 de vida. No se encontraron diferencias estadísticas en las variables evaluadas, indicando que el multivitamínico no afectó el desarrollo ni la salud de las becerras.

**Palabras clave:** consumo de concentrado, desarrollo, diarrea

### ABSTRACT

Pre-weaning calf growth can be affected by current management practices that limit the amount of milk replacer given to calves. As future productive units, calves represent a substantial financial and labor investment that needs protection. This study evaluated the health and development of calves supplemented with a commercial multivitamin. Thirty Holstein calves were used from birth, randomly assigned to three treatments: T1=0 ml, T2=4 ml, and T3=6 ml of the multivitamin. The product was applied in the first 20 days and 15 days before weaning. Health and development parameters were evaluated up to day 45 of life. No statistical differences were found in the evaluated variables, indicating that the multivitamin did not affect calf development.

**Keywords:** concentrate intake, development, diarrhea

## INTRODUCCIÓN

La diarrea en becerros es uno de los principales problemas desde el nacimiento hasta los 90 días de vida y representa una causa importante de pérdida económica en las unidades de producción lechera debido al retraso en el crecimiento, disminución de la ganancia de peso, costo del tratamiento, aumento de la mortalidad, mayor susceptibilidad a otras enfermedades y una reducción en el número de vaquillas disponibles para la reproducción (Caffarena et al., 2021); los animales jóvenes enfrentan los mayores problemas en las explotaciones comerciales, ya que es en esta etapa cuando se deben sentar las bases para un correcto crecimiento y, al mismo tiempo, son más delicados en general (Reiten et al., 2018).

Si los becerros son alimentados con sustitutos lácteos que contienen materias primas distintas a la leche, es necesario incorporar vitaminas; dependiendo del tipo de materia prima utilizada, será el nivel de incorporación de vitaminas (Kertz et al., 2017). Los aditivos para alimentación animal son tan numerosos y heterogéneos que es difícil hacer una definición precisa (Kertz et al., 2017). No obstante, en términos generales, un aditivo alimentario se refiere a un producto incluido en la formulación a un nivel bajo de inclusión, cuyo propósito es incrementar la calidad nutricional del alimento, el bienestar o la salud del animal (Eriso & Mekuriya, 2023). Estos aditivos se definen como sustancias, microorganismos o preparados distintos de las materias primas y premezclas, que se añaden intencionalmente al alimento o al agua de acuerdo con la categoría que se centra: aditivos nutricionales, que serían vitaminas, minerales traza y aminoácidos (Eriso & Mekuriya, 2023). Por lo anterior, el principal objetivo del estudio fue evaluar la salud de becerras lactantes suplementadas con un multivitamínico comercial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó del 01 de febrero al 15 abril del 2016, en un establo lechero en el municipio de Torreón Coahuila, el cual se encuentra localizado en una región semidesértica del norte de México a una altura de 1140 msnm, entre los paralelos 25°30' y 25°45' y los meridianos 103°20' y 103°40' O.

### Diseño experimental

Se ordeñaron a las vacas primíparas y multíparas dentro de las 24 h postparto. Posterior a la colecta, se determinó la densidad del calostro de cada animal por medio de un calostrómetro (Biogenics, Mapleton, OR) a una temperatura de 22°C al momento de la medición. Posteriormente, el calostro se depositó en biberones (2 L por biberón) y se refrigeró hasta el suministro de las becerras. Entre las 24 y 48 h de vida se obtuvieron muestras de sangre de

la vena yugular, 5.0 mL de cada animal en tubos Vacutainer® la cual se dejó coagular a temperatura ambiente hasta la separación del suero. La lectura en un refractómetro (Vet 360, Reichert Inc. ®) del suero ( $\text{g/dL}^{-1}$  de proteína sérica) se utilizó como variable de la transferencia de inmunidad pasiva hacia las becerras. Para observar el efecto del multivitamínico sobre el desarrollo de las becerras se seleccionarán 30 animales de manera aleatoria, las cuales fueron separadas de la madre al nacimiento y alojadas individualmente en jaulas de madera previamente lavadas y desinfectadas. Los tratamientos quedaron como sigue: T1=0 ml (n=10), T2=4 ml (n=10) y T3=6 ml. (n=10) del multivitamínico, la aplicación del producto se realizó en los primeros 20 días de edad y 15 días antes del destete, el cual fue efectuado a los 45 días de vida. Las becerras en ambos procedimientos recibieron una toma de 4 L de sustituto de leche (Hi-bloom ®), cada litro fue preparado con 125 g de sustituto en polvo mezclado en 875 mL de agua, se ofreció una mezcla completamente homogenizada y ofrecida en una sola toma por la mañana 07:00 h a una temperatura de 39 °C; esta se suministró hasta el destete de los animales.

### **Variables**

Las variables que se consideraron para evaluar el crecimiento fueron: ganancia diaria y ganancia de peso total. La ganancia diaria de peso se calculó mediante la división de la ganancia de peso total entre el número de días en lactancia. Las enfermedades que se registraron para monitorear la salud de las becerras fueron diarreas y neumonías. El registro se realizó a partir del nacimiento hasta los 45 días de vida, la clasificación de las crías con diarrea se realizó mediante la observación de las consistencias de las heces, heces normales corresponde a crías sanas y becerras con heces semipastosas a líquidas fueron crías enfermas. Con relación a la clasificación de los problemas respiratorios las crías con secreción nasal, lagrimeo, tos y elevación de la temperatura superior a 39.5 °C se consideraron crías enfermas, si no presento lo anterior se consideró sano.

### **Análisis estadístico**

El análisis estadístico de la concentración de la proteína sérica, crecimiento y presencia de enfermedades se realizó mediante un análisis de varianza y la comparación de medidas se realizó mediante la prueba de Tukey. Los análisis se ejecutaron utilizando el paquete estadístico de Olivares-Saenz (2012). Se empleó el valor de  $P < 0.05$  para considerar diferencia estadística.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En relación con los resultados de salud obtenidos en el presente estudio (Cuadro 1 y 2) no se observó diferencia estadística  $P < 0.05$ . Estudios de salud en becerros antes del destete en Estados Unidos reportaron morbilidad por diarrea de 23.9% y 27.2% durante las primeras 8 semanas de vida (USDA, 1994; USDA, 2008).

**Cuadro 1. Morbilidad y mortalidad de becerras alimentadas suplementadas con un multivitamínico comercial**

Variable	Testigo	T1	T2
Enfermas	4 <sup>a</sup> (4/10) 40%	4 <sup>a</sup> (4/10) 40%	5 <sup>a</sup> (5/10) 50%
Enfermas de diarrea	4 <sup>a</sup> (4/10) 40%	4 <sup>a</sup> (4/10) 40%	5 <sup>a</sup> (5/10) 50%
Enfermas de neumonía	0 <sup>a</sup> (0%)	0 <sup>a</sup> (0%)	0 <sup>a</sup> (0%)
Muertas por diarrea	3 <sup>a</sup> (3/10) 30%	2 <sup>a</sup> (3/10) 30%	5 <sup>a</sup> (5/10) 50%
Muertas por neumonía	0 <sup>a</sup> (0%)	0 <sup>a</sup> (0%)	

**Cuadro 2. Parámetros de crecimiento en becerras suplementadas con un multivitamínico comercial.**

Tratamiento	Proteína Sérica	Ganancia Total	Ganancia GDP	Días Leche
Testigo	6.1	15.1	0.336	45
T1 (4 mL)	5.5	18.6	0.414	45
T2 (6 mL)	6.1	20.4	0.456	45

Las ganancias obtenidas por Favela (2015), al administrar Se y vitamina B12 al nacimiento y a los treinta días de nacidas, a su vez siendo alimentadas con sustituto de leche (4L) durante 45 días, obteniendo como resultados de 0.542 y 0.553 de GDP respectivamente, estos resultados son superiores a los observados en el presente estudio. También, De la Cruz (2015), realizó un estudio en el cual alimento a becerras con leche pasteurizada más levaduras, donde realizó el destete a los 57 días, reportando pesos promedios de 0.616g, 0.497g y 0.581 respectivamente.

## CONCLUSIONES

El presente estudio permite concluir que la suplementación con un multivitámico comercial no mejora la salud ni el desarrollo de becerras lecheras lactantes. Se sugiere en próximos estudios incluir tratamientos que incluyan la adición del producto en calostro y su efecto en la transferencia de inmunidad.

## REFERENCIAS

- Caffarena, R. D., Casaux, M. L., Schild, C. O., Fraga, M., Castells, M., Colina, R., & Giannitti, F. (2021). Causes of neonatal calf diarrhea and mortality in pasture-based dairy herds in Uruguay: a farm-matched case-control study. *Brazilian Journal of Microbiology*, 52(2), 977-988.
- De la Cruz, M. C. 2015. Desarrollo y supervivencias de becerras Holstein suplementación con levaduras en el periodo de lactancia. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. 25-29.
- Eriso, M., & Mekuriya, M. (2023). Milk Replacer Feeds and Feeding Systems for Sustainable Calf Rearing: A Comprehensive Review and Analysis. *Studies in Social Science & Humanities*, 2(11), 51-61.
- Favela, E. N. 2015. Efecto del selenio y vitamina B12 sobre el desarrollo y supervivencia de becerras lecheras Holstein Friesian. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. 22-26.
- Kertz, A. F., Hill, T. M., Quigley Iii, J. D., Heinrichs, A. J., Linn, J. G., & Drackley, J. K. (2017). A 100-Year Review: Calf nutrition and management. *Journal of dairy science*, 100(12), 10151-10172.
- Reiten, M., Rousing, T., Thomsen, P. T., Otten, N. D., Forkman, B., Houe, H., & Kirchner, M. K. (2018). Mortality, diarrhea and respiratory disease in Danish dairy heifer calves: Effect of production system and season. *Preventive veterinary medicine*, 155, 21-26.

## COSTOS EN LA SUPLEMENTACIÓN DE BIOSURFACTANTES PARA BECERRAS LACTANTES

González A. R.<sup>1</sup>; Astorga I. G. O de J.<sup>1</sup>; Hermosillo A. M. C.<sup>1</sup>; Guillén E. R. R.<sup>1</sup>;  
Peña R. P. B.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez s/n, Colonia Valle Verde, 27054. Torreón, Coahuila, México. \*Autor para correspondencia: [jaliscorga@gmail.com](mailto:jaliscorga@gmail.com)

### RESUMEN

El manejo exitoso de becerras lactantes comienza con la administración de calostro, fundamental para el crecimiento y la inmunidad en las primeras etapas de vida. En este estudio, se evaluó el impacto económico de la suplementación con biosurfactantes en becerras Holstein durante los primeros 50 días de vida. Se formaron dos grupos de tratamiento: uno sin suplementación (testigo) y otro con 10 g de biosurfactante añadidos a la leche. Las variables evaluadas incluyeron el consumo de alimento, la ganancia de peso y el costo de alimentación, considerando los precios de la leche, concentrado iniciador y el biosurfactante. Los resultados mostraron que la suplementación con biosurfactantes no resultó en una ganancia de peso significativa en comparación con el grupo testigo, y aumentó el costo total de la alimentación. Por lo tanto, el tratamiento más económico fue el grupo testigo, lo que sugiere que la adición de biosurfactantes en la leche no es rentable bajo las condiciones evaluadas.

**Palabras clave:** suplemento, costos, becerros

### ABSTRACT

Successful management of lactating calves begins with the administration of colostrum, essential for growth and immunity in the early stages of life. This study evaluated the economic impact of supplementing Holstein calves with biosurfactants during the first 50 days of life. Two treatment groups were formed: one without supplementation (control) and another with 10 g of biosurfactant added to the milk. The evaluated variables included feed intake, weight gain, and feeding cost, considering the prices of milk, starter concentrate, and the biosurfactant. Results showed that biosurfactant supplementation did not result in significant weight gain compared to the control group and increased the total feeding cost. Therefore, the most economical treatment was the control group, suggesting that the addition of biosurfactants in milk is not cost-effective under the conditions evaluated.

**Keywords:** supplement, costs, calf

## INTRODUCCIÓN

El ganado bovino proporciona leche y carne para satisfacer las crecientes demandas de proteínas animales a medida que aumenta la población humana (Henchion *et al.*, 2021).

Pueden convertir sustratos dietéticos de baja calidad que no son aptos para el consumo humano en proteínas animales de alta calidad a través de la agricultura sustentable (Chojnacka *et al.*, 2021). Sin embargo, la industria ganadera se enfrenta a grandes desafíos, uno de ellos son las altas tasas de mortalidad de becerros antes del destete, que afectan el desarrollo de reemplazos de unidades de producción bovinos (USDA, 2010).

La crianza de becerras para reemplazos es fundamental para el mantenimiento y expansión de los hatos lecheros de la Comarca Lagunera (Molina *et al.*, 2020). No obstante, en la mayoría de las explotaciones aún siguen importando vaquillas, lo que demuestra una gran debilidad en esta importante área. Resultados de investigaciones han mostrado que la crianza adecuada de los reemplazos en la misma explotación permite un ahorro de casi 35% en comparación de las vaquillas importadas. Sin embargo, bajo las condiciones de la región, se observa que la problemática de los establos está relacionada con las enfermedades, mortalidad, resistencia de las bacterias a los antibióticos; además, del uso de tecnología inadecuada en el manejo de los animales (González *et al.*, 2015). Las infecciones entéricas en los becerros neonatales son una de las principales causas de muerte de estos (Caffarena *et al.*, 2021), a pesar de las medidas preventivas de salud. Además, con las nuevas regulaciones que limitan el uso profiláctico de antimicrobianos, la necesidad de enfoques alternativos para minimizar la incidencia de diarrea en los becerros neonatos es primordial (Smith, 2015).

El uso de aditivos de exclusión competitiva (CE) y aditivos alimentarios probióticos en la industria ganadera está, por lo tanto, atrayendo una mayor atención como una alternativa rentable para controlar las enfermedades de los animales y mejorar el rendimiento de las aves (Djuragic *et al.*, 2023). Los biosurfactantes o biotensoactivos son producidos por una variedad de microorganismos de forma extracelular; bacterias, levaduras y hongos (Gürkök, & Özdal, 2021). Los biosurfactantes son compuestos extracelulares del metabolismo secundario, generados en la fase estacionaria del crecimiento microbiano (Gürkök, & Özdal, 2021). Tienen una naturaleza anfipática debido a que, a nivel estructural, presentan grupos hidrofílicos e hidrofóbicos, lo que les permite formar emulsiones reduciendo la tensión superficial e interfacial en mezclas acuosas e hidrocarbonadas (Srivastava *et al.*, 2022). Por lo anterior, el principal objetivo de este estudio fue estimar el costo de la suplementación del biosurfactante en la alimentación de becerras lactantes.

## MATERIALES Y METODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó del 01 de septiembre al 15 de diciembre de 2020, en un establo del municipio de Matamoros en el Estado de Coahuila; con una altitud de 1100 msnm. Entre los paralelos 26° 17' y 26° 38' de latitud norte y los meridianos 103° 18' 103° 10' de longitud oeste (INEGI, 2009).

### Calostro y tratamientos

Se utilizó el calostro de primer ordeño de vacas primíparas y multíparas de la raza Holstein Friesian dentro de las primeras 24 h después del parto. Inmediatamente después de la colecta, se determinó la densidad de este producto, utilizando un calostrómetro (Biogenics Inc., Mapleton, Or., USA ®), a una temperatura de 22°C al momento de la medición. El calostro se colocó en bolsas de plástico Ziploc ® de 26,8 x 27,3 cm (dos L por bolsa) y se congeló a -20°C hasta el suministro a las becerras. Para estimar el costo del bio-surfactante se seleccionaron dos grupos de manera aleatoria cada uno con 20 becerras, se separaron de la madre al nacimiento y alojadas individualmente en jaulas de madera previamente lavadas y desinfectadas. Los tratamientos fueron: T1=testigo, T2=10 g de bio-surfactante respectivamente. La suplementación del producto se realizó en la alimentación de los animales (dentro de la tina de la leche) durante los primeros 50 días de vida de las crías. En ambos grupos se les suministrará la primera toma de calostro dentro de la primera hora de nacida la cría y la segunda seis horas posteriores a la primera toma.

### Variables

Las variables consideradas para evaluar el desarrollo fueron el consumo de alimento y el peso, registrándose este último al nacimiento y al destete. La ganancia diaria de peso se calculó dividiendo la ganancia total de peso entre el número de días de lactancia (60). Para medir el peso, se utilizó una báscula de recibo (EQM 200/400, Torrey®). El concentrado iniciador se administró diariamente por la mañana, y si era necesario, también por la tarde. La variable evaluada fue el consumo de concentrado, el cual se midió desde el segundo día de vida hasta el destete a los 60 días, utilizando una báscula electrónica digital (EQM 200/400, Torrey®). El costo de los tratamientos se determinó sumando el costo de la leche, el alimento iniciador y el suplemento; el costo integrado se calculó dividiendo el costo total entre la ganancia de peso total.



### Análisis estadístico

El análisis estadístico de la concentración de la proteína sérica, crecimiento y presencia de enfermedades se realizó mediante un análisis de varianza y la comparación de medidas se realizó mediante la prueba de Tukey. Los análisis se ejecutaron utilizando el paquete estadístico de Olivares-Saenz (2012). Se empleó el valor de  $P < 0.05$  para considerar diferencia estadística.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Respecto a los resultados observados en el presente estudio con relación al consumo del alimento iniciador (Cuadro 1), no existió diferencia estadística significativa entre tratamientos. Resultados similares son reportados por Hernández (2022) en un estudio con becerras Holstein las cuales fueron suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6 y extracto de cítricos, reporta consumo promedio de 250 g de concentrado iniciador al día 50 de vida de los animales. En un experimento en el cual se trabajó con un grupo de animales (8 becerras y 2 becerros de la raza Holstein) donde fueron alimentados con una dieta líquida en forma restringida con 2 tomas diarias (2 L am y 2 L pm) en el caso de T1, 8 L (4 L am y 4 L pm), y en el T2, en dicho estudio las becerras tuvieron un consumo semanal de 837 g y 517 g respectivamente (Elizondo-Salazar y Sánchez-Alvares, 2012). Los resultados anteriores son superiores a los observados en el presente experimento; esta situación permite analizar que animales que consumen mayores cantidades de leche demuestran satisfecha su necesidad de alimentación, por lo que no experimentan la necesidad de consumir alimento iniciador en mayor cantidad.

**Cuadro 1. Promedio de consumo (g) de alimento iniciador por tratamiento cada 10 días.**

Tratamientos	Días de prueba				
	10	20	30	40	50
Testigo	12 <sup>a</sup>	40 <sup>a</sup>	95 <sup>a</sup>	136 <sup>a</sup>	244 <sup>a</sup>
Biosurfactante	6 <sup>a</sup>	54 <sup>a</sup>	82 <sup>a</sup>	116 <sup>a</sup>	240 <sup>a</sup>

Con relación a la ganancia de peso (Cuadro 2) no se observó diferencia estadística significativa entre tratamientos. Resultados similares son reportados por Hernández (2022) en un estudio con becerras Holstein las cuales fueron suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6 y extracto de cítricos, reporta 0.574 g para el grupo de cítricos, 0.596 g para *Bacillus* y 0.598 g para el grupo testigo.

**Cuadro 2. Ganancia de peso (Kg) en becerras Holstein suplementadas biosurfactante.**

Días de prueba				
Tratamiento	Nacimiento	30	50	Ganancia total de peso
Testigo	36.4 <sup>a</sup>	53.5 <sup>a</sup>	66.3 <sup>a</sup>	0.598 <sup>a</sup>
Biosurfactante	36.6 <sup>a</sup>	52.1 <sup>a</sup>	65.8 <sup>a</sup>	0.584 <sup>a</sup>

Respecto al costo de la alimentación (Cuadro 3) de las becerras lecheras suplementadas con el biosurfactante, el tratamiento más económico fue el testigo. Resultados similares son reportados por Hernández (2022) en un estudio con becerras Holstein las cuales fueron suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6 y extracto de cítricos, reporta 2,6540.85 para el grupo de cítricos, 2,659.63 para *Bacillus* y 2,629.41 pesos para el grupo testigo respectivamente. En un estudio donde se estimó el costo de alimentación Peña *et al.* (2020), reportan costos que oscilan entre 2,686 hasta 2,696 pesos; en becerras alimentadas con 432 L de leche durante su lactancia (60 días de vida).

**Cuadro 3. Costo integrado en becerras Holstein alimentadas con leche entera adicionada con biosurfactante.**

Variable	Tratamientos	
	Testigo	Biosurfactante
Consumo de leche becerro/lactancia (L)	432	432
Costo leche/becerra/lactancia \$	2,592.0	2,592.0
Promedio de consumo del concentrado iniciador/becerra/lactancia (kg)	5.27	4.97
Costo de concentrado iniciador \$ (kg)	7.10	7.10
Costo concentrado/becerra/lactancia \$	37.41	35.28
Costo de aditivo/lactancia \$	0.0	28
Costo alimentación leche/concentrado/aditivo/becerra/lactancia \$	2,629.41	2,655.28
Costo integrado por kg ganado \$	90.04	90.93

En otra investigación González *et al.* (2017), reportan costos de alimentación que oscilan de 1,180 hasta 1,924 pesos por becerro durante su lactancia, que fueron alimentadas con diferentes cantidades y sustitutos de leche; estos costos se encuentran por debajo de los observados en el presente estudio, cabe hacer mención que las ganancias de peso son superiores a las observadas en el estudio anterior.

**CONCLUSIONES**

En el presente experimento y con los resultados observados permite concluir que el suministrar aditivos a la leche entera de las becerras lecheras Holstein puede generar incrementos en el costo de la alimentación de estas, sin observar una ganancia de peso

significativa en los animales, el tratamiento más económico fue el grupo testigo. Por lo que, es importante seguir evaluando el impacto que tienen los aditivos utilizados en los animales que consumen leche respecto al desarrollo, salud, consumo de concentrado iniciador, transferencia de inmunidad.

## REFERENCIAS

- Caffarena, R. D., Casaux, M. L., Schild, C. O., Fraga, M., Castells, M., Colina, R., & Giannitti, F. (2021). Causes of neonatal calf diarrhea and mortality in pasture-based dairy herds in Uruguay: a farm-matched case-control study. *Brazilian Journal of Microbiology*, 52(2), 977-988.
- Chojnacka, K., Mikula, K., Izydorczyk, G., Skrzypczak, D., Witek-Krowiak, A., Gersz, A., & Korczyński, M. (2021). Innovative high digestibility protein feed materials reducing environmental impact through improved nitrogen-use efficiency in sustainable agriculture. *Journal of Environmental Management*, 291, 112693.
- Djuragic, O., Čabarkapa, I., Šeremešić, M. M., Rakita, S., & Tomičić, Z. (2023). Feed Additives, Their Role, and Technological Properties. In *Sustainable Use of Feed Additives in Livestock: Novel Ways for Animal Production* (pp. 17-45). Cham: Springer International Publishing.
- Elizondo-Salazar, J. y Sánchez-Álvarez, M. (2012). Efecto del consumo de dieta líquida y alimento balanceado sobre el crecimiento y desarrollo ruminal en terneras de lechería. *Agronomía Costarricense*. 36(2):81-90.
- González, A. R., González, A. J., Peña, R. B. P., Moreno, R. A., y Reyes, C. J. L. (2017). Análisis del costo de alimentación y desarrollo de becerras de reemplazo lactantes. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 40:561-569.
- Gürkök, S., & Özdal, M. (2021). Microbial biosurfactants: properties, types, and production. *Anatolian Journal of Biology*, 2(2), 7-12.
- Henchion, M., Moloney, A. P., Hyland, J., Zimmermann, J., & McCarthy, S. (2021). Trends for meat, milk and egg consumption for the next decades and the role played by livestock systems in the global production of proteins. *Animal*, 15, 100287.
- Hernandez, R. Y. (2022). Costos de suplementación en becerras lactantes: *Bacillus subtilis* PB6 y extracto de cítricos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.
- Molina Morejón, V. M., Molina Romeo, V. P., Espinoza Arellano, J. D. J., Contreras Martínez, J. G., & López Villanueva, A. (2020). Technical and economic feasibility of the use of a commercial water heater based biogas in dairy stables. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(2), 391-403.
- Peña, R. B. P., González, A. R., Rocha, V. J. L., González, A. J. y Macías, O. E. J. (2020). Costos de alimentación en becerras Holstein suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6 en leche entera. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 46:486-49
- Srivastava, R. K., Bothra, N., Singh, R., Sai, M. C., Nedungadi, S. V., & Sarangi, P. K. (2022). Microbial originated surfactants with multiple applications: a comprehensive review. *Archives of Microbiology*, 204(8), 452.
- Smith, G. (2015). Antimicrobial decision making for enteric diseases of cattle. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 31:47-6.
- González, A. R. (2015). Transferencia de inmunidad pasiva, crecimiento y supervivencia de becerras lecheras suministrando diferentes cantidades de calostro pasteurizado. Tesis Doctorado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

## EFECTO DEL INOCULANTE *Rhizobium* EN LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE *Lotus corniculatus* L

Álvarez-V. P.<sup>1</sup>; Gallegos-M. G.<sup>1</sup>; García-L. J. I.<sup>1</sup>; García-S. A.<sup>1</sup>; Ochoa-E. J. J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Saltillo, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coahuila.  
[perpetuo.alvarezv@uaaan.edu.mx](mailto:perpetuo.alvarezv@uaaan.edu.mx)

### RESUMEN

El objetivo fue determinar el comportamiento de los componentes del rendimiento de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) con y sin la inoculación de *Rhizobium*, en macetas bajo condiciones de invernadero. El estudio se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, del 4 de mayo al 22 de junio de 2019, bajo un diseño completamente al azar, con tres repeticiones. Se determinó la producción de materia seca de los componentes hoja, tallo, y la relación hoja:tallo. En la producción de hoja, no hubo efecto del inoculante, mostrando una tendencia ascendente desde la primera a la séptima semana de rebrote, de 0.03 a 0.16 g MS tallo<sup>-1</sup>, promedio. Por su parte, el peso de tallo solo presentó efecto del inoculante en la primera semana, siendo mayor el peso sin inoculante con 0.017 vs 0.014 g MS tallo<sup>-1</sup>, del inoculado, con ascenso de ambos tratamientos de 0.017 a 0.0123 g MS tallo<sup>-1</sup> de la primera a la séptima semana. La relación hoja/tallo fue mayor en al inicio del rebrote a los 7 y 14 DDR con un valor promedio de 2.3, mostrando una tendencia descendente a mayor edad de la planta en ambos tratamientos. En conclusión, los componentes del rendimiento de *Lotus corniculatus* L., no sufrieron efecto por la aplicación del inoculante de *Rhizobium*, pero se incrementaron con la edad de rebrote.

**Palabras clave:** *Lotus corniculatus* L., componentes del rendimiento, *Rhizobium* y relación hoja:tallo

### ABSTRACT

The objective was to determine the behavior of the yield components of bird's-foot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) with and without *Rhizobium* inoculation, in pots under greenhouse conditions. The study was carried out at the Antonio Narro Autonomous Agrarian University, Saltillo, Coahuila, from May 4 to June 22, 2019, under a completely randomized design, with three replications. The dry matter production of the leaf, stem components and leaf:stem ration were determined. In leaf production, there was no effect of the inoculant, showing an upward trend from the first to the seventh week of regrowth, from 0.03 to 0.16 g DM stem<sup>-1</sup>, average. On the other hand, the weight of the stem only showed an effect of the inoculant in the first week, being higher the weight without inoculant with 0.017 vs 0.014 g DM stem<sup>-1</sup>, of the inoculated, with an increase in both treatments from 0.017 to 0.0123 g DM stem<sup>-1</sup> from the first to the seventh week. The leaf/stem ratio was higher at the beginning of the regrowth at 7 and 14 DDR with an average value of 2.3, showing a downward trend with increasing plant age in both treatments. In conclusion, the yield components of *Lotus corniculatus* L., were not affected by the application of the *Rhizobium* inoculant, but increased with the age of regrowth.

Keywords: *Lotus corniculatus* L., yield components, *Rhizobium* and leaf:stem ratio

## INTRODUCCION

*Lotus corniculatus* L., conocido comúnmente como trébol pata de pájaro, es una especie forrajera típica de los grupos de climas templados. *Lotus corniculatus* L. es la especie de mayor importancia agronómica dentro del género *Lotus*, ya que representa el 90 % del área mundial sembrada de este género (Escaray *et al.*, 2012). Se destaca por su alto valor nutricional similar al de la alfalfa, trébol blanco y trébol rojo (Marley *et al.*, 2006). Concentra porcentajes de digestibilidad entre 61.2 a 71.6 %, fibra insoluble en detergente neutro (FDN) entre 27.4 a 34.7 % y fibra insoluble en detergente ácido (FDA) entre 23 y 24 % (Ramírez-Restrepo *et al.*, 2006). Entre sus principales atractivos para los ganaderos es evitar el timpanismo en rumiantes por su bajo contenido de taninos condensados, al igual que proteger las proteínas de su degradación en el rumen, tolera un pH en el suelo que va desde 5.5 hasta un 7.5, se adapta a suelos pobres en fertilidad, así mismo es resistente al frío, la sequía y prospera en suelos inundados (Canals *et al.*, 2009). En cuanto a rendimiento de forraje muestra una producción de 10.0 y 13.0 ton MS ha<sup>-1</sup>, sin embargo, la edad de rebrote y los componentes del rendimiento, son los factores principales que determina el comportamiento productivo, al igual que las condiciones ambientales, tales como la temperatura, humedad, fertilidad del suelo, luz y manejo (Difante *et al.*, 2009). No obstante, la investigación de *Lotus corniculatus* L., ha sido somera aun en México, por lo cual, es importante desarrollar estrategias de manejo que ayuden entender el comportamiento productivo de esta especie. Por tanto, el objetivo de este estudio fue determinar el comportamiento de los componentes del rendimiento de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) con y sin la inoculación de *Rhizobium*, bajo condiciones de invernadero.

## MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó durante la estación de primavera del 2019 (04 de mayo al 22 de junio de 2019) en condiciones de invernadero en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Sede Saltillo, al sureste del estado de Coahuila, México (25° 23' de Latitud Norte y 101° 00' de Longitud Oeste, a una altitud de 1,783 m). El clima es templado semi-seco, con una temperatura promedio de 18 °C. Los inviernos son extremos, predominando temperaturas máximas superiores a 18 °C con algunos días con temperaturas inferiores a los 0°C, con una precipitación anual acumulada de 340 mm (Climate-Data-org, 2010). Durante el estudio la temperatura máxima varió de 28.6 a 32.3 °C, la mínima de 15.5 a 19.1 °C, la media fue de 22 a 25.7 °C. Se utilizó el material 255301 genotipo de *Lotus corniculatus* L. Se estableció un diseño completamente al azar, con tres repeticiones. Los tratamientos consistieron en plantas inoculadas con una cepa del género *Rhizobium*, proporcionada por el Departamento de Parasitología de UAAAN, Saltillo y sin inocular y la edad de rebrote. La población total para cada tratamiento fue de 21 macetas; la unidad experimental consistió de una planta individual en una maceta de 17 x 17 cm, calibre 400 con capacidad de 0.95 lt, con un sustrato de arena de río + tierra de monte, en una relación de 1:1. A los 84 días después del trasplante, se dio inicio al experimento con un corte de uniformización a 6 cm de altura residual y posteriores cortes semanales durante 7 semanas de rebrote. Los riegos fueron cada tercer día, manteniendo la humedad edáfica cercana a capacidad de campo. Se seleccionaron 10 tallos por planta, a los cuales se separaron en hoja y tallo, posterior ambos componentes se sometieron a un secado en una estufa de aire forzado por 72 hrs o hasta peso contante. La relación hoja/tallo se determinó al dividir el peso seco de la hoja entre el tallo. Se realizó un análisis estadístico bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones, con el factor de variación del inoculante *Rhizobium* y la edad de rebrote. Se realizó un ANOVA con

el proc glm del SAS ver. 9.0, y cuando se detectaron efectos del tratamiento o días de rebrote, se llevó a cabo una comparación de medias con la prueba Tukey ( $p < 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el tratamiento inoculado el comportamiento de la producción de hoja por tallo fue de forma ascendente desde la primera semana con  $0.03 \text{ g MS tallo}^{-1}$ , hasta la semana siete de rebrote con  $0.16 \text{ g MS tallo}^{-1}$  (Figura 1). EL tratamiento sin inoculante, a diferencia del inoculado, presentó una disminución en la semana seis con  $0.13 \text{ g MS tallo}^{-1}$ , pero para la semana siete la producción se incrementó nuevamente hasta  $0.21 \text{ g MS tallo}^{-1}$ . Entre tratamientos no se presentaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, entre semanas de rebrote, se observó un incremento de la producción de hoja en ambos tratamientos, conforme avanzó la edad de la planta. De acuerdo con Difante *et al.* (2009) al incrementarse la producción de hoja, la tasa de acumulación neta de forraje es máxima y se alcanza un mayor IAF. Tal comportamiento puede ser el resultado del acelerado ritmo de crecimiento tanto de la hoja como del tallo, favorecidos por las condiciones ambientales; como fotoperiodo, temperatura y humedad.

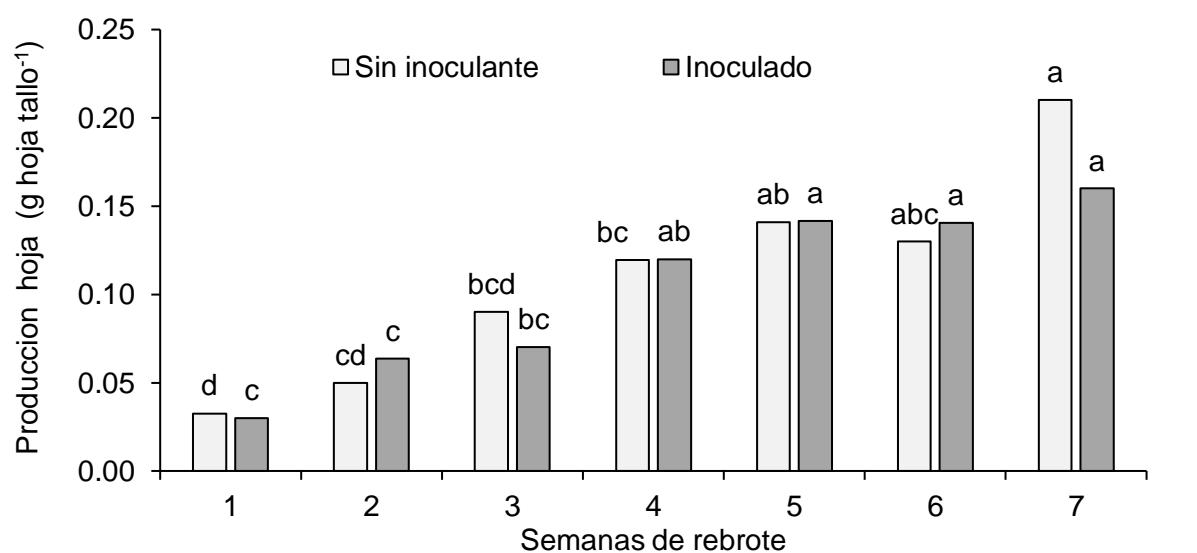


Figura 1. Producción de hoja por tallo ( $\text{g hoja tallo}^{-1}$ ), de *Lotus corniculatus* L. cosechado a diferente edad de rebrote. Diferente literal mayúscula, dentro de cada semana de rebrote, indican diferencia entre tratamientos ( $p > 0.05$ ).

Similar a la producción de hoja, en el peso de tallo individual (Figura 2), se destacaron diferencias entre semanas de muestreo, sin embargo, entre tratamientos solo fueron diferentes estadísticamente ( $p < 0.05$ ) en la semana uno, siendo mayor el tratamiento sin inoculante con  $0.017 \text{ g MS tallo}^{-1}$  versus el inoculado con  $0.014 \text{ g MS tallo}^{-1}$ . En ambos tratamientos el comportamiento fue de manera ascendente desde la primera semana con  $0.017 \text{ g MS tallo}^{-1}$ , hasta la semana siete con  $0.123 \text{ g MS tallo}^{-1}$ , en el caso de las plantas sin inoculante, sin embargo, para el tratamiento inoculado, esta diferencia se marca a partir de la semana cinco con  $0.138 \text{ g MS tallo}^{-1}$ , siendo similar ( $p > 0.05$ ), a la semana seis y siete. De acuerdo con Difante *et al.* (2009), estos resultados pueden estar relacionados con el aumento en la densidad de tallos por unidad de área ocasiona una disminución en el peso individual de ellos, efecto explicado por la ley de "auto aclareo".

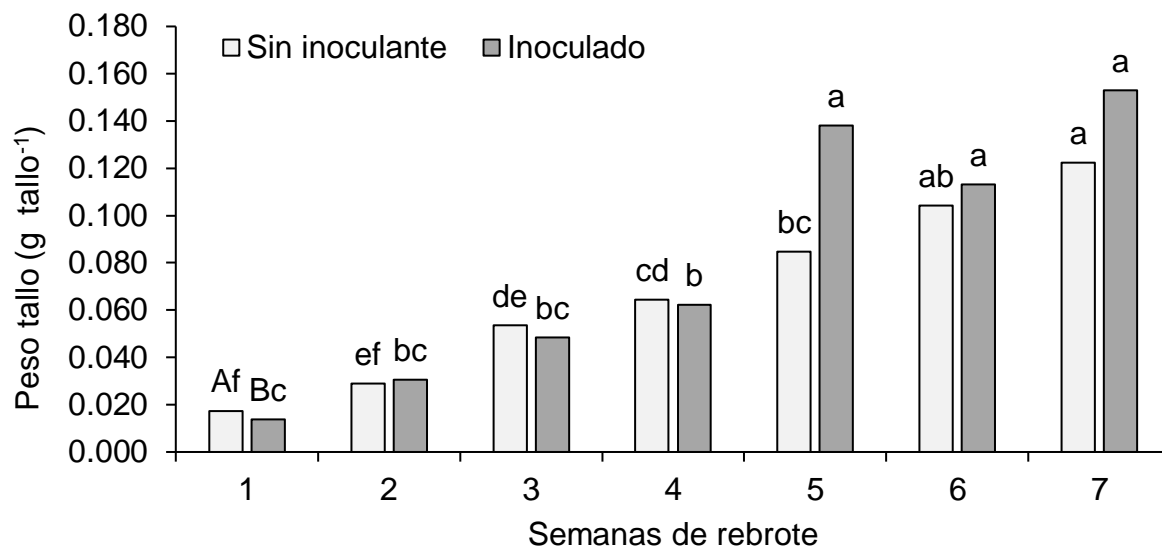


Figura 2. Peso de tallo (g MS tallo<sup>-1</sup>), en *Lotus corniculatus* L. cosechado a diferente edad de rebrote. Diferente literal minúscula, entre semanas para cada tratamiento son diferentes estadísticamente ( $p > 0.05$ ), diferente literal mayúscula, dentro de cada semana de rebrote, indican diferencia entre tratamientos ( $p > 0.05$ ).

La comparación de los promedios semanales en la relación hoja:tallo de ambos tratamientos, mostraron diferencias significativas entre semanas de rebrote ( $p < 0.05$ ), donde los mayores valores se presentan en la semana 1 y 2 entre 2.3 y 2.3 ( $p < 0.05$ , Figura 3). En el caso de las plantas sin inoculante, estas no presentaron diferencias, sin embargo, en ambos tratamientos se muestra una tendencia ascendente. Entre tratamientos dentro de una misma semana, solo se presentaron diferencias en la semana 3, donde las plantas sin inocular presentaron la mayor relación hoja:tallo con 1.7 y el inoculado con 1.4. García y Jeffrey (2003), mencionan que conforme aumenta la edad de rebrote en una especie forrajera, la cantidad de hoja con respecto al tallo disminuye, ya que, la cantidad y calidad de luz que incide al interior de la planta después de una cosecha es alterada por el intervalo de corte que causa variaciones en la producción de hojas y tallos (Motagner *et al.*, 2012).

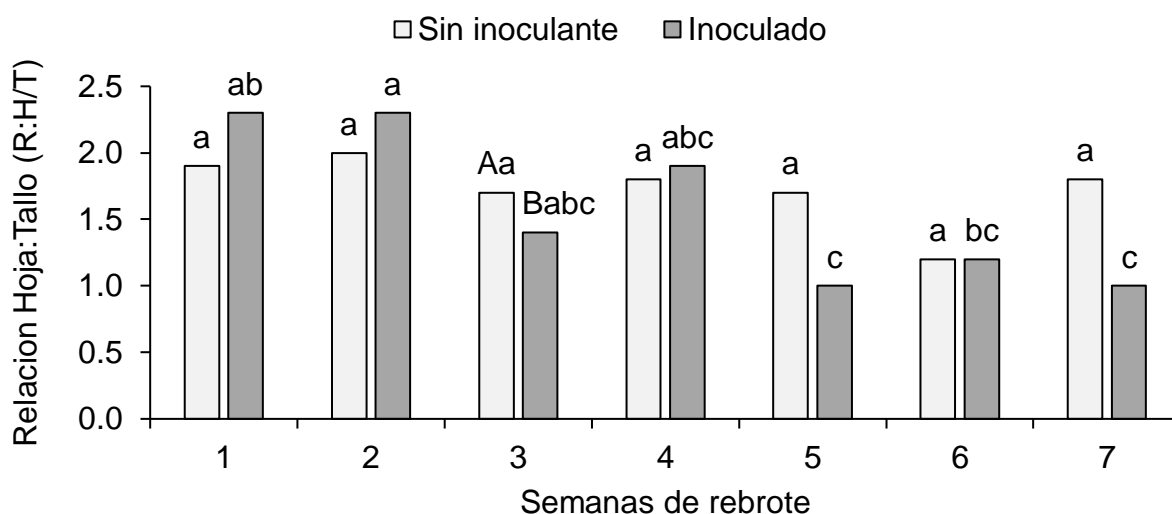


Figura 3. Relación hoja:tallo (R:H/T) de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) cosechado a diferente edad de rebrote. Diferente literal minúscula, entre semanas para cada tratamiento son diferentes estadísticamente ( $p>0.05$ ), diferente literal mayúscula, dentro de cada semana de rebrote, indican diferencia entre tratamientos ( $p>0.05$ ).

### CONCLUSIONES

En conclusión, los componentes del rendimiento de *Lotus corniculatus* L., no sufrieron efecto en su comportamiento de producción de materia seca por la aplicación del inoculante de *Rhizobium*, sin embargo, si fueron afectados por la edad de rebrote, observándose un incremento de su peso a mayor edad de la planta. No obstante, es recomendable el análisis a mas edad de rebrote para descartar efectos posteriores.

### REFERENCIAS

- Canals, R; Peralta, J. y Zubiri, E. 2009. Flora pratense y forrajera cultivada de la península Ibérica. UNAVARRA, Pamplona, España, pp. 2. Recuperado el 01 de enero del 2020.
- Climate. Data.org. 2010. <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/coahuila-de-zaragoza/saltillo-4988/>.
- Difante Dos, S.G; Do Nascimento Jr, D; Batista-Euclides, V. P; Da Silva, S. C; Barbosa, A. R; Concalves, V. W. 2009. Sward structure and nutritive value of tanzania guineagrass subjected to rotational stocking managements. Rev Bras Zootec; 38, pp 9-19.
- Escaray, J. F, Menendez, B. A; Garriza, A; Pieckenstaina, L. F; Estrella J. M; Castagnoa, N. L; Carrascoc, P; Sanjuand, J; Ruiza, A. O. 2012. Ecological and agronomic importance of the plant genus Lotus. Its application in grassland sustainability and the amelioration of constrained and contaminated soils. Plant Science 182: 121 – 133.
- García, G. y Jeffrey, J. 2003. Compatibilidad reproductiva y habilidad de transferencia de genes en *Lotus corniculatus* L. Revista Fitotecnia. México Vol. 26 (1), pp. 29-35. Recuperado el 24 de enero del 2020.
- Marley, C. L; Fychan, R. y Jones, R. 2006. Yield, persistency and chemical composition of Lotus species and varieties (birdsfoot trefoil and greater birdsfoot trefoil) when harvested for silage in the UK. Grass and Forage Science 61, pp 134-145.
- Montagner. D. B. D. Nascimento Jr. H. Vilela H. B. Sousa M. de L. V. P. Euclides B. S. Da Silva C. and M. Carloto N. 2012. Tillering dynamics in pastures of guinea grass subjected to grazing severities under intermittent stocking. Revista Brasileira de Zootecnia. 41(3), pp 544-549.
- Ramírez-Restrepo, C. A; Barry, T. N; López-Villalobos, N. 2006. Organic matter digestibility of condensed tannin-containing Lotus corniculatus and its prediction in vitro using cellulase/hemicellulase enzymes. Animal Feed Science and Technology. 125, pp 61-71.



## ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA ESTACIONAL DE TRES ESPECIES FORRAJERAS EN EL SURESTE DE COAHUILA, MÉXICO

Álvarez-V. P.<sup>1</sup>, Fuentes-H. A. E.<sup>2</sup>; Ruelas-C. X.<sup>1</sup>; Rodríguez-R. A. F.<sup>1</sup>; Pérez-R. L.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calz. Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coah. México.

<sup>2</sup>Estudiante de Doctorado en Ciencias de Producción Agropecuaria, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, 27054. Torreón, Coah. México.

[alanhuertazac@gmail.com](mailto:alanhuertazac@gmail.com)

### RESUMEN

El objetivo fue evaluar el comportamiento productivo estacional de tres especies forrajeras, bajo las condiciones edafo-climáticas del sureste de Coahuila, México. Se evaluaron praderas de trébol blanco (*Trifolium repens* L.), pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) y ballico perenne (*Lolium perenne* L.). Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Los intervalos de corte fueron establecidos por estación; cada 28, 35 y 42 días, para primavera y verano, otoño e invierno, respectivamente. Los resultados mostraron que el rendimiento de materia seca (RMS), fue mayor en la estación de primavera, con 4,747 kg MS ha<sup>-1</sup> y el menor en otoño con 1,654 kg MS ha<sup>-1</sup>. El TB aportó el mayor rendimiento de materia seca, seguido por el pasto ovilla y ballico perenne, sin embargo, estas diferencias numéricas no fueron suficientes para mostrar diferencias estadísticas. El componente hoja registró los mayores aportes a la composición botánica morfológica, siendo la estación de primavera donde se reportó el mayor aporte con 2,847 kg MS ha<sup>-1</sup>. En conclusión, en base a la producción de forraje seco y componentes morfológicos, el trébol blanco presenta mejor comportamiento productivo *versus* pasto ovilla y ballico perenne, en el sureste de Coahuila, México, acentuándose en la estación de primavera.

**Palabras clave:** Trébol blanco, pasto ovilla, ballico perenne y rendimiento de materia seca.

### ABSTRACT

The objective was to evaluate the seasonal productive performance of three forage species under the soil and climate conditions of southeastern Coahuila, Mexico. Pastures of white clover (*Trifolium repens* L.), orchard grass (*Dactylis glomerata* L.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) were evaluated. A completely randomized block design with three replications was used. Cutting intervals were established by season; every 28, 35 and 42 days, for spring and summer, fall and winter, respectively. The results showed that dry matter yield (DMY) was higher in the spring season, with 4,747 kg DM ha<sup>-1</sup> and the lowest in fall with 1,654 kg DM ha<sup>-1</sup>. TB provided the highest dry matter yield, followed by orchard grass and perennial ryegrass, however, these numerical differences were not sufficient to show statistical differences. The leaf component recorded the highest contributions to the botanical-morphological composition, with the spring season being where the highest contribution was reported with 2,847 kg DM ha<sup>-1</sup>. In conclusion, based on the production of dry forage and morphological components, white clover presents better productive performance *versus* orchardgrass and perennial ryegrass, in the southeast of Coahuila, Mexico, accentuated in the spring season.

**Keywords:** White clover, orchardgrass, perennial ryegrass and dry matter yield.

## INTRODUCCION

Las gramíneas y leguminosas forrajeras son la base de la alimentación en sistemas de pastoreo. Estas especies son importantes ya que, son la base de la alimentación del ganado (Rojas *et al.*, 2017). Las especies forrajeras más utilizadas en este tipo de sistemas son: pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.), ballico o raigrás perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.) (Sanderson *et al.*, 2013). Sin embargo, se requiere conocer la dinámica de crecimiento de estas especies en diferentes regiones climáticas (Zebadúa *et al.*, 2001), dado que, la producción de biomasa estacional y anual es muy variable a cambios morfológicos y fisiológicos que experimentan las gramíneas y leguminosas en un momento dado (Durand *et al.*, 1999). Por lo tanto, la producción de forrajes en monocultivos presenta una estacionalidad superior (Rojas-García *et al.*, 2016). Se ha demostrado que los mayores rendimientos de materia seca en especies forrajeras ocurren en primavera y verano (Maldonado-Peralta *et al.*, 2017). El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento productivo estacional de trébol blanco (*Trifolium repens* L.), pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) y ballico perenne (*Lolium perenne* L.) bajo condiciones edafo-climáticas del sureste del estado de Coahuila.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro bajo un clima templado semiseco y con una precipitación de 300 a 400 mm, con coordenadas 101°59 '17" longitud oeste y 25°23 '59" latitud norte, a una altitud de 1600 m. Las condiciones de suelo son migajón arcilloso arenoso con un pH de 7.3. La máxima temperatura se registró en durante el verano con 34 °C, mientras que la mínima se registró en febrero con -4 °C y una precipitación total con 448 mm. La siembra de praderas de trébol blanco (*Trifolium repens* L.) (TB), pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) (PO) y ballico perenne (*Lolium perenne* L.) (BP) se realizó el 19 de febrero de 2021 a una densidad de 5, 20 y 10 kg SPV ha<sup>-1</sup>, respectivamente, en un área experimental de 448 m<sup>2</sup>, la cual fue dividida en nueve parcelas de 25 m<sup>2</sup> (5 x 5 m), donde fueron distribuidos los cultivares, para un diseño completamente al azar, con tres repeticiones. Los riegos fueron cada 14 días a capacidad de campo, mediante un sistema de riego por goteo con cintilla calibre 6000, con una separación de 50 cm entre cada cintilla. El 21 de junio al inicio de la estación de verano con 122 días después de la siembra, se realizó un corte uniformización a 5 cm de altura residual, para homogenizar los cultivares y dar inicio al estudio. Los muestreos se realizaron con intervalos de corte de acuerdo con la estación del año; durante primavera y verano fueron cada 28, en otoño cada 35 e invierno cada 42 días. Para la evaluación del rendimiento de materia seca (RMS) se tomaron muestras de forraje en dos cuadrantes de 0.25 m<sup>2</sup>, la muestra fue colocadas en bolsas de papel identificadas con el número de cuadro, número de repetición y cultivar. Para la composición botánica y morfológica se tomó una submuestra del forraje para determinar RMS y fue separada en hoja, tallo, material muerto, maleza e inflorescencia. Las muestras se sometieron a un secado a peso constante en una estufa de aire forzado marca blue M modelo pom-246f a 55 °C por 72 h. El análisis estadístico se realizó mediante el software SAS 9.0, PROC GLM, con una comparación de medias con la prueba de Tukey (p<0.05).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Durante la primavera y verano se registraron la mayor acumulación de forraje con un promedio de 4,248 kg MS ha<sup>-1</sup>, en comparación al del resto las estaciones (p<0.05). En primavera, el trébol blanco registró mayor RMS (6,754 kg MS ha<sup>-1</sup>), seguido por el pasto ovilla (4,368 kg MS ha<sup>-1</sup>) y el ballico perenne (3,119 kg MS ha<sup>-1</sup>). No obstante, para verano, el trébol blanco acumulo 3,596 kg MS ha<sup>-1</sup>, seguido por el pasto ovilla (3,064 kg MS ha<sup>-1</sup>), pero superado por

el por el ballico perenne con un total de 4,589 kg MS ha<sup>-1</sup>, sin diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ). Conforme transcurrió tiempo se presentaron descensos en las temperaturas, debido a este efecto, la acumulación de forraje se vio afectada. Durante el otoño se cosecho un total de 1,654 kg MS ha<sup>-1</sup>, siendo está la estación de menor rendimiento de materia seca. En el trébol blanco se cosecho 1,146 kg MS ha<sup>-1</sup>. El ballico perenne y el pasto ovilla registraron un total de 2,257 kg MS ha<sup>-1</sup> y 1,558 kg Ms ha<sup>-1</sup> respectivamente. Para época de invierno se obtuvo un total de 1,955 kg Ms ha<sup>-1</sup>. El cultivo de trébol blanco registró un total de 2,345 kg MS ha<sup>-1</sup>, seguido por el cultivo de pasto ovilla (1,821 kg MS ha<sup>-1</sup>). Durante está estación el ballico perenne en comparación con el resto de las estaciones registró su menor rendimiento, cosechando un total de 1,698 kg MS ha<sup>-1</sup>. Los mayores descensos de temperatura se registraron en esta época. En general, el trébol blanco produjo más forrajes acumulado al año, debido a una alta producción en primavera, sin embargo, no mostro diferencias estadísticas con el resto de los cultivares ( $p > 0.05$ ).

**Cuadro 1.** Rendimiento materia seca (kg MS ha<sup>-1</sup>) de trébol blanco (*Trifolium repens* L.), pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) y ballico perenne (*Lolium perenne* L.), en el ciclo de producción de junio 2021 a mayo 2022 en el Sureste de Coahuila, México.

Cultivo	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Total	EEM
TB	3,596 <sup>Aab</sup>	1,146 <sup>Bb</sup>	2,345 <sup>Ab</sup>	6,754 <sup>Aa</sup>	13,841 <sup>A</sup>	1142
PO	3,064 <sup>Ab</sup>	1,558 <sup>Bc</sup>	1,821 <sup>Ac</sup>	4,368 <sup>Aa</sup>	10,811 <sup>A</sup>	384
BP	4,589 <sup>Aa</sup>	2,257 <sup>Ab</sup>	1,698 <sup>Ab</sup>	3,119 <sup>Aab</sup>	11,663 <sup>A</sup>	715
$\bar{x}$	3,749 <sup>a</sup>	1,654 <sup>b</sup>	1,955 <sup>b</sup>	4,747 <sup>a</sup>		
EEM	1,288	167	713	1,744		

Misma letra mayúscula, en una misma columna, no son diferentes estadísticamente ( $p > 0.05$ ). Medias con la misma letra minúscula, en una misma fila no son diferentes estadísticamente (prueba de Tukey;  $p > 0.05$ ).

La hoja en primavera registró la mayor cantidad de materia seca con 2,847 kg MS ha<sup>-1</sup> en comparación con el resto de las estaciones, mientras que el mayor registro promedio en el cultivo fue en pasto ovilla con 2,028 kg MS ha<sup>-1</sup>, seguido por el trébol blanco (1,679 kg MS ha<sup>-1</sup>) y ballico perenne (1,403 kg MS ha<sup>-1</sup>). El menor registro de este componente se obtuvo en la estación de invierno con un promedio de 1,209 kg MS ha<sup>-1</sup>. En el cultivo de trébol blanco se analizó el componente de peciolo y estolón, siendo en la primavera los mayores registros de promedios (678 y 78 kg Ms ha<sup>-1</sup>) respectivamente. Durante el otoño el peciolo produjo un total de 90 kg MS ha<sup>-1</sup> y el estolón 30 kg MS ha<sup>-1</sup>, siendo los menores registros en comparación con el resto de las épocas del año. Por su parte, el mayor aporte de tallo como componente se realizó durante el verano (433 kg MS ha<sup>-1</sup>), el cultivo ballico perenne durante esta época registro la mayor cantidad de tallo con un promedio 603 kg MS ha<sup>-1</sup>. El menor aporte de tallo fue de 41 kg MS ha<sup>-1</sup> durante el invierno. El material muerto como componente obtuvo su mayor aportación durante la estación de verano (511 kg MS ha<sup>-1</sup>). El cultivo que presento el mayor promedio de material muerto fue el pasto ovilla con 556 kg MS ha<sup>-1</sup> en la estación de invierno. La inflorescencia de pasto ovilla fue nula durante las cuatro estaciones del año. La mayor presencia de este componente se presentó en la época de verano (357 kg MS ha<sup>-1</sup>), siendo el cultivar de ballico perenne quien registro la mayor cantidad de inflorescencia promediando un total de 407 kg MS ha<sup>-1</sup>. El componente maleza obtuvo su mayor presencia en la estación de verano con 410 kg MS ha<sup>-1</sup>, registrando en el otoño su menor aparición con 92 kg MS ha<sup>-1</sup>. Entre cultivares el trébol blanco promedio la mayor cantidad de maleza en el verano con 437 kg MS ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 2.** Composición botánica morfológica (kg MS ha<sup>-1</sup>) de trébol blanco (*Trifolium repens* L.), pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y ballico perenne (*Lolium perenne* L.), en el sureste de Coahuila, México.

	Hoja	Pecíolo	Estolón	Tallo	Material muerto	Inflorescencia	Maleza	EEM
<b>Composición Botánica - Morfológica estacional</b>								
V	1,812 <sup>A</sup>	170 <sup>B</sup>	54 <sup>C</sup>	433 <sup>A</sup>	511 <sup>B</sup>	357 <sup>B</sup>	410 <sup>B</sup>	670
O	1,151 <sup>Aa</sup>	90 <sup>Bc</sup>	30 <sup>Cc</sup>	100 <sup>Bb</sup>	152 <sup>Bb</sup>	37 <sup>Cc</sup>	92 <sup>Bb</sup>	128
I	1,209 <sup>Aa</sup>	155 <sup>Bb</sup>	27 <sup>Cc</sup>	4 <sup>Cc</sup>	421 <sup>Bb</sup>	0.6 <sup>Dd</sup>	107 <sup>Bb</sup>	522
P	2,847 <sup>Aa</sup>	678 <sup>Ab</sup>	78 <sup>Cd</sup>	378 <sup>Bc</sup>	406 <sup>Bc</sup>	226 <sup>Bc</sup>	112 <sup>Bc</sup>	1322
EEM	1,775	272	24	196	154	167		
<b>Composición Botánica - Morfológica por cultivo</b>								
TB	1,679 <sup>Aa</sup>	820 <sup>Ab</sup>	142 <sup>Bc</sup>	0 <sup>d</sup>	310 <sup>Ab</sup>	59 <sup>Cc</sup>	437 <sup>A</sup>	889
PO	2,028 <sup>Aa</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	112 <sup>Bb</sup>	556 <sup>Ab</sup>	0 <sup>d</sup>	6 <sup>Cc</sup>	326
BP	1,403 <sup>Aa</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	603 <sup>Ab</sup>	254 <sup>Bb</sup>	407 <sup>Ab</sup>	99 <sup>Bc</sup>	257
EEM	1,987	795	114	330	470	256	390	

Literales minúsculas en una misma fila no son diferentes estadísticamente (Tukey  $p < 0.05$ ). EEM = Error estándar de la media. V = Verano, O = Otoño, I = Invierno, P = Primavera, TB = Trébol blanco (*Trifolium repens* L.), PO = Pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.), BP = Ballico perenne (*Lolium perenne* L.).

### CONCLUSIONES

Durante las estaciones de primavera y verano se registró el mayor rendimiento de materia seca. La especie trébol blanco (*trifolium repens* L.) a diferencia de las otras especies, obtuvo el mayor rendimiento, seguido por el ballico perenne (*lolium perenne* L.) y pasto ovillo (*dactylis glomerata* L.). El componente hoja en los tres cultivos registro los mayores aportes durante la estación de primavera.

### REFERENCIAS

- Durand, J. L., Schäufele, R., & Gastal, F. (1999). Grass leaf elongation rate as a function of developmental stage and temperature: morphological analysis and modelling. *Annals of Botany*, 83(5), 577-588.
- González-Hernández, V. A., Velasco-Zebadúa, Ma. E., Hernández-Garay, A. (2005) Rendimiento y valor nutritivo del ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. *Técnica Pecuaria en México* [en línea]. 2005, 43(2), 247-258 [fecha de Consulta 17 de septiembre de 2022]. ISSN: 0040-1889.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4 (Ed.). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, DF. 217 p.
- Maldonado Peralta, M. D. L. Á., Rojas García, A. R., Torres Salado, N., Herrera Pérez, J., Joaquín Cancino, S., Ventura Ríos, J., ... & Hernández Guzmán, F. J. (2017). Productivity of orchard grass (*Dactylis glomerata* L.) alone and associated with perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46, 890-895.
- Rojas-García, A. R., Hernández-Garay, A., Ayala, W., Mendoza-Pedroza, S. I., Cancino, S. J., Vaquera-Huerta, H., & Santiago-Ortega, M. A. (2016). Comportamiento productivo de praderas con distintas combinaciones de ovillo (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 48(2), 57-68.
- Sanderson, M.; Brink, G.; Stout, R. and L. Ruth. 2013. Grass-legume proportions in forage seed mixtures and effects on herbage yield and weed abundance. *Agron. J.* 105(5):1289-1297. DOI:10.2134/agronj2013.0131

Zebadúa, M. E. V., Garay, A. H., Hernández, V. A. G., Pérez, J. P., Huerta, H. V., & Spinola, A. G. (2001). Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovilla (*dactylis glomerata* L.). *Técnica Pecuaria en México*, 39(1), 1-14.

## PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DE *Amelichloa clandestina* POSTERIOR A UN APACENTAMIENTO

Álvarez-V. P.<sup>1</sup>; Hervert-C. F.<sup>2</sup>; Flores-N. A.<sup>1</sup>; Jasso-C. D.<sup>1</sup>; Ventura-R. J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Saltillo, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coahuila.

<sup>2</sup>Estudiante de Maestría en Producción Agropecuaria UAAAN UL, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón Coah. México.

[perpetuo.alvarezv@uaaan.edu.mx](mailto:perpetuo.alvarezv@uaaan.edu.mx)

### RESUMEN

La especie *Amelichloa clandestina*, conocida como zacate picoso, es un pasto que coloniza áreas agrícolas abandonadas y es endémico del sureste de Coahuila. Su rusticidad dificulta su uso en pastoreo tradicional. Este estudio, fue realizado en el rancho "Los Ángeles" de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, cuyo objetivo fue identificar el punto máximo de acumulación de materia seca de un pastizal de zacate picoso, posterior a un pastoreo intensivo no selectivo en la estación de invierno. Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Se evaluó el rendimiento de materia seca y la composición morfológica. Los resultados revelaron que el rendimiento de materia seca y la altura del zacate alcanzaron su máximo a los 16 meses después del rebrote (MDR), con 1,880 kg MS ha<sup>-1</sup>, a una altura de 22 cm. Durante este periodo, el contenido de hojas, que aporta valor nutricional al ganado, también fue mayor, con un valor máximo de 1,667 kg MS ha<sup>-1</sup>. En conclusión, una máxima acumulación de materia seca total y por componentes morfológicos se alcanza a los 16 meses de rebrote en *Amelichloa clandestina*, cuando es pastoreada con una alta carga animal en la estación de invierno.

**Palabras clave:** *Amelichloa clandestina*, rendimiento de forraje, composición morfológica, pastoreo intensivo no-selectivo.

### ABSTRACT

The species *Amelichloa clandestina*, known as spicy grass, is a grass that colonizes abandoned agricultural areas and is endemic to the southeast of Coahuila. Its rusticity makes its use in traditional grazing difficult. This study was carried out at the "Los Ángeles" ranch of the Antonio Narro Autonomous Agrarian University, whose objective was to identify the maximum point of dry matter accumulation in a spicy grass pasture, after intensive non-selective grazing in the winter season. A randomized block design with three replications was used. Dry matter yield and morphological composition were evaluated. The results revealed that dry matter yield and grass height reached their maximum at 16 months after regrowth (MDR), with 1,880 kg DM ha<sup>-1</sup>, at a height of 22 cm. During this period, the leaf content, which provides nutritional value to livestock, was also higher, with a maximum value of 1,667 kg DM ha<sup>-1</sup>. In conclusion, a maximum accumulation of total dry matter and morphological components is reached at 16 months of regrowth in *Amelichloa clandestina*, when it is grazed with a high stocking rate in the winter season.

**Keywords:** *Amelichloa clandestina*, forage yield, morphological composition, non-selective intensive grazing.

### INTRODUCCION

La especie *Amelichloa clandestina*, conocida como zacate picoso, es un tipo de pasto que coloniza áreas agrícolas abandonadas debido a su gran capacidad de adaptación. Se ha encontrado en la región sureste del estado de Coahuila, donde se le considera endémica. Sin

embargo, su rusticidad dificulta su uso en sistemas de pastoreo tradicionales (Juanes-Marquez, 2021). No obstante, el apacentamiento se presenta como una estrategia clave en la gestión de ecosistemas de pastizales en el sector ganadero, requiriendo un análisis detallado de la periodicidad y la intensidad del pastoreo durante las diferentes estaciones del año para evaluar su impacto en el rendimiento, crecimiento y resiliencia de la vegetación herbácea (Borda & Bustamante, 2017). El análisis de crecimiento se utiliza para identificar diferencias fisiológicas entre variedades o genotipos de una misma especie, ganando importancia en la caracterización y selección de genotipos con potencial forrajero (Álvarez-Holguín *et al.*, 2017). La determinación de la materia seca es esencial para cuantificar la cantidad de forraje en una ubicación específica, y se puede hacer según los días posteriores a la emergencia de las plantas o los meses después del rebrote (MDR). La cantidad de materia seca obtenida puede correlacionarse con factores como el tipo de suelo, el tiempo permitido antes de la toma de muestras MDR, y la altura del forraje en ese período (Assis *et al.*, 2023). Este estudio tuvo como objetivo fue identificar el punto máximo de acumulación de materia seca de un pastizal de zacate picoso, posterior a un pastoreo intensivo no selectivo en la estación de invierno.

### MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el rancho "Los Ángeles", propiedad de la Universidad Autónoma Antonio Narro (UAAAN), ubicado en el municipio de Saltillo, Coahuila, México, entre las coordenadas 26° 06' LN y 101° 06' LO. La altitud varía entre 2100 m en los valles y 2400 m en las áreas montañosas. El clima es semiárido con lluvias en verano y algunas precipitaciones en invierno. La zona de estudio es un pastizal de aproximadamente 54.6 ha, de la cual se utilizó un área experimental dividida en 3 parcelas (repeticiones) de 10 x 60 m (600 m<sup>2</sup>). Estas parcelas fueron sometidas a pastoreo con una alta carga animal de 350 UA ha<sup>-1</sup> durante 48 horas o a disponibilidad de forraje. El experimento comenzó en enero de 2023 y se extendió hasta junio de 2024, permitiendo un descanso de 18 meses. Para determinar el rendimiento de materia seca (RMS) y la composición morfológica del zacate, se recolectaron cuatro plantas de *A. clandestina* por repetición, las cuales se colocaron en bolsas de papel y se deshidrataron en una estufa de aire forzado a 55 °C durante 72 horas hasta alcanzar un peso constante. La altura promedio del zacatal se determinó tomando 12 muestras al azar en cada una de las 18 evaluaciones. Para analizar el efecto del mes de rebrote, se realizó un análisis de varianza con el software JMP Pro y una comparación de medias con la prueba Tukey ( $p < 0.05$ ). Además, se obtuvieron ecuaciones de regresión para determinar el grado de asociación entre los meses de rebrote y la variable evaluada.

### RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1 se puede observar el incremento que tuvo el rendimiento de materia seca conforme pasaron los días después del rebrote, el rebrote obtuvo un rendimiento con una  $R^2$  de 0.95 con una recta polinómica viendo la buena correlación de los factores. Se encontraron valores que van desde 3 kg MS ha<sup>-1</sup> en el primer mes hasta 1880 kg MS ha<sup>-1</sup> en el mes 16 siendo este el valor más alto obtenido además que en este mismo mes se puede notar un gran incremento a comparación con lo que se había venido incrementando pasando de 1038 kg MS ha<sup>-1</sup> a 1880 kg MS ha<sup>-1</sup> siendo un incremento de 842 kg MS ha<sup>-1</sup>, posterior a este mes podemos observar un pequeño descenso en la producción de materia seca la cual no representa una diferencia estadística con respecto al puto máximo de producción (Tabla 1) sin embargo, a lo largo de la evaluación si se mostraron diferencias estadísticas. A su vez podemos comparar que en este mismo tiempo (16 MDR) fue donde se obtuvo la altura mayor con un valor de 22 cm y posterior se ve un descenso de la altura sin embargo a lo largo del

tiempo de evaluación solo existió una diferencia estadística en los primeros 4 meses de tiempo de estudio.

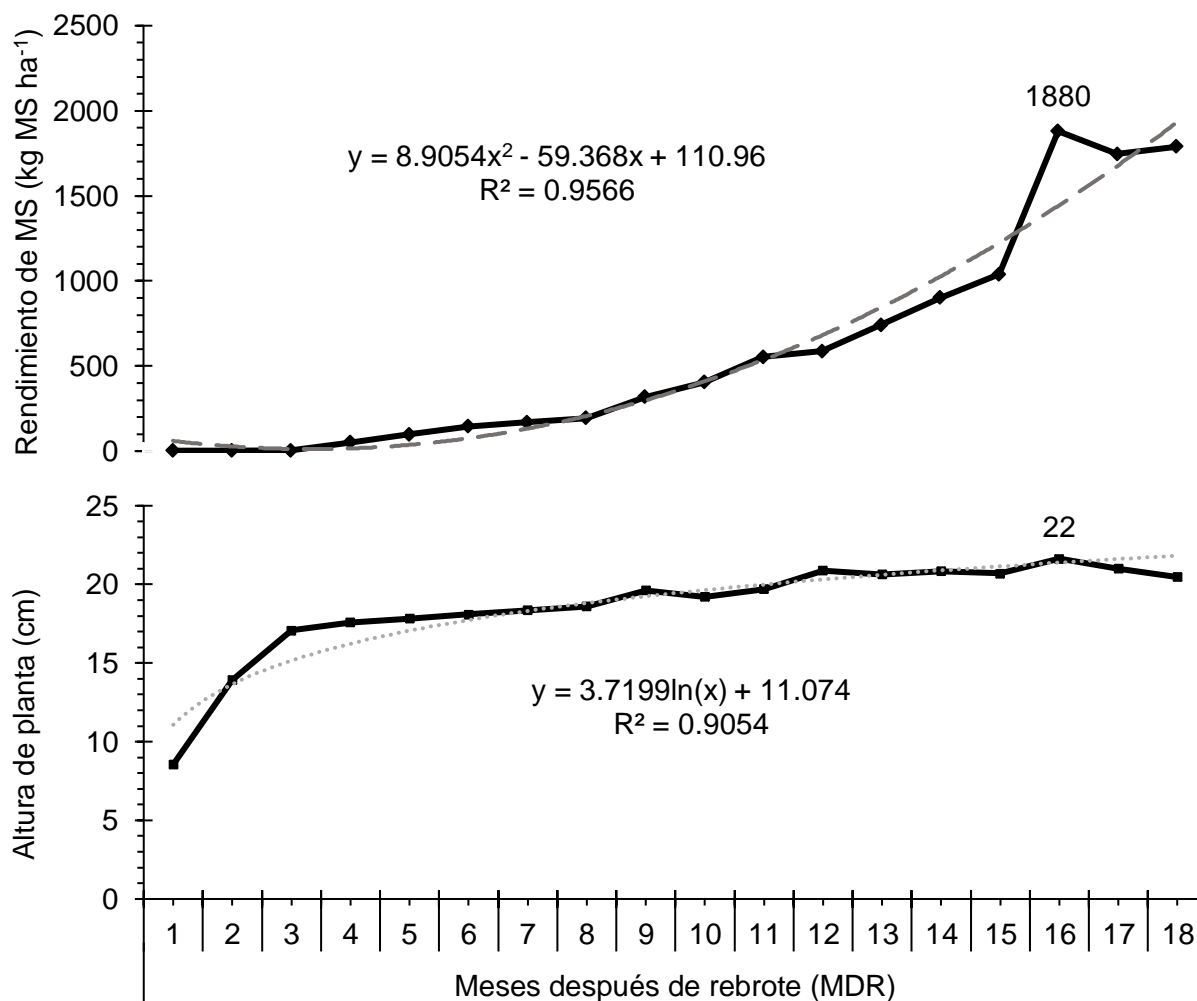


Figura 1. Rendimiento de forraje (Kg MS ha<sup>-1</sup>) y altura de zacate picoso (*Amelichloa clandestina*) a diferentes meses después de rebrote.

Por otro lado, en la Figura 2 podemos observar la composición morfológica del zacatal donde se mostraron diferencias significativas entre meses de rebrote ( $p > 0.05$ ; Tabla 1) siendo la hoja la que mayores valores muestran, lo cual es favorable debido a que es el órgano en el que aporte nutricional trae al ganado, siendo a los 16 MDR donde mayor cantidad de hoja se encuentra coincidiendo este con la altura máxima y con la mayor producción de materia seca, es por ello que, en la Tabla 1 se muestra el mes 16 como el mayor estadísticamente hablando, existiendo entre meses una gran variación estadística, sin embargo, en los meses 17 y 18 es donde se presenta la mayor producción de tallos siendo estos estadísticamente iguales ( $p > 0.05$ ). Los gráficos muestran un incremento en el rendimiento de los tallos y hojas de la *Amelichloa clandestina* a lo largo del tiempo de estudio. El crecimiento bajo en el primer mes se puede atribuir al inicio del rebrote de la planta posterior a la defoliación, ya que, estudios han demostrado que la velocidad de crecimiento de una planta puede variar dependiendo de la estación en la que se esté (Juanes-Marquez, 2021). Sin embargo, los meses 17 y 18 de igual manera es donde se presenta una mayor cantidad de materia muerta siendo esto respaldado por el análisis estadístico mostrando ser los niveles más altos (Tabla 1).



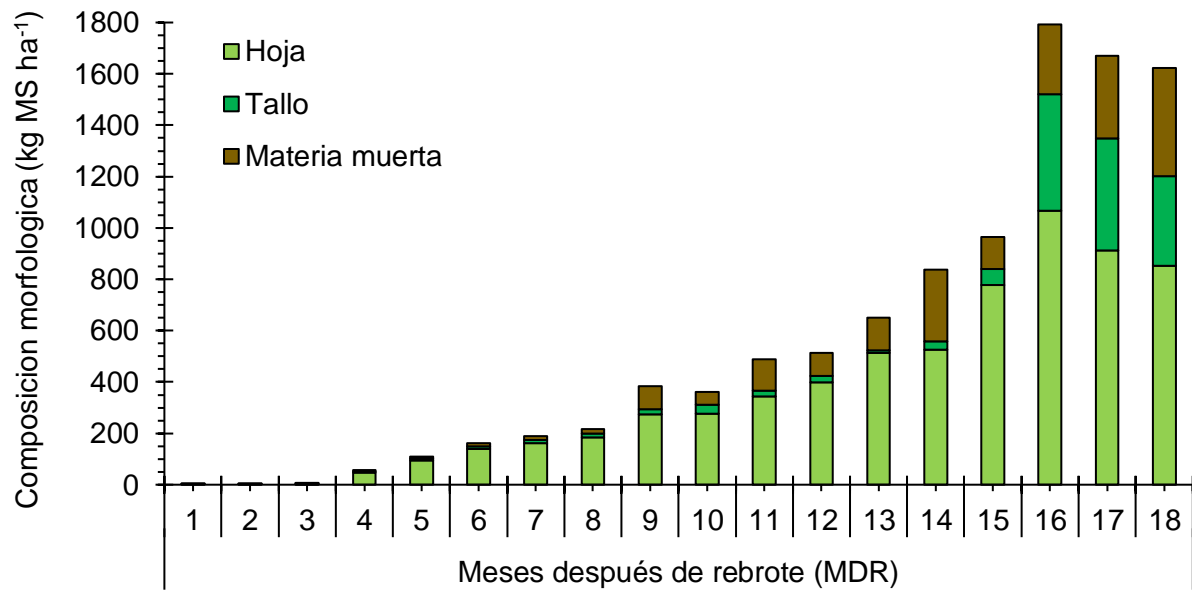


Figura 2. Composición morfológica de zacate picoso (*Amelichloa clandestina*) a diferentes meses después de rebrote.

Tabla 1. Análisis estadístico de las variables evaluadas en un pastizal de *Amelichloa clandestina*, posterior a un apacentamiento en sistema de pastoreo alta intensidad no selectivo, en la estación de invierno.

MDR	RMS	Altura	Composición Morfológica		
			Hoja	Tallo	MM
1	3 <sup>e</sup>	9 <sup>b</sup>	1.7 <sup>f</sup>	0.8 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>
2	3 <sup>e</sup>	14 <sup>ab</sup>	2.2 <sup>f</sup>	0.9 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>
3	5 <sup>e</sup>	17 <sup>ab</sup>	2.7 <sup>f</sup>	1.0 <sup>b</sup>	0.2 <sup>c</sup>
4	52 <sup>e</sup>	18 <sup>a</sup>	48.2 <sup>f</sup>	4.1 <sup>b</sup>	4.5 <sup>c</sup>
5	99 <sup>de</sup>	18 <sup>a</sup>	93.7 <sup>ef</sup>	7.2 <sup>b</sup>	8.8 <sup>c</sup>
6	146 <sup>de</sup>	18 <sup>a</sup>	139.3 <sup>def</sup>	10.2 <sup>b</sup>	13.0 <sup>c</sup>
7	170 <sup>de</sup>	18 <sup>a</sup>	162.0 <sup>def</sup>	11.8 <sup>b</sup>	15.2 <sup>c</sup>
8	193 <sup>de</sup>	19 <sup>a</sup>	184.8 <sup>def</sup>	13.3 <sup>b</sup>	17.3 <sup>c</sup>
9	318 <sup>cde</sup>	20 <sup>a</sup>	273.4 <sup>def</sup>	20.5 <sup>b</sup>	90.6 <sup>c</sup>
10	405 <sup>bcde</sup>	19 <sup>a</sup>	275.5 <sup>def</sup>	35.5 <sup>b</sup>	50.9 <sup>c</sup>
11	554 <sup>bcde</sup>	20 <sup>a</sup>	342.8 <sup>def</sup>	22.7 <sup>b</sup>	122.1 <sup>bc</sup>
12	587 <sup>bcde</sup>	21 <sup>a</sup>	397.7 <sup>cdef</sup>	26.4 <sup>b</sup>	90.2 <sup>c</sup>
13	741 <sup>bcd</sup>	21 <sup>a</sup>	513.7 <sup>bcde</sup>	10.7 <sup>b</sup>	126.8 <sup>bc</sup>
14	902 <sup>bc</sup>	21 <sup>a</sup>	526.6 <sup>bcd</sup>	31.4 <sup>b</sup>	278.8 <sup>ab</sup>
15	1038 <sup>b</sup>	21 <sup>a</sup>	777.7 <sup>abc</sup>	62.8 <sup>b</sup>	124.0 <sup>bc</sup>
16	1880 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>	1067.7 <sup>a</sup>	452.7 <sup>b</sup>	271.5 <sup>ab</sup>
17	1746 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	911.5 <sup>ab</sup>	436.7 <sup>a</sup>	322.9 <sup>a</sup>
18	1790 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	285.3 <sup>ab</sup>	350.5 <sup>a</sup>	419.9 <sup>a</sup>

Diferente literal minúscula entre meses para cada variable indica diferencia estadística ( $p > 0.05$ ).

### CONCLUSIONES

El rendimiento de zacate picoso (*Amelichloa clandestina*) aumento conforme los MDR iban en aumento teniendo su punto máximo a los 16 MDR. Los puntos máximos registrados para hoja

y tallo de igual modo fueron a los 16 MDR, es así que se logró observar que al mes 16 se obtuvo la mayor producción de este forraje por lo que se recomienda volver a realizar el pastoreo a los 16 meses después de rebrote tomando en cuenta los diversos factores para así obtener el máximo rendimiento, además de conservar la calidad del forraje debido a que posterior de este tiempo la hoja disminuye y la materia seca incrementa.

#### REFERENCIAS

- Álvarez Holguín, A., Morales Nieto, C. R., Corrales Lerma, R., Sierra Tristán, J. S., & Villarreal Guerrero, F. (2017). Análisis del crecimiento de cinco genotipos de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Mich.) Torr.], bajo condiciones de invernadero. *TECNOCENCIA Chihuahua*, 11(1), 25–32. <https://doi.org/10.54167/tch.v11i1.167>
- Assis, W. O. de, Santos, D. de F., Tenório, T. M., Soares, E. da costa, Bhatt, R., & Oliveira, M. W. de. (2023). Acumulación y asignación de materia seca y nutrientes en las braquiarias decumbes y ruziziens en un sistema intensivo de producción de forraje. *Revista Científica Multidisciplinaria Núcleo Do Conhecimento*, Vol. 02, 159–179. <https://doi.org/10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/agronomia-es/nutrientes-en-las-braquiarias>
- Borda Correa, J. E., & Bustamante García, A. E. (2017). Implementación de un Sistema de Rotación de Pasturas en la Finca el Palmar [Corporación Universitaria Lasallista Facultad]. In *Facultad de ciencias Administrativas y Agropecuarias*. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/10567/2383>
- Juanes-Marquez, S. (2021). *Caracterización ecológica de un zacatal de Amelichloa clandestina (Hack.) Arriaga & Barkworth, donde se aplicó corte y herbicida en el rancho Los Angeles, Coahuila, México*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

## PRINCIPALES PROBLEMAS EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE CABRA EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO DE LAS COLONIAS, COAHUILA

Pastor L.F.J.<sup>1\*</sup>; Galindo G.M.<sup>2</sup>; Ríos P.J.L.<sup>2</sup>; Isidro R.L.M.<sup>1</sup>; Maldonado J.J.A.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>CIR-Norte Centro, Campo Experimental La Laguna, INIFAP. Blvd. José Santos Valdez No. 1200, Col. Centro, Matamoros, Coahuila. CP. 27440.

<sup>2</sup>Universidad Politécnica de la Región Laguna, Calle sin nombre, sin número, ejido Santa Teresa, San Pedro de las Colonias, Coahuila, México, C.P. 27942.

\*pastor.francisco@inifap.gob.mx

### RESUMEN

San Pedro de las Colonias es el municipio donde se ubica el mayor porcentaje de productores de leche de cabra en México. Los principales problemas que enfrentan son la comercialización, desorganización y alimentación para el ganado debido a la sequía. El objetivo de este trabajo fue realizar un diagnóstico integral de la problemática actual con la finalidad de desarrollar un plan de trabajo para la atención de dichos problemas. Para la identificación de los principales problemas en la producción de leche de cabra en San Pedro, se realizó un taller en la Universidad Politécnica de la Región Laguna, en el que se utilizó la metodología de árbol de problemas para la identificación y organización de las causas directas e indirectas y las posibles consecuencias de un problema. Los resultados indican que los principales problemas dentro de la actividad son la comercialización, alimentación, asesoría técnica, centro de acopio y valor agregado de productos y subproductos. Atribuidos a pocos compradores, desorganización, financiamientos e infraestructura, capacitación y valor agregado. Todo esto ocasiona un precio bajo de la leche, incremento de intermediarios, pérdidas, pocas ganancias, riesgo económico, desempleo y cambio de la actividad. El plan de trabajo busca sumar esfuerzos para la creación del ecosistema que permitirá formular estrategias para organizar las cadenas de valor, abrir nuevos nichos de mercado y mejorar precios a sus productos y derivados, determinar los puntos críticos de capacitación y transferencia de tecnología y contar con un diagnóstico integral de la situación actual que involucre a todos los actores.

**Palabras clave:** Caprinos, leche, sistemas de producción, valor agregado.

### ABSTRACT

San Pedro de las Colonias is the municipality where the highest percentage of goat's milk producers in Mexico is located. The main problems they face are marketing, disorganization and feeding for livestock due to drought. The objective of this work was to carry out a comprehensive diagnosis of the current problem in order to develop a work plan for the attention of these problems. To identify the main problems in goat's milk production in San Pedro, a workshop was held at the Polytechnic University of the Laguna Region, in which the problem tree methodology was used for the identification and organization of the direct and indirect causes and possible consequences of a problem. The results indicate that the main problems within the activity are marketing, feeding, technical advice, collection center and benefit of products and by-products. Attributed to few buyers, disorganization, financing and infrastructure, training and benefit. All this causes a low price of milk, an increase in intermediaries, losses, low profits, economic risk, unemployment and change in activity. The work plan seeks to join efforts for the creation of the ecosystem that will allow the formulation of strategies to organize value chains, open new market niches and improve prices for their

products and derivatives, determine the critical points of training and technology transfer and have a comprehensive diagnosis of the current situation that involves all actors.

**Key words:** Benefit, goats, milk, production systems.

## INTRODUCCION

La caprinocultura en la Región Laguna es uno de los principales sistemas de producción pecuaria, no solo por la población de animales y la producción de leche, sino por generar trabajo directos e indirectos en la Región. Se estima que 1500 familias se dedican a esta actividad (Milenio, 2023). Dentro de los municipios que conforman la Laguna, destaca San Pedro de las Colonias con una producción de 18,609,700 litros al año (SIAP, 2022), que lo ubica como el principal municipio productor de leche, no solo de la Región, sino de México. Cabe mencionar que en el Municipio la comercialización o compra de leche directa a productores la realizan diversas empresas grandes y pequeñas, ya sean nacionales como Chilchota, Coronado y/o queseros locales, situación que no favorece a los caprinocultores por no poder establecer un precio de venta. Esta situación agudiza el problema de desorganización general y se agrava aún más por las sequías recurrentes en los últimos años (Milenio, 2023).

A los problemas antes mencionados, hay que agregarle la escasa atención de técnicos de dependencias gubernamentales y universidades al sector caprino. Además, de la falta de identificación de los principales problemas; al respecto, existen algunos trabajos, que no son recientes y no reflejan la realidad existente en la actualidad; por ello, es necesario realizar un diagnóstico de la problemática en la producción de leche de cabra (Campos, 2010), esto con el fin de desarrollar un plan de trabajo para la atención de los principales problemas, por lo que el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en asociación con la Universidad Politécnica de la Región Laguna (UPRL), realizaron un taller con dicho objetivo.

## MATERIALES Y METODOS

Se realizó un taller en las instalaciones de la UPRL en el ejido Santa Teresa, San Pedro, Coahuila en mayo de 2024, al cual asistieron técnicos especialistas en la producción de caprinos (con más de veinte años de experiencia); además, se contó con la participación de profesores de la UPRL y el facilitador del INIFAP. Se utilizó la metodología de árbol de problemas, la cual es una técnica utilizada para la identificación y organización de las causas directas e indirectas y las posibles consecuencias de un problema, se representa el problema principal con el tronco, las raíces son las causas y las ramas los efectos, reflejando una interrelación entre todo el elemento (Hernández y Garnica, 2015). Para construir el árbol, primeramente, se les dio una explicación a los asistentes, una vez conociendo la metodología

se les pido a los técnicos que hicieran un listado con al menos cinco problemas que consideraran de alta importancia en el Municipio, aportando cada uno una lista individual. Enseguida, y mediante el uso del programa Power Point 2016, se realizó un formato con columnas, donde se pondría el problema y su frecuencia, el valor de la frecuencia es de acuerdo a la mención por cada técnico, de tal forma que, si X problema se mencionaba 3 veces, en la columna se pondría en una columna el problema y en la otra el número.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se muestran los resultados del taller, observándose 10 problemas mencionados por los técnicos, con su respectiva frecuencia; donde destacan: en primer lugar, la comercialización, en segundo lugar, por la alimentación y la asesoría técnica, en tercer lugar, se observa el valor agregado y el centro de acopio.

Tabla 1. Identificación de problemas desde el punto de vista de los técnicos

Problema	Número de veces que se menciona
Valor agregado de productos y subproductos	2
Comercialización	5
Inocuidad	1
Sanidad	1
Alimentación	3
Asesoría técnica	3
Baja producción leche	1
Falta de apoyos gubernamentales	1
Centro de acopio	2
Centro de reemplazo	1

En base a estos resultados se seleccionaron los cinco problemas con mayor frecuencia se discutió y analizaron las posibles causas y efectos de cada problema, quedando cada árbol como se muestran en las tablas de la 2 a la 6.

De acuerdo a la priorización realizada, el problema señalado con mayor frecuencia fue la comercialización (Tabla 2), en el cual los participantes indicaron como causas: pocos,

compradores, falta de organización y de valor agregado por parte de los ganaderos. Los efectos de este problema son el bajo precio de la leche, desempleo y cambio de actividad.

Tabla 2. Árbol de problemas para comercialización

<b>Efecto</b>	Precios bajos	Cambio de actividad	Disminución de la población	Desempleo
<b>Problema</b>	Comercialización			
<b>Causa</b>	Cierre del centro de acopio*	Pocos compradores	Nula organización	Falta de valor agregado

\*Recientemente cerro la empresa Coronado

Sobre la comercialización de la leche, Campos (2010) recomienda invertir en la creación de pequeñas empresas para la transformación y comercialización de leche de cabra y sus derivados, donde los socios sean productores asociados para ser accionistas de una misma empresa.

El segundo problema identificado, es la alimentación del ganado caprino (Tabla 3), siendo sus principales causas: la sequía, los altos costos de los suplementos y el sistema de producción basado en pastoreo de vegetación nativa. Las posibles consecuencias de una mala alimentación son: la disminución en la cantidad y calidad de la leche, enfermedades y la muerte.

Tabla 3. Árbol de problemas para alimentación

<b>Efecto</b>	Disminución de la leche y baja calidad	Enfermedades	Periodo entre partos más largo	Muerte de animales
<b>Problema</b>	Alimentación			
<b>Causa</b>	Sequía	Sistema de producción en pastoreo	Altos costos de la materia prima	Dietas no balanceadas

Pastor *et al.* (2017) mencionan que en La Laguna la alimentación del ganado caprino, depende de los forrajes en las áreas de pastoreo o residuos de cultivos agrícolas, situación que ocasiona variaciones en la calidad y disponibilidad de alimento en el año, debido

principalmente al régimen pluvial; por tal motivo, la producción de forraje está significativamente relacionado con la precipitación tanto anual como estacional.

Continuando con el tercer problema (Tabla 4), este se refiere a asesoría técnica para la producción de leche, indicando entre sus causas: falta de apoyo por las instituciones y falta de organización de los productores, que de forma aislada no pueden pagar una asesoría de forma individual. Los efectos de este problema son: desconocimiento para dar valor agregado y nula diversificación de productos, además de la falta de inocuidad.

Tabla 4. Árbol de problemas para asesoría técnica

<b>Efecto</b>	<b>Desconocimiento para dar valor agregado</b>	<b>Nula diversificación de productos</b>	<b>Falta de canales de distribución</b>	<b>Inocuidad</b>
<b>Problema</b>	Asesoría técnica			
<b>Causa</b>	Falta de apoyo por las instituciones	La organización	Falta de interés	Costo del servicio de asesoría técnica

En términos generales, no hay un servicio de extensionismo que incluya asesoría, por lo general son acciones emprendidas desde el interés de un investigador de una institución de investigación, o de una agencia gubernamental (Campos, 2010). Lo anterior confirma lo aseverado por los técnicos, en un abandono en el servicio a los caprinocultores de la región.

El valor agregado es el siguiente problema (Tabla 5), el cual nuevamente muestra la falta de capacitación, la falta de interés y de inversión como las causas. Los efectos de dar valor agregado son: pérdidas, pocas ganancias y riesgo económico.

Tabla 5. Árbol de problemas para valor agregado

<b>Efecto</b>	<b>Pocas ganancias</b>	<b>Falta de innovación</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Pérdidas</b>
<b>Problema</b>	Valor agregado			
<b>Causa</b>	Mercadotecnia y presentación	Falta de capacitación	Inversión inicial	Falta de interés

Relativo al valor agregado, Campos (2010) menciona que las unidades artesanales que son operadas por los productores de leche, tienen malas prácticas de producción, escasos niveles de tecnología y organización familiar; sus volúmenes de producción por unidad son reducidos,

la calidad de sus procesos y de sus productos es baja, y el valor agregado al producto es escaso.

Como último problema, se encuentra el centro de acopio (Tabla 6), teniendo la falta de organización, de financiamiento y de infraestructura como causas, sus efectos son la fluctuación de precio de compra y el incremento en intermediarios.

Tabla 6. Árbol de problemas para valor centro de acopio

<b>Efecto</b>	Incremento de intermediarios	Inestabilidad del mercado	Producción inestable	Fluctuación de los precios
<b>Problema</b>	Centro de acopio			
<b>Causa</b>	Falta de organización	Intermediarios	Falta de financiamiento	Infraestructura

Al respecto, Campos (2010) recomienda establecer alianzas con productores-empresas, centros de acopio y enfriamiento de leche cruda, complementados por programas gubernamentales de infraestructura que involucren a gobiernos en todos los niveles. En este sentido, recientemente, en septiembre de 2023 se llevó a cabo la inauguración del Centro de Acopio de Leche "Caprinocultores Unidos de San Pedro Coahuila"; proyecto que es resultado de una exitosa colaboración entre el Gobierno Municipal, el sector empresarial y productores locales de leche de cabra (El Sol de la Laguna, 2023), proyecto que va iniciando, pero ofrece un futuro optimista al diversificar las empresas acopiadoras.

## CONCLUSIONES

Este estudio resalta la importancia de implementar soluciones integrales que no solo aborden los problemas actuales, sino que también fortalezcan la resiliencia y sostenibilidad de la caprinocultura en la región. Esto promoverá un futuro más próspero para los productores de leche de cabra en San Pedro de las Colonias.

## REFERENCIAS

- Campos, L.E. (2010). Ciclos Problemática-Innovación. Leche de Cabra. Entregable No. 2. Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Coahuila.
- El Sol de la Laguna (2023). Caprinocultores ya tienen centro de acopio en San Pedro. <https://www.elsoldelalaguna.com.mx/local/caprinocultores-ya-tienen-centro-de-acopio-en-san-pedro-10763965.html>
- Hernández, N. y Garnica G. (2015). Árbol de Problemas del Análisis al Diseño y Desarrollo de Productos. *Conciencia Tecnológica*. 50: 38-46. <http://www.redalyc.org/pdf/944/94443423006.pdf>



- Milenio (2023). Producción de leche de cabra en La Laguna cae 25% por sequía.  
<https://www.milenio.com/estados/produccion-leche-cabra-laguna-cae-sequia>
- Pastor, F., Isidro, L., Maldonado, J., Granados, L., Trinidad, E. y Rodríguez, J. (2017). Efecto de la complementación de grasa protegida en la producción y composición de leche de cabras en pastoreo. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 21(1), 77-86.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Información SIAP (2022). Datos Abiertos. Estadística de Producción Ganadera.  
[http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos\\_p.php](http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_p.php)

## EFECTOS DE LA ONDA DE CALOR SOBRE LA APICULTURA EN EL NORTE DE MÉXICO

Pastor L.F.J.<sup>1\*</sup>; Vargas V.A.<sup>2</sup>; Isidro R.L.M.<sup>1</sup>; Pérez R.E.<sup>3</sup>, Muñoz B.A.L.<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Campo Experimental La Laguna, INIFAP. Blvd. José Santos Valdez No. 1200, Col. Centro, Matamoros, Coahuila. C.P. 27440. <sup>2</sup>Campo Experimental Edzná, INIFAP. Carretera Campeche-Pocyaxum km 15.5, Campeche, Campeche. C.P. 24520. <sup>3</sup>Campo Experimental La Campana, INIFAP. Km. 33.3 Carretera Chihuahua-Ojinaga, Cd. Aldama, Chihuahua. C.P. 32910. <sup>4</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Av. Universidad Km. 1 s/n, Ex hacienda Aquetzalpa, Tulancingo, Hidalgo. C.P. 43600.

\*pastor.francisco@inifap.gob.mx

### RESUMEN

En México, la apicultura tiene una gran importancia socioeconómica y ecológica, es considerada como una de las principales actividades pecuarias, además de ser fundamental para el equilibrio del ambiente debido a su colaboración en la polinización, sin embargo, en los últimos años se ha presentado una "onda de calor", entre otros factores, las altas temperaturas pueden afectar a las abejas melíferas reduciendo su longevidad, la producción y en casos extremos ocasionando la muerte. Por tanto, el objetivo de la presente investigación fue identificar los principales problemas ocurridos en el mes de mayo de 2024. Se redactó una encuesta con quince preguntas, las cuales se enfocaron en identificar los problemas causados por altas temperaturas en los apiarios, dicha encuesta fue elaborada usando la plataforma Formularios de Google y distribuida mediante la red social Whatsapp. Se obtuvieron respuestas de 28 apicultores de los estados de Durango, Coahuila y Chihuahua, los cuales el 50% de los apicultores refiere haber tenido problemas en su apiario debido al calor intenso. Las altas temperaturas presentadas en la región son consideradas un problema para la actividad apícola, afectando la alimentación natural en el campo y la disponibilidad de agua.

**Palabras clave:** Abeja, alimentación, altas temperaturas, ambiente, encuesta, Whatsapp.

### ABSTRACT

In Mexico, beekeeping has great socioeconomic and ecological importance, it is considered one of the main livestock activities, in addition to being essential for the balance of the environment due to its collaboration in pollination, however, in recent years there has been a "heat wave", among other factors, high temperatures can affect honey bees reducing their longevity, production and in extreme cases causing death. Therefore, the objective of this research was to identify the main problems that occurred in the month of May 2024. A survey with fifteen questions was written, which focused on identifying the problems caused by high temperatures in apiaries. Said survey was prepared using the Google Forms platform and distributed through the social network Whatsapp. Responses were obtained from 28 beekeepers from the states of Durango, Coahuila and Chihuahua, of which 50% of the beekeepers reported having had problems in their apiary due to intense heat. The high temperatures in the region are considered a problem for beekeeping, affecting natural food in the field and the availability of water.

**Key words:** Bee, environment, food, high temperatures, survey, Whatsapp.

### INTRODUCCION

En México, la apicultura tiene una gran importancia socioeconómica y ecológica, es considerada como una de las principales actividades pecuarias generadora de divisas (SIAVI, 2024). Generalmente, esta actividad se asocia únicamente con la producción de miel, polen, jalea real y propóleo; sin embargo, las abejas también son fundamentales para el equilibrio del medio ambiente debido a su colaboración en la polinización (Zavala-Beltrán et al., 2021). Sin embargo, en los últimos años, el cambio climático altera

el comportamiento y fisiología de las abejas, si bien éstas son capaces de adaptarse para sobrellevar las condiciones ambientales, la presión del ambiente que hoy en día se presenta es mayor a su capacidad adaptativa.

En este sentido, a nivel mundial, el cambio climático significa el mayor reto para la humanidad en el siglo XXI, el calentamiento global ha incrementado la temperatura global en 1 °C con respecto al inicio de la era industrial, esto debido a las emisiones de gases efecto invernadero (GEI), los cuales provocan efectos negativos ambientales, económicos y sociales (Castellanos-Potenciano et al., 2016).

En México, en mayo del presente año se presentó un fenómeno meteorológico denominado Onda de calor, el cual, de acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial, es el calentamiento importante del aire o invasión de aire muy caliente, sobre una zona extensa, en las que las ondas de calor duran algunos días e incluso, hasta semanas. En México se presentan de marzo a julio principalmente en los estados del norte y sureste (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2018; National Geographic, 2024).

El fenómeno meteorológico mencionado puede tener un impacto en la apicultura, esto considerando que de acuerdo a Hernández y Castellanos (2020) la actividad de vuelo de *Apis mellifera* tiene una respuesta lineal positiva con la temperatura ambiental desde los 14 hasta los 22 °C y por encima de 22 °C, el pecoreo va disminuyendo hasta detenerse a los 35 °C. La postura de huevos de la abeja reina de esta especie inicia a los 24 °C y alrededor de los 33 °C llega a su máxima capacidad, disminuyendo posteriormente.

Dentro de la colmena la temperatura adecuada para el desarrollo de las larvas es de 32 a 36 °C, cuando se presentan altas temperaturas las abejas buscarán disminuir la temperatura, empleando sus alas para la ventilación y en algunos casos buscarán desplazarse a regiones con una temperatura más favorable (Hernández y Castellanos, 2020). Otros efectos de las altas temperaturas (>40°C) que se pueden presentar en abejas adultas, son una reducción de su longevidad y en el tamaño de su cuerpo; además pueden morir la mitad de los zánganos a una temperatura de 45°C por varias horas, mientras en la colmena, la cera y la miel se derriten y las abejas mueren (Pastor et al., 2023).

Debido a lo citado anteriormente, se realizó una encuesta a apicultores del norte de México, con el objetivo de identificar los principales problemas ocurridos en el mes de mayo de 2024.

## MATERIALES Y METODOS

Se redactó una encuesta con quince preguntas, las cuales se enfocaron en identificar los problemas causados por altas temperaturas en los apiarios, la cual fue distribuida mediante la red social Whatsapp, iniciando su distribución en la Cd. de Torreón (municipio perteneciente a la región denominada Comarca Lagunera), pero debido a la colaboración de algunos apicultores, la encuesta fue reenviada por técnicos y apicultores llegando a otras regiones (fuera de la Comarca Lagunera) de los estados de Coahuila, Durango y al estado de Chihuahua.

La encuesta fue elaborada usando la plataforma Formularios de Google, la cual está disponible sin costo en internet y de manera prediseñada va guardando las respuestas en orden cronológico de acuerdo a la fecha en que las recibe, en este caso, al momento que cada apicultor contestó.

La distribución de la encuesta inició el día 23 de mayo y fue cerrada 16 días después, esto debido a que ya no se recibieron respuestas posteriores al día 7 de junio. Para la encuesta, las preguntas fueron redactadas en un lenguaje sencillo con la intención que las personas al leerlas en su celular fueran capaces de responder sin duda, y fueron las siguientes preguntas:

1. Nombre del apicultor:
2. Dirección donde tiene su apiario (ejido, municipio y estado):
3. Número de apiarios y número de colmenas por apiario:
4. Durante el mes de mayo, ¿Ha tenido problemas en el apiario debido al calor intenso?
5. Si contesto que sí, díganos qué tipo de problema:
6. ¿En este momento, cerca de su apiario hay alguna floración?
7. ¿Está dando algún tipo de alimento o jarabe?, ¿Cuál y con qué frecuencia?

8. ¿Tiene alguna fuente de agua en su apiario, como botes o tinacos para que las abejas tomen agua?
9. ¿Cada cuándo va a revisar su apiario?
10. ¿Cómo considera la salud de sus abejas en este momento?
11. ¿Cuáles son las plagas y enfermedades que ha observado con mayor frecuencia?
12. En caso positivo, ¿Qué aplica para su control?
13. ¿Ha tenido problemas de abandono de colmenas?
14. En caso positivo, ¿A qué factor le atribuye el problema?
15. ¿Tiene algún comentario extra?

El software Formulario genera un archivo en hoja de cálculo y también ofrece graficas de algunas preguntas que fueron configuradas en opción múltiple, se complementó el procesamiento de la información en Microsoft Excel 2016, para lo cual se analizaron las respuestas, agrupando algunas respuestas comunes.

## RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo al registro meteorológico de la página especializada en climatología AccuWeather (2024), durante el mes de mayo (Figura 1) se registró una temperatura máxima promedio de 41.1°C en la ciudad de Torreón, Coahuila, ciudad ubicada en la convergencia de los estados de Coahuila, Durango y Chihuahua.

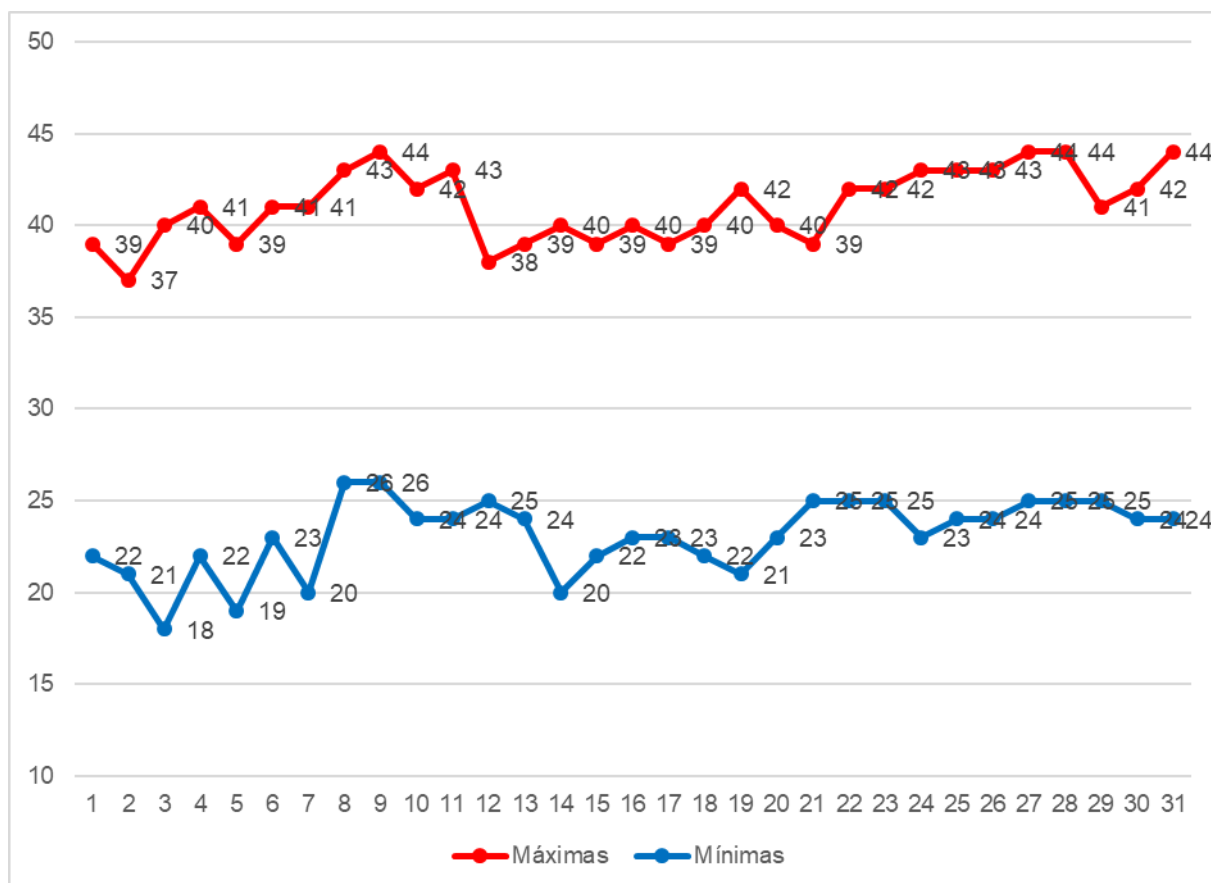


Figura 1. Temperaturas máximas y mínimas durante el mes de mayo de 2024 en Torreón, Coahuila (en °C)

Se descartaron algunas preguntas, por considerar irrelevante sobre el objetivo del trabajo (preguntas 1, 3, 9, 11 y 12) dejando las preguntas que tienen relación directa en el efecto del calor sobre la colmena, siendo las siguientes:

La pregunta 2: Dirección donde tiene su apiario (ejido, municipio y estado): Se aprecia la ubicación de cada productor, siendo la siguiente. Del estado de Durango 16, de Coahuila 10 y de Chihuahua 2, todos en condiciones climáticas del semiárido mexicano.

En la pregunta 4, se inquiriere: Durante el mes de mayo ¿Ha tenido problemas en el apiario debido al calor intenso? El 50% de los apicultores dijo que si y el 50% dijo que no. Aquí no se pudo constatar el estado de cada apiario, debido a que la encuesta fue vía remota.

Dando continuidad a la pregunta anterior, la pregunta 5 indaga: Si contesto que sí, díganos qué tipo de problema: El 65 % de los apicultores (18 respuestas) que respondieron hacen referencia que la afectación del calor se ve reflejado en la escasez o falta de alimento en el campo y agua, con respecto en la colonia se ve afectada la cera y el desarrollo de las abejas. Por otro lado, el 29 % de las respuestas le atribuye al calor como un problema de muerte de las abejas.

Sobre el calor excesivo Zhao et al. (2021) mencionan que el estrés por calor puede afectar el crecimiento y desarrollo de las abejas, provocando malformaciones en partes del cuerpo como la procis, el agujón, las alas y las patas; puede alterar la fisiología relacionada con las tareas en las abejas, afectando su capacidad para realizar funciones esenciales dentro de la colonia; así mismo las altas temperaturas pueden afectar negativamente la actividad de búsqueda de alimento de las abejas, lo que lleva a una disminución de la recolección de polen y de las actividades de búsqueda de alimento; además el estrés por calor puede reducir la eficiencia de los servicios de polinización proporcionados por las abejas, afectando la reproducción de las plantas y la salud del ecosistema.

Las respuestas de la pregunta 6 mostro cierta contradicción con las respuestas mostradas en la pregunta 5: ¿En este momento cerca de su apiario hay alguna floración? 57% dice que si tiene cerca alguna floración (16 apicultores, por lo que 6 apicultores que anteriormente expresaron la escasez de alimento, aquí dicen que no), en contraste 43% dijo que no, lo que concuerda con las respuestas de la pregunta anterior.

En el mes de mayo la floración nativa fue escasa debido a que no hubo lluvias de acuerdo con el sitio Weatherspark (2024), lo que puede indicar que la floración que mencionan los apicultores fue de algún cultivo de forraje o frutal de la región, lo que favorece la nutrición del apiario, sin embargo, al mismo tiempo pone en riesgo a las abejas, ya que los cultivos comerciales al ser invadidos por alguna patología pueden ser manejados con productos químicos tóxicos para las abejas, como sucedió en el estado de Campeche en 2023, con la muerte de 300,000 abejas (Milenio, 2023).

En la pregunta 7: ¿Está dando algún tipo de alimento o jarabe? ¿cuál y con qué frecuencia? 53% están dando alimentación, principalmente jarabe de azúcar, lo que muestra que es el principal suplemento en la apicultura de la región. Lo anterior concuerda con lo reportado por Pastor y Alcalá (2024), sin embargo, el jarabe no cubre todas las necesidades nutritivas de las abejas, ya que al suplementar solo con jarabe de azúcar, las colonias pueden perder peso; por lo que es necesario buscar opciones de alimentos que permitan ofrecer una mejor calidad y cantidad de nutrientes, lo que favorecería la postura de la reina, incrementaría el área de cría operculada, el número de abejas adultas, disminuiría la pérdida de peso de las colonias y beneficiaría los procesos de producción.

Ante las altas temperaturas es importante ofrecer agua al apiario. Pregunta 8. ¿Tiene alguna fuente de agua en su apiario, como botes o tinacos para que las abejas tomen agua? 89% dice que si tiene alguna fuente de agua para el apiario. Sobre la necesidad de agua Moreano y Tovar (2020) mencionan que, si falta agua en el organismo de la abeja, este intenta recuperarla de donde sea. Primero utilizará los tejidos que tienen más agua: la hemolinfa (sangre), que se espesará.

Esto mueve a su vez agua de los tejidos a la sangre. Los organismos vivos tienen prioridades, por lo que el flujo interno de agua se desvía hacia los órganos más importantes: el tejido nervioso y el respiratorio, sacándola de otros menos importantes: los músculos o los intestinos, si este proceso sigue, la hemolinfa se vuelve tan espesa que el corazón ha de hacer

más esfuerzo para bombearla, y circula mal por los capilares, lo que genera más calor, lo que consume más agua para regular la temperatura.

Con la hipótesis inicial al momento de redactar la encuesta sobre efectos indeseables en las abejas, se realizó la pregunta 10. ¿Cómo considera la salud de sus abejas en este momento? Buena salud 53% (13 apicultores), mientras que regular 47% (15 apicultores). Zhao et al. (2021) mencionan que el estrés por calor puede reducir la inmunocompetencia de las abejas, haciéndolas más vulnerables a infecciones y enfermedades, situación que no se pudo verificar en esta encuesta vía remota.

En la pregunta 13. ¿Ha tenido problemas de abandono de colmenas? 57% dijo que si (16 apicultores), esto es un porcentaje alto que tiene problemas de abandono, problema que puede ser agudizado por la onda de calor (Figura 2). Crozier (2019) indica que las buenas prácticas del manejo zootécnico como son las condiciones óptimas de ubicación e infraestructura del apiario, tienden a disminuir los efectos ocasionados por las altas temperaturas; además, proveer agua limpia y alimento de calidad ante la falta de néctar o polen, favorece la producción, disminuyendo el posible abandono de la colmena.

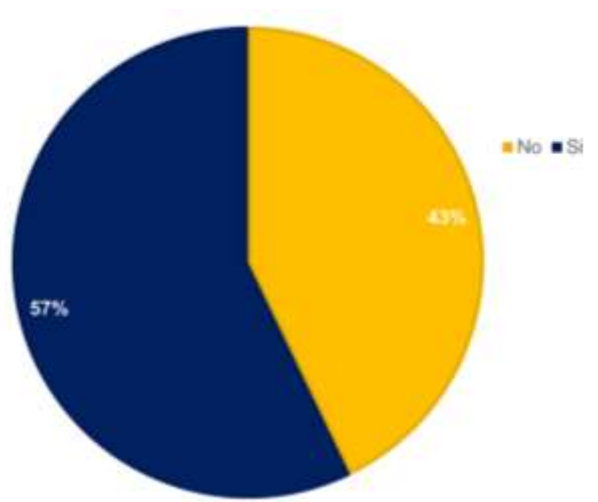


Figura 2. ¿Ha tenido problemas de abandono de colmenas?

La continuación o posible explicación, se pide en la pregunta 14. En caso positivo ¿A qué factor le atribuye el problema? 56 % de los apicultores mencionan falta de floración y sequía (no hubo lluvias en el mes de mayo, lo que se menciona en la discusión de la respuesta a la pregunta 6), 38% debido a cuestiones de manejo y enjambrazón y el resto debido a plaguicidas; como se aprecia la primera respuesta está ligada al clima.

Ya, por último, la pregunta 15, dice: ¿Tiene algún comentario extra? 3 apicultores mencionan que requieren apoyo para alimentar por la falta de floración, 3 mencionan que sus problemas se deben al calor o al cambio climático y un apicultor da algunas propuestas para mejorar: “Que los propietarios de tierras formen cortinas rompe vientos con árboles que requieran poca agua especialmente mezquites, eucaliptos, pinabetes y pirules para de alguna manera favorecer el clima y de manera local aportar un grano de arena para invertir el cambio climático ya que estos propietarios en su mayoría son los estableros, dueños de todas las tierras de la Laguna. Y de paso proponer una ley para esta acción de reforestación de plantas nativas, ya que los cultivos intensivos afectan directamente el clima y contribuyen al cambio climático”.

Lo anterior concuerda con lo mencionado por el programa municipal de Torreón “Planta y cuida”, el cual recomienda especies como mezquite, lágrima de san pedro, pingüico, tabachín, fresno y mazahua, los cuales se adaptan a las temperaturas frías y cálidas de la región (El Sol de La Laguna, 2022).

## CONCLUSIONES

El 50 % de los apicultores encuestados declaran haber tenido problemas en el mes de mayo, lo que principalmente se debió a las altas temperaturas que en promedio fue de 41°C, temperatura que es perjudicial a las abejas, provocando alteraciones nutricionales, por la falta de alimento, anatómicas, reproductivas y productivas; por todos esos efectos adversos es necesario que los apicultores estén informados sobre algunas acciones para disminuir y paliar las altas temperaturas, por lo que se sugiere profundizar en el tema para una caracterización más precisa del sistema de producción apícola y su manejo.

## REFERENCIAS

- AccuWeather (2024). Registro mensual: mayo de 2024. <https://www.accuweather.com/es/mx/torre%C3%B3n/242475/may-weather/242475?year=2024>. Consultado el 02 de julio de 2024.
- Castellanos-Potenciano, B. P., Gallardo-López, F., Sol-Sánchez, Á., Landeros-Sánchez, C., Díaz-Padilla, G., Sierra-Figueroa, P., & Santibáñez-Galarza, J. L. (2016). Impacto potencial del cambio climático en la apicultura. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y cambio climático*, 2(1), 1-19.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (2018). Cuídate de la onda de calor <https://www.gob.mx/cenapred/es/articulos/cuidate-de-las-ondas-de-calor>. Consultado el 02 de julio de 2024.
- Crozier, J.O. (2019). Manual Técnico de Apicultura. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Tegucigalpa, Honduras, C. A. Consultado el 02 de julio de 2024.
- Hernández Carlos, A., & Castellanos, I. (2020). Efecto del tamaño interno de la colmena en la producción de cría, miel y polen en colonias de *Apis mellifera* en el altiplano central de México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(3), 757-770.
- National Geographic (2024). Lo peor no ha pasado: México acaba de adentrarse en una nueva onda de calor este 2024. <https://www.ngenespanol.com/el-mundo/onda-de-calor-mexico-vivira-cinco-eventos-extremos-en-2024/>. Consultado el 02 de julio de 2024.
- Milenio (2023). Aprueban en Comisión dictamen para sancionar ecocidio de 300 mil abejas en Campeche. <https://www.milenio.com/politica/aprueban-dictamen-sancionar-ecocidio-abejas-campeche>. Consultado el 12 de julio de 2024.
- Moreano Urresty, A. G., & Tovar Bastidas, M. A. (2020). GreenHive-Sistema térmico y ambiental para colmenas en apiarios de San Juan de Pasto, Nariño. Informe final de Trabajo de Grado. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/7269>
- Pastor-López, F. J., y Alcalá-Escamilla, K. I. (2024). Tortas alimenticias para abejas (*Apis mellifera* L.) como opción para alimentar en épocas críticas. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 16(1), e1043.
- Pastor L.F.J.; Vargas V.A.; Alcalá E.K.I.; Franco G.I. (2023). Desplegable Informativa Núm. 9: Recomendaciones para aminorar el estrés calórico en los apiarios de la Comarca Lagunera. INIFAP- Campo Experimental La Laguna.
- SIAVI. Sistema de Información Comercial Vía Internet. <http://www.economia-snci.gob.mx/>. Consultado el 15 de julio de 2024.
- Zavala-Beltrán, J. I., López-Santiago, M. A., Valdivia-Alcalá, R., & Montiel-Batalla, B. M. (2021). Análisis de la rentabilidad apícola por estratos en Aguascalientes, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 12(2), 453-468.
- Zhao, H., Li, G., Guo, D., Li, H., Liu, Q., Xu, B., & Guo, X. (2021). Response mechanisms to heat stress in bees. *Apidologie*, 52, 388-399.

Weatherspark (2024). Datos históricos meteorológicos de mayo de 2024 en Torreón México. <https://es.weatherspark.com/h/m/3986/2024/5/Tiempo-hist%C3%B3rico-en-mayo-de-2024-en-Torre%C3%B3n-M%C3%A9xico#Figures-ObservedWeather>. Consultado el 15 de julio de 2024.



## LA ADICION DE LA PULPA DE CAFÉ MEJORA CALIDAD DE LA LECHE EN CABRAS BAJO CONDICIONES DE PASTOREO

García O. A. <sup>1\*</sup>, Calderón-L. M. G. <sup>2</sup>, Alvarado-E. A. S. <sup>2</sup>, Gaytán-A. L. R. <sup>2</sup>, Arellano-R. F., Meza-H. C. A. <sup>3</sup>, Veliz-D. F. G. <sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Médico Veterinarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

<sup>2</sup>Departamento de Producción Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

<sup>3</sup>Unidad Regional de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo.

\*Autor para correspondencia: [angelgarciao@hotmail.com](mailto:angelgarciao@hotmail.com)

### RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de la adición de la pulpa de café (Pcaf) para mejorar la calidad de la leche de cabras bajo condiciones de pastoreo. Se utilizaron 18 cabras multirraciales que se encontraban al final de su pico de lactancia ( $100 \pm \text{DEL}$ ), con un peso vivo ( $\text{PV} = 46.0 \pm 1.7 \text{ kg}$ ) y una condición corporal ( $\text{CC} = 2.3 \pm 0.1$ , unidades). Las cabras fueron seleccionadas bajo un diseño completamente al azar y asignadas a uno de dos tratamientos; 1) suplementadas con 150 g de concentrado comercial más 150 g de pulpa de café (Pcaf;  $n = 9$ ), y 2) suplementadas con 100 g de concentrado comercial (GC;  $n = 9$ ). Las cabras fueron suplementadas por 21 días. El porcentaje de proteína fue mayor ( $3.2 \pm 0.1$  vs  $2.9 \pm 0.1$ ;  $P < 0.05$ ) en el grupo Pcaf comparado con el grupo control, respectivamente. Mientras que los SNG fueron mayores ( $8.2 \pm 0.1$  vs  $7.7 \pm 0.2$ ;  $P < 0.05$ ) en el Pcaf comparado con el control, respectivamente. La producción de leche no difirió entre grupos ( $1.0 \pm 0.3$  vs  $1.2 \pm 0.3$ ;  $P > 0.05$ ). Los resultados del presente estudio demuestran que suplementación con Pcaf mejora el porcentaje de grasa y ST en la leche de cabras multirraciales bajo condiciones de pastoreo. En conclusión, la pulpa de café podría ser una alternativa viable para mejorar la calidad de la leche en cabras en pastoreo.

**Palabras clave:** Cabras, Grasa, Proteína, sólidos no grasos, pastoreo.

### ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of coffee pulp (CFP) supplementation to improve goat milk quality under grazing conditions. Eighteen multibreed goats were used that were at the end of their lactation peak ( $100 \pm \text{DEL}$ ), with a live weight ( $\text{LW} = 46.0 \pm 1.7 \text{ kg}$ ) and a body condition score ( $\text{CC} = 2.3 \pm 0.1$ , units). The goats were selected under a completely random design and assigned to one of two treatments; 1) supplemented with 150 g of commercial concentrate plus 150 g of coffee pulp (CFP;  $n = 9$ ), and 2) supplemented with 100 g of commercial concentrate (GC;  $n = 9$ ). The goats were supplemented for 21 days. Protein percentage was higher ( $3.2 \pm 0.1$  vs  $2.9 \pm 0.1$ ;  $P < 0.05$ ) in Pcaf group compared to control group, respectively. Whereas, SNG were higher ( $8.2 \pm 0.1$  vs  $7.7 \pm 0.2$ ;  $P < 0.05$ ) in Pcaf compared to control, respectively. Milk yield did not differ between groups ( $1.0 \pm 0.3$  vs  $1.2 \pm 0.3$ ;  $P > 0.05$ ). The results of the present study demonstrate that Pcaf supplementation improves fat percentage and ST in milk of multibreed goats under grazing conditions. In conclusion, coffee pulp could be a viable alternative to improve milk quality in grazing goats.

**Key words:** Goats, Fat, Protein, Non-fat solids, Grazing

### INTRODUCCION

Según SIAP (2020), existe una población caprina nacional aproximada de 8, 791,894, de la cual se obtienen 163,648 miles de litros de leche y 40,001 toneladas de carne a nivel nacional. En la región Lagunera se estima una producción aproximada de 2,280 toneladas de carne y de 57,622 miles de litros de leche, respectivamente.

En México la caprinocultura se centra en el ámbito familiar en un entorno rural, el cual esta caracterizada en su mayoría por un número reducido de animales en la unidad de producción, así como, instalaciones precarias, baja calidad genética, y sin asistencia técnica, la mayoría de estas producciones pertenecen a productores de escasos recursos, y además la mayoría de estos productores caprinos dependen del pastoreo en tierras comunales donde la vegetación es escasa y las condiciones del agostadero son deficientes, teniendo poca productividad y contribuyendo de manera considerable al sustento de los agricultores, por lo cual las familias emplean sus propios recursos y conocimientos para incrementar la productividad (Vázquez et al., 2017; Silva et al., 2019)

En los sistemas de producción de cabras de las zonas áridas de México, el éxito depende del logro de un rendimiento reproductivo moderado, una producción láctea restringida. En estos sistemas de producción el pastoreo es el único método de cría de cabras; por lo tanto la productividad de las cabras se ve limitada por el escaso consumo de alimento y la reducción del contenido de nutrientes de los forrajes durante la estación seca, debido a lo mencionado anteriormente, las cabras cumplen sus requerimientos nutricionales principalmente por el consumo de la vegetación disponible; sin embargo, gran parte del año los forrajes no cuentan con los nutrientes suficientes para cubrir dichos requerimientos y sólo en los meses de verano los animales consumen los nutrientes necesarios para poder cubrir o exceder sus requerimientos (Mellado *et al.*, 2020).

### MATERIALES Y MÉTODOS

Todos los métodos y manejo de las unidades experimentales utilizadas en este estudio fueron en estricto acuerdo con los lineamientos para el uso ético, cuidado y bienestar de animales en investigación a nivel internacional (FASS, 2010) y nivel nacional (NAM, 2002).

#### Localización del área de estudio

El experimento se realizó en Cd. Juárez, Mpio de Lerdo, Durango que se encuentra localizada en las coordenadas geográficas 25°29'43"N y 103°35'42"O. El área de estudio se encuentra a una altitud 1155 msnm, con una precipitación media anual de 230 mm y con temperatura promedio de 24 °C, máxima de 41 °C en mayo y junio, y mínima de -1 °C en diciembre y enero (CONAGUA, 2015). El estudio se realizó en los meses de septiembre y octubre, correspondiente a la época reproductiva.

#### Manejo de animales

Se utilizaron 20 cabras multirraciales, las cuales, se encontraban en producción lechera, y fueron divididas en 2 grupos (n=10 c/u) con un peso vivo (52.6±2.0 kg) y una condición corporal de 2.3 ± 0.3, unidades (escala de 1 al 5), estas cabras fueron pastoreadas de 10:00 am a 18:00 pm primeramente en los pastizales, y ocasionalmente en residuos de cultivos como maíz, sorgo y algodón, y demás estas cabras fueron llevadas a diferentes sitios de pastoreo cada día, caminando aproximadamente 5 km diarios.

#### Tratamiento de las hembras

Las cabras se asignaron bajo un diseño completamente al azar a dos tratamientos dietarios: 1) cabras suplementadas con 150g de concentrado comercial + 150g de pulpa de Café (PCaf) o cabras cabras suplementadas con 150g de concentrado comercial (Control), las cuales fueron suplementadas durante 21 días, la cual fue ofrecida diariamente de manera individual (8:00 am) durante todo el periodo experimental previo al pastoreo.

## Variables evaluadas

### Composición de la leche

La determinación de la composición de la leche se realizó previo (0 d) al tratamiento, 7, 14 y 21 d, para lo cual, fueron colectadas muestras de leche (aprox. 20 mL) y posteriormente analizadas en un analizador de leche (Milk Scan). Además, se determinó la producción de leche (kg) de cada grupo, para lo cual utilizó una báscula digital con capacidad de 40 kg con graduaciones de 1 g (Modelo DGIT-01, México). semidió la producción durante dos días seguidos.

### Análisis estadístico

Las medias para producción y calidad de la leche fueron analizadas mediante un ANOVA usando el procedimiento Modelo Lineal General (GLM). Todos los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS V9.1 (SAS, 2005). Las diferencias fueron consideradas significativas a un valor de  $P \leq 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1. Se muestran las medias ( $\pm$ em) para peso vivo, condición corporal, y calidad de leche. El porcentaje de grasa y sólidos no grasos fueron mayores en el grupo adicionado con pulpa de café ( $P > 0.05$ ).

**Cuadro 1.** Medias ( $\pm$ em) para parámetros productivos de cabras multirraciales de adicionadas con pulpa de café tratados durante por 28d (Pcaf), o no adicionadas (Control) bajo condiciones de pastoreo (26° LN).

Variables	Pcaf	Control
Peso vivo(kg)	45.5 $\pm$ 1.4 <sup>a</sup>	46.5 $\pm$ 1.6 <sup>a</sup>
Condición corporal (1-5)	2.3 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	2.4 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>
Producción de leche (kg)	1.011 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	1.1630.1 <sup>a</sup>
Proteína (%)	3.1 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>	2.9 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>
Grasa (%)	7.3 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	7.6 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>
Lactosa (%)	4.4 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	4.4 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>
SNG (%)	8.1 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>	7.5 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>
ST(%)	15.4 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	15.5 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> Superíndices desiguales entre columnas indican diferencia estadística a  $P \leq 0.05$ .

El peso vivo y la condición corporal de las cabras adicionadas con pulpa de café en nuestro estudio no se vio afectado por el tratamiento. Lo anterior, esta de acuerdo con resultados similares a los reportados por Carta *et al.* (2022) que demuestran que las cabras suplementadas con granos de café molido no mostraron un efecto positivo sobre el PV. En contraste, resultados observados en ovinos y bovinos, cuando son alimentados con una mezcla de pulpa de café se logra un mayor peso vivo (Noriega *et al.*, 2009). Es probable que estos resultados en cuanto al peso vivo y condición corporal se deban en gran medida al a la cantidad (150 g) y al tiempo que se ofreció a los animales en nuestros animales (21 d). Lo que está de acuerdo con resultados encontrados por Noriega *et al.* (2008). que demuestran que la suplementación con pulpa de café durante un periodo de 50 días demostró que el 15% de inclusión de pulpa de café no afectó el desarrollo de los corderos. Con respecto a la producción de leche nuestros resultados son similares a los reportados por Carta *et al.* (2022) en cabras suplementadas con residuos de café molido gastado que no afecto la producción de leche. Nuestros resultados en cuanto al porcentaje de grasa,

lactosa no se vieron afectados en nuestro grupo adicionado con pulpa de café. Además, la suplementación con granos de café molido gastado no influyó en el contenido de grasa y lactosa de la leche. Sin embargo, nuestros resultados demuestran un efecto positivo en cuanto al porcentaje de proteína ( $3.1 \pm 0.1$  vs  $2.9 \pm 0.1$ ;  $P < 0.05$ ) y sólidos no grasos ( $8.1 \pm 0.2^b$  vs  $7.5 \pm 0.3$ ;  $P < 0.05$ ) en las cabras adicionadas con pulpa de café. Estos resultados son contrarios a los encontrados en cabras suplementadas con granos de café gastado que no se vieron afectados el porcentaje de proteína (Carta *et al.*, 2022).

Debido a los resultados encontrados en nuestro estudio, se sugiere adicionar un mayor porcentaje de pulpa de café, así como un mayor tiempo de adición, además es necesario estudiar otros parámetros tanto de la calidad de la leche, como metabolitos sanguíneos en las cabras alimentadas con pulpa de café.

### CONCLUSIONES

La adición alimenticia de 100 g de concentrado comercial más 150 g de pulpa de café en la dieta tiene un efecto positivo en la calidad de la leche, lo que puede ser una alternativa viable para mejorar la calidad de la leche, sin disminuir la producción de la leche en cabras multirraciales bajo condiciones de pastoreo.

### REFERENCIAS

- Carta, S., Tsiplakou, E., Nicolussi, P., Pulina, G., & Nudda, A. (2022). Effects of spent coffee grounds on production traits, haematological parameters, and antioxidant activity of blood and milk in dairy goats. *Animal*, 16(4), 100501.
- Delgado, D. F. F., & Asensio, E. R. (2018). Uso del ensilaje de pulpa de café en alimentación animal. *Mundo Fesc*, 8(15), 73-82.
- FASS. 2010. Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Agricultural Research and Teaching, 3rd ed. Federation Animal Science Society, Savoy, IL, USA. ISBN: 978-956-14-2161-5.
- Mellado, M., Rodríguez, I. J., Alvarado-Espino, A., Véliz, F. G., Mellado, J., & García, J. E. (2020). Reproductive response to concentrate supplementation of mixed-breed goats on rangeland. *Tropical animal health and production*, 1-5.
- NAM. 2002. Guide for the Care and Use of Laboratory Animals. Co-produced by the National Academy of Medicine-Mexico and the Association for Assessment and Accreditation of Laboratory Animal Care International, 1st ed. Harlan Mexico, DF, Mexico. ISBN: 978-0-309-15400-0.
- Noriega Salazar, A., Silva Acuña, R., & García de Salcedo, M. (2009). Composición química de la pulpa de café a diferentes tiempos de ensilaje para su uso potencial en la alimentación animal. *Zootecnia Tropical*, 27(2), 135-141.
- Noriega Salazar, A., Silva Acuña, R., & García de Salcedo, M. (2008). Revisión: Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal. *Zootecnia tropical*, 26(4), 411-419.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Población ganadera. Información sobre el número de animales que se crían en el país con fines de producción [en línea]. En: SIAP. (20 de julio de 2020). <https://www.gob.mx/siap/documentos/poblacion-ganadera-136762>
- Silva-Jarquín, J. C., Andrade-Montemayor, H. M., Vera-Ávila, H. R., Durán-Aguilar, M., Román-Ponce, S. I., Landi, V., ... y BioGoat, C. (2019). Diversidad y estructura genética en cabras Criolla Negra en Querétaro, México. *Rev Mex Cienc Pecu*, 10 (4), 801-818.
- Vázquez, B. A. C., Valverde, B. R., Vargas, A. C., & Juárez, J. R. (Eds.). (2017). Globalización, seguridad alimentaria y ganadería familiar. Universidad Autónoma Chapingo.

## FERMENTACIÓN RUMINAL *in vitro* Y CONTEO DE POBLACIONES MICROBIANAS DE DIETAS PARA BOVINOS CON INCLUSIÓN DE ORÉGANO

Araiza P. K.<sup>1</sup>; Torres V.D.S.<sup>1</sup>; Murillo O.M.<sup>1</sup>; Gurrola R.J.N.<sup>2</sup>; Reveles S.F.O.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Carr. Dgo al Mezq. Km.11.5, México. <sup>2</sup>CIIDIR Durango, Instituto Politécnico Nacional, México.

[karii\\_araiza@hotmail.com](mailto:karii_araiza@hotmail.com)

### RESUMEN

La inclusión de aceites esenciales en la dieta de bovinos reduce metanogénesis ruminal. Sin embargo, presenta inconvenientes que limitan su uso. Debido a esto, se propone utilizar hojas y tallos de orégano (*Lippia graveolens*) que aseguren el aporte de aceites esenciales. El objetivo de esta investigación fue evaluar la adición de aceites esenciales de *Lippia graveolens* en dos relaciones forraje:concentrado sobre la producción de gas, metano y microorganismos ruminales. Se formularon 8 dietas para bovinos: 2 relaciones forraje:concentrado (F50:C50 y F60:C40) y 4 niveles de aceites esenciales (0, 0.5, 1 y 1.5%). Se realizó una fermentación ruminal *in vitro*, se midió la producción de gas, metano (CH<sub>4</sub>) y bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Se extrajo una muestra de ADN y se cuantificaron bacterias totales y metanógenos con una reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real (qPCR), para el conteo de bacterias celulolíticas y protozoarios se usó cultivo microbiológico convencional. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x4 con el procedimiento MIXED (SAS). La producción de gas, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y poblaciones microbianas mostraron interacción entre la relación forraje:concentrado y nivel de inclusión del aceite de orégano (p<0.05). El CH<sub>4</sub> se redujo conforme se incrementó el nivel de aceites esenciales y el conteo de microorganismos se redujo a partir del 1% de inclusión de aceite. Adicionar hojas y tallos de *Lippia graveolens* protege la integridad del aceite esencial y estimula la producción de gas. Se sugiere usar dosis bajas (<1%) para lograr el efecto antimetanogénico sin comprometer la microflora ruminal.

**Palabras clave:** aceites esenciales, bacterias totales, protozoarios, metanógenos, qPCR.

### ABSTRACT

The inclusion of essential oils in the diet of cattle reduce rumen methanogenesis. However, it has drawbacks that limit their use. Due to this, it is proposed to use oregano leaves and stems (*Lippia graveolens*) to ensure the integrity of essential oils. The aim of this research was to evaluate the addition of *Lippia graveolens* essential oils in two forage:concentrate ratio on the production of gas, methane and ruminal microorganisms. Eight diets for bovines were formulated: 2 forage:concentrate ratios (F50:C50 and F60:C40) and 4 levels of essential oils (0, 0.5, 1 and 1.5%). *In vitro* ruminal fermentation was carried out, total gas, methane (CH<sub>4</sub>) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) production were measured. A DNA sample was extracted, total bacteria and methanogens were quantified by real-time polymerase chain reaction (qPCR). Cellulolytic bacteria and protozoa were counted by conventional microbiological culture. A completely randomized design with a 2x4 factorial arrangement was used with the MIXED procedure (SAS). Gas, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> and microbial populations showed an interaction between the forage:concentrate ratio and oregano oil inclusion level (p<0.05). CH<sub>4</sub> was reduced as the level of essential oils increased and the microorganism count was reduced from 1% of oil inclusion. The addition of *Lippia graveolens* leaves and stems protects the integrity of the essential oil and stimulates gas production. It is suggested to use low doses (<1%) to achieve the antimethanogenic effect without compromising the ruminal microflora.

**Keywords:** essential oils, total bacteria, protozoans, methanogens, qPCR.

## INTRODUCCIÓN

Se estima que la ganadería, especialmente la de bovinos, es responsable de la liberación de alrededor de 125 millones de toneladas de metano al año, lo que representa aproximadamente el 33% de las emisiones mundiales de origen antropogénico (FAO, 2023). Reducir estas emisiones es necesario debido a que la metanogénesis representa una pérdida de energía para el rumiante y este gas es eliminado a la atmósfera por medio del eructo. La pérdida energética por producción de CH<sub>4</sub> puede llegar a representar hasta el 18% de la energía aportada por la dieta. Debido a esto, se han descrito diversas estrategias enfocadas a reducir la metanogénesis ruminal (Martínez-Muñoz *et al.*, 2022). La ruta metabólica que las arqueas metanogénicas utilizan para eliminar el exceso de iones H<sup>+</sup>, consiste en que las arqueas fijan H<sup>+</sup> al dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y liberan CH<sub>4</sub>. En la actualidad, la creciente demanda de alimentos de origen animal libres de sustancias químicas impone la necesidad de desarrollar alternativas naturales capaces de reducir la producción de CH<sub>4</sub>, por consiguiente, se propone el uso de forrajes no convencionales en la alimentación del ganado (Chagas *et al.*, 2019). Estas plantas son ricas en compuestos bioactivos con capacidad de modular la fermentación ruminal, entre estos destacan los aceites esenciales (Romero, 2024).

Diversos estudios reportan la capacidad antimetanogénica de los aceites esenciales, principalmente debido a la capacidad antimicrobiana ejercida sobre los metanógenos ruminales (Zhou *et al.*, 2020, Wang *et al.*, 2022). Sin embargo, la adición de aceites esenciales eleva los costos de alimentación y en su mayoría estos compuestos son volátiles en condiciones ambientales, por esto es necesario plantear alternativas para suministrarlos sin que se comprometan su actividad biológica (Bautista-Hernández *et al.*, 2021). Una estrategia prometedora es la incorporación de hojas y tallos de orégano (*Lippia graveolens*) como aditivo a la dieta de bovinos. El orégano es una planta con altas concentraciones de aceites esenciales, que proveen propiedades antimicrobianas y antimetanogénicas (Zhou *et al.*, 2020; Benchaar *et al.*, 2020). El objetivo de la presente investigación es evaluar en estudios *in vitro* la adición de aceites esenciales de *Lippia graveolens* en dos raciones con diferente relación forraje:concentrado, sobre la producción de gas, metano y cuantificación de microorganismos ruminales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (Durango, Méx.) y en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango del Instituto Politécnico Nacional (Durango, Méx.). Se colectaron plantas al azar de orégano (*Lippia graveolens*) en la comunidad de Paura (Mezquital, Durango). Se cortaron manualmente hojas y tallos (diámetro <3mm) y se secaron a 55°C durante 24 horas y se molieron a un tamaño de partícula de 1 mm. Para determinar el contenido de aceites esenciales se realizó una destilación por arrastre de vapor (Prado *et al.*, 2015), y se cuantificó el contenido en un kilogramo de material (base húmeda), se determinó que cada kilogramo aporta 18.8 ml de aceite con densidad de 0.88 g/ml.

Se formularon ocho dietas experimentales: se evaluaron dos relaciones forraje: concentrado (F50: C50 y F60:C40) se utilizó heno de alfalfa como fuente de forraje y maíz molido, harinolina y minerales como concentrado, y se adicionaron cuatro niveles de aceite de orégano (0%,

0.5%, 1%, 1.5%). El aceite de orégano se adicionó conforme a su equivalencia de hojas y tallos. A los ingredientes y dietas experimentales se les determinó la composición química y nutricional (AOAC, 2010; ANKOM, 2020), el contenido de compuestos fenólicos totales (CFT) y taninos condensados (TC) (Makkar *et al.*, 1993 y Porter *et al.*, 1985). La formulación y la composición química de las dietas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Formulación y composición nutricional de las dietas experimentales.

Dietas experimentales								
Relación (R)								
Ingredientes (%)	F50:C50				F60:C40			
	Nivel de inclusión de aceite (N)							
	0%	0.5%	1%	1.5%	0%	0.5%	1%	1.5%
Heno de alfalfa	50	50	50	50	60	60	60	60
Maíz molido	35	35	35	35	25	25	25	25
Harinolina	14	14	14	14	14	14	14	14
Minerales	1	1	1	1	1	1	1	1
Aceite de orégano	0	0.5	1	1.5	0	0.5	1	1.5
Composición química								
MS	88.2	90.4	88.8	89.1	85.3	78.5	80.8	82.3
MO	90.4	90.7	90.5	90.2	90.0	90.4	90.4	90.2
PC	14.0	14.1	14.3	14.4	13.6	13.7	13.8	14.0
EE	2.7	2.8	2.8	2.9	2.4	2.4	2.5	2.7
FDN	43.9	44.2	44.5	46.4	46.5	47.7	48.8	49.6
FDA	16.4	16.8	17.0	17.4	17.8	18.7	18.8	18.9
Lignina	5.8	6.0	6.1	6.3	7.0	7.3	7.9	8.4
CHOT	74.7	73.2	73.4	72.8	74.1	74.2	74.0	73.5
CNF	29.9	29.5	28.7	26.4	27.5	26.6	25.4	23.9
CFT	102.3	103.3	106.5	106.9	101.7	102.6	103.3	103.7
TC	0.40	0.40	0.40	0.40	0.43	0.50	0.56	0.63
EM	4.00	4.03	4.20	4.26	3.93	3.93	3.96	4.00

MS = Materia seca; MO = Materia orgánica; PC = Proteína cruda; EE = Extracto etéreo; FDN = Fibra detergente neutra; FDA = Fibra detergente ácida; DVIVMS = Digestibilidad verdadera *in vitro* de la materia seca; CHOT = Carbohidratos totales; CNF = Carbohidratos no fibrosos; CFT = Compuestos fenólicos totales; TC = Taninos condensados.

Se realizó una fermentación ruminal *in vitro* de 24 horas y para medir la producción de gas se utilizó un sistema semiautomático equipado con transductores de presión (ANKOM Technology, N.Y., USA). Las dietas se evaluaron por triplicado, 1 g de muestra se incubó con 120 ml de una mezcla de líquido ruminal y saliva artificial (proporción 1:2) (Theodorou *et al.*, 1994) y se incubó a baño maría a 39°C por 24 horas. El inóculo ruminal se obtuvo de 2 bovinos de raza Brangus fistulados del rumen, alimentados dos veces al día con heno de alfalfa, maíz molido, harinolina y minerales en relaciones 50:50 y 60:40 en las proporciones descritas en la Tabla 1. Después de 24 horas de incubación se registró la producción de gas acumulada y se utilizó un analizador de gas portátil (GEM5000, LANDTECH, USA) para determinar la composición del gas y la proporción de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>.

Para el análisis de las poblaciones microbianas se tomó una muestra de la fermentación *in vitro* y se realizó una extracción de ADN (Rojas *et al.*, 2008). La cuantificación de bacterias totales y metanógenos se realizó mediante la reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real (qPCR). Se usaron cebadores específicos, para bacterias totales se utilizó el gen 16S (McSweeney *et al.*, 2007) y para metanógenos el gen mrcA (metil coenzima-M reductasa) (Denman *et al.* (2007). Las condiciones de amplificación utilizadas fueron las reportadas por Angarita *et al.*, (2015). Para bacterias celulolíticas se realizó un cultivo en caja de Petri con

medio de cultivo sólido (Londoño-Zapata *et al.*, 2011) y para protozoarios el conteo se realizó en cámara Neubauer (Abdelrahman *et al.*, 2018). Los datos obtenidos se sometieron a un análisis estadístico para un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 2x4 (Relación x Nivel) mediante el procedimiento MIXED de SAS (2003).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de gas ( $PG_{24h}$ ), metano ( $CH_4$ ) y dióxido de carbono ( $CO_2$ ) se muestran en la Tabla 2. La variable  $PG_{24h}$  mostró interacción entre la relación forraje:concentrado y nivel de orégano (RxN) ( $p < 0.05$ ). Las dietas con F50:C50 reportan una mayor producción de gas respecto a las dietas F60:C40. El incremento en la cantidad de gas producido se puede atribuir a que las dietas F50:C50 tiene menor cantidad de lignina, esto permite que los microorganismos inicien la fermentación de forma más eficiente debido a que hay menos barreras físicas que impidan el acceso a los nutrientes (Owens y Basalan, 2016). La  $PG_{24h}$  es indicador del contenido energético de la dieta, se relaciona con la actividad microbiana y disponibilidad de nutrientes en el alimento (McIntosh *et al.*, 2003).

Tabla 2. Producción de gas y metano *in vitro* de las dietas experimentales.

	Dietas experimentales											
	Relación (R)								p < value			
	F50:C50				F60:C40				R*	N**	RxN	EEM
	Nivel de inclusión de aceite (N)											
0%	0.5%	1%	1.5%	0%	0.5%	1%	1.5%					
$PG_{24h}^*$	100.0	101.2	108.2	106.1	98.2	98.0	81.2	84.3	<0.0001	0.1005	<0.0001	4.02
$CH_4^*$	12.4	11.4	10.2	10.8	11.7	11.6	8.8	8.1	<0.0001	0.0025	0.0008	0.60
$CO_2^*$	72.8	75.8	82.2	81.6	76.0	76.8	84.2	85.3	0.0044	0.0143	0.0042	3.73
$CO_2:CH_4$	5.9	6.6	7.8	7.5	6.5	6.6	9.6	10.1	<0.0001	<0.0001	0.0007	0.46

$PG_{24h}$  = Producción de gas acumulada, a las 24h de fermentación *in vitro*;  $CH_4$  = Producción de metano;  $CO_2$  = Producción de dióxido de carbono; Error estándar de la media.

La producción de  $CH_4$  mostró interacción entre la relación forraje:concentrado y el nivel de inclusión del orégano (RxN) ( $p < 0.05$ ). La cantidad de  $CH_4$  se redujo 30% en las dietas F60:F40 al incluir niveles altos de orégano (1% y 1.5%). Por el contrario, la producción de  $CO_2$  se incrementó 20% al aumentar el nivel aceite de orégano a 1% y 1.5%. Wang *et al.*, (2022) encontraron que la inclusión de aceite orégano aumenta la actividad fermentativa de los microorganismos y mejorar los patrones de fermentación ruminal. La reducción de  $CH_4$  y el incremento en la producción de  $CO_2$  sugiere que la adición de orégano promueve los mecanismos que dirigen los iones  $H^+$  hacia otros productos finales distintos al  $CH_4$  (Ungerfeld, 2020). La relación  $CO_2:CH_4$  mostró interacción entre relación forraje:concentrado y nivel de inclusión de orégano (RxN) ( $p < 0.05$ ), valores más altos indican que la velocidad de transformación de  $CO_2$  a  $CH_4$  se interrumpe y por tanto se puede asumir que la metanogénesis es inhibida en algún punto y el metano no se libera, o que los  $H^+$  se redirigen a otros sumideros, uno de los más importantes es hacia la producción de ácido propiónico (Murillo *et al.*, 2018).

El conteo de las poblaciones microbianas se muestra en la Tabla 3. La cantidad de bacterias totales (BT), metanógenos (MT), bacterias celulolíticas (BC) y protozoarios (P) muestran que existe interacción entre la relación forraje:concentrado y el nivel de inclusión del aceite de orégano (RxN) ( $p < 0.05$ ).



Tabla 3. Población microbiana ruminal de las dietas experimentales después la fermentación ruminal *in vitro*.

	Dietas experimentales											
	Relación (R)								p < value			
	F50:C50				F60:C40				R*	N**	RxN	EEM
	Nivel de inclusión de aceite (N)											
0%	0.5%	1%	1.5%	0%	0.5%	1%	1.5%					
BT <sup>1</sup>	6.7	6.6	6.2	6.2	6.8	6.7	6.0	5.9	0.1937	<0.0001	0.0388	0.13
MT <sup>1</sup>	4.7	4.3	3.9	3.8	4.7	4.3	3.2	3.2	0.0158	<0.0001	0.0077	0.27
MT:BT	0.69	0.65	0.62	0.61	0.68	0.64	0.53	0.54	0.0207	0.0010	0.2935	0.04
BC <sup>2</sup>	7.3	6.0	5.6	5.0	6.3	5.0	4.0	2.3	0.0065	0.0036	0.0021	1.24
P <sup>3</sup>	16.6	14.6	10.0	8.6	9.3	8.6	8.0	7.3	<0.0001	<0.0001	0.0043	1.41
Y <sub>ATP</sub> <sup>4</sup>	24.1	23.4	23.9	23.5	24.0	23.8	24.1	23.8	0.0025	<0.0001	0.0848	0.14

BT= Bacterias totales; MT= Metanógenos; MT:BT=Relación Metanógenos: Bacterias; BC=Bacterias celulolíticas, P= Protozoarios. <sup>1</sup> Log [ng ADN /g LR]; <sup>2</sup> ( $\times 10^6$  CFU/ mL LR); <sup>3</sup> ( $\times 10^4$  células/mL LR); <sup>4</sup>(g células microbianas/ mol ATP) LR = Líquido ruminal, UFC = Unidades formadoras de colonias. EEM= Error estándar de la media.

El conteo de BT y MT mostraron que la adición de aceite tiene un efecto negativo sobre estas poblaciones, la inclusión de aceites a niveles de 1 y 1.5% reducen de manera significativa la cantidad de bacterias y metanógenos. Estos resultado coinciden con los reportado por Zhou *et al.* (2020) quienes reportan un decrecimiento de las bacterias al adicionar dosis por encima 100 mg/Kg MS de aceite esencial de *Origanum vulgare*. Por su parte, Patra y Yu (2012) declara que las bacterias grampositivas tienden a ser más susceptibles al efecto de los aceites esenciales debido a que carecen de la membraba externa que protege a las bacterias gramnegativas. La cantidad de metanógenos disminuyó conforme se aumentó el nivel de aceite, estos resultado coinciden con los reportados por Zhou *et al.* (2020). Estos cambios en las poblaciones corroboran que la producción de CH<sub>4</sub> se relaciona con la abundancia de metanógenos y con la conformación de las poblaciones (Duarte *et al.*, 2017).

El recuento de BC y P muestran un tendencia negativa conforme se incrementa el nivel de aceite de orégano. García *et al.* (2019) explica que las bacterias celulolíticas parecen ser más sensibles al efecto de los aceites esenciales. Adicionalmente las dietas F50:C50 mostraron un incremento en bacterias celulolíticas y protozoarios respecto a las dietas F60:F40. El conteo de protozoarios fue distinto entre ambas relaciones forraje:concentrado, el mayor número de protozoarios se registró en las dietas F50:C50. Haro *et al.* (2022) atribuyen este comportamiento a que los protozoarios al ser degradadores de fibra y de carbohidratos como el almidón proliferan en dietas con mayor proporción de concentrados. En cuanto a la inclusión del aceite, se observó que a mayor nivel de aceite se reduce la cantidad de protozoarios. Este resultado difiere del reportado por Benchaar (2020) quien encontró que la inclusión de 50 mg/Kg MS de aceite esencial de orégano no modifica el conteo de protozoarios. Es importante destacar el papel simbiótico de los protozoarios con las arqueas metanogénicas, ya que son intermediarios en la síntesis de CH<sub>4</sub> (Dai *et al.*, 2022) y paralelamente albergan metanógenos en su membrana celular (hasta el 70% de los metanógenos totales) (Antonius *et al.*, 2023). El Y<sub>ATP</sub> no mostró interacción entre relación forraje: concentrado y nivel de aceite (RxN) (p >0.05). A partir del Y<sub>ATP</sub>, se puede estimar el rendimiento de materia orgánica y la síntesis de proteína microbiana (Owens y Basalan, 2016). Esta variable indica la cantidad de energía disponible para ser utilizada para crecimiento microbiano (Araiza *et al.*, 2023).

## CONCLUSIONES

La adición de aceite de orégano (*Lippia graveolens*) en forma de hojas y tallos es una alternativa viable para ser utilizado en la nutrición de rumiantes, ya que permite proteger la integridad del aceite esencial y mejora la fermentación ruminal al estimular la producción de gas. La adición de aceites esenciales de *Lippia graveolens* en altas cantidades (>1% MS) demostró tener un efecto negativo sobre todas las poblaciones microbianas ruminales, por lo que se sugiere utilizar una dosis no mayor a 1% para obtener el efecto antimetanogénico sin comprometer la cantidad de bacterias totales y celulíticas.

## REFERENCIAS

- Abdelrahman SM, Li RH, Elnahr M, Farouk MH, Lou Y. Effects of different levels of eucalyptus oil on methane production under in vitro conditions. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2019 May 1;28(3).
- Angarita E, Molina I, Villegas G, Mayorga O, Chará J, Barahona R. Quantitative analysis of rumen microbial populations by qPCR in heifers fed on *Leucaena leucocephala* in the Colombian Tropical Dry Forest. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 2015 Jun;37(2):135-42.
- ANKOM. Fiber analyzer operator's manual. ANKOM Technology, USA. 2020.
- Antonius A, Pazla R, Putri EM, Negara W, Laia N, Ridla M, Suharti S, Jayanegara A, Asmairicen S, Marlina L, Marta Y. Effectiveness of herbal plants on rumen fermentation, methane gas emissions, in vitro nutrient digestibility, and population of protozoa. *Veterinary World*. 2023;16(7):1477.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Official method of Analysis. 18th Ed 3rd Revision. Washington DC, USA. Association of Officiating Analytical Chemists. 2010.
- Araiza Ponce KA, Gurrola Reyes JN, Martínez Estrada SC, Salas Pacheco JM, Palacios Torres J, Murillo Ortiz M. Fermentation Patterns, Methane Production and Microbial Population under In Vitro Conditions from Two Unconventional Feed Resources Incorporated in Ruminant Diets. *Animals*. 2023 Sep 16;13(18):2940.
- Bautista-Hernández I, Aguilar CN, Martínez-Ávila GC, Torres-León C, Iliina A, Flores-Gallegos AC, Kumar Verma D, Chávez-González ML. Mexican Oregano (*Lippia graveolens* Kunth) as source of bioactive compounds: A review. *Molecules*. 2021 Aug 25;26(17):5156.
- Beauchemin KA, Ungerfeld EM, Eckard RJ, Wang M. Fifty years of research on rumen methanogenesis: Lessons learned and future challenges for mitigation. *Animal*. 2020 Mar;14(S1):s2-16.
- Benchaar C. Feeding oregano oil and its main component carvacrol does not affect ruminal fermentation, nutrient utilization, methane emissions, milk production, or milk fatty acid composition of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2020 Feb 1;103(2):1516-27.
- Chagas JC, Ramin M, Krizsan SJ. In vitro evaluation of different dietary methane mitigation strategies. *Animals*. 2019 Dec 11;9(12):1120.
- Dai X, Kalscheur KF, Huhtanen P, Faciola AP. Effects of ruminal protozoa on methane emissions in ruminants—A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*. 2022 Sep 1;105(9):7482-91.
- Denman SE, Tomkins NW, McSweeney CS. Quantitation and diversity analysis of ruminal methanogenic populations in response to the antimethanogenic compound bromochloromethane. *FEMS microbiology ecology*. 2007 Dec 1;62(3):313-22.
- Duarte AC, Holman DB, Alexander TW, Durmic Z, Vercoe PE, Chaves AV. The type of forage substrate preparation included as substrate in a RUSITEC system affects the ruminal microbiota and fermentation characteristics. *Frontiers in Microbiology*. 2017 Apr 20;8:704.
- FAO. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2023. Rome. 2023.
- García F, Vercoe PE, Martínez MJ, Durmic Z, Brunetti MA, Moreno MV, Colombatto D, Lucini E, Ferrer JM. Essential oils from *Lippia turbinata* and *Tagetes minuta* persistently reduce in vitro ruminal methane production in a continuous-culture system. *Animal production science*. 2019 Mar 15;59(4):709-20.

- Haro A H, Rojas MJA, Suarez A. Evidence-Based Ruminal Microbiota. *Alimentos Ciencia e Ingeniería*. 2022 29(2), 21-30
- Londoño-Zapata AF, Fernández-Correa JA, Molina-Guzmán LP, Polanco-Echeverry D, Gutiérrez-Builes LA. Cuantificación de bacterias celulolíticas anaerobias provenientes del rumen de ganado bovino: comparación de tres técnicas. *Hechos Microbiol*. 2011;2(1);51-59.
- Makkar HP, Singh B, Vats SK, Sood RP. Total phenols, tannins and condensed tannins in different parts of *Rumex hastatus*. *Bioresource technology*. 1993 Jan 1;45(1):69-71.
- Martínez-Muñoz DS, Rivera-Cerón F, Palacios-Solórzano I, Ramírez-Martínez BA, Molina-Aguilar C, Moguel BB. Metagenómica y metatranscriptómica para mitigar las emisiones de metano por animales rumiantes. *TIP. Rev. especializada en ciencias químico-biológicas*. 2022;25.
- McIntosh FM, Williams P, Losa R, Wallace RJ, Beever DA, Newbold CJ. Effects of essential oils on ruminal microorganisms and their protein metabolism. *Applied and environmental microbiology*. 2003 Aug;69(8):5011-4.
- McSweeney CS, Denman SE. Effect of sulfur supplements on cellulolytic rumen micro-organisms and microbial protein synthesis in cattle fed a high fibre diet. *Journal of applied microbiology*. 2007 Nov 1;103(5):1757-65.
- Murillo-Ortiz M., Carrillo-Herrera J., Pámanes-Carrasco G., Muro-Reyes A., Herrera-Torres E. Patterns of ruminal fermentation in response to addition of glucogenic precursor to the diet of feedlot steers. *Agroproductividad*. 2018. 11 (9): 155-159.
- Owens, F.N., Basalan, M. (2016). Ruminal Fermentation. In: Millen, D., De Beni Arrigoni, M., Lauritano Pacheco, R. (eds) *Rumenology*. Springer, Cham.
- Patra AK, Yu Z. Effects of essential oils on methane production, fermentation, abundance, and diversity of rumen microbial populations. *Applied Environmental Microbiology* vol. 78.
- Porter LJ, Hrstich LN, Chan BG. The conversion of procyanidins and prodelfinidins to cyanidin and delphinidin. *Phytochemistry*. 1985 Dec 23;25(1):223-30.
- Prado JM, Vardanega R, Debien IC, Meireles MA, Gerschenson LN, Sowbhagya HB, Chemat S. Conventional extraction. In *Food waste recovery 2015* pp. 127-148. Academic Press.
- Rojas H R, Narváez-Zapata J, Zamudio-Maya M and Mena- Martínez M. E. 2008. A simple silica-based method for metagenomic DNA extraction from soil and sediments. *Molecular Biotechnology* 40: 13–17.
- Romero Márquez PJ. Estrategias nutricionales para la reducción de la producción de metano y mejora de la eficiencia de la fermentación ruminal. Universidad de Granada. Tesis. 2024.
- SAS Institute, Inc. Statistical analysis system, Windows version 9.1.2. SAS Institute, Inc. 2023.
- Theodorou M. K., Williams B. A, Dhanoa M. S., McAllan A. B., France J. 1994. A simple gas production method a presupposed transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 48: 185-197.
- Ungerfeld EM. Metabolic hydrogen flows in rumen fermentation: principles and possibilities of interventions. *Frontiers in Microbiology*. 2020 Apr 15;11:528227.
- Wang Z, Li X, Zhang L, Wu J, Zhao S, Jiao T. Effect of oregano oil and cobalt lactate on sheep in vitro digestibility, fermentation characteristics and rumen microbial community. *Animals*. 2022 Jan 4;12(1):118.
- Zhou R, Wu J, Lang X, Liu L, Casper DP, Wang C, Zhang L, Wei S. Effects of oregano essential oil on in vitro ruminal fermentation, methane production, and ruminal microbial community. *Journal of Dairy Science*. 2020 Mar 1;103(3):2303-14.

## PRÁCTICAS DE MANEJO DE SUELO PARA LA SIEMBRA DE *Cenchrus ciliaris* L. EN ZONAS SEMIÁRIDAS

<sup>1</sup>Castillo Q.D., <sup>2\*</sup>Gutiérrez L.R.; <sup>1</sup>Castillo R.F.; <sup>3</sup>Antonio B.A.; <sup>1</sup>Avila F.D.Y.; <sup>4</sup>Martínez T.G.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Saltillo, Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 No. 9515, Col. Hacienda de Buenavista, 25315, Saltillo, Coahuila, México. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Zacatecas, Kilómetro 24.5 Carr. Zacatecas-Fresnillo, Calera de Víctor Rosales, Zac. C.P. 98500 <sup>3</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Fitomejoramiento. <sup>4</sup>Campo Experimental Valle de México, Carretera Texcoco- Los Reyes Km.13.5, Texcoco, Coahuila, 56250 Texcoco, México.

\*Autor por correspondencia: [gutierrez.ramon@inifap.gob.mx](mailto:gutierrez.ramon@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

En las tierras de pastizales, matorrales desérticos y áreas agrícolas abandonadas del sureste de Coahuila, los suelos se encuentran con altos niveles de degradación y esto limita la capacidad productiva de los sistemas de producción pecuaria. Una estrategia para rescatar estas áreas de nuevo a la producción ganadera y proteger estos tipos de ecosistemas es mediante la implementación de ciertas actividades como el manejo de las camas de resiembra para la inducción de praderas con zacate buffel. El objetivo del presente trabajo fue determinar el impacto de cinco prácticas de manejo de suelo en el establecimiento de praderas inducidas con zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), bajo condiciones de temporal. Se analizaron datos de dos ciclos correspondientes a los años 2021 y 2022; los tratamientos para preparación de camas de siembra fueron: 1) Barbecho, 2) Barbecho + Subsuelo, 3) Subsuelo, 4) Rastra, más la siembra de zacate buffel común con una densidad de siembra de 10 kg ha<sup>-1</sup> y 5) Testigo (Sin labranza y sin siembra). Los tamaños de las parcelas experimentales fueron de 20 m x 20 m (400 m<sup>2</sup>). El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques al azar con tratamientos distribuidos al azar con cuatro repeticiones. Los resultados mostraron que las prácticas de manejo para el acondicionamiento de las camas de siembra para el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), permiten incrementar la producción de materia seca por unidad de superficie, donde el barbecho fue la práctica más apropiada para incrementar el rendimiento de materia seca y donde se obtuvieron los mejores resultados en las variables evaluadas.

**Palabras clave:** rehabilitación de suelos, camas de siembra, zacate buffel, producción de forraje, zonas áridas.

### ABSTRACT

In the grasslands, desert shrublands and abandoned agricultural areas of southeastern Coahuila there are high levels of degradation and this limits the productive capacity of livestock production systems. One strategy to convert these areas back to livestock production and protect these types of ecosystems is through the management of reseeding beds and the implantation of meadows with buffel grass. The objective was to determine the impact of five soil management practices on the establishment of meadows induced with buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.), under rainfed conditions; data from two cycles corresponding to the years 2021 and 2022 were analyzed. The treatments for preparing seed beds consisted of: 1) Fallow, 2) Fallow + Subsoil, 3) Subsoil, 4) Harrow, all of them plus the sowing of common buffel grass with a sowing density of 10 kg ha<sup>-1</sup> and 5) Control (No tillage and no sowing). The sizes of the experimental plots were 20 m x 20 m (400 m<sup>2</sup>). The experiment was established under a randomized block experimental design with randomly distributed treatments with four repetitions. The results showed that the management practices for the conditioning of the buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.), seedbeds allow increasing the production of dry matter per surface unit, where fallow was the most appropriate practice to increase dry matter yield and where the best results were obtained in the evaluated variables.

**Keywords:** soil rehabilitation, seed beds, buffel grass, forage production, arid zones.

## INTRODUCCION

En las zonas áridas y semiáridas del estado de Coahuila, hay grandes superficies de áreas de cultivo abandonadas, donde la cobertura de pastos nativos es mínima (Castillo *et al.*, 2012), debido a la fluctuación del clima como altas temperatura y baja precipitación, el sobrepastoreo con carga animal que supera la capacidad natural provocando problemas de deterioro en el ecosistema como es la eliminación de especies de alto valor forrajero (Ríos y Hernández, 2012). Debido a lo anterior, los matorrales áridos, las tierras de pastizal presentan altos niveles de deterioro, atribuido al manejo inadecuado por las actividades antropogénicas principalmente sobrepastoreo y las condiciones climáticas adversas, lo que ha provocado una disminución en la diversidad de flora, producción de forraje y de cobertura vegetal (Castillo *et al.*, 2012). Dentro de las acciones para la rehabilitación en el corto plazo de tierras de pastoreo con escasa cubierta vegetal o en proceso de erosión, están las prácticas de labranza de conservación del suelo (Echavarría *et al.*, 2009). Éstas son prácticas para reconvertir de nuevo a la producción ganadera los ecosistemas degradados las cuales son clave desde el punto de vista económico y ecológico (Krogh *et al.*, 2002); destacando entre las diferentes prácticas a la resiembra artificial con gramíneas adaptadas a condiciones agroecológicas marginales como el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) (Castillo *et al.*, 2012; Flores *et al.*, 2005 y Lored-

Osti *et al.*, 2005). Dentro de las prácticas para la rehabilitación de los ecosistemas alterados sobresalen el barbecho, las curvas a nivel, surcado en contorno, bordos a nivel, etcétera (Velásquez *et al.*, 2012; Castillo *et al.*, 2012;). Dichas prácticas de manejo realizadas de una manera adecuada, generan cambios en la estructura del suelo, dado que existe una relación esencial entre la estructura del suelo y el crecimiento de las plantas (Torres-Guerrero *et al.*, 2013), creando condiciones óptimas para una excelente germinación y de plantas con un crecimiento vigoroso del sistema radical (Osuna-Ceja *et al.*, 2005). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de cinco prácticas de manejo al suelo en la siembra de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en la producción de materia seca (MS) y Capacidad de carga animal (CCA) en dos años de evaluación.

### MATERIALES Y METODOS

El estudio se estableció en mayo de 2020 en el ejido Cosme del municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México (25° 52' 08.9" LN y 101° 18' 18.1" LO) en una altitud de 1100 msnm. En el área de estudio el clima es seco semicálido y templado (BwK), con una temperatura media anual de 18.5°C, y precipitación de 198.7 mm. El tipo de suelo en el sitio es Xerosol con una densidad aparente de 1.37 g/cm<sup>3</sup>, pH 1.7, textura: franco arcillo arenosa con un contenido de arena de 57.23 %, arcilla 21.14 % y limo 21.63%. Con baja cobertura vegetal sobre el suelo (4%). La topografía del sitio tiene una pendiente del terreno del 2% ubicado en el valle, el cual recibe escurrimiento y una comunidad vegetal que corresponde a un matorral desértico micrófilo, con una condición pobre del agostadero.

Los tratamientos para preparación de camas de siembra para el zacate buffel fueron: 1) Barbecho, 2) Barbecho + Subsuelo, 3) Subsuelo, 4) Rastra, más la siembra de zacate buffel común y 5) Testigo (Sin labranza y sin siembra). Los tamaños de las parcelas fueron de 20 m x 20 m (400 m<sup>2</sup>). El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques al azar con tratamientos distribuidos al azar con cuatro repeticiones. Cada una de las prácticas se realizó con tractor, y el implemento agrícola apropiado (arado de discos o arado de subsuelo). Para el barbecho se utilizó un arado de discos a una profundidad de 30 cm. La práctica se dio sólo con un paso del implemento (arado). Para el subsoleo, se utilizó un implemento con tres picos el cual permitió romper el suelo sin voltearlo, ni cambiarlo de posición trabajando a una profundidad de aproximadamente 80 cm. Para el rastreo, se usó una rastra de discos dentados trabajando el suelo aproximadamente a 25 cm de profundidad. Al final de cada preparación de suelo se realizó la siembra de zacate buffel común (*Cenchrus ciliaris* L.) en cada uno de los tratamientos y repeticiones esparciendo la semilla al voleo en el área de cada

tratamiento con una densidad de siembra de 10 kg. ha<sup>-1</sup> de semilla comercial (equivalente a 3 kg de SPV) a excepción del testigo donde no se sembró. Al final de la siembra se realizó un paso de rastra con ramas para cubrir la semilla.

### **Variables de planta evaluadas**

1) Producción de materia seca (MS). Expresada en kg.ha<sup>-1</sup>, para esta variable, en cada tratamiento y repetición se realizó el corte del crecimiento de la parte aérea del pastizal en una superficie de 1.0 m<sup>2</sup>. El corte se realizó a ras del suelo utilizando rozadera. Las muestras de crecimiento aéreo de cada tratamiento se llevaron al laboratorio para su secado con la ayuda de un Deshidratador de Charolas Marca Koleff, Modelo KL-10 a 55°C por 72 h y/o hasta alcanzar peso constante con una precisión de 0.001 g determinando la producción de MS por tratamiento y repetición.

2) Capacidad de carga animal (CCA). En la determinación de esta variable existe un criterio básico; se debe considerar que la unidad animal (UA), está representada por una vaca con su cría menor o igual a seis meses de edad, y que según Bonham, 1989, la UA consume el 3% de su peso vivo, equivalente a 13.5 kg de MS día<sup>-1</sup>. Con éstos datos se calcula el consumo del forraje disponible, por lo que el consumo de un mes sería de 405 kg de MS y por 12 meses sería el equivalente a 4, 860 kg de MS. Por ésta razón se debe estimar la producción total de cada uno de los tratamientos y repeticiones, y en consecuencia permitir que sólo el 60% del forraje disponible sea consumido, lo anterior con fines de conservación de la cobertura sobre el suelo y favorecer el rebrote del zacate en la siguiente estación de crecimiento (Gutiérrez *et al.*, 2018). El registro de datos se hizo durante dos años consecutivos (2021 y 2022).

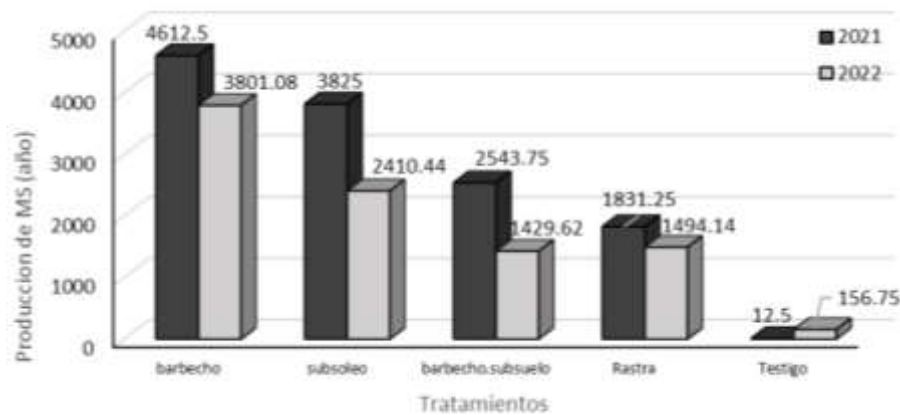
### **Análisis estadístico**

El análisis estadístico de las variables MS, CCA se realizó con el lenguaje de programación R Core Team (RCT 2014) y la diferenciación de medias con la prueba de Tukey, con un nivel de confianza de 95%.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

El comportamiento en la producción de MS de cada uno de los tratamientos evaluados en el primer y segundo año tuvo un comportamiento similar, donde el barbecho fue la práctica de manejo (al suelo) con la mayor respuesta a esta variable evaluada (MS), dado que en el primer año de evaluación tuvo una producción de 4, 612.5 kg.ha<sup>-1</sup> y para el segundo año una producción de MS de 3,801.08 kg.ha<sup>-1</sup>, el comportamiento de las diferentes prácticas de manejo al suelo en relación a la MS en ambos años (2021 y 2022) tuvieron un comportamiento

superior en el tratamiento de barbecho, aunque diferentes entre años siendo mayor en el primero (Figura 1), tendencia favorable ya que permite establecer que existe potencial para mejorar la producción ganadera de la región.



**Figura 1.** Comparación de la producción de MS por tratamiento y por año en el ejido Cosme municipio de Ramos Arizpe, Coah., México.

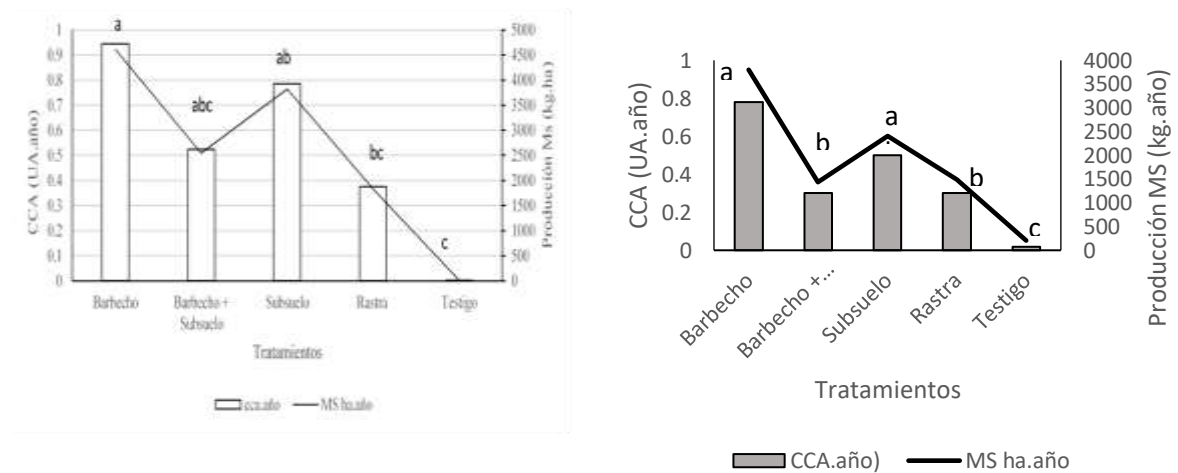
Las diferencias en el comportamiento de producción de MS, se pueden explicar tomando como referencia que en el primer año de evaluación (2021) la precipitación anual en el área experimental fue más regular respecto a su distribución con un promedio de 198.7 mm, estas se presentaron desde de agosto y septiembre. La lluvia en el segundo año (2022) en el área de estudio fue atípica, estas se presentaron tardías y escasas; aunque el zacate buffel está adaptado a las zonas áridas y semiáridas y que requiere entre 250 y 300 mm de lluvia para un buen crecimiento (Loredo *et al.*, 2005), en el área solo se presentaron cuatro eventos de lluvia con un total de 160 mm, por lo que esta distribución tardía influyó en el rebrote, lo cual afectó la producción de MS y por ende en la capacidad de carga en los diferentes tratamientos bajo estudio (Figura 2).

En las zonas áridas del noreste de México se han realizado estudios para la rehabilitación de área agrícolas abandonadas y tierras de pastizal, donde destacan los realizados por Castillo *et al.* (2012) con el uso del barbecho y la siembra de zacate buffel var. Molopo, en esa investigación obtuvieron una producción de MS 2,422 kg ha.año<sup>-1</sup> casi un 90% menor a los resultados obtenidos en este estudio. En los realizados por Loredo-Osti *et al.* (2005) para las zonas semiáridas de San Luis Potosí obtuvieron una producción de MS de 4,000 kg.ha<sup>-1</sup>, con siembras de zacate buffel en una pradera de cuatro años, establecidas en microcuencas con una relación área-siembra-escurrimiento 1:4, respuesta beneficiada por obras de captación



del escurrimiento superficial de la lluvia, comportamiento similar al de esta investigación, aunque con rendimiento menor.

La producción de MS se vio influenciada directamente por la práctica de manejo de suelo utilizada, lo cual repercute en la capacidad de carga animal donde para el año 1 las unidades animales (UA) soportadas fueron las siguientes: T1= 0.945, T2= 0.525, T3= 0.785, T4= 0.375 y T5=0.003 UA.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>, donde el mejor tratamiento resultó ser el T1 (barbecho) (Figura 2).



**Figura 2.-** Capacidad de carga en unidades animal (UA/ha) respecto a la Producción de MS en kg.ha<sup>-1</sup> por cada uno de los tratamientos en la parcela experimental en el ejido de Cosme del municipio de Ramos Arizpe, Coah., México (2021 y 2022). Literales indican diferencias altamente significativas de acuerdo a la Prueba de Medias de Tukey (0.05).

La información en este estudio con respecto a la CCA, permitirá realizar el ajuste de presión de pastoreo y con ello evitar la sobreutilización de las plantas del pastizal, además al contar con información sobre el número de animales que se pueden sustentarse con el recurso forrajero se puede definir la rotación del ganado en un sistema de pastoreo que optimice el uso de las plantas sin el deterioro del pastizal (Alcalá-Galván *et al.*, 2018). Considerando un consumo de 13.5 kg de MS por unidad animal (UA), el número de días que 1.0 ha puede sustentar a la UA, son: barbecho con 202.72 días, barbecho + subsuelo con 79.69, subsuelo 128.56, rastra con 128.56 y sin manejo solo 10.56. Los resultados anteriores se convierten en un soporte de la CCA por unidad de superficie, considerando solo el 60% de la materia seca disponible como forraje que debe removerse, por lo que es conveniente dejar un remanente del 40% de la producción, con la finalidad de proteger los meristemas de crecimiento del pasto y favorecer el rebrote después de una defoliación. Esta información es

muy útil dado que, permite incluso realizar el ajuste de carga animal adecuada, así como la definición de un sistema de pastoreo que optimice el uso del forraje y se protejan los recursos naturales del pastizal, y que se optimicen los retornos económicos por unidad de superficie (Alcalá-Galván, 2018; Flores, 2017), además la estimación CCA en un área es una variable indispensable para el manejo de una ganadería sostenible (Flores, 2017)

### CONCLUSIONES

Las prácticas de manejo de suelo son favorables en la preparación de las camas de siembra para el establecimiento de praderas con zacate buffel, particularmente donde existe potencial para captar escurrimientos superficiales del agua de lluvia, con el fin de rehabilitar ambientes deteriorados. Las prácticas inducen o provocan cambios en la estructura del suelo, estos cambios, actúan sobre la aireación y favorece la infiltración del agua en el suelo y estimulan el crecimiento radicular facilitando la absorción de agua, propiciando el desarrollo óptimo de la especie, influyendo en la producción de MS. Las prácticas de manejo para el acondicionamiento de las camas de siembra de zacate buffel, permiten incrementar la producción de MS por unidad de área, considerando que todas las prácticas evaluadas fueron diferentes entre ellas y en general todas fueron superiores al testigo.

El barbecho fue la práctica más apropiada para incrementar el rendimiento de MS y donde se obtuvieron los mejores rendimientos de MS, para el primer año (2021) 4,612.0 kg.ha<sup>-1</sup>, CCA 1.89 Segundo año (2022): 3,801.08 kg MS.ha<sup>-1</sup>, CCA 1.56.

### REFERENCIAS

- Alcalá-Galván, Ch., Barraza-Guardado, R.H., Ayala-Álvarez, F., Rueda-Puente, O. 2018. Uso sustentable de agostaderos y el sistema vaca-cría en el noroeste de México. *Agronomía Mesoamericana*. 29 (2) 433-447. DOI: <https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.29185>
- Castillo Q.D., Narcia, V.M., y Berlanga, R.C.A. 2012. Tecnología para la implantación de praderas con gramíneas y arbustivas en áreas agrícolas abandonadas al cultivo en la región sureste de Coahuila. Folleto Técnico 49. INIFAP. CIRNE Campo Experimental Saltillo, Saltillo, Coah. 37 p.
- Echavarría Ch. F.G., Serna, P.A., Rubio, A.F.A., Rumayor, R.F., Salinas G.H. 2009. Productividad del chamizo *Atriplex canescens* con fines de reconversión: dos casos de estudio. *Técnica Pecuaria en México*. 2009 47(1):93-106.
- Krogh, S.N., Zeisset, M.S., Jackson, E., Whitford, W.G. 2002. Presence/absence of a keystone species as an indicator of rangeland health. *Journal of Arid Environments* 50, 513-519.
- Flores D.D.F. 2017. Estimación de la capacidad de carga del sistema de producción lechero de la vereda Fontibón del municipio de Pamplona. *Revista Mundo FESC*, 13 15-21.
- Flores I.F., Moreno, M.S., Martín R.M., Denogean, B.F., Gerlach, B.L.E. 2005. La siembra de zacate buffel como una alternativa para incrementar la rentabilidad de los ranchos ganaderos de la sierra de Sonora, *Técnica Pecuaria en México* 43(2):173-183.
- Loredo-Osti, C., Beltrán, L.S., Villanueva, D.J., Urrutia M.J. 2005. Establecimiento de pasto buffel para el control de la erosión. Folleto Técnico No. 26 INIFAP-CIRNE. Campo Experimental San Luis. San Luis Potosí, S.L.P. México. 32 p.

- Osuna-Ceja, E.; Figueroa-Sandoval, B., Oleschko, K., Flores-Delgadillo, M.L., Martínez-Menes, M.R. y González-Cossío F.V. 2005. Efecto de la estructura del suelo sobre el desarrollo radical del maíz con dos sistemas de labranza. *Agrociencia* 40:27-38.
- Ríos Q.C. y Hernández R.P. 2012. Establecimiento y manejo de praderas inducidas con gramíneas perennes. INIFAP.CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Saltillo, Coahuila, Folleto para Productores No. MX-O-310310-13-03-15-10-15 18 p.
- R Development Core Team. 2014. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. URL <http://www.Rproject.org/>.
- Torres-Guerrero, C.A., Etchevers, B.J.D., Fuentes-Ponce, M.H., Govaert, B., De León-González, F., Herrera, J.M. 2013. Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo. *Terra Latinoamericana* 31(1): 71-84.
- Velásquez, V.M.A., de Alba A.A., Gutiérrez, R.L., Gerardo E.G.F. 2012. Prácticas de restauración de suelos para la conservación del agua. Folleto Técnico Núm. 46. INIFAPCIRNOC.CEZAC. 97 p.

## NIVELES DE CUERPOS CETONICOS Y GLUCOSA SANGUINEA EN CABRAS SUPLEMENTADAS CON UN PRECURSOR GLUCONEOGENICO

Mota-F. M. G.<sup>3</sup>, Calderón-L. M. G.<sup>2</sup>, Alvarado-E. A. S.<sup>2</sup>, Arellano-R. F.<sup>2</sup>, Ordoñez-M. J. Z.<sup>2</sup>, Ángel-G. O.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Médico Veterinarias, UAAAN UL

<sup>2</sup>Departamento de Producción Animal, UAAAN UL,

<sup>3</sup>Programa de Posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria-UAAAN UL

\*Autor para correspondencia: [angelgarciao@hotmail.com](mailto:angelgarciao@hotmail.com)

### RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de un sustrato gluconeogénico (último tercio de la gestación) sobre los niveles de cuerpos cetónicos y glucosa sanguínea. Se utilizaron 18 cabras gestantes, homogéneas en cuanto a peso vivo (PV;  $61.3 \pm 2.1$  kg) y condición corporal (CC;  $2.6 \pm 0.2$ ). Se sometieron a los siguientes tratamientos: 1) administración de 6mg por animal/d de un sustrato gluconeogénico (1-2 propanodiol al 4%, propionato de sodio) y 2) administración de 5.0 mL de solución salina fisiológica (GC). Los tratamientos fueron aplicados VO/ d x 45 d preparto. Los valores de metabolitos sanguíneos, tales como cuerpos cetónicos ( $0.6 \pm 0.0$ ;  $P > 0.05$ ) y glucosa ( $72 \pm 17$ ;  $P > 0.05$ ), no mostraron diferencia ( $P > 0.05$ ). Los resultados demuestran que la administración de un precursor gluconeogénico no mejoró los valores de metabolitos sanguíneos. En conclusión, la administración de un precursor gluconeogénico durante 45 días preparto mejora positivamente al movilizar las reservas de energía en cabras bajo condiciones de pastoreo.

**Palabras clave:** metabolitos, energía, pastoreo.

### ABSTRACT

The aim was to evaluate the effect of a gluconeogenic substrate (last third of gestation) on ketone body and blood glucose levels. Eighteen pregnant goats were used, homogeneous in terms of live weight (LW;  $61.3 \pm 2.1$  kg) and body condition score (BC;  $2.6 \pm 0.2$ ). They were subjected to the following treatments: 1) administration of 6 mg per animal/d of a gluconeogenic substrate (1-2 propanediol at 4%, sodium propionate) and 2) administration of 5.0 mL of physiological saline solution (GC). The treatments were applied PO/d x 45 d prepartum. The values of blood metabolites, such as ketone bodies ( $0.6 \pm 0.0$ ;  $P > 0.05$ ) and glucose ( $72 \pm 17$ ;  $P > 0.05$ ), showed no difference ( $P > 0.05$ ). The results show that administration of a gluconeogenic precursor did not improve blood metabolite values. In conclusion, administration of a gluconeogenic precursor during 45 days prepartum positively improves the mobilization of energy reserves in goats under grazing conditions.

**Key words:** metabolites, energy, grazing.

### INTRODUCCION

El caprino es un animal que se destaca por su rusticidad, precocidad, docilidad y adaptación al medio ambiente; su origen es asiático y es una especie rigurosamente productora de leche, aunque también es considerada como una especie productora de carne, cuero e incluso pelo (Hernández J., et al., 2021). En las zonas áridas y semiáridas del norte de México, las cabras pastan de la vegetación nativa del propio ecosistema. Estas áreas de pastoreo se caracterizan por suelos pobres, de baja calidad y con escasas lluvias la vegetación predominante de estas áreas es la ideal para este tipo de ganado, debido a sus características anatómicas propias de las cabras (Mellado 2016). La demanda de leche de cabra se ha incrementado debido a la respuesta de consumo por el crecimiento poblacional y por particular interés en los países desarrollados hacia los productos de la leche de cabra, especialmente quesos y yogurt, ya

que estos pueden ser consumidos por grupos de personas que presentan intolerancia a los lácteos de origen bovino (Bidot F. A., 2017).

La patogénesis más aceptada sobre la cetosis es la presencia de un estado de balance energético negativo (BEN) en el periodo del parto, desencadenando la movilización de ácidos grasos de cadena larga, los cuales se oxidan en el hígado formando los cuerpos cetónicos (Zhang y Ametaj, 2020). Esta patología ha sido estudiada en vacas lecheras ya que, por la presión de producción, sufren cambios metabólicos y fisiológicos que incrementan de forma significativa el riesgo de sufrir desbalances energéticos que dan origen a procesos metabólicos anormales como la cetosis (Echeverría *et al*, 2024). Generalmente, cuando las vacas pasan de un estado de gestación, periodo en cual se requieren cantidades moderadas de energía para el desarrollo fetal, pasan a un estado de lactancia, las demandas energéticas se aumentan considerablemente para poder sustentar los requerimientos fisiológicos de la producción de calostro como de leche (Zhang y Ametaj, 2020).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Todos los métodos y manejo de las unidades experimentales utilizadas en este estudio fueron en estricto acuerdo con los lineamientos para el uso ético, cuidado y bienestar de animales en investigación a nivel internacional (FASS, 2010) y nivel nacional (NAM, 2002).

### Localización del área de estudio

El estudio se realizó durante la época de primavera (marzo-mayo) de 2024 en el ejido San Nicolas, Mpio. De San Pedro, Coahuila el norte de México (25°42'47"N - 102°47'36"O) bajo un sistema de producción extensivo. El lugar tiene una altitud de 1,094 msnm, con una precipitación media anual de 230 mm. La humedad relativa oscila entre 26 y 61 %; los rangos de fotoperiodo de 13 h 41 min. Durante el solsticio de verano (junio) a 10 h 19 min. Durante el solsticio de invierno (diciembre); una temperatura que oscila entre 6 °C en invierno y 39 °C en verano (CONAGUA 2020).

### Tratamiento de las hembras

Las cabras se asignaron a dos grupos homogéneos en cuanto peso vivo (PV) y condición corporal (CC). Grupo 1) hembras (tratado; n=9) que se les administro 6.0 mL por animal/d de un precursor gluconeogenico (1-2 Propanodiol al 4%, Propionato de sodio al 11.20 %) y con aporte energético de 81.60 Mcal. de E.D, 177.50 Mcal. de EM y 50.10 Mcal. de ENM), y 2) hembras que recibirán (Control; n=9) 5 mL de solución salina fisiológica. Los tratamientos serán aplicados durante los últimos 45 días del último tercio de la gestación.

### VARIABLES EVALUADAS

Se registro el PV y CC de las hembras cada 14 días durante todo el periodo experimental, para lo cual se utilizó una báscula digital con capacidad de 400 kg y mínima de 50 g (WH-C 100, China). La condición corporal de las madres se evaluó a la par con el peso vivo mediante estimación de la masa muscular y grasa de la región lumbar descrito por (Walkden-Brown *et al.*, 1997), esta actividad será evaluada por un mismo técnico durante todo el periodo experimental en una escala de 1-5.

### Determinación de metabolitos sanguíneos de las hembras

Los niveles de metabolitos sanguíneos de las hembras se determinaron a partir de las cinco semanas previas al parto.

Se tomaron muestras de sangre mediante venopunción de la vena yugular, para determinar glucosa (mg/dL) y cuerpos cetonicos (mg/dL), utilizando una gota de sangre (0.6 – 1.5 µl) con ayuda de tiras reactivas mediante capilaridad, utilizando el aparato FreeStyle (Optium Neo).

## Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante un ANOVA usando el procedimiento Modelo Lineal General (GLM). Las medias obtenidas de los valores de cuerpos cetónicos y glucosa fueron comparadas usando una prueba de t. Todos los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS V9.1 (SAS, 2005). Las diferencias fueron consideradas significativas a un valor de  $P \leq 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1. Se muestran los niveles de cuerpos cetónicos y glucosa sanguínea en cabras tratadas en el último tercio de la gestación. No se encontró diferencia estadística en cuanto a los niveles de glucosa ( $72 \pm 17$ ;  $P > 0.05$ ) para ambos grupos. De la misma manera, los resultados demuestran que los cuerpos cetónicos se comportaron de manera similar ( $0.6 \pm 0.0$ ;  $P > 0.05$ ). El PV y CC no se vieron afectados por el tratamiento.

**Cuadro 1.** Medias ( $\pm$ em) para PV, CC, cuerpos cetónicos y glucosa sanguínea en cabras tratadas (último tercio) con un precursor gluconeogénico (tratado) o sin tratar (control) bajo condiciones de pastoreo ( $25^\circ\text{LN}$ ).

Variables	Inicio		Final	
	Tratado	Control	Tratado	Control
Peso vivo (kg)	$56.0 \pm 2.3^a$	$57.0 \pm 1.4^a$	$53.0 \pm 2.0^a$	$55.0 \pm 1.3^a$
Condición corporal (escala, 1-5)	$2.6 \pm 0.1^a$	$2.6 \pm 0.1^a$	$2.0 \pm 0.1^a$	$2.0 \pm 0.1^a$
Niveles de glucosa (mg/dL)	$34.0 \pm 2.0^a$	$36.0 \pm 2.0^a$	$40.5 \pm 9.0^a$	$64.0 \pm 17.0^a$
Niveles de cuerpos cetónicos (mg/dL)	$0.5 \pm 0.1^a$	$0.6 \pm 0.1^a$	$0.7 \pm 0.1^a$	$0.5 \pm 0.0^a$

<sup>a,b</sup> Superíndices desiguales entre columnas indican diferencia estadística a  $P \leq 0.05$ .

Los resultados encontrados en el presente estudio en cuanto a niveles de glucosa sanguínea, son contrarios a los reportados por Aguilar et al. (2016) en ovejas, donde se demostró que los tratamientos glucogénicos (glicerol y propilenglicol) aumentan la concentración de glucosa sanguínea, lo que ayuda al metabolismo energético. Sin embargo, los niveles de glucosa en nuestro grupo tratado con un sustrato gluconeogénico fue menor comparado con el grupo control.

Por otra parte, al mantenerse el peso vivo y la condición corporal pudieran ser indicativos de que se afectó de manera positiva el metabolismo energético en las cabras bajo condiciones de pastoreo. Cabe mencionar que las hembras del grupo tratado mostraron un mayor nivel de cuerpos cetónicos ( $0.7 \pm 0.1$  vs  $0.5 \pm 0.0$ ), comparado con el grupo control.

Los resultados del presente estudio sugieren que probablemente las hembras del grupo tratado distribuyeron sus reservas de energía para los diferentes procesos fisiológicos (lactancia), contrario a los resultados del grupo control que tuvieron mayores niveles de glucosa sanguínea. Lo anterior, puede ser indicativo de que no se cubrieron las reservas de energía durante el último tercio de la gestación.

## CONCLUSIONES

Se concluye que la administración de un sustrato gluconeogénico en el último tercio de la gestación no incrementó los niveles de glucosa y cuerpos cetónicos en cabras bajo condiciones de pastoreo.

**REFERENCIAS**

- Aguilar U., Hernández Cerón J., Domínguez Y., Gutiérrez C. G. 2016. Tasa de ovulación, prolificidad y tasa de gestación en cabras tratadas con glicerol por vía oral. Artículo científico. Vol. 3 No. 1. Enero-marzo 2016.
- Bidot Fernández A. (2017). Composición, cualidades y beneficios de la leche de cabra: revisión bibliográfica. Revista de Producción Animal. Vol.29 no.2 Camagüey may-ago. 2017.
- Echeverría T., Nuñez M. F., Vásquez S., Casierra A. 2024. Balance energético negativo (cetosis) en rumiantes camélidos sudamericanos: revisión bibliográfica. Reciena Edición Especial Vol.4 Núm. 1 (2024): 33-44
- Hernández Hernández J., Camacho Ronquillo J. C., Moreno Medina S., Retes López R., Hernández Riande D., Utrera Quintana F., (2021). Elaboración y mercadeo de queso pasteurizado con leche de cabra en una región de Puebla. Revista Mexicana de Agronegocios, vol. 49, 2021 no. p.102-104.
- Mellado M., 2016. Dietary selection by goats and the implications for range management in the Chihuahuan Desert: a review. Rangeland journal. 38, 331-341.
- Zhang G, Ametaj BN. Ketosis an Old Story Un-der a New Approach. Journal Dairy Science. 2020;1[1]:42-60.

## COSTOS DE PRODUCCIÓN DE ELABORACIÓN DE NIEVE ARTESANAL EN GARRAFA CON LECHE DE CABRA

Isidro-Requejo, L.M.<sup>1\*</sup>; Pastor-López, F.J.<sup>1</sup>, Figueroa-González, J.J.<sup>2</sup>, Salinas-González, H.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental La Laguna. Bulevar. José Santos Valdez N° 1200 Oeste., Matamoros Coahuila, México, CP 27087.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Zacatecas. Apartado Postal No. 18, Calera de V.R., Zacatecas, C.P. 98500, México.

<sup>3</sup>Lincoln University LUCER, Jefferson City, MO, 65101, US

\*Autor de correspondencia: [isidro.luis@inifap.gob.mx](mailto:isidro.luis@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

La caprinocultura tiene gran valor para el desarrollo económico nacional y social en poblaciones rurales. La producción de leche de cabra en la Comarca Lagunera en el año 2023 fue de 59,073 miles de litros con valor total de 474,754 pesos. La Comarca Lagunera se destaca por ser la región con mayor producción de leche de cabra a nivel nacional. El objetivo de esta investigación fue en dar a conocer la metodología de la evaluación económica en la nieve artesanal de garrafa para determinar si el negocio familiar pudiera ser rentable. En la elaboración de la nieve artesanal en garrafa se utilizaron 10 lt de leche, azúcar, fécula de maíz sabor coco, extracto de coco y vainilla, coco rallado y cremola. La nieve se elaboró usando un cilindro de acero inoxidable y una barrica de madera. La inversión inicial fue de \$ 314.90 más el gasto fijo invertido de \$ 550 dando un total en la primera inversión de \$ 864.9 pesos. Asimismo, el costo de inversión final fue \$ 308.25 más el gasto fijo de \$ 420.00, dando el total de \$ 728.25, teniendo una diferencia de \$ 136.65 con respecto a la inversión inicial. El cálculo para la obtención de las bolas de nieve, se realizó dividiendo el peso total de la nieve entre el peso de la bola de nieve:  $\text{Peso total de la nieve} / \text{Peso de la bola de nieve} = 13500 \text{ g} / 100 \text{ g} = 135$  bolas de 100 g de nieve. En la Comarca Lagunera venden nieve artesanal de garrafa con un precio \$ 10.00 por bola de nieve, que al multiplicarlo por las 135 bolitas de nieve obtenidas tendríamos una rentabilidad de \$ 1,350.00 pesos, a esto se lo restas la inversión inicial: \$ 1,350.00 - \$ 864.9, se obtendría una ganancia de \$ 485.10 pesos. Concluyendo que Vender 10 litros de leche de cabra a las empresas por \$ 10.00, tendrías una ganancia \$ 100.00, pero al darle valor agregado a la leche como en la elaboración de nieve artesanal en garrafa se obtendría una ganancia de \$ 485.10. Dar valor agregado a la leche de cabra elaborando nieve artesanal en garrafa, puede incrementar las ganancias en los caprinocultores.

**Palabras claves:** sabor, gastos fijos, insumos, inversión

### ABSTRACT

Goat farming has great value for national and social economic development in rural populations. Goat milk production in the Comarca Lagunera in 2023 was 59,073 thousand liters with a total value of 474,754 pesos. The Comarca Lagunera stands out for being the region with the highest production of goat milk nationwide. The objective of this research was to publicize the methodology of the economic evaluation of artisanal ice cream in a garrafa to determine if the family business could be profitable. In the production of artisanal ice cream in a garrafa, 10 liters of milk, sugar, coconut-flavored cornstarch, coconut and vanilla extract, grated coconut and cremola were used. The ice cream was made using a stainless steel cylinder and a wooden barrel. The initial investment was \$314.90 plus the fixed expense invested of \$550 giving a total of \$864.9 pesos in the first investment. Likewise, the final investment cost was \$ 308.25 plus the fixed expense of \$ 420.00, giving a total of \$ 728.25, having a difference of \$ 136.65 with respect to the initial investment. The calculation for obtaining the snowballs was done by dividing the total weight of the snow by the weight of the



snowball: Total weight of the snow / Weight of the snowball: 13,500 g / 100 g = 135 balls of 100 g of snow. In the Comarca Lagunera they sell artisanal snow in a jug for a price of \$ 10.00 per snowball, which when multiplied by the 135 snowballs obtained would give a profitability of \$ 1,350.00 pesos, from this you subtract the initial investment: \$ 1,350.00 - \$ 864.9, you would obtain a profit of \$ 485.10 pesos. Concluding that selling 10 liters of goat milk to companies for \$10.00 would make a profit of \$100.00, but by adding value to the milk, such as making artisanal snow cones in a garrafa, a profit of \$485.10 would be obtained. Adding value to goat milk by making artisanal snow in a garrafa can increase profits for goat farmers.

**Key words:** flavor, fixed costs, inputs, investment

## INTRODUCCION

La caprinocultura tiene gran valor para el desarrollo económico nacional y social en poblaciones rurales. La producción de leche de cabra en la Comarca Lagunera en el año 2023 fue de 59,073 miles de litros con valor total de 474,754 pesos. La Comarca Lagunera se destaca por ser la región con mayor producción de leche de cabra a nivel nacional (SIAP, 2024). La leche de cabra contiene algunas propiedades nutricionales sobresalientes como las proteínas, vitaminas, hierro, zinc, agua y se le ha relacionado con una mejor digestibilidad, tiene menor porcentaje de lactosa, es de menor alergenicidad y contiene mayor porcentaje de minerales como el calcio en comparación con la leche bovina (Álvarez-Figueroa et al., 2022; Kumar et al., 2016; Bidot-Fernández, 2017). Sin embargo, en México no hay precio diferenciado para la leche de cabra como sucede en algunos países de Europa; en La Comarca Lagunera, los caprinocultores venden la leche principalmente a Chilchota y Coronado a \$13 pesos el litro (precio en julio de 2024), y son pocos los productores que elaboran quesos tipo panela, cajeta o dulces.

La leche de cabra por su valor nutrimental, se podría utilizar como materia prima importante para la innovación, desarrollo de nuevos productos y darle valor agregado a la leche (Rodríguez et al. 2019). Una opción para los caprinocultores es la elaboración de nieve artesanal en garrafa.

La nieve artesanal de garrafa se considera un dulce congelado. En general, la nieve se diferencia entre sí por la cantidad y calidad de leche y su contenido de grasa. Los nutrientes de la leche determinan el valor nutritivo de la nieve (Chacón-Villalobos et al., 2016). La nieve es un alimento de leche congelada, elaborada a partir de leche pasteurizada que se emulsiona por agitación para incorporarle aire y obtener homogenización y consistencia entre los ingredientes. La mezcla de la nieve la componen diversos ingredientes como leche, azúcar, agua, saborizantes, fruta de temporada, semillas comestibles, estabilizantes que mejora la textura y da dureza por la retención de agua y aire, y los emulsificantes para esparcir de manera uniforme los ingredientes y proporciona la retención de partículas no miscibles entre sí; esto puede representar como un postre innovador para todas las personas sin distinción de edades (Duran y Dias, 2006).

En la Comarca Lagunera, en el sector comercial caprino por parte de los productores existe poca variedad de productos lácteos, donde destaca, la leche cruda fluida, los quesos y la cajeta. La falta de diversificación de alimentos lácteos y el negocio, se adicionan problemas como los prejuicios sensoriales y culturales de los comensales (Corrales, 2005).

Esto genera poco desarrollo, poca rentabilidad y un estancamiento en los caprinocultores. Con la perspectiva de que los productores transforman la leche, es importante considerar la contabilidad financiera, lo anterior porque se lleva un registro de información cuantitativa, sistemática y estructurada de todas las operaciones de la empresa agropecuaria, así como de ciertos eventos económicos expresados en unidades monetarias (Torres-Hernández et al., 2012).

En la actualidad, el sector caprino nacional, ha sido el causal en investigaciones por parte de centros de investigación como el INIFAP (Isidro-Requejo et al. 2024) y universidades nacionales y regionales, orientados a dar valor agregado, caracterización y mejoramiento de

alimentos lácteos derivados de la leche de cabra, con el objetivo de incentivar a los caprinocultores. Asimismo, crear pequeños negocios familiar (Cabrera-Beltran et al., 2022). Los objetivos fijados para que una inversión sea rentable, que permitan comparar y seleccionar entre diferentes alternativas de inversión constan de un cálculo de valor inicial como el Valor Actual Neto, la Tasa Interna de Retorno, la Relación Beneficio/Costo, y el Plazo de recuperación de una inversión, esto dependerá de las condiciones tecnológicas, de mercado, políticas y sociales que imperen en el lugar donde se pretenda hacer la inversión (Aguirre, 1985). Por lo antes mencionado, el objetivo de esta investigación de estudio, es dar a conocer la metodología de la evaluación económica en la nieve artesanal de garrafa para determinar si el negocio familiar pudiera ser rentable.

### MATERIALES Y METODOS

La investigación se llevó a cabo en el ejido Juan Eugenio, municipio de Torreó, Coahuila, localizado entre las coordenadas 25°17'23"N y 103°30'02"O con altitud de 1,200 metros sobre el nivel del mar. Para la elaboración de la nieve se contó con la asistencia de 10 productores, quienes son independiente en la producción de la leche de cabra. Algunos productores elaboran quesos y otros venden su producción de leche a las empresas antes mencionadas.

#### Elaboración de nieve artesanal en garrafa

Los ingredientes para la elaboración de nieve artesanal en garrafa con leche de cabra fluida, se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Formulación para la elaboración de nieve de garrafa con leche de cabra sabor coco.

Ingredientes	Cantidades
Leche de cabra	10,000 mL
Azúcar	1600 gr o al gusto
Fécula de maíz sabor coco	470 g
Extracto de coco	100 mL
Extracto de vainilla	100 mL
Coco rallado	500 g
Cremola	10 g

La nieve de garrafa con leche de cabra se elaboró usando un cilindro de acero inoxidable (Figura 1) dentro de una barrica de madera (Figura 2). Se filtró la leche de cabra utilizando tela de magitel. Después, se pasteurizó la leche y posteriormente, se realizó la incorporación de todos los ingredientes (Figura 4). El cilindro se mantuvo girando por una hora hasta formarse la nieve (Figura 5).



**Figura 1.** Cilindro de acero inoxidable.



**Figura 2.** Barrica de madera.



**Figura 3.** Filtrar la leche 3 veces.



**Figura 4.** Mezcla de ingredientes



**Figura 5.** Nieve artesanal en garrafa sabor nuez.

### RESULTADOS Y DISCUSION

Se utilizaron 10 litros de leche de cabra con un costo de \$10.00 pesos por litro para la elaboración de la nieve artesanal en garrafa sabor coco. Los insumos se compraron en la tienda Frutas y Verduras el Sinaloense en la alianza de Torreón, Coahuila. En la Tabla 2 se muestran los insumos (materia prima) y los costos variables, cantidades específicas para la formulación de la nieve y los costos fijos.

**Tabla 2.** Costos de los insumos, cantidades utilizadas en la elaboración de la nieve y los Costos fijos.

Insumos	Costos variables (\$)	Cantidad comprada	Costos fijos (\$)	
Leche de cabra	10.00	10 lt	Gas	200.00
Extracto de vainilla	12.00	250 mL	Mano de obra	240.00
Extracto de coco	37.00	250 mL	Hielo	100.00
Azúcar	28.00	2 kg		
Fecúla de maíz sabor coco	12.40	470 g		
Cremola	38.50	100 g		
Coco rallado	65.00	1 kg		
Conos largos	67.00	100 piezas		
Sal de grano	5.00	10 kg		

En la Tabla 3 se muestra la información económica de la inversión inicial de los costos unitarios y fijos, y la inversión final del consumo de la materia prima durante la elaboración de la nieve artesanal en garrafa sabor coco con leche de cabra.

**Tabla 3.** Costos unitarios totales e inversión total de la nieve.

Ingredientes	Costo unitario (\$)	Cantidad usada	Inversión (\$)
Extracto de vainilla	12.00	100 mL	4.80
Extracto de coco	37.00	100 mL	14.80
Fécula de maíz	12.40	470 g	124.00
Azúcar	28.00	1600 g	44.80
Cremola	38.50	10 g	3.85
Coco rallado	65.00	500 g	32.50
Sal de grano	5.50	3 kg	16.50
Conos largos	67.00	100 piezas	67.00
<b>Total</b>	<b>314.90</b>	<b>Total</b>	<b>308.25</b>
Gasto fijo			
Leche de cabra	10.00	10 lt	100.00
Gas (10 kg)	200.00	5 kg	100.00
Mano de obra	240.00	Jornal de 4 h	120.00
Hielo	100.00	1/4 de barra	100.00
<b>Total</b>	<b>550.00</b>	<b>Total</b>	<b>420.00</b>

La inversión inicial de los ingredientes fue de \$ 314.90 más el gasto fijo invertido de \$ 550 dando un total en la primera inversión de \$ 864.9 pesos. Asimismo, el costo de inversión final de los ingredientes fue \$ 308.25 más el gasto fijo de \$ 420.00, dando el total de \$ 728.25, teniendo una diferencia de \$ 136.65 con respecto a la inversión inicial. Estos costos de inversión pueden variar dependiendo de la cantidad de leche a transformar y de los ingredientes como los extractos y fécula de maíz (dependiendo el sabor de la nieve), fruta de temporada o semilla a usar como materia prima.

#### **Cálculo para la rentabilidad de la nieve**

La nieve después de su elaboración se pesó dando una cantidad de 13.5 kilos. Posteriormente, se calculó la rentabilidad tomando una bola de nieve mediante una cuchara saca bolas de nieve pesando 100 g aproximadamente. El cálculo para la obtención de las bolas de nieve, se realizó dividiendo el peso total de la nieve entre el peso de la bola de nieve:  $\text{Peso total de la nieve} / \text{Peso de la bola de nieve} = 13500 \text{ g} / 100 \text{ g} = 135$  bolas de 100 g de nieve se obtuvieron (Figura 6).



**Figura 6.** Bola de 100 g de nieve artesanal en garrafa sabor coco.

En algunas neverías en la Comarca Lagunera venden nieve artesanal de garrafa con un precio \$ 10.00 por bola de nieve, que al multiplicarlo por las 135 bolitas de nieve obtenidas tendríamos una rentabilidad de \$ 1,350.00 pesos, a esto se lo restas la inversión inicial: \$

1,350.00 - \$ 864.9, se obtendría una ganancia de \$ 485.10 pesos. Asimismo, en otras tiendas de conveniencia las venden hasta \$ 15.00 pesos la bola de nieve. Sin embargo, al elaborar una segunda vez nieve artesanal de garrafa, se obtendría más ganancia porque se tiene materia prima en almacenamiento.

## CONCLUSIONES

Vender 10 litros de leche de cabra a las empresas por \$ 10.00, tendrías una ganancia \$ 100.00, pero al darle valor agregado a la leche como en la elaboración de nieve artesanal en garrafa se obtendría una ganancia de \$ 485.10. Dar valor agregado a la leche de cabra elaborando nieve artesanal en garrafa, puede incrementar las ganancias en los caprinocultores de la Comarca Lagunera y ser un negocio familiar rentable en función de los precios de venta.

## REFERENCIAS

- Aguirre, J.A. 1985. Introducción a la evaluación económica y financiera de inversiones agropecuarias: manual de instrucción programada. 1ª. Ed. 2ª reimprisión. Serie de libros y materiales educativos No. 46: IICA. San José Costa Rica.
- Álvarez-Figueroa, M.A., Pineda-Castro, M.L., Chacón-Villalobos, A. y Cubero-Castillo, E. 2022. Physicochemical and sensory characteristics of whole, skimmed and lactose-free goat and bovine milks. *Agronomía Mesoamericana*, 33(2). 47039.
- Bidot-Fernández, A. 2017. Composición, cualidades y beneficios de la leche de cabra: revisión bibliográfica. *Revista Producción Animal*, 29(2), 32–41.
- Cabrera-Beltran, L.J., Guerrero-C, M., Enriquez-P., J.M. Lescano-P., L.G. y López-M., S.G. 2022. Sustitución parcial de la leche bovina por caprina en la elaboración de helados cremosos. *Ciencia Latina. Revista Multidisciplinaria*, 6(5): 4033-4045.
- Chacón-Villalobos, A., Pineda-Castro, M.L. y Jiménez-Goebel, C. 2016. Características fisicoquímicas y sensoriales de helados de leche caprina y bovina con grasa vegetal. *Agronomía Mesoamericana*, 27(1): 19-36.
- Corrales, J. y A. Chacón. 2005. Estudio de opinión de consumidores sobre el queso fresco de cabra (*Capra hircus*) en Costa Rica. *Revista de Agronomía Tropical*, 35:39-49.
- Duran, R.F y Dias, M.M.F. 2006. Volvamos al Campo. Manual del Ingeniero de Alimentos. Tecnología de alimentos. Pp. 276-277.
- Isidro-Requejo, L.M., Pastor-López, F.J., Maldonado-Jáquez, J.A., Figueroa-Viramontes, U. y Salinas-Gonzalez, H. 2024. Microbiological quality of raw milk under a scheme of good milking and storage practices in a goat production system in the Lagunera Region, Mexico. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 36: 1–7.
- Kumar, H., Yadav, D., Kumar, N., Seth, R. y Kumar, A. 2016. Nutritional and nutraceutical properties of goat milk – A review. *Indian Journal of Dairy Science*, 69(5): 513–518.
- Rodríguez, J., Mejía, L. y Serna L. 2019. Evaluación calórica y sensorial de una mezcla para helado formulado con inulina como sustituto parcial de grasa. *Revista Actualidad & Divulgación Científica*. 22(2):1–7.
- Sistema de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2023. Anuario estadístico de la producción agropecuaria. [http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance\\_siap\\_gb/pecResumen.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecResumen.jsp)
- Torres-Hernández, D., Isidro-Requejo, L.M., Anaya-Salgado., A., Reyes-González, A. y Martínez-Rodríguez, L.G. 2018. Oportunidades económicas para los caprinocultores de la Región Lagunera. XXX Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. 984-988.

## IDENTIFICACIÓN DE BACTERIAS EN LECHE DE CABRA EN LA COMARCA LAGUNERA

Isidro-Requejo, L.M.<sup>1\*</sup>; Flores-Najera, M.J.<sup>1</sup>; Pastor-López, F.J.<sup>1</sup>; Anaya-Salgado, A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental La Laguna. Bulevar. José Santos Valdez N° 1200 Oeste., Matamoros Coahuila, México, CP 27087.

\*Autor de correspondencia: isidro.luis@inifap.gob.mx

### RESUMEN

La leche de cabra se puede contaminar durante la ordeña dentro del corral por factores como las heces fecales, tierra, moscas, sirre, pelos o por las mismas cabras, inclusive por el ordeñador. Sin embargo, el uso de una sala de ordeña minimizaría estos riesgos de contaminación. Por tal motivo, el objetivo de este estudio fue identificar los microorganismos en la leche de cabra cruda dentro del corral y usando sala de ordeña. Se tomaron muestras de las manos del ordeñador antes y al finalizar la ordeña, leche directa de la ubre, tina de recolección y de almacenamiento. En ambas ordeñas se obtuvieron un recuento mayor de Coliformes totales y fecales ordeñando dentro del corral con respecto la ordeña usando la sala de ordeña. Asimismo, el uso de la sala de ordeña minimizó el recuento de Coliformes. Aun así, se identificaron bacterias patógenas como *Salmonella paratyphi* y con mayor frecuencia *Escherichia coli*, bacterias que pueden causar enfermedades gastrointestinales. Asimismo, el uso de la sala de ordeña puede bajar los niveles de contaminación en la leche de cabra cruda durante la ordeña. Por tal motivo, se recomienda una implementación de las buenas prácticas de higiene para la obtención de la leche de cabra cruda y una adecuada rutina de ordeño con el fin de ofrecer una leche con mejor calidad nutrimental e inocua para la elaboración de alimentos derivados de la leche de cabra.

**Palabras claves:** coliformes, buenas prácticas de ordeño, calidad microbiológica

### ABSTRACT

Goat milk can be contaminated during milking inside the pen by factors such as feces, dirt, flies, sirre, hair or by the goats themselves, including the milker. However, the use of a milking parlor would minimize these contamination risks. For this reason, the objective of this study was to identify microorganisms in raw goat milk inside the pen and using the milking parlor. Samples were taken from the milker's hands before and at the end of milking, milk directly from the udder, collection and storage vat. In both milkings, a higher count of total and fecal Coliforms was obtained by milking inside the pen compared to milking using the milking parlor. Likewise, the use of the milking parlor minimized the Coliform count. Even so, pathogenic bacteria were identified such as *Salmonella paratyphi* and more frequently *Escherichia coli*, bacteria that can cause gastrointestinal diseases. Therefore, the use of the milking parlor can reduce contamination levels in raw goat milk during milking. For this reason, it is recommended to implement good hygiene practices to obtain raw goat milk and an adequate milking routine in order to offer milk with better nutritional and safe quality for the production of foods derived from goats goat milk

**Key words:** coliforms, good milking practices, microbiological quality

## INTRODUCCION

La leche para consumo humano según la Norma Oficial Mexicana NOM-121-SSA1-1994, se define como el producto proveniente de la secreción de las glándulas mamarias de las vacas sanas o de otras especies animales, sin calostro, que debe someterse a tratamiento térmico u otros procesos que garanticen su calidad nutricional e inocuidad. Una taza de leche de cabra contiene calcio, calorías, proteínas, minerales, carbohidratos, azúcares, agua y fibra. Todos estos componentes hacen que la leche sea un excelente alimento de alta calidad para consumo humano (Yelnetty et al., 2020).

Sin embargo, la leche de cabra se puede contaminar durante toda la cadena de ordeña desde las manos del ordeñador hasta las tinas de almacenamiento, venta, transporte y almacenamiento (Isidro et al., 2024). Esta leche puede ser un excelente cultivo para el crecimiento de microorganismos, lo que conduce a que se deteriore fácilmente (Melia et al., 2018). La leche y sus derivados lácteos, si se consumen sin pasteurizar, se tiene un riesgo zoonótico. Las principales bacterias patógenas asociadas son los coliformes totales y fecales, *E. coli*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella spp.*, y diferentes especies de *Brucella spp.* en la leche y sus derivados lácteos (Malik & Fatima 2020; Yadav et al., 2014).

La leche es un excelente medio de cultivo para los microorganismos, los cuales generalmente provienen del exterior. Las principales fuentes de contaminación de leche y productos lácteos se dan en el predio, animal (ubres, piel, heces), establo (moscas, aire, agua, forraje, paja, suelo, etc.) y utensilios (equipo de ordeño, baldes, tarros, filtros, enfriadora, etc), así como durante la recolección, el transporte, durante la recepción y el procesamiento industrial. Desde el momento en que sale de las ubres de los animales sanos, la leche contiene microorganismos que han entrado al canal de la ubre por el orificio de la misma y son arrastrados mecánicamente, desde ese momento hasta que se vierte en los recipientes, cualquier manipulación y objeto con el que entre en contacto, es una posible fuente de contaminación (Fálder, 2003; Magariños, 2000).

Estos peligros se pueden minimizar mediante el uso de salas de ordeña para prevenir la contaminación durante la ordeña para la obtención de leche más inocua y con mejor calidad microbiológica antes de venderla a las empresas o productores que elaboran productos lácteos. Una producción de leche de cabra debe respaldarse por una buena calidad nutrimental (Isidro et al., 2024). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue identificar los microorganismos en la leche de cabra cruda.

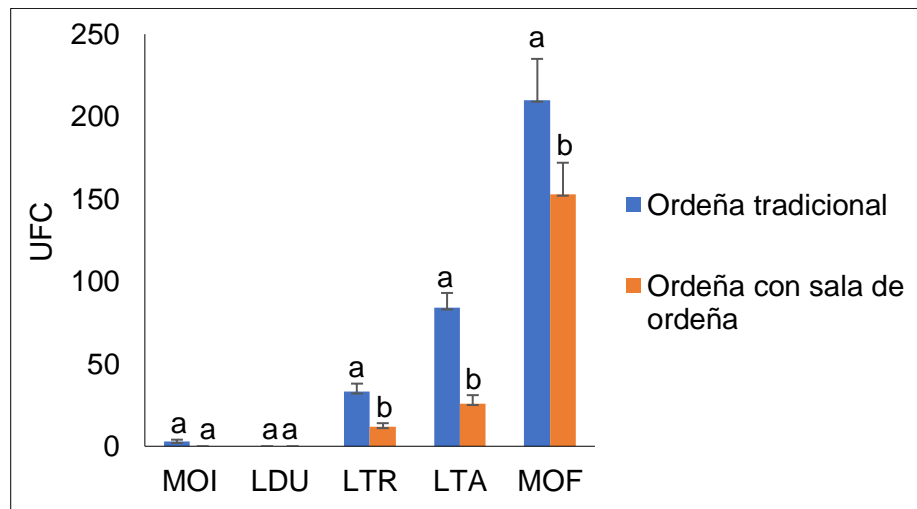
## MATERIALES Y METODOS

El análisis microbiológico para Coliformes totales e identificación de bacterias se determinó con base a la NOM-243-SSA1-2010 con algunas modificaciones. La investigación se llevó en dos hatos lechero, uno con ordeña tradicional (dentro del corral), y el segundo con sala de ordeña. Se muestrearon las manos del ordeñador antes de iniciar (MOI) la ordeña y al finalizar la ordeña (MOF), la ubre de la cabra (UC) y se recolectaron 100 mL leche directa de la ubre (LDU), leche de tina de recolección (LTR) y de almacenamiento (LTA). Posteriormente, se llevaron al laboratorio de Inocuidad Alimentaria y Valor Agregado en el INIFAP-Campo Experimental La Laguna, Matamoros; Coahuila, para su respectivo análisis. Los análisis se hicieron por triplicado. El análisis estadístico se realizó con un diseño completamente al azar y los datos obtenidos se analizaron mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey para diferencias entre tratamientos utilizando el software Infostat versión 2010. Los resultados se expresaron como valores medios  $\pm$  DE y el nivel de significación fue  $p < 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSION

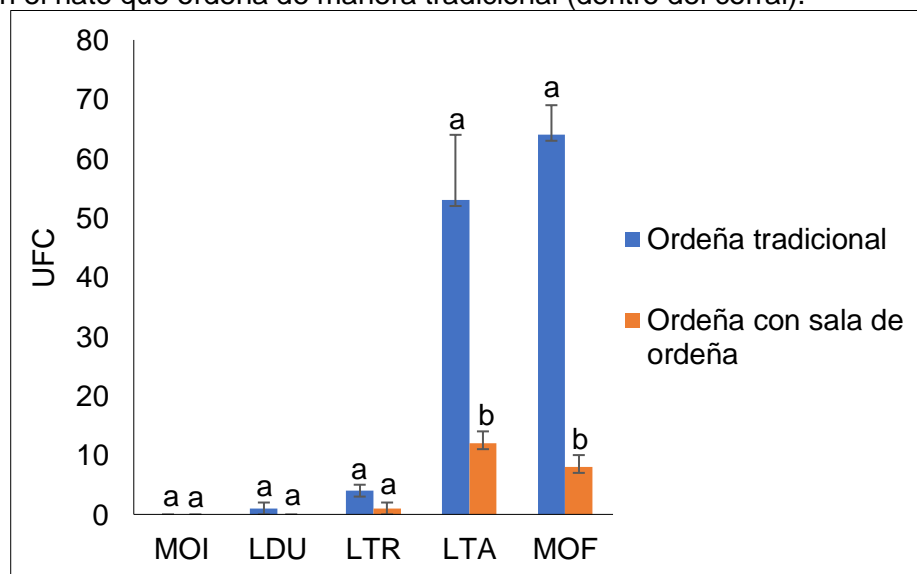
Los resultados del análisis microbiológico se muestran en el Figura 1, en donde se observan que, las muestras de MOI y LDU no hay diferencia significativa ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, existe una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en las muestras LTR, LTA y MOF, teniendo mayor

recuento de Unidades formadoras de Colonias por mililitro (UFC/mL) de Coliformes totales en el hato que ordeña de manera tradicional (dentro del corral).



**Figura 1.** Recuento de Coliformes totales durante la ordeña manual dentro del corral.

Los resultados de los Coliformes fecales se muestran en la Figura 2, donde se observan que, en las muestras MOI, LDU y LTR no hay diferencia significativa ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, existe una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre las muestras LTA y MOF, siendo el de mayor de UFC/mL en el hato que ordeña de manera tradicional (dentro del corral).



**Figura 2.** Recuento de Coliformes fecales durante la ordeña usando sala de ordeña.

En la Tabla 1 se observan las bacterias identificadas en las manos del ordeñador y en las diferentes muestras de leche de cabra.

**Tabla1.** Identificación de bacterias en las diferentes muestras durante la ordeña dentro del corral y ordeña usando sala de ordeña.



Tipo de muestras	Ordeña dentro del corral	Ordeña usando sala de ordeña
Manos del ordeñador inicial	<i>Klebsiella</i> spp.	Ausente
Leche directa de la ubre	Ausente	Asusente
Leche de tina de recolección	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>
Leche de tina de almacenamiento	<i>E. coli</i>	<i>Klebsiella</i> spp.
Manos del ordeñador final	<i>E. coli</i> y <i>Salmonella paratyphi</i>	<i>E. coli</i>

Con base a estos resultados, la leche cruda de buena calidad microbiológica se debe en parte, al uso de la sala de ordeña al disminuir los Coliformes totales y fecales como se pueden observar los resultados. Durante el uso de la sala de ordeña, las cabras se inmovilizan y se mejora la ordeña, evitándose que los animales metan la cabeza en la tina de recolección de leche, que le caiga a la leche sirre, tierra y pelos y tenga un olor desagradable (Maldonado et al., 2011). La norma menciona que la leche fluida debe de tener como límite permisible de Coliformes de  $\leq 20$  UFC/mL. Por otro lado, la norma no menciona la detección de Coliformes fecales. Asimismo, se identificaron diferentes bacterias patógenas como *E. coli* (heces fecales) en las muestras de LTR, LTA y MOF y *Salmonella paratyphi* en esta última muestra, estas últimas bacterias pueden provocar enfermedades gastrointestinales. Suguna et al. (2012) y Andriani & Suwito et al. (2018) identificaron bacterias patógenas como, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus* spp., *Bacillus cereus*, *E. coli* y *Salmonella* spp. estas dos últimas bacterias identificadas también en esta investigación en la leche de cabra cruda. Los resultados para *Brucella melitensis* fue negativo en todas las muestras.

### CONCLUSIONES

El proceso de obtención de la leche en el corral no cumple con la normativa sanitaria por lo que estas fuentes deben establecerse como puntos críticos para evitar la contaminación de la leche con agentes patógenos de interés sanitario.

Ordeñar dentro del corral, representa un gran peligro de contaminación durante la obtención de la leche cruda. Por otro lado, el ordeñador puede ocasionar una contaminación cruzada durante la ordeña. El uso de la sala de ordeña puede ser una metodología más higiénica para la obtención de la leche de cabra con el fin de ofrecer una leche cruda más inocua para la elaboración de alimentos lácteos. Asimismo, se recomienda la implementación de buenas prácticas de higiene durante la ordeña y una adecuada rutina de ordeño.

## REFERENCIAS

- Andriani, and Suwito, W. 2018. The prevalence of pathogenic bacteria and antimicrobial resistance in milk of Ettawa Grade goat. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*. 43(2): 140-148.
- Isidro-Requejo, L.M., Pastor-López, F.J., Maldonado-Jáquez, J.A., Figueroa-Viramontes, U. and Salinas-Gonzalez, H. 2024. Microbiological quality of raw milk under a scheme of good milking and storage practices in a goat production system in the Lagunera Region, Mexico. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 36: 1-7.
- Magariños, H. 2000. Producción higiénica de la leche cruda. Una guía para la pequeña y mediana empresa. Ed. Producción y Servicios Incorporados S. A. Mixco (Guatemala). p.5-10.
- Maldonado, J. J. A., Isidro, R. L. M., Salinas, G. H. and Pastor, L. F. J. 2011 Manejo del rebaño caprino para la obtención de leche de calidad e inocua. Centro de Investigaciones Regional Centro Norte. Campo Experimental La Laguna. Publicación especial No. 1, 43 pp. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xm-lui/bitstream/handle/123456789/3456/3724%20Manejo%20del%20reba%C3%B1o%20caprino%20para%20obtener%20leche%20de%20calidad%20e%20inocua.pdf?sequence=1>.
- Malik, T. and Fatima, U. 2020. Detection and analysis of pathogenic bacteria from raw and pasteurized milk. *Open Access Journal of Complementary & Alternative Medicine*. 3(1): 275-281.
- Melia, S., Yuherman, Ferawati, Jaswandi, Purwanto, H. and Purwati, E. 2018. Nutrition quality and microbial content of Buffalo, Cow, and Goat milk from West Sumatera. *Scientific Journal of ICARD*. 23(3): 150-157
- Norma Oficial Mexicana NOM-121-SSA1-1994. Bienes y servicios. Quesos: frescos, madurados y procesados. Especificaciones sanitarias.
- Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
- Rivero, A. F. 2003. Enciclopedia de los Alimentos. Leche y productos lácteos distribuidos y consumo. *Docotor Ingeniero Agrónomo y Economista*. Pp. 117-133.
- Suguna, M., R. Bhat and W.A. Wan Nadiah. 2012. Microbial quality evaluation of goat milk collected from small-scale dairy farms in Penang Island, Malaysia. *International Food Research Journal*. 19(3): 1241-1245.
- Yadav, J., Paul, S., Kiran, J. P., Kumar, Y., Kumar, A., Singh, Masih, F. and Masih, H. 2014. Comparative evaluation of pathogenic bacterial incidence in raw and pasteurized milk. *International Journal of Engineering Science Invention*. 3(5): 11-20.
- Yelnetty, A., Purwadi, and Ekawati, T. T. 2020. Indigenous Lactic Acid Bacteria Isolated from Spontaneously Fermented Goat Milk as Potential Probiotics. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 23(7): 883-890.

## ENGORDA INTENSIVA DE CORDEROS BAJO UN ESQUEMA DE ALIMENTACIÓN RESTRINGIDA

Maldonado-Jáquez J.A.<sup>1\*</sup>; Granados-Rivera L.D.<sup>2</sup>; Garay-Martínez J.R.<sup>3</sup>; Rodríguez-Hernández K.<sup>1</sup>; Sánchez-Duarte, J.I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.E. La Laguna, Matamoros, Coahuila. C.P. 27440

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.E. General Terán, Nuevo León. C.P. 67400

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.E. Huastecas, Tamaulipas. C.P. 89610.

\*[maldonado.jorge@inifap.gob.mx](mailto:maldonado.jorge@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El objetivo fue evaluar el comportamiento productivo de corderos Dorper en finalización usando un alimento integral ofrecido de manera restringida, bajo condiciones de alimentación intensivas en la Comarca Lagunera, en el norte de México. Se utilizaron 14 corderos Dorper de 45 días de edad y  $19.5 \pm 1.78$  kg de peso vivo (PV) asignados a dos grupos homogéneos. El grupo DT (Dieta Tradicional; n=7) se alimentó con una dieta compuesta por ensilado de maíz (75%) y una mezcla de forrajes henificados (25%). El grupo DIR (Dieta Integral Restringida; n=7) se alimentó con una dieta balanceada. Se evaluó consumo de materia seca (CMS), peso vivo final (PVF) y ganancia diaria de peso (GDP), además, se determinó el costo diario de ambas dietas y el costo total de la engorda por cordero. Se encontraron diferencias en todas las variables consideradas ( $p < 0.05$ ). CMS, GDP, PVF y costo diario por cordero fueron mayores en el grupo DIR, mientras que para el grupo DT, los mayores valores se encontraron en duración y costo total de la engorda. Se concluye que la utilización de una dieta integral restringida para la finalización de corderos es una mejor opción respecto de la dieta tradicional basada en ensilado y forrajes, con menores tiempos de engorda y costo económico.

**Palabras clave:** Finalización, ovinos, pequeños rumiantes, zonas áridas

### ABSTRACT

The aim was to evaluate the productive behavior of finishing Dorper lambs using a total mixed ration feed offered in a restricted manner, under intensive conditions in the Comarca Lagunera, in northern Mexico. Fourteen Dorper lambs 45 days old and  $19.5 \pm 1.78$  kg live weight (LW) were used. The DT group (Traditional Diet; n=7) was fed a diet composed of corn silage (75%) and a mixture of hay forages (25%). The DIR group (Restricted Total Mixed Ration Diet; n=7) was fed a balanced diet. Dry matter intake (DMI), final live weight (FWW) and daily weight gain (GDP) were evaluated; in addition, the daily cost of both diets and the total cost for fattening per lamb were determined. Differences were found in all the variables considered ( $p < 0.05$ ). DMI, GDP, PVF and daily cost per lamb were higher in the DIR group, while for the DT group, the highest values were found in length and total cost of fattening. It is concluded that the use of a restricted integral diet for finishing lambs is a better option

compared to the traditional diet based on silage and forage, with shorter fattening times and economic cost.

**Key words:** finishing, sheep, small ruminants, arid zones.

## INTRODUCCION

El principal objetivo de la ganadería es satisfacer las necesidades de nutricionales de la población humana, a través de la producción de alimenticios de alto valor biológico y nutricional como carne y leche. Para poder lograr lo anterior, esta actividad depende en gran medida, de su capacidad de adaptación a entornos económicos globalizados y a un escenario de cambio climático severo, para poder asegurar su éxito (Joy *et al.*, 2009; Ojango *et al.*, 2016). Bajo estas condiciones globales, la ovinocultura en México ha encontrado un área de oportunidad, ya que es una de las actividades pecuarias con mayor rentabilidad (Pérez-Hernández *et al.*, 2009). Este éxito se atribuye, entre otros factores, a una intensificación de la producción. No obstante, bajo este sistema, la alimentación es el componente que mayor impacto tiene sobre los costos de producción (Bosa *et al.*, 2012). Es por esto que el diseño de esquemas de alimentación que promuevan una mayor eficiencia alimenticia, se considera una estrategia que permite incrementar la rentabilidad, disminuir el impacto ambiental y promover seguridad alimentaria para la población (Garg *et al.* 2013; Makkar, 2016).

En este sentido, la alimentación bajo condiciones intensivas, en donde se utilicen dietas basadas en concentrados, permite alcanzar altos niveles de eficiencia técnico-económica, ya que optimiza la tasa de crecimiento, se alcanzan elevadas ganancias de peso, mayor rendimiento en canal y una notable reducción del tiempo de engorda, lo que deriva en productos homogéneos y de alta calidad (Yildirim *et al.*, 2013; Joy *et al.*, 2009).

Basado en lo anterior, y con el fin de disminuir costos de producción, se puede recurrir a los esquemas de alimentación restringida, en los cuales se ofrecen dietas altas en energía en cantidades restringidas de materia seca (Loerch, 1990). Este tipo de alimentación, en un inicio se diseñó para la engorda de bovinos, y la restricción se basa en el porcentaje del peso vivo del animal, que puede ser desde 1.5% hasta 2.65% (Zanton & Heinrichs, 2008; Lawrence *et al.*, 2016; Manthey & Anderson, 2018). Al respecto, existen antecedentes en donde se ha evaluado una combinación del uso de un alimento integral con un esquema de alimentación restringida en la finalización de corderos y han encontrado resultados favorables (Rodríguez-Hernández *et al.*, 2019). Basados en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento productivo de corderos Dorper en finalización usando un alimento integral ofrecido de manera restringida, bajo condiciones intensivas en la Comarca Lagunera, en el norte de México.

## MATERIALES Y METODOS

El manejo de los animales empleados en este estudio estuvo estrictamente apegado a los lineamientos aceptados para el uso ético, cuidado y bienestar de los animales utilizados en investigación Internacional de acuerdo a la Federation of Animal Science Societies (FASS, 2010), National Academy of Medicine (NAM, 2002).

El estudio se realizó entre los meses de marzo y junio en la posta zootécnica de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas- Universidad Autónoma Chapingo, en Bermejillo, Mapimi, Durango, en la Comarca Lagunera, a 1119 msnm, con clima tipo BWhw, precipitación media anual de 200 mm y temperatura promedio de 21°C.

Se utilizaron 14 corderos Dorper de 45 días de edad y  $19.5 \pm 1.78$  kg de peso vivo (PV) que se asignaron a dos grupos homogéneos manejados bajo condiciones de alimentación intensivas. El grupo DT (Dieta Tradicional; n=7) se alimentó con una dieta compuesta por ensilado de maíz (75%) y una mezcla de forrajes henificados (25%). El grupo DIR (Dieta Integral Restringida; n=7) se alimentó con una dieta balanceada (Cuadro 1).

Los animales se alojaron en corraletas individuales provistas de sombra, comederos y bebederos con libre acceso a agua fresca y limpia. La alimentación se realizó dos veces por día (7:00 y 18:00 h) en ambos grupos. La cantidad inicial de la DT fue determinada imitando el manejo alimenticio del productor. Así mismo, la cantidad inicial de la dieta integral ofrecida para el grupo DIR, se estableció al 75% de las recomendaciones del NRC (1985) para corderos destetados en forma temprana. Así mismo, la cantidad de alimento se ajustó cuando el rechazo fue menor al 10%. Este dato se registró diariamente durante el periodo experimental.

Las variables productivas evaluadas fueron: consumo de materia seca (CMS), peso vivo final (PVF) y ganancia diaria de peso (GDP). Además, se determinó el costo diario de ambas dietas y el costo total de la engorda por cordero.

El análisis estadístico fue a través de un ANOVA utilizando el paquete Infostat. La prueba de Tukey se utilizó para la comparación de medias.

**Cuadro 1.** Composición de ingredientes y nutricional de las dietas utilizadas para la alimentación de corderos Dorper en finalización

Variable <sup>(1)</sup>	Dieta tradicional	Alimento integral
Ingrediente		
Ensilado de maíz	75,0	-
Heno de alfalfa	15,0	32,0
Heno de avena	7,0	-
Heno de triticale	3,0	-
Rastrojo de maíz	-	8,0
Grano de maíz	-	17,1
Grano de sorgo	-	17,1
Salvado de trigo	-	9,0
Pasta de soya	-	9,0
Urea	-	1,2
Melaza	-	4,8
Premezcla mineral <sup>(2)</sup>	-	1,8
Nutriente		
MS, %	61,92	93,34

PB	14,13	20,18
FND	55,44	32,77
FAD	36,77	19,28
NTD	60,78	76,30
EN <sub>m</sub> , MJ kg <sup>-1</sup> MS	5,90	8,12
EN <sub>g</sub> , MJ kg <sup>-1</sup> MS	3,43	5,40

(1) Expresado en porcentaje de la materia seca (MS) a menos de que se indique diferente; PB = proteína bruta; FND = fibra neutro detergente; FAD = fibra ácido detergente; NTD = nutrientes totales digestibles; EN<sub>m</sub> = energía neta de mantenimiento; EN<sub>g</sub> = energía neta de ganancia. (2) Premezcla mineral OVI3ways, grupo BIOTECAP.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 2, se presentan los resultados para CMS, PVF y GDP. El CMS promedio de los corderos alimentados con la DIR correspondió al 2.32%, mientras que, para el grupo DT, solo correspondió al 2.10%. En este sentido, la recomendación de consumo de materia seca para corderos destetados en forma temprana y en crecimiento es de 5% del PV (NRC, 1985). No obstante, aunque el volumen de la dieta ofrecida a los corderos en finalización fue mayor, el CMS fue menor, incluso al grupo DIR. Esto sugiere que el manejo tradicional que brinda el productor a pesar de ofrecer una volumen de alimento mayor en la dieta, no asegura que los corderos consuman una cantidad suficiente de materia seca, lo cual se ve reflejado en el comportamiento productivo.

Por otra parte, los corderos del grupo DIR, a pesar de recibir la dieta restringida, tuvieron mayores ganancias de peso. Estas GDP se encuentran dentro del rango recomendado por el NRC (1985) para corderos de 20 a 40 kg de peso vivo (300-400 g d<sup>-1</sup>). Al respecto, en vaquillas Holstein bajo sistemas de alimentación restringida, se ha observado un comportamiento similar al observado en el presente estudio, en el que las ganancias de peso se encuentran dentro del rango óptimo recomendado (Anderson et al., 2018).

**Cuadro 2.** Comportamiento productivo y costo económico de la finalización de corderos Dorper bajo un esquema de alimentación restringida.

Variable	Dieta Tradicional	Dieta Integral Restringida	EEM
Ganancia diaria de peso (kg d <sup>-1</sup> )	0.131 <sup>b</sup>	0.335 <sup>a</sup>	0.02
Consumo de materia seca (kg d <sup>-1</sup> )	0.579 <sup>b</sup>	0.780 <sup>a</sup>	0.05
Peso vivo Final (kg)	27.51 <sup>b</sup>	35.5 <sup>a</sup>	0.70
Duración de la engorda (d)	210 <sup>a</sup>	95 <sup>b</sup>	0.03
Costo diario por cordero (\$)	\$2.15 MXN <sup>b</sup>	\$4.13 MXN <sup>a</sup>	-
Costo total engorda (\$)	\$451.50 MXN <sup>a</sup>	\$392.35 <sup>b</sup>	0.06

<sup>ab</sup>literales diferentes indican significancia estadística (p<0.05); EEM= error estándar de la media.

Respecto de la duración de la engorda, la respuesta coincide con otros reportes (Maldonado-Jáquez et al., 2018), y donde el menor CMS de una dieta de menor calidad nutricional prolonga la duración de esta fase de finalización, lo cual podría ocasionar problemas en el valor comercial de los animales (Gallo et al., 2019).

Por último, respecto del costo de la dieta y el costo total, se observa que la dieta tradicional es más económica, no obstante, la duración del periodo de engorda prácticamente se duplica, lo que ocasiona que este “beneficio” se diluya en el tiempo y, por lo tanto, el costo final de engorda por cordero es menor con la DIR respecto de la DT, con ahorros del orden de \$59.15 MXN por cordero, lo cual coincide con lo reportado por Maldonado-Jáquez et al., 2018.

### CONCLUSIONES

Se concluye que la utilización de una dieta integral restringida para la finalización de corderos es una mejor opción respecto de la dieta tradicional basada en ensilado y forrajes, con menores tiempos de engorda y costo económico.

Por otra parte, el uso de ensilado de maíz como ingrediente principal de la dieta de corderos (>75% de inclusión) puede afectar negativamente el desempeño productivo de los corderos. Por lo tanto, se recomienda utilizar fuentes alternas de proteína con menor contenido de fibra, para disminuir el efecto de llenado del rumen en este tipo de dietas.

### REFERENCIAS

- Bosa, R.; Faturi, C.; Rodrigues-Vascelos, H.G.; Moraes-Cardoso, A.; Oliveira-Ramos, A.F. 2012. Intake and apparent digestibility with different inclusion levels of coconut meal for sheep feeding. *Acta Sci.* 34:57-62.
- Gallo SB, Brochado T, Brandi RA, Bueno IC, PAssareli D, Birgel DB, Birgel EH. (2019) Implications of low fiber levels in finishing lambs on performance, health, rumen, and carcass parameters. *Tropical Animal Health and Production.* 51: 767-773.
- Garg, M.R.; Sherasia, P.L.; Bhandari, B.M.; Phondba, B.T.; Shelke, S.K.K.; Makkar, H.P.S. 2013. Effects of feeding nutritionally balanced rations on animal productivity, feed conversion efficiency, feed nitrogen use efficiency, rumen microbial protein supply, parasitic load, immunity and enteric methane emissions of milking animals under field conditions. *Anim. Feed Sci. Technol.* 179:24-35.
- Joy, M., Álvarez-Rodríguez, J., Sanz, A., Ripoll, G., Ferrer, J., Congost, S., Revilla, R. (2009). Utilización de recursos forrajeros en el cebo de corderos. 34 Congreso Nacional de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC). Barbastro, España. 16-19 de septiembre del 2009.
- Loerch SC. 1990. Effects of feeding growing cattle high-concentrate diets at a restricted intake on feedlot performance. *Journal of Animal Science.* 68:3086-3095.
- Macedo, R., Ríos, J.L., Carmona, M.A., Bayardo-Parra, R., Izquierdo, C.E. (2007). Heredabilidad y comportamiento productivo predestete de cuatro líneas paternas de corderos Pelibuey en Colima, México. *Revista de Ciencia, Biodiversidad y Tecnología Agropecuaria AGROPECUS.* 1(7):97-103.
- Makkar, H.P.S. 2016. Smart livestock feeding strategies for harvesting triple gain – the desired outcomes in planet, people and profit dimensions: a developing country perspective. *Anim. Prod. Sci.* 56:519-534.
- Maldonado-Jáquez JA, Granados-Rivera LD, Domínguez-Martínez PA, Sánchez-Duarte JI, Rodríguez-Hernández K, Argüelles-Verdugo EA. (2018). Finalización de corderos utilizando una dieta integral. Folleto Técnico # 36. INIFAP- Campo Experimental La Laguna. ISBN: 978-607-37-0987-3.

- Manthey AK, Anderson JL. 2018. Growth performance, rumen fermentation, nutrient utilization, and metabolic profile of dairy heifer's limit-fed distillers dried grains with ad libitum forage. *Journal of Dairy Science*. 101:365-375.
- Ojango, M.K., Easike, C.B., Enahoro, D.K., Okeyo, A.M. (2016). Dairy production systems and the adoption of genetic and breeding technologies in Tanzania, Kenia, India and Nicaragua. *Animal Genetic Resources*. 59:81-95
- Pérez-Hernández, P., Hernández-Valdez, V.M., Figueroa-Sandoval, B., Torres-Hernández, G., Días-Rivera, P., Gallegos-Sánchez, J. (2009). Efecto del tipo de amamantamiento en la actividad ovárica postparto de ovejas Pelibuey y tasas de crecimiento de corderos en los primeros 90 días de edad. *Revista Científica, FCV-LUZ*. 19(4):343-349.
- Rodríguez-Hernández K, Maldonado-Jáquez J.A., Granados-Rivera L.D., Sánchez-Duarte J.I., Domínguez-Martínez P.A., Torres-Hernández G., Argüelles-Verdugo E.A. (2019). Finishing lambs using an integral feed under a restricted-feeding program in an intensive production system in Northern Mexico. *Austral Journal of Veterinary Science*. 51: 105-111.
- Yildirim, A., Ulutas, Z., Ocak, N., Kaptan, M. (2013). Effects of birth weight on feeding system on fattening performance and feeding behavior of Karayaka male lambs. *Italian Journal of Animal Science*. 12-e89: 546-550.
- Zanton GI, Heinrichs AJ. 2008. Rumen digestion and nutritional efficiency of dairy heifers' limited a high forage ratio to four levels of dry matter intake. *Journal of Dairy Science*. 91:3579-3588.



## ¿ES ECONÓMICAMENTE VIABLE EL USO DE UN ALIMENTO INTEGRAL COMO COMPLEMENTO DE MANERA CONTINUA EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE CABRAS LOCALES?

Maldonado-Jáquez J.A.<sup>1\*</sup>; Torres-Hernández G.<sup>2</sup>; Santana-Espinoza S.<sup>1</sup>; Jiménez-Penago G.<sup>2</sup>; Sánchez-Gutiérrez R.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.E. La Laguna, Matamoros, Coahuila. C.P. 27440

<sup>2</sup>Colegio de Postgraduados- Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México. C.P. 56230

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.E. Zacatecas, Calera, Zacatecas. C.P. 98500

\*[maldonado.jorge@inifap.gob.mx](mailto:maldonado.jorge@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El objetivo fue evaluar la viabilidad económica de incorporar un alimento integral como complemento de manera continua, a partir del último tercio de gestación y durante toda la lactación, en cabras locales en pastoreo en el norte de México. Se utilizaron 24 cabras locales asignadas a dos grupos homogéneos. El grupo testigo (GT; n=12), se alimentó solo en pastoreo. El grupo complementado (GC; n=12), recibió una complementación alimenticia a razón del 1.5% del peso vivo (PV) del animal, 45 días previos al parto y durante toda la lactancia (~ 210 días). Se midió producción de leche promedio por animal (PLP), duración de la lactancia [días en producción (DPL)], producción de leche por etapa de lactancia [temprana (PLLT (1-70 DPL)), media (PLLM (71-140 DPL)) y tardía (PLTR (141-210 DPL))], producción de leche total por lactancia (PLTL), peso vivo final (PVF) y condición corporal final (CCF). La información para el análisis de viabilidad económica consideró los costos de la complementación diaria, mano de obra para el manejo y cuidado de los animales y el precio de venta de leche para la estimación de ingresos. El mejor nivel productivo y los mayores ingresos ( $p < 0.05$ ) se encontraron en el grupo complementado en todas las variables consideradas, excepto en PVF donde no se observó diferencia ( $p > 0.05$ ) entre grupos. Se concluye que una complementación alimenticia continua es positiva en todos los parámetros productivos y es económicamente viable para incrementar los ingresos por venta de leche.

**Palabras clave:** caprinos, nutrición, pequeños productores, zonas áridas.

### ABSTRACT

The aim was to evaluate the economic feasibility of incorporating an integral feed as a supplement on a continuous basis, starting in the last third of gestation and throughout lactation, in local goats grazing in northern Mexico. Twenty-four local goats were assigned to two homogeneous groups in live weight (BW), body condition, number of births and 104 days of gestation. The control group (GT; n=12), was fed only on grazing. The supplemented group (CG; n=12), received feed supplementation at a rate of 1.5% of the animal's live weight (BW), 45 days prior to kidding and throughout lactation (~ 210 days). Average milk production per animal (PLP), lactation duration [days in production (DPL)], milk production per lactation stage [early (PLLT (1-70 DPL)), mid (PLLM (71-140 DPL)) and late (PLTR (141-210 DPL))], total milk production per lactation (PLTL), final live weight (FWL) and final body condition (FBC) were measured. The information for the economic feasibility analysis considered the costs of daily supplementation, labor for handling and care of the animals, and the milk sales price for income

estimation. The best productive level and the highest income ( $p < 0.05$ ) were found in the supplemented group in all the variables considered, except in FVP where no difference ( $p > 0.05$ ) was observed between groups. It's concluded that continuous feed supplementation is positive in all production parameters and is economically viable to increase milk sales income.

**Key words:** goats, nutrition, small producers, arid zones.

## INTRODUCCION

A nivel mundial, se ha reportado una población caprina superior a los 1000 millones de cabezas, donde países de Asia y África destacan por poseer los mayores inventarios. Por su parte, México se ubica en el lugar 13° a nivel mundial y 2° en América, solo por debajo de Brasil, con una población del orden de las 8.8 millones de cabezas (Getaneh et al., 2023; ICAMEX, 2023).

La cría de cabras en países en vías de desarrollo, se asocia a comunidades rurales marginadas, bajo este tenor, este argumento es válido en México, pues los mayores inventarios se observan en estados como Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí, Coahuila, Guerrero, Durango y Zacatecas. No obstante, la mayor productividad (leche y cabrito) se tiene en el norte, con cerca del 45% de la producción nacional de leche total, y donde los estados de Coahuila y Durango son los líderes de manera indiscutible. Además, una característica que hace aún más impresionante la productividad de esta región, es que se desarrollan bajo un esquema de pastoreo extensivo de vegetación nativa (SIAP, 2022). Sin embargo, mientras no se tenga una visión empresarial, difícilmente la actividad caprina prosperará como empresa agropecuaria (Maldonado et al., 2015) y seguirá siendo sólo una actividad de subsistencia.

Así mismo, ante las condiciones de competitividad global, los productores deben hacer eficientes y eficaces los esquemas productivos tradicionales. Por ello, es fundamental incorporar mejoras prácticas, económicas y accesibles en puntos clave de la cadena productiva (García-Díaz et al., 2012; Arenas-Báez et al., 2023). Además, es evidente la necesidad de un desarrollo sostenible en estos sistemas de producción, pues demanda metodologías que incluyan la evaluación económica y sus implicaciones técnicas. Sin embargo, existe poca información sobre la viabilidad económica y rentabilidad de estas estrategias en los sistemas de pequeños productores (Ayalew et al., 2003; Alex et al., 2013). Por lo tanto, el objetivo fue evaluar la viabilidad económica de incorporar un alimento integral como complemento continuo, a partir del último tercio de gestación y durante toda la lactación, en cabras locales en pastoreo en el norte de México.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en un rebaño comercial ubicado la Comarca Lagunera, particularmente, en el ejido Zaragoza, en Viesca, Coahuila, en donde se tiene un clima seco o desértico, semicálido con invierno fresco, con una precipitación pluvial y temperatura media anual de 240 mm y 25 °C, respectivamente.

Se utilizaron 24 cabras locales homogéneas en peso vivo (PV), condición corporal (CC), número de partos y 104 días de gestación. Las cabras se asignaron a dos tratamientos: grupo testigo (GT;  $n=12$ ), alimentado solo en pastoreo y sin ningún tipo de complementación alimenticia. El grupo complementado (GC;  $n=12$ ), recibió una complementación alimenticia basada en un alimento integral (Maldonado-Jáquez et al., 2017), a razón del 1.5% del peso

vivo (PV) del animal, 45 días previos al parto y durante toda la lactancia (~ 210 días). Todos los animales pastorearon durante ~9 h d<sup>-1</sup>, con dos ofrecimientos de agua y por la tarde-noche regresaron a corrales de descanso en donde tuvieron acceso a agua limpia y fresca.

El grupo GC recibió el complemento separado del resto del rebaño al regreso de la ruta de pastoreo a las 18:00 h, con la finalidad de evitar un efecto de sustitución sobre el consumo de forraje en la ruta de pastoreo, y hasta que el animal consumió el total ofrecido.

Después del parto, se midió producción de leche promedio por animal (PLP), duración de la lactancia [días en producción (DPL)], producción de leche por etapa de lactancia [temprana (PLLT (1-70 DPL)), media (PLLM (71-140 DPL)) y tardía (PLTR (141-210 DPL))], total por lactancia (PLTL), peso vivo final (PVF) y condición corporal final (CCF). La información para el análisis de viabilidad económica consideró los costos de la complementación diaria, mano de obra para el manejo y cuidado de los animales y el precio de venta de diaria de leche.

#### Cuadro 1. Desglose de costos de operación y precios de venta de leche y cabritos.

Concepto	Monto (MXN)
Mano de obra	\$248.93*
Costo de complementación diaria	\$2.65**
Precio/litro de leche	\$10.00**

\*= Salario mínimo diario 2024; \*\*Costo del alimentado y precio de la leche actualizado a mayo de 2024.

Se realizó una estimación de ingresos aplicando la metodología de la Asociación Americana de Economía Agrícola, la cual se adaptó para el análisis de acuerdo al tratamiento aplicado a cada grupo de animales. Este análisis de viabilidad se apoyó en un enfoque de economía campesina, ya que existen bienes que, aunque tienen valor en la producción no poseen un valor basado en el dinero, como el caso de pastos, agua, abono y autoconsumo, los cuales son bienes que no se compran ni se venden, pero tienen un rol benéfico para el productor (Vargas-Canales *et al.*, 2015). Los ingresos se calcularon de acuerdo a la metodología señalada por Barrera-Perales *et al.*, 2018.

El análisis estadístico se realizó con el paquete Infostat. Se aplicó un análisis de varianza y la comparación de medias con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). El análisis constó de dos fases. La primera, consideró la evaluación de la complementación alimenticia sobre la productividad del rebaño. La segunda, consideró el ingreso por venta de leche diaria, por etapa de lactación y total por lactación.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El mejor nivel productivo ( $p<0.05$ ) se encontró en el grupo complementado en todas las variables consideradas, excepto en PVF donde no se observó diferencia ( $p>0.05$ ) entre grupos (Cuadro 2). Los resultados encontrados coinciden con el reporte de Ramos-Martínez *et al.*, (2020) quienes señalan niveles de producción de leche similares a GT en unidades de producción en el norte de México, y quienes manifestaron que la baja productividad de sus cabras está directamente relacionada con la baja disponibilidad de alimento.

Por otra parte, los resultados en productividad coinciden con otros estudios que señalan un mejor comportamiento productivo en cabras locales, cuando se someten a esquemas de alimentación mejorada. No obstante, este mejor comportamiento solo se observó en una etapa de la lactación (Granados-Rivera *et al.*, 2022; Maldonado-Jáquez *et al.*, 2023). En este sentido, los resultados encontrados en nuestro estudio son muy importantes, ya que no se contaba con registros del comportamiento de la lactación completa en cabras locales del norte de México. Además, al mejorar la productividad y calidad de los productos, el productor tiene la posibilidad de negociar mejoras en los precios, lo cual impactaría de manera directa y positiva en sus márgenes de ganancia (Zambom *et al.*, 2017).

**Cuadro 2.** Comportamiento productivo de cabras locales sometidas a alimentación complementaria continua y manejo tradicional (sin complementación).

Concepto	G.C.	G.T.
PLP (gr d <sup>-1</sup> )	0.580±0.02 <sup>a</sup>	0.440±0.02 <sup>b</sup>
DPL (d)	184.49±9.62 <sup>a</sup>	151.98±10.02 <sup>b</sup>
PLLT (gr d <sup>-1</sup> )	0.920±0.03 <sup>a</sup>	0.660±0.03 <sup>b</sup>
PLLM (gr d <sup>-1</sup> )	0.540±0.02 <sup>a</sup>	0.400±0.02 <sup>b</sup>
PLTR (gr d <sup>-1</sup> )	0.320±0.01 <sup>a</sup>	0.200±0.01 <sup>b</sup>
PLTL (kg <sup>-1</sup> )	107.41±6.92 <sup>a</sup>	67.20±7.21 <sup>b</sup>
PVF	41.9±1.1	41.2±1.1
CCF	1.7±0.03 <sup>a</sup>	1.4±0.03 <sup>b</sup>

<sup>ab</sup>literales diferentes indica significancia estadística ( $p < 0.05$ ); PLP= producción de leche promedio por cabra; DPL= días en producción de leche; PLLT= producción de leche en lactancia temprana; PLLM= producción de leche en lactancia media; PLTR= producción de leche en lactancia tardía; PLTL= producción de leche total por lactancia; PVF= peso vivo final; CCF= condición corporal final.

El Cuadro 3 muestra los ingresos por venta de cabritos y leche. Al respecto, GC mostro tener los mayores valores ( $p < 0.05$ ) en todas las variables consideradas. Otros reportes en la literatura muestran resultados similares a los encontrados en nuestro estudio, y donde productores de Etiopia y México, obtuvieron mayores beneficios económicos netos (8% superior), al integrar esquemas de mejora a sus unidades de producción (Ayalew *et al.* 2003; Espinoza-García *et al.* 2018). No obstante, se debe considerar que los ingresos se rigen por la disponibilidad de productos, y en este contexto, la venta de leche representa la principal fuente de ingresos para el productor, ya que se mantiene durante gran parte del año (~210 días) (Farrera-Vázquez *et al.*, 2020). Por ello, todas las estrategias que busquen mejorar la productividad, no deben impactar de manera significativa en los costos, para que puedan ser atractivos para el pequeño productor (Gómez-Osorio *et al.*, 2017).

**Cuadro 3.** Ingresos (MXN) por venta de leche en cabras locales en pastoreo sometidas a esquemas de alimentación complementaria y tradicional.

Concepto	GC	GT
Venta leche por día*	\$5.94±0.13 <sup>a</sup>	\$4.51±0.15 <sup>b</sup>
Venta leche lactancia temprana*	\$8.92±0.22 <sup>a</sup>	\$6.39±0.23 <sup>b</sup>
Venta leche lactancia media*	\$4.78±0.13 <sup>a</sup>	\$3.56±0.14 <sup>b</sup>
Venta leche lactancia tardía*	\$3.17±0.08 <sup>a</sup>	\$1.94±0.10 <sup>b</sup>
Ingreso total cabra/lactancia*	\$1074.16±46.06 <sup>a</sup>	\$672.00±48.11 <sup>b</sup>

<sup>ab</sup>literales diferentes indica significancia estadística ( $p < 0.05$ ); \*Ingreso considerado por día por cabra.

## CONCLUSIONES

Se concluye que una complementación alimenticia continua muestra efectos positivos en todos los parámetros productivos y es económicamente viable para incrementar los ingresos por venta de leche por día, por etapa de lactación y total por lactación. Además, presenta un efecto positivo sobre la condición corporal final de los animales, lo cual influirá de manera positiva en la siguiente lactación.

## REFERENCIAS

- Alex, R., Cheemani, R.K., Thomas, N. (2013). Returns and determinants of technical efficiency in small-scale Malabari goat production units in Kerala, India. *Tropical Animal Health and Production*. 45:1663-1668. <https://doi.org/10.1007/s11250-013-0411-6>
- Arenas-Báez, P., Torres-Hernández, G., Castillo-Hernández, G., Hernández-Rodríguez, M., Sánchez-Gutiérrez, R.A., Vargas-López, S., González-Maldonado, J., Domínguez-Martínez, P.A., Granados-Rivera, L.D., Maldonado-Jáquez, J.A. (2023). Coat color in local goats: influence on environmental adaptation and productivity, and use as a selection criterion. *Biology*. 12:929. <https://doi.org/10.3390/biology12070929>
- Ayalew, W., King, J.M., Bruns, E., Rischkowsky, B. (2003). Economic evaluation of smallholder subsistence livestock production: lessons from an Ethiopian goat development program. *Ecological Economics*. 45(3):473-485. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(03\)00098-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(03)00098-3)
- Barrera-Perales, O.T., Sagarnaga-Villegas, L.M., Salas-González, J.M., Leos-Rodríguez, J.A., Santos-Lavalle, R. (2018). Viabilidad económica y financiera de la ganadería caprina extensiva en San Luis Potosí, México. *Mundo Agrario*. 19(40):e077. <https://doi.org/10.24215/15155994e077>
- Espinoza-García, J.A., Vélez-Izquierdo, A., Góngora-González, S.F., Cuevas-Reyes, V., Vázquez-Gómez, R., Rivera-Maldonado, J.A. (2018). Evaluación del impacto en la productividad y rentabilidad de la tecnología transferida al sistema de bovinos de doble propósito del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 21:261-272.
- Farrera-Vázquez, I.C., Cervantes-Escoto, F., Palacios-Rangel, M.I., Martínez-González, E.G., Luna-Olea, R.A. (2020). Factores que inciden en la utilidad económica de los caprinocultores de la Laguna, Durango, México. *Revista BioCiencias*. 7:e933. <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e933>
- García-Díaz, L.K., Mantecón, A.R., Sepúlveda, W.S., Maza, M.T. (2012). Producción de leche ovina como alternativa de negocio agropecuario. Modelo de producción de castilla y león (España). *Revista Mexicana de Agronegocios*. 16(31): 6-18.
- Getaneh, M., Taye, M., Shibabaw, W., Kebede, D. (2023). Reproductive performances of Ethiopian indigenous goat populations under different management conditions for assisting selective breeding schemes. *Journal of Applied Animal Research*. 51(1):276-281. <https://doi.org/10.1080/09712119.2023.2191677>
- Gómez-Osorio, L.M., Posada-Ochoa, S.L., Olivera-Ángel, M., Rosero-Noguera, R., Aguirre-Martínez, P. (2017). Análisis de rentabilidad de la producción de leche de acuerdo con la variación de la fuente de carbohidrato utilizada en el suplemento de vacas Holstein. *Revista de Medicina Veterinaria*. 34:9-22. <http://dx.doi.org/10.19052/mv.4251>
- Granados-Rivera, L.D., Maldonado-Jáquez, J.A., Bautista-Martínez, Y., Garay-Martínez, J.R., Álvarez-Ojeda, M.G. (2022). El horario de complementación alimenticia modifica la respuesta productiva de cabras lecheras en pastoreo. *Revista MVZ Córdoba*. 27(1):e2340. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2340>
- ICAMEX (Instituto de Investigación y Capacitación, Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México). (2023). Caprinos. <http://icamex.edomex.gob.mx/caprinos>. Accesado el 5 de julio de 2023.
- Maldonado-Jáquez J.A., Granados-Rivera L.D., Hernández-Mendo O., Gallegos-Sánchez J., Mora-Flores J.S., Torres-Hernández G. (2023). Productive potential of local grazing does and their offspring under pre a post-partum weaning supplementation program. *Revista Científica, FCV-LUZ*. 33:e33273. <https://doi.org/10.52973/rcfvcv-e33273>
- Maldonado-Jáquez, J.A., Torres-Hernández, G., Valle-Moysen, E.D., Isidro-Requejo, L.M., Triana-Gutiérrez, M. (2015). Perfil productivo del sistema de producción caprino extensivo en el suroeste de Coahuila, México. III Congreso Internacional y XVII Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas. Texcoco, Estado de México. 22 al 24 de abril de 2015. 724-725 Pp
- Maldonado-Jáquez J.A., Granados-Rivera L.D., Hernández-Mendo O., Pastor\_lópez F.J., Isidro-Requejo L.M., Salinas-González H., Torres-Hernández G. (2017). Uso de un alimento integral como complemento a cabras locales en pastoreo: respuesta en producción y composición química de la leche. *Nova Scientia*. 18(9): 55-75.
- Ramos-Martínez, J., Salinas-González, H., Medina-Elizondo, M., Figueroa-Viramontes, U., Maldonado-Jáquez, J.A. (2020). La organización y agrupación como eje toral para el diseño de esquemas de atención a caprinocultores en el norte de México: Estudio de caso. *Abanico Veterinario*. 10:1-19. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2020.13>

- SIAP. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2022). Anuario estadístico de la producción ganadera. [https://nube.siap.gob.mx/cierre\\_pecuario/](https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/). Accesado el 5 de julio de 2023.
- Vargas-Canales, J.M., Palacios-Rangel, M.I., Acevedo-Peralta, A.I., Leos-Rodríguez, J.A. (2015). Profitability analysis for natural rubber (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) production in Oaxaca, Mexico. *Revista Chapingo- Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 22(1):45–58. <http://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2015.02.005>
- Zambom, M.A., Alcalde, C.R., Gomes, L.C., de Oliveira Ramos, C.E.C., Rossi, R.M., da Silva Kazama, D.C. (2017). Effect of soybean hulls on lactation curves and the composition of goat milk. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 46(2):167-173. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-92902017000200012>

## CAMBIOS DEL BACTERIOMA DEL SUELO POR LA DEGRADACIÓN DE PASTIZALES Y OBRAS DE CONSERVACIÓN EN EL NORTE CENTRO DE MÉXICO

Nava-R. E.<sup>1</sup>; Sigala-R. J. A.<sup>2</sup>; Muñoz-V. J. A.<sup>3</sup>; Constante-G.V.<sup>1</sup>; Jacobo-S. M. R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIFAP CENID-RASPA, C.P. 35079, Gómez Palacio, Durango, México; <sup>2</sup>INIFAP, CIRNOC – C.E. Valle del Guadiana, C.P. 34170, Durango, Dgo., México; <sup>3</sup>INIFAP, CIRNOC- C.E. Delicias, C.P. 33000, Delicias, Chihuahua.

Autor por correspondencia: nava.erika@inifap.gob.mx

### RESUMEN

Los pastizales son ecosistemas clave en el mantenimiento de la biodiversidad, la conservación de suelo y agua y el desarrollo social, pero las actividades antropogénicas, como el sobrepastoreo, y el cambio climático han generado su degradación. En este sentido, las obras de conservación de suelo son fundamentales para controlar los escurrimientos, manejar los nutrientes y restaurar el ecosistema, donde los microorganismos juegan un papel clave por mediar procesos biogeoquímicos y la funcionalidad del ecosistema. Por lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar cambios en las comunidades microbianas del suelo por la degradación de pastizales y la implementación de obras de conservación. Los resultados demostraron que los muros de piedra permiten la acumulación de phyla bacterianos relacionados con la recuperación de suelos degradados en la parte baja de la obra, favoreciendo así no sólo la conservación de suelo, sino también la restauración del ecosistema. Asimismo, se pudo observar un incremento en la abundancia relativa de bacterias indicadoras de degradación de pastizales en la zona abierta al pastoreo un año antes del estudio, confirmando la utilidad de la metagenómica como herramienta para el diagnóstico a corto plazo de la degradación o restauración de pastizales.

**Palabras clave:** muros de piedra, sobrepastoreo, degradación del suelo

### ABSTRACT

Grasslands are key ecosystems for maintaining biodiversity, soil and water conservation, and social development, but anthropogenic activities such as overgrazing and climate change have led to their degradation. In this sense, soil conservation strategies are essential to control runoff, manage nutrients, and restore the ecosystem, where microorganisms play a key role by mediating biogeochemical processes and ecosystem functionality. Therefore, the present research aimed to evaluate changes in soil microbial communities due to grassland degradation and the implementation of conservation strategies. The results showed that stone walls allow the accumulation of bacterial phyla related to the recovery of degraded soils in the down part of the conservation strategy, thus favoring not only soil conservation but also ecosystem restoration. Likewise, an increase in the relative abundance of bacteria indicating grassland degradation was observed in the area open to grazing one year before the study, confirming the usefulness of metagenomics as a tool for the short-term diagnosis of grassland degradation or restoration.

**Key words:** stone walls, overgrazing, soil degradation

## INTRODUCCION

Los pastizales son de los ecosistemas terrestres claves en el mantenimiento de la biodiversidad, la conservación del suelo y el agua, el almacenamiento de carbono y el desarrollo social (Wang et al., 2018). No obstante, los pastizales han sido fuertemente afectados por las actividades humanas y el cambio climático. En este sentido, el pastoreo, un aprovechamiento común de los pastizales que trae beneficios económicos, también presenta consecuencias ambientales, donde el sobrepastoreo puede provocar la degradación del ecosistema, disminuyendo la diversidad y productividad de las plantas, dañando la estructura del suelo y disminuyendo la concentración de nutrientes (Song et al., 2020). Lo anterior no sólo provoca una baja en la productividad en la cría de animales, sino que atenta contra la seguridad ecológica (Guo et al., 2020). En este sentido, la implementación de obras de conservación de suelo es fundamental para el control de escurrimientos, mejorar la humedad del suelo, rehabilitar el ecosistema y manejar los nutrientes.

Por otro lado, los microorganismos del suelo median los procesos biogeoquímicos y la funcionalidad del ecosistema, siendo altamente sensibles a cambios en las condiciones medioambientales (Osburn et al., 2019). Aunque se ha estudiado ampliamente la respuesta de los microorganismos a los pastizales diferenciales, la alteración de la composición, diversidad y red de coocurrencia microbiana en pastizales degradados ha sido poco explorada (Wu et al., 2021), lo cual podría proporcionar herramientas importantes para la restauración y conservación de pastizales degradados. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar la alteración del bacterioma del suelo por la degradación de pastizales y muros de piedra como obras de conservación de suelos.

## MATERIALES Y METODOS

Sitio de estudio y toma de muestras. Esta investigación se llevó a cabo en un agostadero del Ejido Lázaro Cárdenas, en Durango, Durango, México. El sitio corresponde a una ladera con exposición sur y una pendiente del 15% a una altitud de 1,990 m. Dentro de la vegetación presente se encuentran especies arbustivas como *Acacia schaffneri*, *Prosopis laevigata* y *Opuntia durangensis*, así como especies herbáceas y gramíneas. El suelo es muy somero (de menos de 25 cm) y pedregoso que ha estado sometido procesos de erosión hídrica debido a la reducción de la cobertura herbácea por el sobrepastoreo, por lo que en 2011 se colocaron muros de piedra como obras de conservación de suelos, acordonados en curvas a nivel con un espaciamento de 25 m entre muros. Los tratamientos evaluados se encuentran en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Descripción de las zonas de estudio en el Ejido Lázaro Cárdenas.**

Clave	Tratamiento	Descripción
Con	Pastizal conservado con exclusión de pastoreo	24°0'33" N, 104°42'28" O
Int	Pastizal abierto al sobrepastoreo 1 año antes del estudio	24°0'51" N, 104°45'53" O
MP-PA	Muros de piedra – Parte alta de la obra, justo después del muro previo	24°0'42" N, 104°42'51" O
MP-PM	Muros de piedra – Parte media entre muros de la obra	24°0'31" N, 104°42'32" O
MP-PB	Muros de piedra – Parte baja, suelo retenido por la obra	24°0'31" N, 104°42'46" O

Se tomaron 3 muestras de suelo al azar de 0-20 cm de cada tratamiento, que se colocaron en microtubos de 2 ml para lisis BashingBead™ con 750 µl de buffer lisante/estabilizador



Xpedition™ Zymo Research™ e inmediatamente fueron agitadas en un disruptor celular (TerraLyzer™). Las muestras se conservaron en congelación hasta la extracción del ADN.

Metabarcoding del bacterioma del suelo. Se realizó la extracción del ADN utilizando el kit DNA Zymobiomics MiniPrep de Zymo Research™. La amplificación se llevó a cabo con el empleo de las regiones V3 y V4 del gen 16S rRNA, siguiendo el protocolo de Illumina (Illumina, 2017, 2019).

Análisis estadístico y bioinformático. Las secuencias de ADN se analizaron en la plataforma bioinformática Quantitative Insights Into Microbial Ecology 2 (QIIME 2) con DADA2 y con Greengenes como base de datos para predecir la abundancia de los diferentes taxones en las muestras de suelo. Adicionalmente, se determinó la diversidad alfa con los índices de número de características (ASV), Shannon, Evenness y Faith, así como la diversidad beta por los índices Bray-Curtis y Unweighted Unifrac utilizando también QIIME 2.

## RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo con el análisis de diversidad alfa, no existió diferencia significativa entre los sitios de estudio en ninguno de los índices (Shannon:  $H=7.76$ ,  $p=0.100$ ; Evenness:  $H=7.76$ ,  $p=0.100$ ; Número de características (ASV):  $H=9.06$ ,  $p=0.059$ ; Número de linajes bacterianos (Faith):  $H=6.33$ ,  $p=0.175$ ). Por otro lado, las áreas evaluadas presentaron diferencia significativa en los índices de diversidad beta, tanto en la prueba de comparación filogenética Unweighted Unifrac (Permanova: pseudo- $F=1.20$ ,  $p=0.005$ ) como en la prueba de comparación taxonómica Bray-Curtis (Permanova: pseudo- $F=1.67$ ,  $p=0.003$ ). De esta forma, todos los sitios de estudio presentan una misma diversidad local, pero con diferencias taxonómicas y filogenéticas entre sus bacteriomas.

A partir de los resultados obtenidos, se identificaron organismos en 45 phyla, 105 clases, 312 órdenes, 557 familias, 1,137 géneros y 1,613 especies bacterianas en todas las muestras de suelo con diferente grado de degradación. Los phyla más abundantes en todos los tratamientos fueron Actinobacteriota, Proteobacteria, Adifobacteriota y Chloroflexota (Figura 1). De acuerdo con los resultados, los phyla Myxococcota fue más abundante en los suelos conservados que en el resto de las condiciones de estudio, mientras que Thermosulfidibacterota y Firmicutes\_C y Firmicutes\_E sólo se presentaron en este tratamiento. Myxococcota ha sido reportado como un phylum abundante en pastizales y áreas reforestadas (Zhang et al., 2023), donde su actividad como depredador de bacterias y hongos le confiere una gran adaptabilidad al medio ambiente, teniendo un papel fundamental en las redes alimenticias microbianas y un gran valor en la regulación de la cadena ecológica microbiana del suelo y el control de enfermedades en las plantas (Chen et al., 2020). Las bacterias del phylum Thermosulfidibacterota son hidrogeno-oxidantes y sulfuro-reductoras (Allioux et al., 2022), mientras que ha sido reportado que Firmicutes disminuye su población con la degradación de los pastizales y su abundancia es mayor en ecosistemas estables (Yu et al., 2021). Asimismo, Eremiobacterota, Elusimicrobiota, Synergistota y Desulfobacteriota destacaron en los suelos abiertos a pastoreo en corto plazo. El phylum Eremiobacterota se ha encontrado en suelos poco fértiles, correlacionando negativamente con el pH, la CE, el C orgánico total y la concentración de  $Mg^{2+}$ , y están asociados con quimiosíntesis atmosférica (Paes da Costa et al., 2024). Elusimicrobiota son en su mayoría autótrofos facultativos, aunque algunos miembros tienen potencial para la fijación de carbono a través del ciclo del ácido tricarbóxico de reversa (Garritano et al., 2022). Por su parte, Synergistota se ha encontrado en un amplio rango de ecosistemas aerobios y se relaciona con el transporte de aminoácidos (Oren & Garrity, 2021).

En los suelos de la parte alta del sitio degradado con muros de piedra el más representativo fue Eisenbacteria, un phylum muy raro con pocos reportes en ecosistemas terrestres, cuyos miembros presentan potencial para la oxidación de Fe y reducción de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Jäntti et al., 2022). Por su parte, los suelos de la parte media de la obra de conservación tuvieron mayor abundancia de los phyla Actinobacteriota y Firmicutes\_B\_370559. Actinobacteriota fue el phylum dominante en todos los sitios de estudio, pero de acuerdo con los resultados, su abundancia relativa aumenta con el incremento de la degradación en pastizales, tal como reportaron Chao et al. (2022).

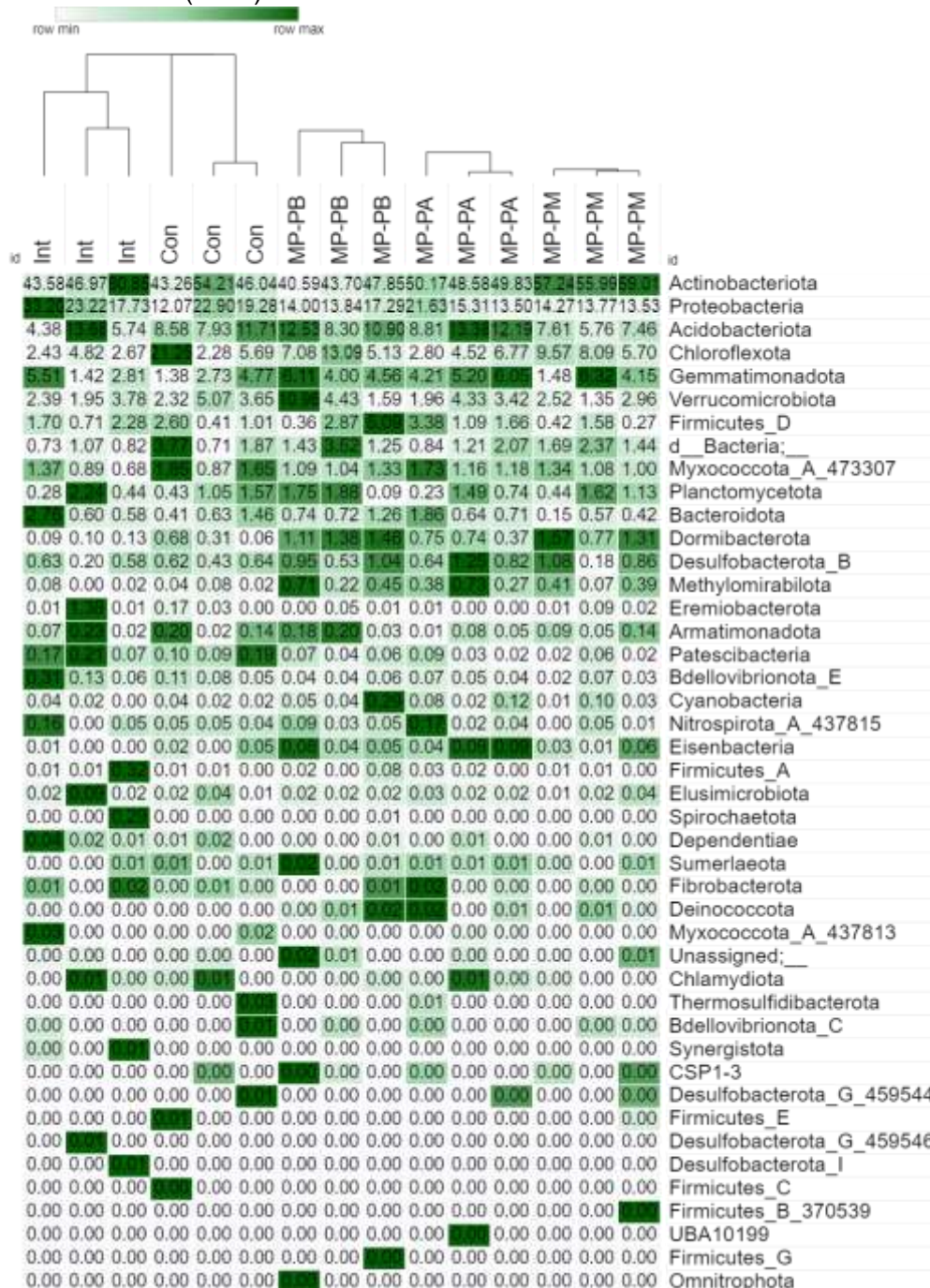


Figura 1. Phyla presentes en las zonas de estudio: Con – Suelos de pastizal conservado; Int – Suelos abiertos a pastoreo con 1 año de actividad; MP-PA – Zona más degradada en la

parte alta de la obra de conservación; MP-PM – Zona media de la obra de conservación; MP-PB – Parte baja de la obra de conservación donde se acumulan los escurrimientos.

Finalmente, en los suelos de la parte baja de los muros de piedra, es decir, la zona de acumulación de los escurrimientos, destacaron los phyla Planctomycetota, Cyanobacteria, Firmicutes G y Omnitrophota. Planctomycetota es un phylum crucial en procesos ecológicos por su actividad quitinolítica y la degradación de hidrocarburos (Nutaratat et al., 2024). En cuanto a los miembros de Cyanobacteria, su utilidad como formadores de costras biológicas como estrategia de restauración de suelos degradados en zonas áridas ha sido ampliamente estudiada (Román et al., 2021). Por su parte, Omnitrophota es un phylum metabólicamente diverso, por lo que puede encontrarse en diferentes ambientes, con una gran capacidad biosintética de aminoácidos, nucleósidos, ácidos grasos y cofactores esenciales, además de ser heterótrofos fermentativos con un ciclo de ácidos tricarbóxico incompleto y con genes hidrogenasa, o lo que puede interrelacionarse con socios metabólicos metanogénicos en su entorno (Williams et al., 2021).

## CONCLUSIONES

Los muros de piedra permiten la acumulación de phyla bacterianos relacionados con la recuperación de suelos degradados en la parte baja de la obra, favoreciendo así no sólo la conservación de suelo, sino también la restauración del ecosistema. Asimismo, se pudo observar un incremento en la abundancia relativa de bacterias indicadoras de degradación de pastizales en la zona abierta al pastoreo un año antes del estudio, confirmando la utilidad de la metagenómica como herramienta para el diagnóstico a corto plazo de la degradación o restauración de pastizales.

## REFERENCIAS

- Allioux, M., Yvenou, S., Godfroy, A., Shao, Z., Jebbar, M., & Alain, K. (2022). Genome analysis of a new sulphur disproportionating species *Thermosulfurimonas* strain F29 and comparative genomics of sulfur-disproportionating bacteria from marine hydrothermal vents. *Microbial Genomics*, 8(9), 000865. <https://doi.org/10.1099/MGEN.0.000865/CITE/REFWORKS>
- Chao, L., Ma, X., Tsetsegmaa, M., Zheng, Y., Qu, H., Dai, Y., Li, J., & Bao, Y. (2022). Response of Soil Microbial Community Composition and Diversity at Different Gradients of Grassland Degradation in Central Mongolia. *Agriculture (Switzerland)*, 12(9), 1430. <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE12091430/S1>
- Chen, X., Zhang, L., Li, X., Qiao, Y., Zhang, Y., Zhao, Y., Chen, J., Ye, X., Huang, Y., Li, Z., & Cui, Z. (2020). Impact of maltogenic  $\alpha$ -amylase on the structure of potato starch and its retrogradation properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 145, 325–331. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2019.12.098>
- Garritano, A. N., Song, W., & Thomas, T. (2022). Carbon fixation pathways across the bacterial and archaeal tree of life. *PNAS Nexus*, 1(5), 1–12. <https://doi.org/10.1093/PNASNEXUS/PGAC226>
- Guo, B., Zang, W., Yang, F., Han, B., Chen, S., Liu, Y., Yang, X., He, T., Chen, X., Liu, C., & Gong, R. (2020). Spatial and temporal change patterns of net primary productivity and its response to climate change in the Qinghai-Tibet Plateau of China from 2000 to 2015. *Journal of Arid Land*, 12(1), 1–17. <https://doi.org/10.1007/S40333-019-0070-1/METRICS>
- Illumina. (2017). *16S Metagenomic Sequencing Library Preparation*.
- Illumina. (2019). *Nextera XT DNA Library Prep Kit Reference Guide (15031942)*. [www.illumina.com/company/legal.html](http://www.illumina.com/company/legal.html).
- Jäntti, H., Jilbert, T., Aalto, S. L., Simojoki, A., Mangayil, R., Peura, S., & Rissanen, A. J. (2022). The role of organic matter and microbial community controlling nitrate reduction under

- elevated ferrous iron concentrations in boreal lake sediments. *Hydrobiologia*, 849(9), 2145–2160. <https://doi.org/10.1007/S10750-022-04858-0/FIGURES/3>
- Nutaratat, P., Arigul, T., Srisuk, N., & Kruasuwan, W. (2024). Microbiome sequencing revealed the abundance of uncultured bacteria in the Phatthalung sago palm-growing soil. *PLOS ONE*, 19(3), e0299251. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0299251>
- Oren, A., & Garrity, G. M. (2021). Valid publication of the names of forty-two phyla of prokaryotes. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 71(10), 005056. <https://doi.org/10.1099/IJSEM.0.005056/CITE/REFWORKS>
- Paes da Costa, D., das Graças Espíndola da Silva, T., Sérgio Ferreira Araujo, A., Prudêncio de Araujo Pereira, A., William Mendes, L., dos Santos Borges, W., Felix da França, R., Alberto Fragoso de Souza, C., Alves da Silva, B., Oliveira Silva, R., & Valente de Medeiros, E. (2024). Soil fertility impact on recruitment and diversity of the soil microbiome in sub-humid tropical pastures in Northeastern Brazil. *Scientific Reports* 2024 14:1, 14(1), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54221-7>
- Román, J. R., Chamizo, S., Roncero-Ramos, B., Adessi, A., De Philippis, R., & Cantón, Y. (2021). Overcoming field barriers to restore dryland soils by cyanobacteria inoculation. *Soil and Tillage Research*, 207, 104799. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2020.104799>
- Song, M. H., Zhu, J. F., Li, Y. K., Zhou, H. K., Xu, X. L., Cao, G. M., Lin, L., & Ouyang, H. (2020). Shifts in functional compositions predict desired multifunctionality along fragmentation intensities in an alpine grassland. *Ecological Indicators*, 112, 106095. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2020.106095>
- Wang, D., Wang, L., Liu, J., Zhu, H., & Zhong, Z. (2018). Grassland ecology in China: perspectives and challenges. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 5(1), 24–43. <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2018205>
- Williams, T. J., Allen, M. A., Berengut, J. F., & Cavicchioli, R. (2021). Shedding Light on Microbial “Dark Matter”: Insights Into Novel Cloacimonadota and Omnitrophota From an Antarctic Lake. *Frontiers in Microbiology*, 12, 741077. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2021.741077/BIBTEX>
- Wu, X., Yang, J., Ruan, H., Wang, S., Yang, Y., Naeem, I., Wang, L., Liu, L., & Wang, D. (2021). The diversity and co-occurrence network of soil bacterial and fungal communities and their implications for a new indicator of grassland degradation. *Ecological Indicators*, 129, 107989. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2021.107989>
- Yu, Y., Zheng, L., Zhou, Y., Sang, W., Zhao, J., Liu, L., Li, C., & Xiao, C. (2021). Changes in soil microbial community structure and function following degradation in a temperate grassland. *Journal of Plant Ecology*, 14(3), 384–397. <https://doi.org/10.1093/JPE/RTAA102>
- Zhang, X., Feng, Q., Adamowski, J. F., Biswas, A., Cao, J., Liu, W., Qin, Y., & Zhu, M. (2023). Conversion of grassland to abandoned land and afforested land alters soil bacterial and fungal communities on the Loess Plateau. *Applied Soil Ecology*, 183, 104758. <https://doi.org/10.1016/J.APSOIL.2022.104758>

## EFFECTO BACTERIOSTÁTICO DE EXTRACTO DE CÍTRICOS EN CALOSTRO BOVINO REFRIGERADO Y PASTEURIZADO DENTRO DE LAS PRIMERAS 24 HORAS POST-ORDEÑO

Peña R. B. P.<sup>1</sup>; González A. J.<sup>2</sup>; Peña R. L. A.<sup>1</sup>; Guillén E. R. R.<sup>1</sup>; González A. R.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez s/n, Colonia Valle Verde, 27054. Torreón, Coahuila, México.

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Hidalgo, México. \*Autor para correspondencia:

[blanca8989@hotmail.com](mailto:blanca8989@hotmail.com)

### RESUMEN

Durante años, se ha reconocido que uno de los factores críticos para asegurar una adecuada transferencia de inmunidad pasiva en becerras es el consumo de una calidad y cantidad adecuada de calostro durante las primeras horas de vida. Sin embargo, recientemente se ha señalado que la contaminación bacteriana es también un factor relevante. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto bacteriostático del extracto cítrico en calostro de bovino refrigerado. Se utilizó calostro del primer ordeño de vacas primíparas y múltiparas de la raza Holstein Friesian dentro de las 24 horas posteriores al parto. Se evaluaron cuatro tratamientos (T): T1= testigo, T2= 2 ml, T3= 4 ml, T4= 6 ml de extracto de cítricos por litro de calostro. El análisis microbiológico consistió en el recuento de bacterias mesofílicas aerobias en placa según la NOM-092-SSA1-1994. El análisis estadístico se realizó utilizando un diseño completamente al azar con el paquete estadístico de Olivarez-Saenz (2012), considerando  $P < 0.05$  como significativo. Los resultados mostraron una carga bacteriana en las muestras de calostro que varió de 692833 a 99267 UFC/ml, sin diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El extracto de cítrico no mostró un efecto bacteriostático en el calostro bovino.

**Palabras clave:** bacterias, calostro, extracto cítrico, inmunoglobulinas, inmunidad

### ABSTRACT

For years, it has been recognized that one of the critical factors to ensure adequate transfer of passive immunity in calves is the consumption of adequate quality and quantity of colostrum during the first few hours of life. However, recently, bacterial contamination has also been identified as a relevant factor. The objective of the present study was to evaluate the

bacteriostatic effect of citrus extract in refrigerated bovine colostrum. Colostrum from the first milking of primiparous and multiparous Holstein Friesian cows within 24 hours after calving was used. Four treatments (T) were evaluated: T1= control, T2= 2 ml, T3= 4 ml, T4= 6 ml of citrus extract per liter of colostrum. Microbiological analysis consisted of aerobic mesophilic bacterial plate counts according to NOM-092-SSA1-1994. Statistical analysis was performed using a completely randomized design with the Olivarez-Saenz (2012) statistical package, considering  $P < 0.05$  as significant. The results showed a bacterial load in colostrum samples that ranged from 692833 to 99267 CFU/ml, with no significant statistical differences among treatments. Citrus extract did not show a bacteriostatic effect on bovine colostrum.

Keywords: bacteria, colostrum, citrus extract, immunoglobulins, immunity, immunity

## INTRODUCCIÓN

El sistema inmune de la becerro al nacimiento es inmaduro e incapaz de producir suficientes inmunoglobulinas (Ig) para combatir infecciones. Además, la estructura de la placenta bovina impide la transferencia de Ig séricas de la madre al feto antes del nacimiento (Eğlenti et al., 2020). Como consecuencia, la becerro nace sin una inmunidad humoral adecuada y depende totalmente de la transferencia pasiva de Ig maternas presentes en el calostro (López y Heinrichs, 2022). La adquisición de Ig a través de la absorción intestinal protege al animal de enfermedades hasta que su propio sistema inmune se vuelva completamente funcional (Lopez y Heinrichs, 2022).

El calostro es la primera fuente de nutrientes para la becerro después del nacimiento y, además, es una fuente importante de Ig o anticuerpos (Puppel et al., 2019). La absorción de estas Ig es esencial para proteger a las becerros contra infecciones entéricas, las cuales son la principal causa de mortalidad durante las primeras semanas de vida (Playford y Weiser, 2021). Los eventos de mortalidad que ocurren dentro de las tres primeras semanas de vida podrían atribuirse al fracaso de la transferencia pasiva (Geiger, 2020).

Se ha reconocido durante mucho tiempo que, para asegurar una adecuada transferencia de inmunidad pasiva, es necesaria la administración de una cantidad adecuada de calostro de buena calidad durante las primeras horas de vida; sin embargo, la calidad del calostro puede verse afectada por varios factores, incluyendo la contaminación bacteriana, lo que puede interferir con la absorción de Ig y, por lo tanto, con la transferencia de inmunidad pasiva (El-Loly, 2022). Para abordar este problema, se han investigado diferentes métodos para reducir la carga bacteriana en el calostro (Robbers et al., 2021). Entre estos, el uso de extractos

naturales con propiedades bacteriostáticas ha mostrado potencial (Mendonca *et al.*, 2021). En este contexto, el presente estudio evalúa el efecto bacteriostático del extracto cítrico en calostro bovino refrigerado, utilizando calostro de primer ordeño de vacas primíparas y multíparas de la raza Holstein Friesian dentro de las 24 horas posteriores al parto.

## MATERIALES Y METODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó del 24 de agosto al 24 octubre del 2018, en un establo lechero en el municipio de Torreón Coahuila, el cual se encuentra localizado en una región semidesértica del norte de México a una altura de 1140 msnm, entre los paralelos de 25°30' y 25°45' y los meridianos 103°20' y 103°40'O (INEGI, 2009).

### Muestras

Se utilizó calostro de vacas primíparas y multíparas de raza Holstein Friesian dentro de las 24 horas después del parto. Las muestras de calostro se tomaron en bolsas ziploc con capacidad para un 1 litro. Se utilizaron 4 tratamientos: T1=0, T2= 2 ml, T3=4 ml y T4= 6 ml de extracto de cítricos por cada litro de calostro respectivamente. A partir de la 0 hora en que se agregó el extracto de cítricos a cada litro se comenzaron a tomar submuestras de 50 ml de cada litro con su respectivo tratamiento, esto se realizó cada hora hasta tener un total de 5 submuestras de cada tratamiento.

### Análisis Microbiológico

Para el análisis microbiológico las muestras se trasladaron al laboratorio de microbiología sanitaria del departamento de Salubridad e Higiene de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna.

Este método se basa en la hipótesis de que cada célula microbiana presente en una muestra, al ser mezclada con un medio de agar, formará colonias visibles y separadas. Para esto, se preparan diluciones decimales de la muestra del alimento, que luego se homogenizan con el medio. Después de incubar las placas a 30°C durante 72 horas, se calcula el número de bacterias aeróbicas mesófilas por mililitro de muestra, basándose en el número de colonias obtenidas en cajas Petri seleccionadas con diluciones que proporcionen resultados



significativos. El objetivo es determinar la eficacia de un proceso de desinfección o de cualquier tratamiento destinado a mejorar la calidad del alimento mediante la reducción de la carga microbiana. La parte culminante del ensayo es el recuento de las colonias, del acierto con que hayan seguido los alineamientos en cada uno de los estados precedentes dependerán del desarrollo, distribución y características de un número de colonias dentro de los límites que se reconocen generalmente confiables para esta técnica. Se contaron las colonias de bacterias en cada una de las cajas petri a las cuales se les fue aplicada la muestra con su respectiva dilución.

El análisis estadístico para el recuento de bacterias mesófilicas aerobias se realizó mediante el diseño completamente al azar, utilizando el paquete estadístico de Olivares-Sáenz (2012). Se utilizará el valor de  $P < 0.05$  para considerar diferencia estadística.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos de las muestras en el presente estudio (Cuadro 1) muestran el conteo de bacterias presentes en el calostro. De acuerdo con el análisis estadístico, no existe una diferencia significativa entre los tratamientos. Todos los valores obtenidos superan los límites recomendados por los especialistas en alimentación de calostro, quienes sugieren que el conteo de bacterias totales en placa debe ser menor a 100,000 UFC/ml.

**Cuadro 1. Promedio del conteo de bacterias en calostro suplementado con extracto de cítricos.**

Variable	1h	2h	3h	4h	5h	Promedio
Testigo	99,267 <sup>a</sup>	151,167 <sup>a</sup>	487,333 <sup>a</sup>	624,300 <sup>a</sup>	692,833 <sup>a</sup>	410,980 <sup>a</sup>
2ml	132,567 <sup>a</sup>	133,033 <sup>a</sup>	462,733 <sup>a</sup>	469,467 <sup>a</sup>	492,533 <sup>a</sup>	338,066 <sup>a</sup>
4ml	142,133 <sup>a</sup>	150,367 <sup>a</sup>	237,233 <sup>a</sup>	256,567 <sup>a</sup>	386,000 <sup>a</sup>	234,460 <sup>a</sup>
6ml	119,400 <sup>a</sup>	135,600 <sup>a</sup>	254,400 <sup>a</sup>	347,383 <sup>a</sup>	360,467 <sup>a</sup>	243,450 <sup>a</sup>

Diferencia literal entre columnas indica diferencia estadística  $P < 0.05$

Debido a sus características y composición química, el calostro es rico en carbohidratos, grasas, proteínas, minerales, vitaminas y otros elementos (Cardoso *et al.*, 2021). Además, su pH cercano a la neutralidad crea un ambiente idóneo para el crecimiento de bacterias contaminantes (Stockler y Chamorro, 2021). La contaminación del calostro puede surgir de diversos factores que afectan su calidad y, en consecuencia, la salud del becerro. En primer lugar, el calostro puede contaminarse con microorganismos patógenos durante el proceso de



ordeño, almacenamiento o manejo, lo que representa un riesgo significativo, ya que es difícil reducir la infección bacteriana en el calostro en las granjas, lo que puede comprometer la salud del recién nacido (Palli et al., 2020). En estudios comparativos, López (2018) observó un efecto bacteriostático al tratar el calostro con 20 gramos de bicarbonato de sodio, sugiriendo que el uso de aditivos puede ser una estrategia efectiva para reducir la carga bacteriana. Aunque en nuestro estudio no se utilizaron agentes bacteriostáticos, los resultados indican que es necesario implementar métodos adicionales para controlar la contaminación bacteriana en el calostro, tal como lo evidenció López (2018) con su tratamiento. Esto subraya la importancia de explorar diversas alternativas y aditivos para mejorar la calidad microbiológica del calostro y garantizar la salud de las becerras.

### CONCLUSIONES

Con relación a los resultados obtenidos en la presente investigación permite concluir que la aplicación de extracto de cítricos al calostro bovino no es estadísticamente diferente en relación con la carga bacteriana. Se observó una disminución en la población de bacterias en donde se utilizó el extracto de cítricos a diferencia del testigo. Por lo cual se sugiere llevar a cabo más investigaciones sobre el tema, utilizando diferentes dosis y en combinación con la refrigeración, congelación o pasteurización del calostro para determinar la mejor combinación.

### REFERENCIAS

- Cardoso, C. L., King, A., Chapwanya, A., & Esposito, G. (2021). Ante-natal and post-natal influences on neonatal immunity, growth and puberty of calves a review. *Animals*, 11(5), 1212.
- Eğlenti, N., Kozat, S., & Denizhan, V. (2020). Investigation of immunoglobulin (IgE, IgA, IgG, IgM) concentrations in calves naturally infected with coccidiosis. *Journal of Istanbul Veterinary Sciences*, 4(1), 1-7.
- El-Loly, M. M. (2022). Colostrum ingredients, its nutritional and health benefits-an overview. *Clinical Nutrition Open Science*, 44, 126-143.
- Geiger, A. J. (2020). Colostrum: Back to basics with immunoglobulins. *Journal of Animal Science*, 98(Supplement\_1), S126-S132.
- López, A. J., & Heinrichs, A. J. (2022). Invited review: The importance of colostrum in the newborn dairy calf. *Journal of dairy science*, 105(4), 2733-2749.
- Mendonça, F. L., Carvalho, J. G., Silva, R. J., Ferreira, L. C., Cerqueira, D. M., Rogge, H. I., & Facury-Filho, E. J. (2021). Use of a natural herbal-based feed additive containing isoquinoline alkaloids in newborn calves with cryptosporidiosis. *Veterinary parasitology*, 300, 109615.
- Puppel, K., Gołębiewski, M., Grodkowski, G., Słószarz, J., Kunowska-Słószarz, M., Solarczyk, P., & Przysucha, T. (2019). Composition and factors affecting quality of bovine colostrum: A review. *Animals*, 9(12), 1070.

- Robbers, L., Jorritsma, R., Nielen, M., & Koets, A. (2021). A scoping review of on-farm colostrum management practices for optimal transfer of immunity in dairy calves. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 668639.
- Stockler, J., & Chamorro, M. F. (2021). Colostrum: A Review. *Bovine Reproduction*, 924-944.

## EFFECTO BACTERIOSTÁTICO DE EXTRACTO DE CÍTRICOS EN CALOSTRO BOVINO REFRIGERADO Y PASTEURIZADO DENTRO DE LAS PRIMERAS 120 HORAS POST-ORDEÑO

Peña R. B. P.<sup>1</sup>; Hermosillo A. M. C.<sup>1</sup>; Peña R. L. A.<sup>1</sup>, Guillén E. R. R.<sup>1</sup>; González A. R.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez s/n, Colonia Valle Verde, 27054. Torreón, Coahuila, México. \*Autor para correspondencia:

[blanca8989@hotmail.com](mailto:blanca8989@hotmail.com)

### RESUMEN

Diversos patógenos pueden ser transmitidos en el calostro, ya sea por descamación directa en la glándula mamaria, contaminación post-ordeño o proliferación bacteriana en calostro almacenado inapropiadamente. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto bacteriostático del extracto cítrico en calostro de bovino refrigerado. Se utilizó el primer ordeño de vacas primíparas y multíparas de la raza Holstein Friesian dentro de las 24 horas después del parto. Se evaluaron cuatro tratamientos (T): T1= testigo, T2= 2 ml, T3= 4 ml, T4= 6 ml de extracto cítrico por litro de calostro. El análisis microbiológico consistió en el recuento de bacterias mesófilas aerobias en placa según la NOM-092-SSA1-1994. El análisis estadístico se realizó mediante un diseño completamente al azar utilizando el paquete estadístico de Olivarez-Saenz (2012), considerando  $P < 0.05$  como significativo. Los resultados mostraron una carga bacteriana en las muestras de calostro de 1,168,573 hasta 17,408,116 UFC/ml, sin diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El extracto cítrico no mostró efecto bacteriostático en el calostro bovino.

**Palabras clave:** calostro, cítricos, inmunoglobulinas, inmunidad, pasteurización

### ABSTRACT

Various pathogens can be transmitted in colostrum through direct shedding in the mammary gland, post-milking contamination, or bacterial proliferation in improperly stored colostrum. This study aimed to evaluate the bacteriostatic effect of citrus extract in refrigerated bovine colostrum. The first milking of primiparous and multiparous Holstein Friesian cows within 24 hours after calving was used. Four treatments were evaluated: T1= control, T2= 2 ml, T3= 4 ml, T4= 6 ml of citrus extract per liter of colostrum. Microbiological analysis consisted of counting mesophilic aerobic bacteria in plates according to NOM-092-SSA1-1994. Statistical analysis was performed using a completely randomized design with the Olivarez-Saenz (2012) statistical package, considering  $P < 0.05$  as significant. Results showed bacterial loads in

colostrum samples ranging from 1,168,573 to 17,408,116 CFU/ml, with no significant statistical differences between treatments. Citrus extract did not show a bacteriostatic effect in bovine colostrum.

**Keywords:** colostrum, citrus, immunoglobulins, immunity, pasteurization

## INTRODUCCIÓN

El calostro es la primera fuente de nutrientes para las beceras tras el nacimiento y juega un papel crucial como fuente de inmunoglobulinas (Ig) o anticuerpos (El-Loly, 2022). Estas inmunoglobulinas son esenciales para proteger a las crías de infecciones entéricas, que son la principal causa de mortalidad durante las primeras semanas de vida (Vega *et al.*, 2020). Se ha reconocido durante mucho tiempo que, para asegurar una adecuada transferencia de inmunidad pasiva, es vital administrar una cantidad adecuada de calostro de alta calidad durante las primeras horas después del nacimiento (Vega *et al.*, 2020). La absorción de Ig en el intestino disminuye con el tiempo y cesa completamente a las 24 horas post-nacimiento, por lo que es fundamental que las beceras reciban aproximadamente el 10% de su peso corporal en calostro de buena calidad lo más pronto posible (Delhez *et al.*, 2021). Recientemente, se ha señalado que la contaminación bacteriana del calostro también desempeña un papel importante en la efectividad de la transferencia de inmunidad (Ahmann *et al.*, 2021). En los últimos años, ha surgido un creciente interés en el uso de agentes antimicrobianos naturales en los productos alimenticios como una alternativa a los conservantes y antibióticos convencionales (Martin *et al.*, 2020; Carter *et al.*, 2021; Uyama *et al.*, 2022). Estos agentes, obtenidos principalmente de la cáscara y semilla de diversas frutas cítricas como limón, naranja, mandarina, lima y toronja, han demostrado tener un amplio espectro de actividad para eliminar o inhibir el crecimiento de bacterias y hongos, sin afectar negativamente las características sensoriales, nutritivas ni la seguridad sanitaria de los productos (Clawin-Rädecker *et al.*, 2021). Por lo anteriormente mencionado, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto del ácido cítrico como bacteriostático en calostro bovino refrigerado.

## MATERIALES Y METODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó del 24 de agosto al 24 de octubre del 2018, en un establo lechero del municipio de Torreón, Coahuila, el cual se encuentra localizado en una región semidesértica del norte de México, a una altura de 1140 msnm, entre los paralelos de 25°30' y 25°45' y los meridianos 103°20' y 103°40'O (INEGI, 2009).

## **Metodología**

Se utilizó calostro de vacas primíparas y multíparas de raza Holstein Friesian de dentro de las 24 horas después del parto. Las muestras de calostro se tomaron en bolsas ziploc con capacidad para un 1 litro. Se utilizaron 4 tratamientos: T1=0, T2= 2 ml, T3=4 ml y T4= 6 ml de extracto de cítricos por cada litro de calostro respectivamente. A partir de la hora 0 en que se agregó el extracto de cítricos a cada litro se comenzaron a tomar sub- muestras de 50 ml de cada litro con su respectivo tratamiento, esto se realizó cada hora hasta tener un total de 5 sub-muestras de cada tratamiento.

## **Variables**

Para el análisis microbiológico de las muestras se trasladaron al laboratorio de microbiología sanitaria del departamento de Salubridad e Higiene de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna.

Este método se basa en la hipótesis de que las células microbianas que contiene una muestra mezclada con un medio de agar forman, cada una, colonias visibles y separadas para ellos se mezclan diluciones decimales de la muestra del alimento homogenizando con el medio. Después de incubar las placas a 30°C durante 72 horas, se calcula el número de bacterias aeróbicas mesófitas por mililitro de muestra, basándose en el número de bacterias aeróbicas mesófilas por mililitro de muestra, basándose en el número de colonias obtenidas en caja Petri elegidas con diluciones que den resultados significativos. Con el objetivo de determinar la eficacia de un proceso de desinfección o cualquier tipo de tratamiento que tienda a mejorar su calidad con base de reducir la carga bacteriana.

## **Análisis estadístico**

El análisis estadístico para el recuento de bacterias mesófilas aeróbicas se realizó mediante un análisis de varianza y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey, utilizando el paquete estadístico de Olivares-Sáenz (2012). Se utilizó el valor de  $P < 0.05$  para considerar diferencia estadística.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

Los resultados obtenidos en el presente estudio (Cuadros 1 y 2) muestran que, según el análisis estadístico, no hay diferencias significativas en el conteo de bacterias en el calostro entre los distintos tratamientos.

**Cuadro 1. Promedio del conteo de bacterias en calostro suplementado con extracto de cítricos (agar sal y manitol).**

Variable	24h	48h	72h	96h	120h	Promedio
Testigo	101,100 <sup>a</sup>	116,667 <sup>a</sup>	198,075 <sup>a</sup>	2,830,600 <sup>a</sup>	4,116,000 <sup>a</sup>	1,472,488. 4 <sup>a</sup>
2ml	8,000 <sup>a</sup>	86,500 <sup>a</sup>	597,840 <sup>a</sup>	3,893,333 <sup>a</sup>	4,032,000 <sup>a</sup>	1,723,534. 6 <sup>a</sup>
4ml	19,116 <sup>a</sup>	774,625 <sup>a</sup>	963,166 <sup>a</sup>	1,086,000 <sup>a</sup>	3,451,500 <sup>a</sup>	1,258,881. 4 <sup>a</sup>
6ml	26,117 <sup>a</sup>	117,712 <sup>a</sup>	242,100 <sup>a</sup>	2,811,500 <sup>a</sup>	4,104,400 <sup>a</sup>	1,460,365. 8 <sup>a</sup>

Diferencia literal entre columnas indica diferencia estadística  $P < 0.05$

**Cuadro 2. Promedio del conteo de bacterias en calostro suplementado con extracto de cítricos (agar estándar).**

Variable	24h	48h	72h	96h	120h	Promedio
Testigo	51,737 <sup>a</sup>	111,733 <sup>a</sup>	1,149,750 <sup>a</sup>	2,482,460 <sup>a</sup>	5,373,333 <sup>a</sup>	1,833,802. 6 <sup>a</sup>
2ml	27,000 <sup>a</sup>	778,133 <sup>a</sup>	1,179,875 <sup>a</sup>	3,893,333 <sup>a</sup>	6,186,666 <sup>a</sup>	2,413,001. 4 <sup>a</sup>
4ml	114,583 <sup>a</sup>	190,220 <sup>a</sup>	232,050 <sup>a</sup>	993,500 <sup>a</sup>	2,560,000 <sup>a</sup>	818,070. 6 <sup>a</sup>
6ml	28,125 <sup>a</sup>	190,250 <sup>a</sup>	847,460 <sup>a</sup>	1,599,500 <sup>a</sup>	3,375,500 <sup>a</sup>	1,208,167. 0 <sup>a</sup>

Diferencia literal entre columnas indica diferencia estadística  $P < 0.05$

En comparación con estudios previos, los valores promedio de conteo bacteriano en el calostro observados en este estudio son relativamente bajos. Matthews (2022) reporta que el 82% de las muestras de calostro en hatos lecheros de Wisconsin superan el límite máximo de 100,000 UFC/mL, indicando un problema generalizado de alta carga bacteriana en el calostro de condiciones comerciales. Los resultados de nuestro estudio, que muestran conteos menores que los reportados, sugieren que las condiciones bajo las que se recolectó y trató el calostro en nuestro estudio pudieron haber sido más controladas o higiénicas. Aunque no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, los datos sugieren algunas tendencias interesantes. En el Cuadro 1, se observa que el conteo de bacterias en el calostro suplementado con extracto de cítricos tiende a ser menor que en el grupo testigo en varios puntos temporales. Sin embargo, esta reducción no alcanzó la significancia estadística en todos los casos. Estos resultados podrían indicar que el extracto de cítricos tiene un efecto antimicrobiano, pero que su impacto varía según la concentración y el tiempo de aplicación. El Cuadro 2 muestra una variabilidad adicional en el efecto del extracto de cítricos según el tipo de medio de cultivo utilizado (agar estándar vs. agar sal y manitol). Esta variabilidad puede

reflejar diferencias en la sensibilidad de las bacterias al extracto de cítricos en los diferentes medios, lo cual podría influir en la eficacia del tratamiento. La concentración del extracto y el medio de cultivo son factores críticos que deben considerarse para entender completamente el potencial antimicrobiano de los extractos cítricos. La falta de diferencias significativas puede deberse a varios factores. Primero, la concentración de extracto de cítricos utilizada podría no haber sido suficiente para lograr una reducción significativa en el conteo bacteriano. La variabilidad en los resultados podría estar relacionada con las diferencias en la concentración del extracto aplicada o con la cantidad de calostro utilizado en el análisis. Además, el tiempo de exposición al extracto de cítricos puede haber sido insuficiente para observar efectos más pronunciados. Estudios adicionales podrían explorar diferentes tiempos de exposición y concentraciones para determinar el efecto óptimo del extracto.

### CONCLUSIONES

El estudio no muestra diferencias significativas en el conteo de bacterias entre los tratamientos, los datos sugieren que el extracto de cítricos puede tener un efecto antimicrobiano potencial. La variabilidad observada en los resultados indica que se requiere una investigación más profunda para optimizar el uso de extractos cítricos en el manejo de la calidad del calostro. La combinación de diferentes métodos de tratamiento y la consideración de factores adicionales como la concentración y el tiempo de exposición serán cruciales para futuras investigaciones.

### REFERENCIAS

- Ahmann, J., Steinhoff-Wagner, J., & Büscher, W. (2021). Determining immunoglobulin content of bovine colostrum and factors affecting the outcome: A review. *Animals*, 11(12), 3587.
- Carter, H. S., Renaud, D. L., Steele, M. A., Fischer-Tlustos, A. J., & Costa, J. H. (2021). A narrative review on the unexplored potential of colostrum as a preventative treatment and therapy for diarrhea in neonatal dairy calves. *Animals*, 11(8), 2221.
- Delhez, P., Meurette, E., Knapp, E., Theron, L., Daube, G., & Rao, A. S. (2021). Assessment of a rapid semi-quantitative immunochromatographic test for the evaluation of transfer of passive immunity in calves. *Animals*, 11(6), 1641.
- El-Loly, M. M. (2022). Colostrum ingredients, its nutritional and health benefits-an overview. *Clinical Nutrition Open Science*, 44, 126-143.
- Clawin-Rädecker, I., De Block, J., Egger, L., Willis, C., Da Silva Felicio, M. T., & Messens, W. (2021). The use of alkaline phosphatase and possible alternative testing to verify pasteurisation of raw milk, colostrum, dairy and colostrum-based products. *EFSA journal*, 19(4), e06576.
- Martin, C. C., Basqueira, N. S., Ramos, J. S., Silva, K. N., Baccili, C. C., Brandão, P. E., & Gomes, V. (2020). Influence of early use of antimicrobial on the health and performance of Holstein calves in the first month of life. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 40(1), 17-28.
- Uyama, T., Renaud, D. L., Morrison, E. I., McClure, J. T., LeBlanc, S. J., Winder, C. B., & Kelton, D. F. (2022). Associations of calf management practices with antimicrobial use

in Canadian dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 105(11), 9084-9097.

Vega, C. G., Bok, M., Ebinger, M., Rocha, L. A., Rivolta, A. A., González Thomas, V., & Wigdorovitz, A. (2020). A new passive immune strategy based on IgY antibodies as a key element to control neonatal calf diarrhea in dairy farms. *BMC Veterinary Research*, 16, 1-9.



## USO DE KITS COMERCIALES PARA DETECTAR PATÓGENOS CAUSANTES DE DIARREA EN BECERRAS

Peña R. B. P.<sup>1</sup>; Ávila C. R.<sup>1</sup>; Hermosillo A. M. C.<sup>1</sup>; Guillén E. R. R.<sup>1</sup>; González A. R.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez s/n, Colonia Valle Verde, 27054. Torreón, Coahuila, México. \*Autor para correspondencia: [blanca8989@hotmail.com](mailto:blanca8989@hotmail.com)

### RESUMEN

La crianza de becerras es fundamental para el éxito de las unidades de producción lechera, especialmente durante los primeros días de vida, que son críticos. La atención detallada en este periodo puede reducir la mortalidad y la incidencia de enfermedades, siendo la diarrea y la neumonía los problemas principales. Este estudio evaluó kits comerciales para identificar patógenos causantes de diarrea en becerras, ampliando el conocimiento sobre ellos. Se estudió a 10 becerras Holstein en lactancia. Se tomaron muestras de heces del recto, dividiéndolas en dos: una para análisis en laboratorio y otra para usar con kits comerciales en el establo. El patógeno identificado fue *Cryptosporidium* spp., demostrando la utilidad de los kits comerciales para el diagnóstico de diarreas en becerras.

**Palabras clave:** becerras, desarrollo, *Cryptosporidium* spp

### ABSTRACT

The rearing of calves is crucial for the success of dairy production units, especially during the first days of life, which are critical. Detailed attention during this period can reduce mortality and disease incidence, with diarrhea and pneumonia being the main problems. This study evaluated commercial kits for identifying pathogens causing diarrhea in calves, expanding knowledge on them. Ten lactating Holstein calves were studied. Fecal samples were taken from the rectum, divided into two: one for laboratory analysis and another for use with commercial kits in the dairy farm. The identified pathogen was *Cryptosporidium* spp., demonstrating the utility of commercial kits for diagnosing diarrhea in calves.

**Key words:** calves, development, *Cryptosporidium* spp

### INTRODUCCIÓN

Los problemas digestivos en las becerras, que se presentan con diarrea, deshidratación,

emaciación, postración y muerte, son enfermedades comunes que generan grandes pérdidas económicas en las industrias ganaderas, de carne y leche, debido a la mortalidad de los becerros recién nacidos y los costos de tratamiento (Caffarena *et al.*, 2021). La diarrea neonatal suele ser el resultado de infecciones combinadas por varios enteropatógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Rotavirus*, *Clostridium*, *Giardia* y *Coronavirus*, y estas pérdidas son mayores cuando las becerras están en confinamiento, donde la transmisión de los agentes causantes de la diarrea se facilita por su acumulación en el entorno. (Ozturkler, 2023). Estos agentes afectan a bovinos de todas las edades, si bien es más notable en becerras recién nacidas y menores de 60 días, las cuales muestran la enfermedad entérica de manera más evidente (Brunauer y Conrady, 2021). Aunque estos patógenos pueden ser primarios, investigaciones epidemiológicas y de laboratorio han revelado que las infecciones mixtas son más comunes que las simples en su relación con la presentación clínica de la enfermedad (Brunauer y Conrady, 2021).

Por esta razón, actualmente se identifica este cuadro clínico como Complejo Diarreico Bovino (CDB) y cuando afecta a becerros recién nacidos se conoce como Diarrea Indiferenciada del Ternero. Aunque no hay datos estadísticos sobre estos trastornos en México, los patógenos gastroentéricos están asociados con hasta un 25% de las muertes en becerras (Delling y Dauschies, 2022). El desafío que representa la detección de ciertos agentes infecciosos que afectan la salud de los becerros recién nacidos podría solucionarse mediante el uso de kits comerciales de diagnóstico (Öztürkler, 2023). Estos kits permiten identificar en un solo ensayo patógenos de diversas causas, lo que ahorra esfuerzos y tiempos considerables, además de promover una intervención preventiva o curativa oportuna y adecuada. Aunque en ocasiones se requieran ajustes a la metodología original para mejorar la rentabilidad, es indudable que un sistema capaz de detectar patógenos a partir de diferentes muestras biológicas en un solo paso sería el objetivo ideal en el ámbito diagnóstico (Bolívar, 2013). Por lo tanto, el principal objetivo de este estudio fue evaluar los kits comerciales para la identificación de patógenos que ocasionan diarrea en becerras y ampliar el conocimiento sobre los mismos.

## MATERIALES Y METODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó del 20 de febrero al 30 de marzo del 2016, en un establo lechero en el municipio de Torreón, Coahuila, el cual se encuentra localizado en una región semidesértica del norte de México a una altura de 1140 msnm, entre los parámetros 25°30' y 25°45' y los meridianos 103°20' y 103°40' O.

La clasificación de las crías con diarrea se realizó mediante la observación de las

consistencias de las heces, heces normales corresponde a crías sanas y becerras con heces semi-pastosas a líquidas serán crías enfermas. Las muestras de las heces se tomaron directamente del recto de las becerras, se dividieron en dos sub-muestras una muestra se utilizó como testigo y ésta se analizó en el laboratorio de patología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Torreón, Coahuila. La otra sub-muestra se analizó con los kits comerciales en el establo lechero (Figura 1).



**Figura 1. Procedimiento para la toma de muestra: obtención de muestra, adición de heces, tiempo de reacción antigénico y toma de lectura de resultado.**

## RESULTADOS Y DISCUSION

En los resultados obtenidos en el presente estudio (Cuadro 1) se identificó únicamente al patógeno *Cryptosporidium* spp. en las muestras analizadas, tanto en el laboratorio como las que se analizaron en la unidad de producción lechera.

La diarrea neonatal es una enfermedad compleja y multifactorial que ocurre como consecuencia de la interacción de factores relacionados con la vaca, el becerro, el estado inmune, las prácticas de manejo, los factores ambientales y la infección con enteropatógenos (Mukhtar *et al.*, 2015). Se considera que existen cinco agentes enteropatógenos principales y más comunes en la diarrea: *Escherichia coli enterotoxigenica*, *rotavirus*, *coronavirus*, *Cryptosporidium* sp., y *Salmonella* spp. La prevalencia relativa de estos agentes varía bastante entre los diferentes estudios realizados, posiblemente por diferencias en la ubicación, el clima, las técnicas de diagnóstico y otros factores. Los microorganismos que comúnmente se relacionan con el proceso de diarrea en becerras lactantes son *Escherichia*

*coli*, *Cryptosporidium* spp, *rotavirus*, y *coronavirus* (Meganck et al., 2014).

**Cuadro 1. Resultado de estudio microscópico (*Cryptosporidium* spp)**

Identificación	Resultado
15423	Se observaron ooquistes de <i>Cryptosporidium</i> spp (++++)
15426	Se observaron ooquistes de <i>Cryptosporidium</i> spp (++++)
15428	Se observaron ooquistes de <i>Cryptosporidium</i> spp (++++)
15433	Se observaron ooquistes de <i>Cryptosporidium</i> spp (++++)
15434	Se observaron ooquistes de <i>Cryptosporidium</i> spp (++++)
15436	Se observaron ooquistes de <i>Cryptosporidium</i> spp (++++)
15438	Se observaron ooquistes de <i>Cryptosporidium</i> spp (++++)
15440	Se observaron ooquistes de <i>Cryptosporidium</i> spp (++++)
15441	Se observaron ooquistes de <i>Cryptosporidium</i> spp (++++)
15444	Se observaron ooquistes de <i>Cryptosporidium</i> spp (++++)

**CONCLUSIONES**

Bajo las condiciones en las cuales fue desarrollado el presente estudio permite concluir que los kits comerciales para la identificación de becerras enfermas por diarrea son una herramienta útil y práctica que puede ser utilizada en las unidades de producción de leche con confianza y certeza.

**REFERENCIAS**

- Bolívar, A. M. (2013). Metodología diagnóstica para hemoparásitos dentro de la ganadería bovina con énfasis en la reacción en cadena de la polimerasa y su variante múltiple. *Revista de Salud Animal*, 35(1), 1-9.
- Brunauer, M., Roch, F. F., & Conrady, B. (2021). Prevalence of worldwide neonatal calf diarrhoea caused by bovine rotavirus in combination with bovine coronavirus, *Escherichia coli* K99 and *Cryptosporidium* spp.: a meta-analysis. *Animals*, 11(4), 1014.
- Caffarena, R. D., Casaux, M. L., Schild, C. O., Fraga, M., Castells, M., Colina, R., ... & Giannitti, F. (2021). Causes of neonatal calf diarrhea and mortality in pasture-based dairy herds in Uruguay: a farm-matched case-control study. *Brazilian Journal of*

- Microbiology*, 52(2), 977-988.
- Delling, C., & Dauschies, A. (2022). Literature review: Coinfection in young ruminant livestock—*Cryptosporidium* spp. and its companions. *Pathogens*, 11(1), 103.
- Meganck, V., Hoflack, G y Opsomer, G. (2014). Advances in prevention and therapy of neonatal dairy cal diarrhoea: a systematical review with emphasis on colostrum management and fluid therapy. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 56(1):56-75.
- Muktar, Y., Mamo, G., Tesfaye, B., & Belina, D. (2015). A review on major bacterial causes of calf diarrhea and its diagnostic method. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health*, 7(5), 173-185.
- Öztürkler, O. (2023). Investigation of some microbial and protozoon factors with rapid test kits in neonatal diarrheas in calves in Kars province: Neonatal diarrheas in calves in Kars province. *Journal of One Health Research*, 1(1), 1-6.
- Öztürkler, O. (2023). Ozturkler, O. Investigation of some microbial and protozoon factors with rapid test kits in neonatal diarrheas in calves in Kars province: Neonatal diarrheas in calves in Kars province. *Journal of One Health Research*, 1(1), 1-6.

## COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL DE PASTOS TROPICALES EN RANCHOS GANADEROS DE ESCÁRCEGA, CAMPECHE

Alfaro-Aguilar, Ana Belém<sup>1</sup>; García-Salas, Alejandro<sup>1\*</sup>; Fraire-Cordero, Silvia<sup>2</sup>; Álvarez-Vázquez, Perpetuo<sup>1</sup>; García-Martínez, José Eduardo<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Saltillo, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coahuila.

<sup>2</sup>CONAHCYT-Colegio de Postgraduados Campus Campeche, Carretera Haltunchén-Edzná km 17.5, Champotón, Campeche, México, C. P. 24450.

\*[alejandro.garcias@uaaan.edu.mx](mailto:alejandro.garcias@uaaan.edu.mx)

### RESUMEN

El objetivo fue conocer la composición nutricional y características del pastizal en unidades productivas de bovinos para carne de Laguna Grande y Benito Juárez en Escárcega, Campeche. Para ello, se seleccionaron 14 unidades productivas de bovinos para carne (7=Laguna Grande, 7= Benito Juárez) en donde se colectaron 14 muestras de pasto y se realizaron encuestas a productores. Se analizaron características sociales de los propietarios de las unidades productivas y componentes nutricionales del pasto: Materia Seca (MS); Fibra Cruda (FC); Fibra Detergente Neutro (FDN); Fibra Detergente Acida (FDA); Proteína Cruda (PC); Extracto Etéreo (EE), Lignina (LIG) y Cenizas (CEN). Los resultados fueron analizados mediante estadística descriptiva y análisis de varianza (SAS/STAT, 2002). En los resultados encontrados se tiene que, los pastos con mayor presencia fueron Alicia (*Cynodon dactylon*), *Brizantha humidicola* (*Brachiaria humidicola*), Mombaza (*Megathyrsus maximus* cv Mombaza) y Tanzania (*Megathyrsus maximus* cv Tanzania). En conclusión, de manera general, no se encontraron diferencias estadísticas en lo que refiere a los componentes nutricionales evaluados de los pastos analizados ubicados en las dos comunidades donde se realizó el estudio. Sin embargo, de forma individual, el pasto Llanero (*Andropogon gayanus*) y *Brizanthas* (*Brachiaria humidicola* y *Brachiaria brizantha* x *ruziziens*) presentaron mejor calidad nutricional, en contraste, el pasto Mombaza (*Megathyrsus maximus* cv Mombaza) fue el de menor calidad nutricional.

**Palabras clave:** gramínea, bromatológico, forraje, trópico.

### ABSTRACT

The objective was to know the nutritional composition and characteristics of the pasture in beef cattle production units of Laguna Grande and Benito Juarez in Escarcega, Campeche. For this purpose, 14 beef cattle production units were selected (7=Laguna Grande, 7= Benito Juárez) where 14 pasture samples were collected and producers were surveyed. Social characteristics of the owners of the productive units and nutritional components of the pasture were analyzed: Dry Matter (DM); Crude Fiber (CF); Neutral Detergent Fiber (NDF); Acid Detergent Fiber (AF); Crude Protein (CP); Ethereal Extract (EE), Lignin (LIG) and Ash (CEN). The results were analyzed by descriptive statistics and analysis of variance (SAS/STAT, 2002). The results showed that the grasses with the highest presence were Alicia (*Cynodon dactylon*), *Brizantha humidicola* (*Brachiaria humidicola*), Mombaza (*Megathyrsus maximus* cv Mombaza) and Tanzania (*Megathyrsus maximus* cv Tanzania). In conclusion, in general, no statistical differences were found regarding the nutritional components evaluated for the analyzed pastures located in the two communities where the study was conducted. However, individually, the Llanero grass (*Andropogon gayanus*) and *Brizanthas* (*Brachiaria humidicola* and *Brachiaria brizantha* x *ruziziens*) presented better nutritional quality, in contrast, the

Mombaza grass (*Megathyrus maximus* cv Mombaza) was the one with the lowest nutritional quality.

**Key words:** grass, bromatological, forage, tropics.

## INTRODUCCIÓN

Los pastos y forrajes en los sistemas de producción de rumiantes, en la mayor parte del trópico, aportan del 80 al 90% de los nutrientes requerido por los animales. Ellos constituyen la opción más económica para la alimentación de los bovinos y no compiten directamente con la alimentación del hombre (Ledea, 2016). Las especies forrajeras han tenido un gran impacto en climas cálidos, por ser un alimento de costo muy bajo. En la región tropical en México que ocupa aproximadamente el 35% del territorio nacional, estas áreas se caracterizan por un elevado potencial para la explotación ganadera, donde se sostiene el 50% del ganado bovino del país. Sin embargo, se presentan problemas de producción de forraje, tanto en cantidad como en calidad, lo cual es insuficiente para alimentar adecuadamente al ganado durante todo el año y obtener una producción pecuaria rentable (INIFAP, 2008). A ello se le suma que en los últimos años el mal manejo del pastoreo ha provocado problemas a nivel de suelo, plantas y animales, provocando un incremento en la degradación y sostenibilidad en el sistema. Respecto a la cantidad y calidad nutricional del pasto depende de múltiples factores como la especie, edad fisiológica, tiempo de pastoreo, época de cosecha, tipo de suelo, manejo agronómico, presencia de plagas y enfermedades, entre otras. Siendo estos factores importantes que limitan la productividad del forraje y por consecuencia del sistema productivo. Por lo que es importante conocer el estado nutricional que guardan los pastos tropicales del sur de México para dar posibles estrategias de manejo que favorezcan la productividad forrajera y coadyuven al bienestar del sistema de producción animal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó durante los meses de septiembre y octubre de 2023, en las localidades de Laguna Grande y Benito Juárez pertenecientes al municipio de Escárcega, Campeche, México. Las localidades se encuentran entre los paralelos 18°10' y 19°00' de LN, 90°02' y 91°02' de LO, encontrándose a una altitud entre 100 y 200 m. Se seleccionaron 14 unidades productivas dedicadas a la producción de bovinos para carne, siete pertenecientes a la comunidad de Laguna Grande y el resto a la comunidad de Benito Juárez. Estas unidades productivas fueron referenciadas por la organización Pronatura Península de Yucatán A.C., del estado de Campeche quienes fomentan la implementación de prácticas sustentables en la ganadería como el uso de sistemas silvopastoriles, en donde estas unidades productivas están iniciando como una forma de migrar hacia prácticas sustentables en la ganadería. Se elaboró un cuestionario de ocho preguntas aplicado mediante la herramienta de la encuesta a productores ganaderos dispersados en las comunidades antes mencionados. Las preguntas consultadas fueron relacionadas a los aspectos sociales y de la unidad productiva, entre las sociales se preguntó: nivel educativo y experiencia en la actividad. En cada unidad productiva se consideró el uso de áreas establecidas de pastizal las cuales superaban los 10,000 m<sup>2</sup>, para lo cual se consideró un área de muestreo de 2,500 m<sup>2</sup>, en donde al azar por tres ocasiones se cortó el pasto dentro de un cuadrante de plástico con un área de 1 m<sup>2</sup> (Escobar et al., 2020). El corte de pasto se realizó a una altura de 15 cm de la base del suelo, cada muestra de pasto se colocó en bolsas de plástico y se pesó para después ser extrapolado a T ha<sup>-1</sup> de forraje verde. En el Laboratorio de Ciencia Animal del Colegio de Postgraduados Campus Campeche, las muestras de forraje verde fueron puestas a secar con aire frío a una temperatura de 24 °C por tres días hasta contar con una humedad menor al 10%. Posterior a ello, se tomaron aproximadamente 200 g y se molieron a través de un molino eléctrico (High-speed Multifunction GRINDER®) para obtener un tamaño de partícula aproximado de 2 cm.

Las muestras secas y molidas se guardaron en bolsas de plástico con sellado hermético y fueron enviadas al Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad en Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán, Yucatán, México, para someterlas a un análisis bromatológico que incluyó, Proteína cruda (PC), Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA), Lignina, Cenizas, Extracto Etéreo, Materia Seca (MS) y Fibra Cruda (FC). Las características sociales y de la unidad productiva fueron analizadas mediante estadística descriptiva por medio de frecuencias, aquellos relacionados al análisis de componentes nutricionales (bromatológico) se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) usando la rutina PROC GML para algunas variables se tomaron covariables. Todos los análisis se realizaron mediante el programa SAS/STAT (2002). Para todas las pruebas se utilizó un nivel de significancia al 5%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características del productor

#### Nivel educativo y experiencia en la actividad ganadera

Se encontró que el nivel educativo fue básico, destacándose un mayor porcentaje a nivel primaria y secundaria, mayor este último para productores de Benito Juárez (Cuadro 1). Los encuestados en la comunidad de Laguna Grande tuvieron mayor nivel educativo en general al reportarse una persona con educación superior.

**Cuadro 1.** Nivel educativo de productores de bovinos para carne pertenecientes a Laguna Grande y Benito Juárez, Escárcega, Campeche, México.

	Nivel educativo (%)				
	Sin educación	Primaria	Secundaria	Preparatoria	Universidad
Laguna Grande	28.6	28.6	14.3	14.3	14.3
Benito Juárez	28.6	28.6	42.9	0.0	0.0
Promedio	28.6	28.6	28.6	7.1	7.1

Los datos obtenidos en el nivel educativo reflejan el poco acceso al conocimiento por medio de la educación, por lo que influye en la adopción de nuevos conocimientos y prácticas que ayuden a mejorar los sistemas productivos. En un estudio realizado por la FAO (2001), mencionan que ganaderos que poseen un mínimo grado de analfabetismo, su capacidad de hacer crecer su rancho es prácticamente nula, es decir que el desarrollo rural sin educación es una utopía.

Para la experiencia en la actividad ganadera el promedio fue de 25 años, donde los productores de ambas comunidades cuentan con un tiempo similar ( $p \geq 0.05$ ) en la actividad (29 años para productores de Laguna Grande contra 21 años para productores de Benito Juárez). Si bien la experiencia en la actividad ganadera fue mayor a 20 años, esta ha sido obtenida de manera empírica a prueba y error, por lo que el avance en la eficiencia productiva y sostenibilidad de la actividad se ve disminuida. Al respecto, Burgo (2021), menciona que el conocimiento con el que cuentan los productores ganaderos para mantener en pie la granja ha sido adquirida con el pasar de los años, es decir la experiencia ha sido transmitida de generación en generación, siendo los estudios escolares poco atractivos para adquirir conocimientos.

De esta forma es más difícil que productores con edad avanzada y mayor experiencia adquieran nuevas prácticas ya que están arraigados a lo que han realizado por años a



diferencia de productores jóvenes, los cuales son más susceptibles a experimentar y adquirir nuevas prácticas en la ganadería.

### Composición nutrimental del pasto

#### Materia seca, Fibra cruda, FDN y FDA

No se encontraron diferencias ( $p \geq 0.05$ ) entre las comunidades (Cuadro 2). Esta respuesta encontrada se debe a la poca variabilidad de las condiciones ambientales al ser comunidades de la misma región y con un manejo del pastizal similar.

**Cuadro 2.** Materia seca, Fibra cruda, FDN y FDA de pastos en unidades productivas de bovinos para carne en Laguna Grande y Benito Juárez, Escárcega, Campeche, México.

Comunidad	Pasto	Componente nutrimental			
		MS	FC*	FDN*	FDA*
Laguna Grande	Brizantha humidícola	92.32	32.19	74.68	44.62
	Estrella blanca	93.97	25.98	72.61	40.21
	Llanero	87.87	30.82	74.54	47.49
	Brizantha	88.29	30.27	74.44	48.68
	Mavuno				
	Tanzania	92.78	30.23	71.92	42.02
	Mombaza	95.95	27.44	73.02	45.61
	Alicia	93.17	27.31	75.49	42.2
	<b>Promedio</b>	<b>92.05 a</b>	<b>29.17 a</b>	<b>73.81 a</b>	<b>44.40 a</b>
Benito Juárez	Brizantha humidícola	88.52	27.88	72.85	42.37
	Mulato	93.78	30.58	72.17	44.29
	Santo Domingo	91.76	30.05	73.46	47.11
	Alicia	92.07	26.39	74.58	43.1
	Tanzania	93.06	31.02	71.94	42.54
	Alicia	92.45	27.34	75.28	41.93
	Mombaza	95.47	27.54	72.13	44.87
		<b>Promedio</b>	<b>92.44 a</b>	<b>28.68 a</b>	<b>73.20 a</b>

MS: Materia seca (%), \*Reportados en base seca. FC: Fibra cruda (%), FDN: Fibra Detergente Neutro (%), FDA: Fibra Detergente Acida (%). Laboratorio de Nutrición Animal. UADY, Yucatán. México.

En general los pastos presentaron niveles de humedad del 7% y por lo tanto valores de MS por arriba del 93%. De acuerdo con los estudios bromatológicos individuales para cada pasto, el que presento mayor cantidad de MS fue el pasto Mombaza estando en el rango establecido por Torres et al. (2020) quienes mencionan que este pasto se caracteriza por tener porcentajes mayores al 90% de MS, es decir, tiende a concentrar en mayor cantidad los nutrientes requeridos por los animales.

En cuanto a FC los que presentaron menores porcentajes fueron los pastos Alicia y Mombaza, mientras que el resto presentaron valores similares que van de 30 al 32%. De acuerdo con Apollon et al. (2022) el rango de FC debe ser menor al 50% por lo que dentro del estudio se encuentran dentro de rango, sin embargo, hay que recordar que la FC es la parte menos digestible del pasto por lo que a menor cantidad de FC mayor digestibilidad tendrá. Sin embargo, se ha reconocido que este análisis solo es de referencia de los componentes fibrosos ya que refleja de manera deficiente lo que pretende.

En la actualidad se emplean más los análisis de fibra basados en el sistema detergente de Van Soest ya que aportan mayor precisión y descripción de la fracción de fibras. Para ello la FDN corresponde a la pared celular total, es decir los componentes principales: celulosa, hemicelulosa, lignina y silica. En consecuencia, en este estudio se encontraron valores

promedios de 73.5% de FDN, valores mayores a lo que indican Ospinar et al. (2021) quienes reportan rangos de FDN entre 58 a 66% en pastos. El pasto con mayor contenido de FDN fue Alicia a diferencia que en el análisis de FC fue uno de los pastos con menores contenidos, es por ello importante la elección del tipo de análisis a realizar y el objetivo de este.

Para FDA (insoluble en ácido detergente) contiene la celulosa, lignina, algunas pectinas y cantidades variables de sílica. Es empleada como predictor de digestibilidad de los alimentos y por lo tanto de la ingesta energética, aunque generalmente en asociación con FDN.

En esta investigación se encontraron valores promedio de 44% para esta característica, de manera individual el pasto Brizantha mavuno fue el más alto (Cuadro 2) coincidiendo con lo que encontró Canchila et al. (2009) donde los valores promedios fueron de 44 a 61% de FDA, con ese resultado se puede entender que el pasto tiende a tener mayor digestibilidad, lo cual es benéfico en la nutrición animal, esta respuesta también responde a que es un pasto mejorado o híbrido por lo que sus componentes nutricionales son mejores a diferencia de pastos nativos. También resaltan los pastos Llanero y Santo Domingo con características superiores al resto de los pastos evaluados.

Sin duda las especies forrajeras deben estar adaptadas a las condiciones climáticas y tipo de suelo de la zona y se deben aplicar técnicas de manejo apropiadas para que puedan tener un mejor rendimiento de materia seca y de valor nutricional (Fonseca et al., 2022).

### **Proteína cruda, extracto etéreo, lignina y cenizas**

No se encontraron diferencias ( $p \geq 0.05$ ) para proteína cruda, extracto etéreo, lignina y cenizas, como se observa en el Cuadro 3.

La proteína cruda es la proteína verdadera y nitrógeno no proteico (amidas, nitratos, ciertas vitaminas, urea, aminoácidos individuales, entre otros). Fundamentalmente en este análisis se determina el contenido de nitrógeno en el alimento. El promedio de PC para esta característica fue de 7%. Los valores más altos fueron encontrados para los pastos Llanero, Estrella blanca, Alicia y Brizantha humidícola, mientras que los más bajos para los pastos Santo Domingo y Mombaza (Cuadro 3). En un estudio de Esqueda- Esquivel et al. (2010) encontró que el pasto llanero tiende a tener porcentajes de PC de 4.9 a 10.4% resultados similares a los encontrados en esta investigación. Es importante el contenido de PC para identificar alimentos proteínicos y energéticos, así como en esta investigación para correlacionarlo con la edad del pasto. Sin embargo, en este estudio no tuvo influencia ya que en su mayoría los pastos evaluados tenían edades entre los 7 y 10 años.

**Cuadro 3.** Proteína cruda, extracto etéreo, lignina y cenizas de pastos en unidades productivas de bovinos para carne en Laguna Grande y Benito Juárez, Escárcega, Campeche, México.

Comunidad	Pasto	Componente nutricional			
		PC*	EE*	LIG*	CEN*
Laguna Grande	Brizantha humidícola	5.12	1.24	5.49	7.82
	Estrella blanca	9.42	1.14	7.33	7.73
	Llanero	9.49	1.23	6.29	8.25
	Brizantha Mavuno	5.81	1.44	6.99	7.82
	Tanzania	7.12	1.35	4.98	5.77
	Mombaza	5.33	0.91	8.83	8.28
	Alicia	7.11	1.09	6.79	7.85
	<b>Promedio</b>	<b>7.05 a</b>	<b>1.20 a</b>	<b>6.67 a</b>	<b>7.64 a</b>
	Brizantha humidícola	7.40	1.35	4.97	6.49

	Mulato	6.35	1.44	6.57	6.72
Benito Juárez	Santo Domingo	3.39	1.11	7.43	5.13
	Alicia	7.61	1.05	6.45	7.18
	Tanzania	7.32	1.36	5.01	5.98
	Alicia	7.24	1.02	6.54	6.98
	Mombaza	5.28	1.06	8.52	8.12
	<b>Promedio</b>	<b>6.55 a</b>	<b>1.19 a</b>	<b>6.49 a</b>	<b>6.65 a</b>

\*Reportados en base seca. PC: Proteína cruda (%), EE: Extracto etéreo (%), LIG: Lignina (%), CEN: Ceniza (%). Laboratorio de Nutrición Animal. UADY, Yucatán. México.

Los lípidos totales, grasa cruda o conocido como extracto etéreo divide a los carbohidratos en dos fracciones, la FC y el Extracto libre de nitrógeno (carbohidratos fácilmente aprovechables como azúcares simples, almidón, entre otros componentes). En esta investigación los pastos Brizantha mavuno, Mulato, Tanzania y Brizantha humidícola tuvieron los mayores valores según orden. Solís et al. (2022) mencionan que para el pasto Brizantha mavuno el EE tiende a tener concentraciones de 3.0 a 3.9% mayores a las de esta investigación.

Mientras que Gavidia (2022) reporta que el pasto Mulato tiende a tener una concentración de EE de 1.21% similar a la de este estudio. Los pastos con menores porcentajes en esta característica fueron los pastos Mombaza y Alicia.

Respecto a la lignina, esta fracción es un indicador útil de los pastos ya que está relacionada con la edad de estos. Se encontró que el promedio general de lignina fue de 6.6%, de manera individualizada los pastos con mayor contenido de lignina fueron el pasto Mombaza, Santo Domingo, Estrella blanca y Brizantha mavuno y los de menor cantidad Brizantha humidícola, Tanzania y Llanero. Es decir que los pastos con mayor cantidad de lignina son menos digestibles para el rumiante puesto que la lignina es un heteropolímero que forma parte de la pared celular que confiere rigidez estructural y resistencia a la tensión. De manera contraria los pastos con menor cantidad de lignina suelen ser más frágiles, pero como mayor digestibilidad alimenticia.

Finalmente, las cenizas contienen los elementos minerales totales del alimento y normalmente es menor al 10% de la MS. En este estudio el promedio general fue de 7.1%. Los pastos con mayor contenido de cenizas fueron Mombaza, Llanero y Alicia, de manera contraria los pastos Santo Domingo y Tanzania presentaron los valores más bajos (Cuadro 3). En un estudio Ventura et al. (2019) obtuvieron rangos de 10 a 12% de ceniza evaluando pasto Mombaza siendo mayores a los encontrados en esta investigación, sin embargo, las condiciones y manejo fueron diferentes. Además, se sabe que el análisis de ceniza puede dar información de contaminación del alimento por la presencia de sales, carbonatos por lo que suele incrementarse el valor obtenido.

De acuerdo con lo anterior, es primordial el manejo que se realiza en el pastizal, así como el tiempo de establecimiento de los pastos, ya que de ello dependerá la calidad nutricional del pasto.

## CONCLUSIONES

La calidad nutricional de los pastos tropicales de las comunidades de Laguna Grande y Benito Juárez, en Escárcega, Campeche se encontró dentro de los rangos generales reportados en la literatura, por lo que son factibles para utilizar para la ganadería del trópico. Sin embargo, es necesario mejorar el manejo del pastizal para que este muestre todo su potencial productivo. De manera individual los pastos Llanero (*Andropogon gayanus*) y Brizanthas (*Brachiaria humidicola* y *Brachiaria brizantha* x *ruzizensis*) mostraron mejor calidad nutricional, mientras que el pasto Mombaza (*Megathyrsus maximus* cv Mombaza) fue el de menor calidad nutricional.

## REFERENCIAS

- Apollon, Wilgince et al. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica en la producción y calidad de *Brachiaria brizantha*. *Rev. Mex. Cienc. Agríc* [online]. 2022, vol.13, n.1 [citado 2024-03-07], pp.1-13. Disponible en: <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342022000100001&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342022000100001&lng=es&nrm=iso)>. Epub 02-mayo-2022. ISSN 2007-0934. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i1.2637>
- Burgo Bencomo, O. B. (2021). El conocimiento tradicional y la etnobotánica en la gestión de la agricultura familiar. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(4), 431-438. Consultado el 14 de enero del 2023. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v13n4/2218-3620-rus-13-04-431.pdf>
- Canchila, E.R; Soca, Mildrey; OJEDA, F y MACHADO, R. Evaluación de la composición bromatológica de 24 accesiones de *Brachiaria* spp. *Pastos y Forrajes* [online]. 2009, vol.32, n.4 [citado 2024-03-07], pp.1-1. Disponible en: <[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942009000400002&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942009000400002&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0864-0394.
- Escobar, B. P., Etcheverría, T.P., Vial, A. M, Daza, C.J. 2020. Concepto de Materia Seca y su Uso: Guia Practica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Informativo N°119. Ministerio de Agricultura. Consultado el 29 de junio del 2023.
- Esqueda-Esquivel, Valentín Alberto; Montero-Lagunes, Maribel and Juarez-Lagunes, Francisco Indalecio. El control de arvenses en la productividad y calidad del pasto llanero. *Agron. Mesoam* [online]. 2010, vol.21, n.1 [cited 2024-03-07], pp.145-157. Available from: <[http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-13212010000100015&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212010000100015&lng=en&nrm=iso)>. ISSN 2215-3608.
- FAO (Organización para la Alimentación y la Agricultura).2001. Transformando el sector pecuario a través de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. 1-16 pp. Consultado el 21 de diciembre del 2023. Disponible en <https://www.fao.org/3/ca1177es/CA1177ES.pdf>
- Fonseca D.M.D, Santos M.E.R, Martuscello J.A. 2022. Importância das forrageiras no sistema de produção. En: *Plantas forrageiras*. 2° ed: Brasil; UFV. p 13-29. Consultado el 27 de febrero del 2023. Disponible en [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172023000500008](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172023000500008)
- Gavidia Araujo, K.A., Cómo se comporta el pasto mulato II en henolaje. 2022. Consultado el 7 de marzo del 2023. Disponible en <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/como-se-comporta-el-pasto-mulato-ii-en-henolaje>
- INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (2008). Campo experimental del valle de Apatzingán. Guía técnica para producir pasto Tanzania de temporal en Michoacán, México. Consultado el 6 de marzo del 2024.
- Ledea, J.J. 2016. Caracterización de la composición químico-nutritiva de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* en condiciones edafoclimáticas del Valle del Cauto. (Maestro en Ciencias). Universidad de Granma. <https://www.udg.co.cu/index.php/es/investigacion/centros-de-estudio/ceqa>
- Ospinar., Oscar et al. Comparación de la fibra detergente neutra en gramíneas, calculada mediante algoritmo de análisis de imágenes rojo, verde y azul Vs espectroscopia del infrarrojo cercano. *Rev. investig. vet. Perú* [online]. 2021, vol.32, n.1 [citado 2024-03-07], e17498. Disponible en: <[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172021000100005&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172021000100005&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1609-9117. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i1.17498>.

- Solís Lucas, Araceli & Valle, D. & Borbor, N.A. (2022). Rendimiento y valor nutritivo del pasto *Brachiaria brizantha* cv. "Marandú", en zonas semiáridas del litoral ecuatoriano. *Archivos de Zootecnia*. 71. 14-17. 10.21071/az.v71i273.5605. consultado el 7 de marzo del 2023. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/363941186\\_Rendimiento\\_y\\_valor\\_nutritivo\\_del\\_pasto\\_Brachiaria\\_brizantha\\_cv\\_Marandu\\_en\\_zonas\\_semiaridas\\_del\\_litoral\\_ecuatoriano/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/363941186_Rendimiento_y_valor_nutritivo_del_pasto_Brachiaria_brizantha_cv_Marandu_en_zonas_semiaridas_del_litoral_ecuatoriano/citation/download)
- Torres Joaquín, Bertín Maurilio et al. Rendimiento y calidad de semilla de pasto guinea cv. Mombaza a diferentes fechas de precorte. *Rev. Mex. Cienc. Agríc [online]*. 2020, vol.11, n.spe24 [citado 2024-03-06], pp.201-210. Disponible en: <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342020000900201&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342020000900201&lng=es&nrm=iso)>. Epub 07-mayo-2021. ISSN 2007-0934. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2370>
- Ventura R. J., Reyes V. I., García S.A., Muñoz G.C., Muro R.A., Maldonado P.M., Rojas G.A.R\*, Cruz H.A. Nutritional and in vitro ruminal fermentation profiles of maralfalfa grass (*Cenchrus purpureus*) at different cutting frequencies. *Acta Universitaria*. 29: 1 – 11, 2019) DOI: <https://doi.org/10.15174/au.2019.2204>

## EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION CON 1-2 PROPANODIOL, PROPIONATO DE SODIO Y CALCIO EN CABRAS SOBRE LOS FOLICULOS ANTRALES Y LA GLUCOSA SERICA

Varela R. J., Arellano R. G., Paredes R. J., Veliz D. G., De Santiago M. A., Alvarado E. A.  
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, UL,  
[iaz.varela@hotmail.com](mailto:iaz.varela@hotmail.com)

### RESUMEN

Se evaluó el efecto de la suplementación con 1-2 propanodiol y propionatos sobre el número de folículos antrales y glucosa sérica en cabras alpinas durante la época natural de reproducción, utilizando 14 cabras multíparas con un peso corporal de  $46.6 \pm 4.3$  kg y una CC de  $2.6 \pm 0.36$ . Alimentadas con heno de alfalfa, agua a libre acceso y se encontraban estabuladas en corrales abiertos provistos de sombra, ordeñando una vez al día de forma manual durante todo el estudio. Dividiendo las cabras en dos grupos homogéneos en cuanto a peso y condición corporal ( $n=7$ ). Uno de los grupos de cabras (G-SUPPLE, T1) recibió 8 ml / 20 kg de PV de 1-2 propanodiol 4.00% más propionatos de sodio y calcio 11.20% (lipofeed, Prepec, México) vía oral una vez al día por las mañanas durante 42 días; mientras que el otro grupo (G-CONT, T2) no recibió suplementación. Respecto al número total de folículos antrales (NTFA) no se observaron diferencias significativas entre tratamientos ( $p > 0.05$ ). Por otra parte, los niveles de glucosa mostraron una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). Concluyendo que la suplementación con lipofeed no mostro ningún efecto sobre el número de folículos totales sin embargo la glucosa si se vio aumentada.

**Palabras clave:** Suplementación, Folículos, Glucosa

### ABSTRACT

The effect of supplementation with 1-2 propanediol and propionates on the number of antral follicles and serum glucose in Alpine goats during the natural breeding season was evaluated, using 14 multiparous goats with a body weight of  $46.6 \pm 4.3$  kg and a BC of  $2.6 \pm 0.36$ . They were fed with alfalfa hay, freely accessible water and housed in open pens provided with shade, milked once a day manually throughout the study. The goats were divided into two homogeneous groups in terms of weight and body condition ( $n = 7$ ). One group of goats (G-SUPPLE, T1) received 8 ml/20 kg LW of 1-2 propanediol 4.00% plus sodium and calcium propionate 11.20% (lipofeed, Prepec, Mexico) orally once daily in the morning for 42 days; while the other group (G-CONT, T2) received no supplementation. Regarding the total number of antral follicles (NTFA), no significant differences were observed between treatments ( $p > 0.05$ ). On the other hand, glucose levels showed a significant difference ( $p < 0.05$ ). Concluding that supplementation with lipofeed did not show any effect on the number of total follicles, however, glucose was increased.

**Keywords:** Supplementation, Follicles, Glucose

### INTRODUCCION

El ganado caprino es una de las especies más importantes dentro de la economía y sustento de muchas familias rurales, además de ser una de las especies más explotadas por el hombre debido a su producción de carne y leche. En México, la población de caprinos ha tenido un crecimiento llegando a 8, 791, 894 cabezas (SIAP, 2019), la principal producción en México

se encuentra en zonas áridas y semiáridas la cual se caracteriza por escasez de lluvia y alimento; debido a dichas condiciones la explotación principalmente es en sistema extensivo y sin suplementación adicional alguna (Mellado et al., 2020). A su vez una mala nutrición resulta en una baja producción de carne, leche o desarrollo y el rendimiento productivo y reproductivo se ve afectado directamente por esta escasez nutricional (Flores-Najera et al., 2021). Es por ello que la suplementación con concentrados o subproductos en la producción caprina pueden mejorar dicha actividad significativamente (Berhane & Eik, 2006; Yahya et al., 2020).

En las cabras el crecimiento de los folículos ováricos ocurre en forma de oleadas. Estas ocurren tanto en la época de anestro como en la época natural de reproducción. Por lo general las durante un ciclo estral o un periodo de 21 días las cabras tienen 4 oleadas foliculares dependiendo de diversos factores como la época, raza, niveles de progesterona y alimentación (Menchaca & Rubianes, 2012). Varios artículos han evaluado el efecto de la suplementación energética sobre el número y diámetro de los folículo en cabras (Alves et al., 2019; da Silva et al., 2023; Nogueira et al., 2016). El objetivo de este estudio fue comparar el efecto de la suplementación con 1-2 propanodiol y propionatos sobre el número de folículos antrales y glucosa sérica en cabras durante la época natural de reproducción

## MATERIALES Y METODOS

### Lugar del estudio y manejo de los animales

El presente estudio se realizó en las instalaciones del centro de investigación en producción animal (CIPA-UL) de la UAAAN, en la comarca lagunera (latitud 25.55, longitud -103.433) al norte de México con una altitud de 1,119 msnm, con una precipitación media anual de 230 mm y con temperatura promedio de 24 °C y una máxima de 43.5 °C en mayo y junio, con mínimas de 0 °C en diciembre y enero (CONAGUA, 2015).

Se utilizaron 14 cabras multíparas alpinas con un peso corporal de  $46.6 \pm 4.3$ kg y una CC de  $2.6 \pm 0.36$ . las hembras fueron alimentadas con heno de alfalfa una vez al día, con agua a libre acceso y se encontraban estabuladas en corrales abiertos provistos de sombra y ordeñando una vez al día de forma manual durante todo el estudio.

### Diseño del estudio

Las hembras se dividieron en dos grupos homogéneos en cuanto a peso y condición corporal (n=7). Uno de los grupos de cabras (G-SUPPLE, T1) recibió 8 ml / 20 kg de PV de 1-2 propanodiol 4.00% más propionatos de sodio y calcio 11.20% (lipofeed, Prepec, México) vía oral una vez al día por las mañanas durante 42 días; mientras que el otro grupo (G-CONT, T2) no recibió suplementación.

Al inicio del estudio las cabras de ambos grupos recibieron un protocolo de sincronización a base de progesterona inyectable (20 mg progesterona, zoetis) más hCG (200 UI de hCG, CHORULON, MSD) para sincronizar la ovulación de las cabras y comenzarán el ciclo estral al mismo tiempo. Después de la aplicación de hCG a las cabras se les realizó ultrasonografía transrectal (eco 2, chison, MHz=) una vez al día durante el periodo de la suplementación para determinar el momento de la ovulación y la tasa ovulatoria. Así mismo se tomaron muestras de sangre para determinar los niveles de glucosa sérica, para lo cual se tomó una gota de sangre para poder determinar la concentración de glucosa por medio de un glucómetro (freeStyle) antes de proporcionar la suplementación y 1, 2, 3, 4 h posteriores a la suplementación.

## Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SAS V9.1 (SAS, 2005). El número de cuerpos lúteos se analizó mediante la T-TEST. Los niveles de glucosa sanguínea se analizaron el proc MIXED de SAS considerando el efecto del tratamiento, del tiempo y de la interacción tratamiento\* tiempo. Se considero que hubo diferencia estadística si el valor de  $p < 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se muestran el número total de folículos antrales y niveles de glucosa sérica. Respecto al número totales de folículos antrales (NTFA) no observaron diferencias significativas entre tratamientos ( $p > 0.05$ ). En otros estudios observaron que la suplementación energética aumentaba significativamente en el día 5 después de la suplementación (Alves et al., 2019), es probable que en nuestro estudio no se encontrara diferencia por la raza empleada o el numero de animales utilizados. Ya que en el estudio alves et al. (2019) emplearon cabras anglo nubias ya que son menos estacionales que las alpinas empleadas en nuestro estudio. Por otra parte, los niveles de glucosa mostraron una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). las cabras suplementadas con lipofeed mostraron mayores niveles de glucosa en sangre que las del grupo control (Figura 1) Una alternativa para aumentar los niveles de energía en los animales durante las etapas criticas es el propionato de Ca el cual se ha utilizado como sustrato energético en dietas para corderos sin efectos adversos sobre variables productivas o fermentación ruminal (Martínez-Aispuro et al., 2018). El propilenglicol se metaboliza a propionato, pero la mayoría parte sale del rumen sin transformarse para ser convertido en glucosa por el hígado, a través de la ruta del lactaldehído, con oxidación a lactato. El propionato es transportado al hígado a través del sistema portal, donde se transforma en piruvato y finalmente en glucosa vía oxalacetato (Ordóñez et al., 2006). Es por ello que los niveles de glucosa en nuestro grupo tratado aumentaron respecto al grupo control

Cuadro 1. Numero de folículos antrales y glucosa sérica en cabras suplementadas con lipofeed en época reproductiva natural

	NTFA	GLUCOSA
(G-SUPPLE, T1)	6.28 ± 0.44 <sup>a</sup>	46.54 ± 3.28 <sup>a</sup>
(G-CONT, T2)	6.15 ± 0.19 <sup>a</sup>	44.17 ± 3.17 <sup>b</sup>

NTFA= Numero totales de folículos antrales

Literales diferentes significan diferencia estadística significativa  $p < 0.05$



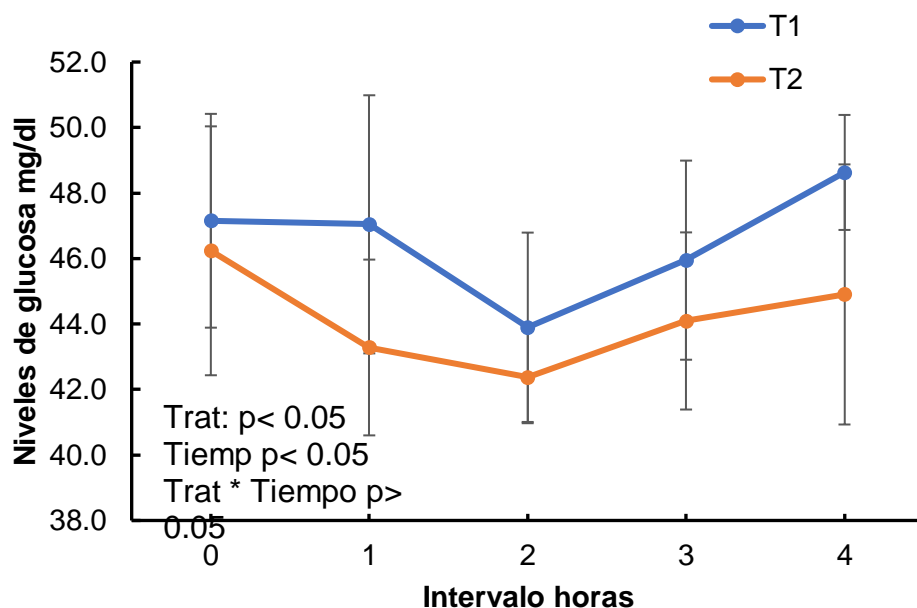


Figura 1. Niveles de glucosa en sangre en cabras suplementadas con lipofeed (T1) y cabras del grupo control (T2).

### CONCLUSIONES

En conclusión, la suplementación con lipofeed no mostró ningún efecto sobre el número de folículos totales, sin embargo la glucosa si se vió aumentada.

### REFERENCIAS

- Alves, J. P. M., Fernandes, C. C. L., Rossetto, R., Silva, C. P. da, Galvão, I. T. O. M., Bertolini, M., & Rondina, D. (2019). Impact of short nutrient stimuli with different energy source on follicle dynamics and quality of oocyte from hormonally stimulated goats. *Reproduction in Domestic Animals*, 54(9), 1206–1216.
- Berhane, G., & Eik, L. O. (2006). Effect of vetch (*Vicia sativa*) hay supplementation on performance of Begait and Abergelle goats in northern Ethiopia: I. Milk yield and composition. *Small Ruminant Research*, 64(3), 225–232.
- da Silva, C. P., Fernandes, C. C. L., Alves, J. P. M., de Oliveira, F. B. B., Silva, A. M., de Souza, F. C., Cavalcante, C. M., Conde, A. J. F., do Rego, A. C., & Rondina, D. (2023). Effect of Short-Term Glycerin Supplementation on Follicle Dynamics and Pregnancy Rate in Goats. *Ruminants*, 3(4), 445–456.
- Flores-Najera, M. J., Cuevas-Reyes, V., Vázquez-García, J. M., Beltrán-López, S., Meza-Herrera, C. A., Mellado, M., Negrete-Sánchez, L. O., Rivas-Jacobo, M. A., & Rosales-Nieto, C. A. (2021). Milk yield and composition of mixed-breed goats on rangeland during the dry season and the effect on the growth of their progeny. *Biology*, 10(3), 220.
- Martínez-Aispuro, J. A., Sánchez-Torres, M. T., Mendoza-Martínez, G. D., Cordero-Mora, J. L., Figueroa-Velasco, J. L., Ayala-Monter, M. A., & Crosby-Galván, M. M. (2018). Addition of calcium propionate to finishing lamb diets. *Veterinaria México OA*, 5(4), 0.
- Mellado, M., Rodríguez, I. J., Alvarado-Espino, A., Véliz, F. G., Mellado, J., & García, J. E. (2020). reproductive response to concentrate supplementation of mixed-breed goats on rangeland. *Tropical Animal Health and Production*, 52(5), 2737–2741.

- Menchaca, A., & Rubianes, E. (2012). Avances en el control ovárico en la oveja. *Memorias Reunión Bianual Sobre Reproducción Animal. Estado de México. Pags, 76–83.*
- Nogueira, D. M., Cavalieri, J., Fitzpatrick, L. A., Gummow, B., Blache, D., & Parker, A. J. (2016). Effect of hormonal synchronisation and/or short-term supplementation with maize on follicular dynamics and hormone profiles in goats during the non-breeding season. *Animal Reproduction Science, 171*, 87–97.
- Ordóñez, C. O. H., Miguel, C. T., Piñeiro, E. G., Fernandez, N. F., & Manforte, C. D. (2006). *El propilenglicol mejora los resultados de la transferencia de embriones*. Sito Argentino de Producción Animal ARG.
- Servicio de información agrícola y pesquera (SIAP). (2022). <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria>. Consultado el día 02/01/2024
- Yahya, M. M., Umar, F., & Yakubu, A. K. (2020). Effect of feeding graded levels of probiotic supplemented sugarcane bagasse on performance and haematological parameters of red sokoto goats. *Journal of Agriculture and Environment, 16*(1), 41–48.

## EFFECTO DE LA JERARQUÍA ENTRE MACHOS DORPER SOBRE SU CONDUCTA SOCIO-SEXUAL

Gaytán M. A.<sup>1\*</sup>, Alvarado A.S.<sup>1</sup>, Ángel O.<sup>1</sup>, Véliz F.G.<sup>1</sup>, Bermejo L.A.<sup>2</sup>

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro<sup>1</sup>

Universidad Autónoma De La Laguna<sup>2</sup>

[gaytanaguileramiquelangel@mail.com](mailto:gaytanaguileramiquelangel@mail.com)\*

### RESUMEN

Este estudio analiza cómo la jerarquía social entre carneros Dorper afecta su conducta socio-sexual. Se evaluaron 15 carneros en diferentes combinaciones de grupos y momentos, analizando comportamientos como olfateo, pataleo, flehmen, golpes, monta y vocalización. Los resultados muestran que los carneros del Tipo A presentaron un mayor número de interacciones en comparación con el Tipo B, especialmente en el primer momento de observación. Sin embargo, se observó una disminución general en la frecuencia de estas interacciones en el segundo momento, lo que podría indicar fatiga o habituación. Los tratamientos experimentales también influyeron significativamente en ciertos comportamientos, destacándose el flehmen en los tratamientos BA y BB. En general, el estudio resalta la importancia de factores como el tipo de grupo, el momento de observación y las condiciones experimentales en la modulación de los comportamientos socio-sexuales de los carneros Dorper. Interacciones significativas: El Tipo A mostró un mayor número de interacciones de olfateo y pataleo en comparación con el Tipo B. Las diferencias observadas entre los grupos fueron estadísticamente significativas con valores de P menores a 0.001, lo que indica una variación notable en los comportamientos entre los diferentes grupos y momentos. Interacciones no significativas: Algunos comportamientos, como la monta en el Tipo A, no mostraron diferencias significativas, con un valor de P mayor a 0.05.

**Palabras clave:** Carneros, comportamiento, socio-sexualidad, interacciones.

### ABSTRACT

Este estudio analiza la frecuencia de diferentes tipos de interacciones (olfateo, pataleo, flehmen, golpes, monta desenvainé, monta, y vocalización) en dos grupos (Tipo A y Tipo B) durante dos momentos distintos y bajo varios tratamientos experimentales. Los resultados indican que el Tipo A generalmente presenta un mayor número de interacciones en comparación con el Tipo B. En particular, se observó que el comportamiento de flehmen fue más frecuente en los tratamientos BA y BB, mientras que las interacciones de golpes, monta desenvainé, monta, y vocalización fueron más comunes en el Tipo A durante el primer momento de observación. Sin embargo, se detectó una tendencia generalizada a la disminución de la frecuencia de interacciones en el segundo momento de observación, independientemente del tratamiento o tipo. Estos hallazgos sugieren que tanto el tipo como el momento de observación influyen en la expresión de comportamientos interactivos, con variaciones notables entre los tratamientos.

**Keywords:** rams, behavior, socio-sexuality, interactions.

## INTRODUCCION

La jerarquía social se establece a través de interacciones agonísticas entre animales gregarios de la misma especie, permitiendo una coexistencia pacífica y cohesión de grupo (Yáñez *et al.*, 2016). Si bien, estas interacciones sociales entre animales con frecuencia involucran algún grado de conflicto, en cautiverio generalmente el humano somete a los animales a vivir bajo sistemas intensivos de producción donde los animales enfrentan estímulos adversos, tales como desafíos del entorno físico y social a los cuales intentan adaptarse (Jensen, 1994; Hasegawa *et al.*, 1997; Raussi *et al.*, 2006).

El comportamiento socio-sexual hace referencia al interés e interacciones que se presenten entre los animales, las cuales presentan un fin posterior, al cual se le denomina apareamientos. Para que dicho comportamiento suceda se tienen en cuenta distintos factores como los son los anatómicos, endócrinos y genéticos. El comportamiento reproductivo se divide en dos grupos uno apetitivo, el cual se caracteriza por el acercamiento del macho a la hembra y se busca la estimulación del mismo; por otra parte, se tienen los comportamientos consumatorios en el cual se hace referencia a el contacto sexual, así como los son las montas, penetraciones y eyaculaciones. (Borja y Fabre-Nys, 2012). El objetivo principal del estudio es analizar la frecuencia de diferentes tipos de interacciones socio-sexuales (olfateo, pataleo, flehmen, golpes, monta desenvainé, monta y vocalización) en dos grupos de carneros Dorper (Tipo A y Tipo B) durante dos momentos distintos y bajo varios tratamientos experimentales.

## MATERIALES Y METODOS

### Ubicación, entorno, rebaño, grupos experimentales y gestión general

Se evaluaron (n=15) carneros Dorper de rango social alto (RSA; n=7) y rango social bajo (RSB; n=8), bajo condiciones de manejo intensivo. El presente estudio se llevó a cabo en una explotación ovina de sistema intensivo ubicada en el norte de México en la región de la Comarca Lagunera (25°35' N, 103°17' W, 1120 m). La Comarca Lagunera se clasifica como un ecosistema semiárido, con una temperatura media anual de 22 °C con mínimas de -5 °C (invierno) y máximas de 45 °C (verano). El grupo experimental estaba compuesto por (n=15; 3 ± 2, años) carneros raza Dorper, se alojaron en corrales abiertos de (20x20 m) todos los animales se mantuvieron bajo el mismo manejo intensivo y condiciones ambientales, los machos fueron combinados con grupos de hembras de rango social Alto y Bajo quedando las combinaciones: AA, AB, BA, BB.

Tipo ♂	Tipo ♀	
	A	B
A	AA	AB
B	BA	BB

### Análisis estadísticos

Los comportamientos socio-sexuales como: Flehmen, Olfateo ano-genital, Pataleo, Automarcaje, Golpes, Monta, Monta con desenvaine y Vocalización, fueron analizados mediante un modelo lineal, el análisis se realizó utilizando un modelo lineal generalizado mixto (GLMM) (PROC MIXED) (Rstudio) con una distribución de Poisson y un enlace logarítmico para evaluar los efectos del tipo, momento y tratamiento. Se realiza una prueba post hoc de Tukey utilizando la función del paquete, que compara los niveles del factor ajustando por

comparaciones múltiples. El momento y su interacción en el comportamiento socio-sexual en carneros Dorper bajo un sistema de explotación intensivo.

## RESULTADOS

El Cuadro 1 muestra diferencias significativas en los comportamientos "Olfateo" y "Pataleo" entre diferentes combinaciones de tipos y momentos. Los valores de P inferiores a 0.001 indican que las diferencias observadas en los promedios son estadísticamente significativas, lo que sugiere que los tipos de comportamientos varían de manera notable entre diferentes grupos y momentos.

Cuadro 1. Comparación de interacciones significativas entre machos Dorper según el Tipo y Tratamiento

Interacciones Significativas				
		Tipo: Momento		P- valué
	Tipo ♂	Tipo ♀		
		A	B	
Olfateo	A	2.65 ± 0.34	3.27 ± 0.57	<0.001
	B	3.08 ± 0.45	2.44 ± 0.38	<0.001
Pataleo	A	0.68 ± 0.56	0.74 ± 1.13	<0.001
	B	1.04 ± 0.41	-0.03 ± 1.45	<0.001

La Figura 1A muestra el número de interacciones de olfateo y la Figura 1B el porcentaje de interacciones de pataleo para dos grupos diferentes (Tipo A y Tipo B) en dos momentos distintos (Momento 1 y Momento 2). El tipo A muestra un número mayor de interacciones de olfateo y pataleo en comparación con el tipo B. Sin embargo, el comportamiento de pataleo disminuye en el Momento 2 para ambos tipos.

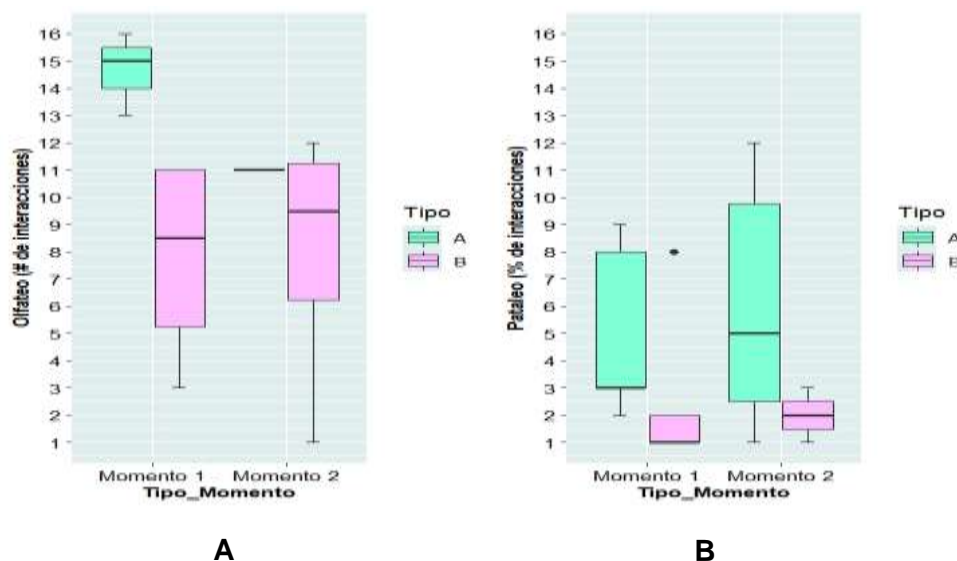


Figura 1. Distribución de interacciones por tipo y momento en las conductas de olfateo (A) y pataleo (B) de machos Dorper.

El Cuadro 2 muestra que hay diferencias significativas en las interacciones para la mayoría de las categorías de comportamiento analizadas, con valores de P menores a 0.05, lo que indica que las diferencias observadas entre los tipos de sujetos y tratamientos no son producto del azar. La única excepción notable es en la categoría de Monta para el Tipo A, donde el valor de P es mayor a 0.05, sugiriendo que las diferencias en este caso no son estadísticamente significativas. Esto implica que, en general, el comportamiento de los sujetos varía considerablemente dependiendo del tipo (A o B) y del género, y que estas variaciones son importantes para comprender cómo diferentes tratamientos afectan las interacciones entre los sujetos.

Cuadro 2. Comparación de interacciones no significativas de machos Dorper según Tipo y Tratamiento.

Interacciones No Significativas				
	Tipo ♂	Tipo y/o Tratamiento		P- value
		Tipo ♀		
		A	B	
Flehmen	A	1.86 ± 0.32	1.89 ± 0.37	<0.05
	B	1.95 ± 0.44	0.27 ± 0.56	<0.05
Golpes	A	-0.34 ± 0.67	-1.46 ± 1.34	<0.05
	B	0.60 ± 0.74	-0.92 ± 1.35	<0.05
Monta con Desenvaine	A	-0.33 ± 0.67	-1.12 ± 1.17	<0.05
	B	0.93 ± 0.26	-0.039 ± 0.54	<0.05
Monta	A	-0.33 ± 0.67	-1.12 ± 1.17	>0.05
	B	0.93 ± 0.26	-0.39 ± 0.54	<0.05
Vocalizacion	A	1.32 ± 0.55	0.64 ± 0.15	<0.05
	A	-3.00 ± 1.00	0.12 ± 0.37	<0.05

La Figura 2 muestra el número de interacciones para diferentes comportamientos (Flehmen, golpes, monta desenvaine, monta, y vocalización) en función de distintos tratamientos y momentos para dos grupos (Tipo A y Tipo B). Los tratamientos BA y BB muestran un mayor número de interacciones de flehmen, mientras que el Tipo A exhibe más interacciones de golpes, monta desenvainé, monta, y vocalización en el Momento 1. En general, se observa una tendencia a la disminución de interacciones en el Momento 2 para la mayoría de los comportamientos y tipos.

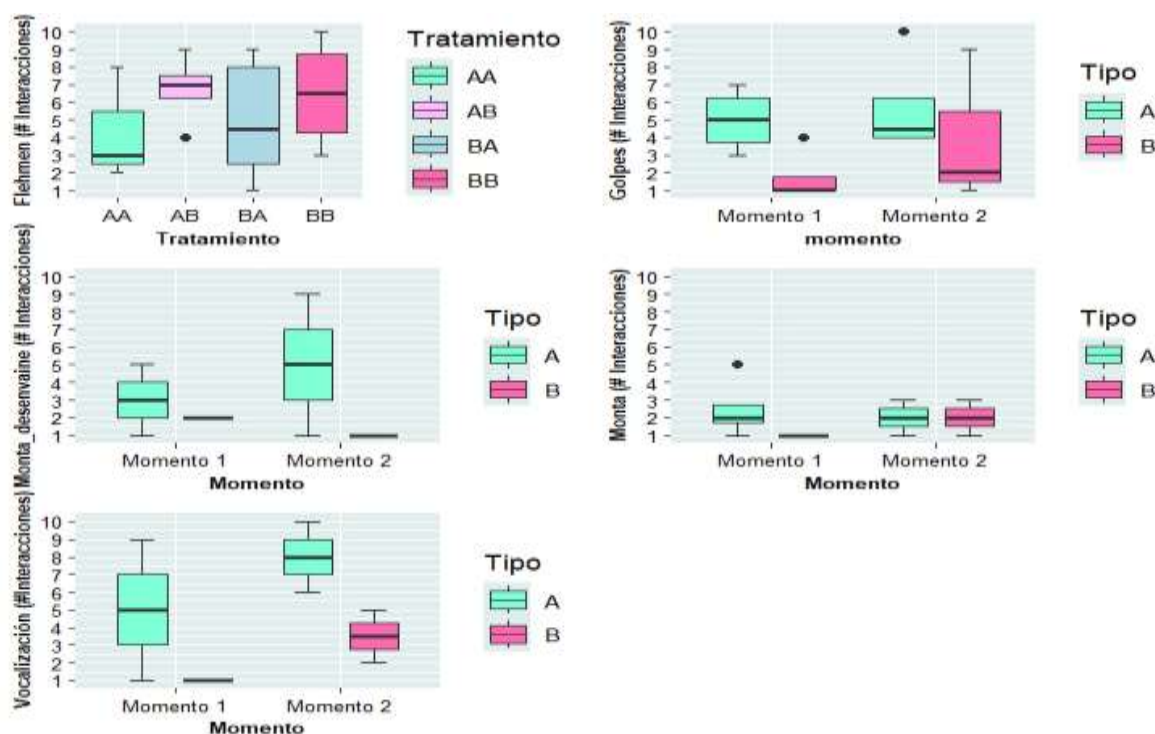


Figura 2. Distribución de interacciones No significativas de machos Dorper en diferentes conductas según Tipo y Tratamiento

Los análisis de los datos obtenidos muestran diferencias significativas en la frecuencia de las interacciones entre los dos grupos (Tipo A y Tipo B) y a lo largo de los dos momentos de observación.

**Olfateo:** El Tipo A presentó un mayor número de interacciones de olfateo en comparación con el Tipo B en ambos momentos. No se observó una disminución notable en el número de interacciones entre los dos momentos para el Tipo A, mientras que el Tipo B mostró un aumento en el Momento 2.

**Pataleo:** El comportamiento de pataleo fue más frecuente en el Tipo A en el Momento 1, pero disminuyó considerablemente en el Momento 2 para ambos grupos, con una reducción más acentuada en el Tipo A.

**Flehmen:** El tratamiento BB estuvo asociado con el mayor número de interacciones de flehmen, seguido por el tratamiento BA. Los tratamientos AA y AB presentaron menos interacciones, con AA mostrando la menor cantidad.

**Golpes:** El Tipo A mostró un número significativamente mayor de interacciones de golpes en comparación con el Tipo B en ambos momentos, aunque hubo una ligera disminución en el número de interacciones en el Momento 2 para el Tipo A.

**Monta desvainé:** El Tipo A aumentó sus interacciones de monta desvainé en el Momento 2, mientras que el Tipo B se mantuvo con un bajo nivel de interacciones en ambos momentos.

**Monta:** El Tipo A presentó más interacciones de monta en el Momento 1 en comparación con el Tipo B. Sin embargo, en el Momento 2, el número de interacciones fue bajo y similar en ambos grupos.

**Vocalización:** Las interacciones de vocalización fueron significativamente más altas en el Tipo A en el Momento 1, pero disminuyeron en el Momento 2 para ambos grupos, siendo el Tipo B el que mostró la menor cantidad.

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos revelan patrones claros en la expresión de las interacciones entre los dos grupos y a lo largo de diferentes momentos. Los carneros Tipo A consistentemente presentó un mayor número de interacciones en la mayoría de los comportamientos analizados, lo que sugiere que este grupo puede tener una predisposición natural o estar influenciado por factores específicos que promueven una mayor actividad interactiva. El aumento en las interacciones de olfateo para los carneros Tipo B en el Momento 2 podría indicar una adaptación o cambio de comportamiento en respuesta a condiciones experimentales o de contexto, mientras que la disminución generalizada en las interacciones de pataleo y vocalización en el Momento 2 sugiere una posible fatiga o habituación en ambos grupos. El comportamiento de flehmen, más frecuente en los tratamientos BA y BB, destaca la influencia de los tratamientos en la expresión de este comportamiento, sugiriendo que ciertos tratamientos pueden inducir respuestas más intensas o frecuentes. La variabilidad observada en el tratamiento BB podría estar relacionada con una mayor sensibilidad a las condiciones del entorno o a factores intrínsecos.

Por otro lado, la reducción en las interacciones de monta en el Momento 2 para ambos grupos sugiere que este comportamiento puede estar particularmente afectado por la temporalidad o la fatiga, lo cual es consistente con la disminución observada en otros comportamientos interactivos. En conjunto, estos resultados subrayan la importancia de considerar tanto el tipo de grupo como el momento de observación en el estudio de comportamientos interactivos. Las diferencias observadas entre los tratamientos también sugieren que las condiciones experimentales tienen un impacto significativo en la expresión de estos comportamientos. Futuros estudios podrían centrarse en desentrañar los factores subyacentes que contribuyen a estas diferencias, así como explorar la interacción entre factores intrínsecos y ambientales en la modulación de los comportamientos observados.

No todos los carneros tienen un buen comportamiento sexual ni en la misma intensidad. Factores como la edad y la raza, entre otros, tienen un rol fundamental en la manifestación de los elementos de interés sexual. Esta variación puede deberse entre otros factores a la selección artificial y los métodos de crianza. La primera puede ejemplificarse, cuando bajo condiciones intensivas, los reproductores tradicionalmente se escogen dando mínima importancia al comportamiento sexual (Orihuela *et al.*, 2014).

## CONCLUSION

Este estudio proporciona evidencia clara de que tanto el tipo de grupo (A o B) como el momento de observación influyen significativamente en la frecuencia y expresión de diversas interacciones comportamentales. El Tipo A generalmente mostró un mayor nivel de actividad interactiva en comparación con el Tipo B, especialmente en comportamientos como el olfateo, el pataleo, y la vocalización. Sin embargo, se observó una tendencia general a la disminución de estas interacciones en el segundo momento de observación, lo que podría indicar un efecto de fatiga o habituación. Los tratamientos específicos también tuvieron un impacto notable, especialmente en el comportamiento de flehmen, donde los tratamientos BA y BB resultaron en un mayor número de interacciones. Esto sugiere que ciertas condiciones experimentales pueden intensificar o modular la expresión de ciertos comportamientos. En resumen, los resultados de este estudio destacan la complejidad de las interacciones comportamentales y



la necesidad de considerar múltiples factores, como el tipo de grupo, el momento de observación, y las condiciones experimentales, para comprender plenamente la dinámica de estos comportamientos. Futuros estudios deberán investigar más a fondo los mecanismos subyacentes que impulsan estas diferencias, lo que podría tener implicaciones importantes para el manejo y la intervención en contextos donde estos comportamientos son relevantes.

## REFERENCIAS

- Borja, F. and Fabre-nys, C. 2012. Brain structures involved in the sexual behaviour of Ile de France rams with different sexual preferences and levels of sexual activity. *Behavioural Brain Research* 226(2), 411- 419.
- Jensen, P., 1994. Fighting between unacquainted pigs—effects of age and of individual reaction pattern. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 41, 37–52.
- Hasegawa, N., Nishiwaki, A., Sugawara, K., Ito, I., 1997. The effects of social exchange between two groups of lactating primiparous heifers on milk production, dominance order, behaviour and adrenocortical response. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 51, 15-27
- Orihuela, A. 2014. La conducta sexual del carnero. Revisión. *Rev Mex Cienc Pecu* 5(1), 49-89.
- Raussi, S., Boissy, A., Andanson, S., Kaihilahti, J., Pradel, P. and Veissier, I., 2006. Repeated regrouping of pair-housed heifers around puberty affects their behavioural and HPA axis reactivities. *Anim. Res.* 55, 131-144.

## COMPARACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA DE BECERRAS HOLSTEIN QUE RECIBIERON AGUA TRATADA CON LA TÉCNICA DE OSMOSIS INVERSA VS AGUA DE NORIA

Macias, O. E. J.,\* Carrillo, M. D. I., Contreras, V. V., Ángel, G. O., Arellano, R. F., Veliz, D. F.G., Alvarado, E. A. S.

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez s/n. Col. Valle Verde, C.P. 27054. Torreón Coahuila México. \*Autor de Autor correspondencia: [maciasotz@hotmail.com](mailto:maciasotz@hotmail.com)

### RESUMEN

La calidad del agua en la crianza de becerros es un factor importante que contribuye al bienestar animal. Ayuda a mantener diversos procesos metabólicos, además de ser la principal fuente de hidratación para los animales. Por ende, la calidad de este recurso se vuelve fundamental en los sistemas de producción agropecuarios. Sin embargo, se suele pasar por alto la importancia en su calidad. Actualmente los sistemas de purificación pueden ser una alternativa viable para mejorar la calidad del agua. Por lo tanto el presente estudio tiene como objetivo evaluar la ingesta de agua de becerros Holstein que recibieron agua tratada con la técnica de osmosis inversa vs agua de noria. Se utilizaron 8 becerros destetados con una edad promedio de  $45 \pm 1$  días de nacidas. Se alojaron individualmente en jaulas de madera. Las becerros recibieron agua de la noria ubicada en las instalaciones de la unidad de producción y agua tratada con la técnica de osmosis inversa. Se evaluó diariamente el consumo de agua y se registraron sus ingestas. Se observó diferencia estadística significativa ( $P \leq .05$ ) a favor de el agua tratada con la técnica de osmosis inversa. En conclusión, mejorar la calidad de agua a través de sistemas de purificación de osmosis inversa puede ser una alternativa eficaz para aumentar el consumo de agua en becerros Holstein.

**Palabras claves:** bienestar animal, crianza, becerros.

### ABSTRACT

The quality of water in calf rearing is a crucial factor contributing to animal welfare. It helps maintain various metabolic processes and serves as the primary source of hydration for animals. Therefore, the quality of this resource becomes fundamental in agricultural production systems. However, the importance of water quality is often overlooked. Nowadays, purification systems can be a viable alternative to improve water quality. Thus, the present study aims to evaluate the water intake of Holstein calves that received water treated by reverse osmosis versus well water. Eight weaned calves with an average age of  $45 \pm 1$  days were used. They were housed individually in wooden pens. The calves received well water from the production unit's facilities and water treated with reverse osmosis. Daily water consumption was evaluated, and their intakes were recorded. A statistically significant difference ( $P \leq .05$ ) was observed in favor of the water treated with the reverse osmosis technique. In conclusion, improving water quality through reverse osmosis purification systems can be an effective alternative to increase water consumption in Holstein calves.

**Key words:** animal welfare, breeding, calves.

## INTRODUCCIÓN

El cuidado óptimo durante la etapa de crianza de las becerras es crucial para prevenir las enfermedades, mantener la salud y garantizar la productividad en la industria del ganado lechero (Palczynski et al., 2021; Wilson et al., 2021). Por esta razón, es fundamental mantener condiciones saludables, así como suministrar alimentos y agua que esté libre de contaminantes (Bhilegaonkar et al., 2024). Los factores típicamente considerados al evaluar la calidad del agua comprenden el olor, sabor, las propiedades físicas, químicas y la contaminación microbiana, además de la presencia de compuestos tóxicos y la concentración de macro y micro minerales (Beede, 2006). Excesos en las concentraciones de alguno de estos factores pueden afectar la aceptabilidad del agua, la salud, fisiología del animal y la calidad de los productos animales (Patterson et al., 2004; Schütz et al., 2019; Valente-Campos et al., 2019). En la actualidad la región del noreste de México está experimentando importantes problemas con la calidad de sus aguas subterráneas, las cuales superan los límites permisibles de contaminantes y/o metales pesados estipulados en la legislación mexicana (Ortega-Morales et al., 2020). Considerando que los impactos negativos de este tipo de agua son mayores en animales jóvenes, es pertinente proveer al productor de metodologías que incrementen la calidad del agua. Los sistemas de purificación de agua juegan un papel importante en el mejoramiento y fomento de su consumo, dentro de los que se destaca el sistema de purificación por ósmosis inversa (Senevirathne et al., 2018). Este involucra el uso de una membrana semipermeable que elimina partículas grandes en el agua, incluidos algunos minerales y otras impurezas para producir agua potable (Senevirathne et al., 2021). En la actualidad la mayoría de los estudios realizados se centran en la importancia de la calidad de agua que se ofrece al ganado adulto. Por lo cual, es importante realizar investigaciones que ofrezcan información que ayuda a proveer estrategias que mejoren las condiciones de las becerras en los sistemas de producción agropecuarios. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el impacto de la calidad de agua sobre la respuesta en su consumo y preferencia en becerras Holstein Friesian.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del estudio y manejo de los animales

El estudio se llevó a cabo durante los meses de septiembre y octubre del año 2022 en un establo lechero ubicado en el municipio de Matamoros Coahuila entre los paralelos 28° 11' y 28° 11' de latitud norte y los meridianos 105° 28' y 105° 28' de longitud oeste (INEGI, 2016). Se encuentra localizado en la región semidesértica del norte de México a una altura de 1170 msnm, con temperaturas entre 9.20 y 28.3 °C (INIFAP LA LAGUNA, 2019). Todos los métodos y manejos de las unidades experimentales utilizadas en este estudio fueron en estricto apego a los lineamientos para el uso ético, cuidado y bienestar de los animales en investigación a nivel internacional (FASS, 2010) y nivel nacional (NAM, 2002). Para el experimento se seleccionaron 8 becerras Holstein destetadas con una edad de  $45 \pm 1$  días de nacidas. Las becerras fueron alojadas individualmente en jaulas de madera previamente lavadas y desinfectadas, ubicadas sobre camas de arena. Al momento del inicio del estudio, las becerras se encontraban con un buen estado de salud. Se evaluó la ingesta y preferencia hacia el tipo de agua al ofrecer las dos opciones (agua tratada con osmosis inversa y agua de noria) durante 12 días. El agua se ofreció en cubetas de plástico graduadas (10 L), se posicionaron a cada lado de la jaula y se intercambiaron día con día de posición para evitar conductas de costumbre hacia algún lado del posicionamiento de la cubeta. En la figura 1 se muestra el esquema del experimento. El agua se cambió diariamente y se registraron sus ingestas. El consumo de agua por día se registró a través del cálculo de lo ofrecido menos el rechazo. La

cantidad de agua siempre se mantuvo por encima del 50 % de la capacidad de la cubeta para garantizar su ingesta *ad libitum*. El agua tratada con la técnica de osmosis inversa se obtuvo directamente del centro de purificación de agua Water Point (cuenta VU-001866-21 y número de folio 01901), aprobada por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), con clave 311830 en el municipio de Torreón Coahuila, México. Esta se trasladó directamente a la unidad de producción a través de un contenedor plástico (Alveo © 1000L SKU: VMA0002) y se mantuvo en la sombra a temperatura ambiente hasta su uso.

### Análisis estadístico

La ingesta de agua se analizó mediante una prueba de comparación de media t de student para muestras independientes. Se utilizó el paquete estadístico SPSS (versión 25). El valor declarado para indicar diferencia estadística significativa fue de  $P \leq 0.05$ .

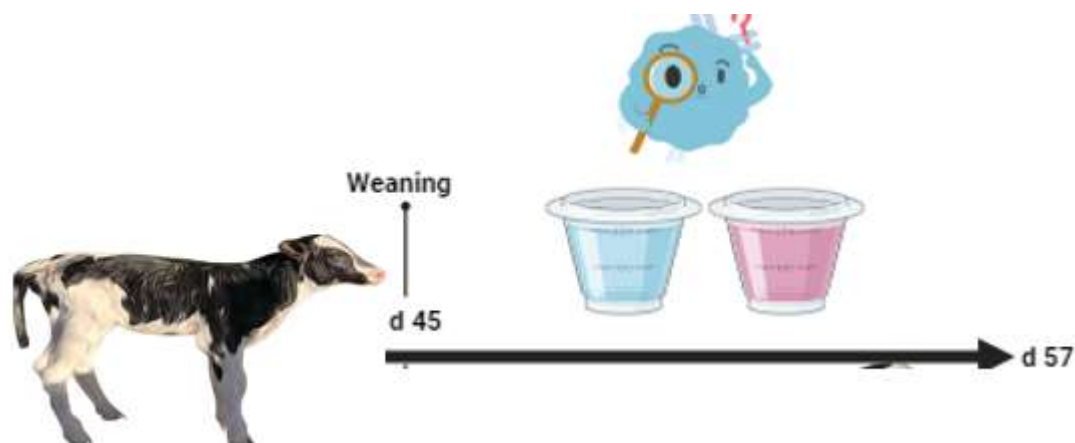


Figura 1. Esquema ilustrativo del diseño del experimento

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la ingesta de agua se pueden observar en la Figura 2. Se observa una marcada preferencia por el agua tratada con la técnica de osmosis inversa en comparación con el agua de noria ( $4.6 \pm 1$  vs  $2.4 \pm .58$  L/d), arrojando una diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ ). Estos resultados difieren al estudio realizado por Senevirathne et al. (2018) en donde no encontraron diferencias en la ingesta de agua cuando se les ofreció agua tratada con la técnica de osmosis inversa vs agua potable del municipio. Sin embargo, reportan beneficios con relación a la salud de las becerras. Considerando que el agua potable del municipio tiene mejores condiciones que el agua de noria, Senevirathne et al. (2021) realizaron un segundo estudio en donde se evaluaron las preferencias de la calidad de agua al ofrecer tres tipos diferentes: 1) agua tratada con las técnicas de osmosis inversa, 2) agua potable municipal y 3) agua de noria sin tratamiento. El estudio arrojó que las becerras prefirieron el agua tratada con la técnica de osmosis inversa. Esto demuestra que los animales jóvenes pueden percibir diferencias en la calidad de agua ofrecida. Es ampliamente reconocido que el agua es esencial para mantener diversas funciones biológicas como la regulación de la temperatura y la digestión de los alimentos (von Keyserlingk et al., 2016). En rumiantes favorecer el desarrollo ruminal al contribuir a mantener la humedad necesaria en el rumen para llevar a cabo los procesos de fermentación (Nagaraja, 2016). Se sabe que el rumen de las becerras al nacer se encuentra en una etapa de desarrollo (Dias et al., 2017), por lo cual es indispensable que el suministro libre de agua este presente lo más pronto posible (Wickramasinghe et al., 2019). Wickramasinghe et al., (2020) menciona que ofrecer

agua desde los primeros días de vida, confiere beneficios para el establecimiento de bacterias benéficas en el tracto digestivo de las becerras.

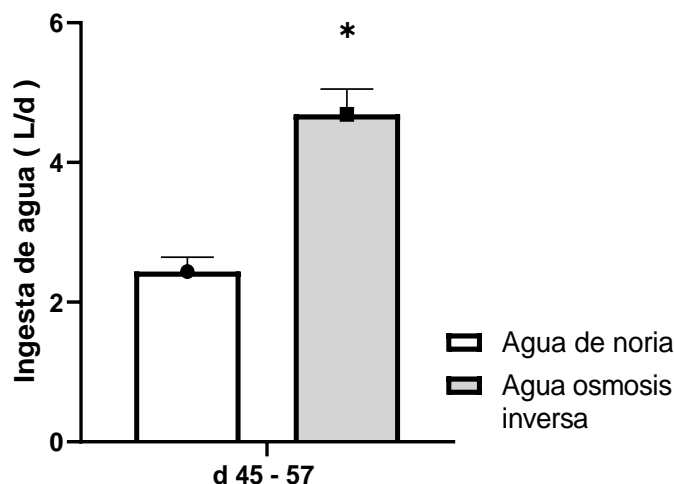


Figura 2. Ingesta de agua de becerras Holstein. \* Indica diferencia estadística entre tipo de agua ( $P \leq 0.05$ ).

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados arrojados en la presente investigación, administrar agua tratada con la técnica de osmosis inversa incrementa la ingesta de agua considerablemente. Se recomienda realizar investigaciones que brinden conocimiento sobre los efectos que genera el consumo de agua tratada con la técnica de osmosis inversa sobre la microbiota ruminal de becerras.

## REFERENCIAS

- Beede, D. K. (2006). Evaluation of water quality and nutrition for dairy cattle. High Plains Dairy Conference. East Lansing, Michigan, 129-154 <http://www.highplainsdairy.org/2006/Beede.pdf>
- Bhilegaonkar, K.N., Kolhe, R.P., & Kumar, M.S. (2024). Good animal husbandry practices. Encyclopedia of Food Safety, 2, 407-415. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822521-9.00232-X>
- Dias, J., Marcondes, M. I., Noronha, M. F., Resende, R. T., Machado, F. S., Mantovani, H. C., Dill-McFarland, K. A., & Suen, G. (2017). Effect of pre-weaning diet on the ruminal archaeal, bacterial, and fungal communities of dairy calves. *Frontiers in Microbiology*, 8(AUG). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01553>
- FASS. (2010). Guide for the care and use of agricultural animals in agricultural research and teaching. (Federation Animal Science Society (ed.); 3rd Edition). [https://www.adsa.org/Portals/\\_default/SiteContent/docs/AgGuide3rd/Ag\\_Guide\\_3rd\\_ed.pdf](https://www.adsa.org/Portals/_default/SiteContent/docs/AgGuide3rd/Ag_Guide_3rd_ed.pdf)
- Inifap La Laguna. (2019). Estación meteorológica Matamoros Coahuila. <http://clima.inifap.gob.mx/Inmysr/Estaciones/Consulta/Diarios15Min?Estado=5andEstacion=26812>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2016. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Torreón, Coahuila de Zaragoza. Clave geoestadística 05035.
- Nagaraja, T. G. (2016). Microbiology of the rumen. In *Rumenology*, 39-61. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-30533-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-30533-2_2)
- National Academy of Medicine NAM. (2002). Guía para el cuidado y uso de animales de laboratorio. (Harlan Mexico (ed.); 1st ed). National Academy of Medicine, Mexico and the Association for Assessment and

- Accreditation of Laboratory Animal Care International. México, D.F. <https://nap.nationalacademies.org/read/10929/chapter/1>
- Ortega-Morales, N. B., Cueto-Wong, J. A., Barrientos-Juárez, E., García-Vargas, G., Salinas-González, H., García, A. B., & Morán-Martínez, J. (2020). Toxicity in goats exposed to arsenic in the Region Lagunera, Northern Mexico. *Veterinary Sciences*, 7(2), 59. <https://doi.org/10.3390/VETSCI7020059>
- Palczynski, L. J., Bleach, E. C. L., Brennan, M. L., & Robinson, P. A. (2021). Stakeholder perceptions of disease management for dairy calves: "it's just little things that make such a big difference." *Animals*, 11(10), 2829. <https://doi.org/10.3390/ani11102829>
- Patterson, H. H., Johnson, P. S., Epperson, W. B., Haigh, R. D., Patterson, H. H., Johnson, P. S., & Epperson, W. B. (2004). Effect of total dissolved solids and sulfates in drinking water for growing steers. *South Dakota Beef Report*, 2004. Paper 6. [http://openprairie.sdstate.edu/sd\\_beefreport\\_2004](http://openprairie.sdstate.edu/sd_beefreport_2004)[http://openprairie.sdstate.edu/sd\\_beefreport\\_2004/6](http://openprairie.sdstate.edu/sd_beefreport_2004/6)
- Schütz, K. E., Huddart, F. J., & Cox, N. R. (2019). Manure contamination of drinking water influences dairy cattle water intake and preference. *Applied Animal Behaviour Science*, 217, 16–20. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2019.05.005>
- Senevirathne, N. D., Anderson, J. L., & Rovai, M. (2018). Growth performance and health of dairy calves given water treated with a reverse osmosis system compared with municipal city water. *Journal of Dairy Science*, 101(10), 8890–8901. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14800>
- Senevirathne, N. D., Anderson, J. L., Erickson, P. S., & Rovai, M. (2021). Evaluation of the effects of water quality on drinking preferences of heifer calves. *JDS Communications*, 2(6), 393–397. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2021-0101>
- Valente-Campos, S., Spry, D. J., Pascale Palhares, J. C., Jakomin Rudez, L. M., & Umbuzeiro, G. de A. (2019). Critical issues and alternatives for the establishment of chemical water quality criteria for livestock. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 104, 108–114. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2019.03.003>
- von Keyserlingk, M. A. G., Phillips, C. J. C., & Nielsen, B. L. (2016). Water and the Welfare of Farm Animals (pp. 183–197). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-27356-3\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-27356-3_9)
- Wickramasinghe, H. K. J. P., Anast, J. M., Schmitz-Esser, S., Serão, N. V. L., & Appuhamy, J. A. D. R. N. (2020). Beginning to offer drinking water at birth increases the species richness and the abundance of *Faecalibacterium* and *Bifidobacterium* in the gut of preweaned dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 103(5), 4262–4274. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17258>
- Wickramasinghe, H. K. J. P., Kramer, A. J., & Appuhamy, J. A. D. R. N. (2019). Drinking water intake of newborn dairy calves and its effects on feed intake, growth performance, health status, and nutrient digestibility. *Journal of Dairy Science*, 102(1), 377–387. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15579>
- Wilson, D. J., Pempek, J. A., Roche, S. M., Creutzinger, K. C., Locke, S. R., Habing, G., Proudfoot, K. L., George, K. A., & Renaud, D. L. (2021). A focus group study of Ontario dairy producer perspectives on neonatal care of male and female calves. *Journal of Dairy Science*, 104(5), 6080–6095. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19507>

## EFFECTO DE LA REMOCIÓN DEL PLASMA SEMINAL SOBRE LA VIABILIDAD DEL SEMEN CAPRINO CRIOPRESERVADO CON UN DILUYENTE A BASE DE LIPOSOMAS

Nava J.F., Chavarría N. I., Arellano R.F., Angel.G.O., Arellano.R.G., Moreno.A.S., Alvarado-Espino. A.S.

Posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. [24nato.bexi@gmail.com](mailto:24nato.bexi@gmail.com).

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la remoción del plasma seminal sobre la viabilidad y motilidad del semen caprino criopreservado con un diluyente a base de liposomas. Se utilizaron cuatro machos cabríos adultos de la raza Alpino-francés de 1.5 a 2 años de edad. Se recolectó semen de los machos mediante vagina artificial. Cada eyaculado se dividió en partes iguales. Una de las partes se centrifugó para eliminar el plasma seminal (SP-), mientras que la otra mitad permaneció con plasma seminal (SP+). Ambas partes se diluyeron con Optixcell® (ox) para su congelamiento con nitrógeno líquido a -196° C en pajillas de 0.25 mL con 200X106 espermatozoides/mL. Se realizaron las evaluaciones macro y microscópicas de ambos tratamientos sistema CASA (Androvision). No se observaron diferencias significativas con respecto a la motilidad y viabilidad del semen sin plasma o con plasma seminal ( $P>0.05$ ). Sin embargo, tanto la motilidad como la viabilidad disminuyeron significativamente en ambos tratamientos luego del congelamiento y descongelamiento con respecto al semen fresco y refrigerado. Se concluyó que el semen caprino, no requiere lavado seminal por centrifugación cuando se utiliza un diluyente a base de liposomas para su criopreservación.

**Palabras clave:** Semen, criopreservación, centrifugación, plasmas.

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of seminal plasma removal on the viability and motility of goat semen cryopreserved with a liposome-based diluent. Four adult goats of the Alpine-French breed, 1.5 to 2 years old, were used. Semen was collected from the males using an artificial vagina. Each ejaculate was divided equally. One of the parts was centrifuged to eliminate the seminal plasma (SP-), while the other half remained with seminal plasma (SP+). Both parts were diluted with Optixcell® (ox) for freezing with liquid nitrogen at -196° C in 0.25 mL straws with 200X106 sperm/mL. Macro and microscopic evaluations of both treatments were carried out using the CASA system (Androvision). No significant differences were observed regarding the motility and viability of semen without plasma or with seminal plasma ( $P>0.05$ ). However, both motility and viability decreased significantly in both treatments after freezing and thawing compared to fresh and refrigerated semen. It was concluded that goat semen does not require seminal washing by centrifugation when a liposome-based diluent is used for cryopreservation.

**Keywords:** Semen, cryopreservation, centrifugation, plasmas.

## INTRODUCCIÓN

El avance de las biotecnologías para preservar el semen se ha centrado en mantener la capacidad de fecundación de los espermatozoides congelados/descongelados. Sin embargo, los distintos procesos de congelación y descongelación provocan daños en los espermatozoides (Souza et al., 2019). El éxito general de la técnica depende de la composición del medio de congelación. Se han establecido diferentes estrategias para optimizar la eficiencia de la crioconservación de los espermatozoides como son el desarrollo de diferentes medios de conservación (Al-Bulushi et al., 2019). Dentro de los más utilizados son los elaborados a base de yema de huevo y el glicerol (Silva et al., 2019). Los diluyentes tradicionales para la criopreservación de semen caprino incluyen yema de huevo, leche descremada o su combinación (Bustani & Baiee, 2021). Sin embargo, las enzimas del plasma seminal de los machos cabríos pueden interactuar con componentes específicos de la leche desnatada o la yema de huevo, lo que hace que los diluyentes que contienen estas sustancias sean perjudiciales para los espermatozoides de los machos cabríos (Vizcarra et al., 2022). Se han reportado estudios en los que se recomienda la eliminación del plasma seminal mediante lavados antes de la dilución del semen para mejorar la calidad del semen congelado y descongelado cuando se utilizan diluyentes que contienen leche o yema de huevo (Silva et al., 2019). El Optixcell® es un diluyente a base de liposomas que se ha utilizado como diluyente para el almacenamiento de semen de camello, y otras especies (Singh et al., 2018). El efecto que tiene lo liposomas podría deberse a la incorporación y la estabilidad en membrana espermática al momento del choque térmico. Además, por su composición no interacciona con los componentes del plasma seminal por lo que el centrifugado no sería necesario. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la remoción del plasma seminal sobre la viabilidad del semen caprino criopreservado con un diluyente a base de liposomas.

## MATERIALES Y METODOS

### Localización del estudio y animales experimentales

El experimento se realizó en el norte de México, en el Centro de Investigación en Producción Animal (CIPA-UL) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (26° de Latitud Norte y 104° de Longitud Oeste), durante la época reproductiva (agosto-septiembre). El área de estudio se encuentra a una altitud 1120 msnm, con una precipitación media anual de 230 mm y con temperatura promedio de 24 °C, máxima de 41 °C en mayo y junio, y mínima de -1 °C en diciembre y enero (CONAGUA, 2015). Se utilizaron machos cabríos adultos de la raza Alpino-francés (n = 4, de 1.5 a 2 años de edad), homogéneos en cuanto a peso vivo (PV; 75.0 ± 0.32 kg) y condición corporal (CC; 3.5 ± 0.10 unidades); con fertilidad probada previo al estudio experimental a través de evaluaciones frecuentes de calidad seminal. Durante el periodo experimental, los machos se alimentaron dos veces al día (8:00 h y 18:00 h), a libre acceso con una dieta basada en heno de alfalfa (18% PC, 1.95 Mcal de EM) y 100 g de concentrado comercial (21% PC, 1.7 Mcal EM) con base en sus requerimientos nutricionales (NRC, 2007). Los machos tuvieron agua limpia a libre acceso y sales minerales.

### Colección y procesamiento del semen

El semen fue colectado por la mañana (8:00 a 10:00 h) cada 4 d, durante 4 semanas. Se utilizó como estímulo para la extracción de semen una hembra en celo. El semen se recolecto con una vagina artificial estándar para ovinos y caprinos, mantenida a una temperatura de 38 °C. Se colectaron un total de 64 eyaculados. Después de cada extracción el semen se sumergió inmediatamente en baño maría a 37 °C para su análisis macroscópico y microscópico durante los primeros 10 minutos después de la recolección. Los eyaculados se analizaron subjetivamente y solo cuando las muestras presentaban un volumen > 0.8 ml y una motilidad ≥ 60 %, fueron utilizados los eyaculados. Luego de la evaluación inicial, cada



eyaculado se dividió en dos fracciones iguales, una de las cuales contenía plasma seminal (SP+) y otra con el plasma seminal extraído (SP-). La remoción del plasma seminal en el tratamiento SP- se realizó de acuerdo con (Silva et al., 2019). Brevemente, el semen se diluyó 1:9 v/v en una solución de lavado Ringer Lactato y se centrifugaron dos veces a 1500 rpm por 5 minutos. Al terminar se removió el sobrenadante y se diluyó y empajillo a una concentración de  $100 \times 10^6$  espermatozoides/mL. Finalmente, la otra parte del semen no se le removió y se diluyó igual que la anterior (SP+). Posteriormente las muestras ya diluidas fueron sometidas a 3 procesos para su evaluación: semen fresco (SF); semen refrigerado (SR, equilibrado a 4 °C por 4 horas); y semen congelado (SC). Después de refrigerar el semen se llenaron las pajillas de 0.25 mL y para el proceso de congelación se colocaron a 7 cm de nitrógeno líquido (NL, -140°C) por 10 min; después se sumergieron directamente en el NL (-196°C) y se almacenaron hasta su análisis (Morrell et al., 2022). En cada uno de los estados de conservación (SF, SR y SC), el semen se analizó inmediatamente. Se evaluó la motilidad total y la viabilidad. En el caso del SC, se llevó el proceso de descongelación, para lo cual, la pajilla se descongeló, sumergiéndola en agua a temperatura ambiente (37° C) durante 40 s. La viabilidad espermática (VE; %), se evaluó mediante el uso de la técnica de tinción con eosina-nigrosina (Alberto et al., 2012), se observaron al menos 200 espermatozoides por muestra mediante microscopio óptico, utilizando el objetivo de 100X, y se calculó el porcentaje de células vivas (sin teñir) y de células muertas (teñidas de color rosa). Todas las evaluaciones fueron realizadas siempre por el mismo evaluador calificado. La motilidad total se realizó utilizando el equipo de Sistema computarizado de análisis seminal (Computer Assisted Semen Analysis, CASA; Androvisión, Minitube, Alemania). Se colocó una alícuota de 5.0 µL de la muestra en un portaobjeto precalentado a (37 °C), se cubrió con un cubreobjeto y se evaluaron mediante una microscopía de contraste de fase (eclipse 50i, Nikon, Japón). Las estimaciones de motilidad espermática se realizaron en cinco campos microscópicos aleatorios no consecutivos para cada muestra por el mismo operador (Corredor et al., 2018).

### **Análisis estadístico**

Los datos fueron analizados mediante un ANOVA usando el procedimiento Modelo Lineal General (GLM). Las medias obtenidas de los parámetros seminales fueron comparadas usando una prueba de t. Se observó el efecto del uso de los diferentes procesos de crioconservación y la interacción de diluyente a base de liposomas con la remoción del plasma seminal. Todos los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS V9.1 (SAS, 2005). Las diferencias fueron consideradas significativas a un valor de  $P \leq 0.05$ .

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados del presente estudio se muestran en el cuadro 1. La motilidad fue similar entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). No se observaron diferencias estadísticas significativas con respecto a la remoción o no del plasma seminal. Así mismo, tampoco se observaron diferencias significativas en la viabilidad del semen. Sin embargo, hubo un efecto en el tiempo independientemente de los tratamientos ( $P < 0.0001$ ). Tanto la motilidad y viabilidad del semen fueron similares en el semen fresco y refrigerado, no obstante, luego del congelamiento y descongelamiento disminuyeron significativamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Medias ( $\pm$ EEM) Para la calidad la remoción del plasma seminal sobre la viabilidad y motilidad total del semen caprino criopreservado con un diluyente a base de liposomas

	Motilidad	Viabilidad
Ox + plasma		
Fresco	65 $\pm$ 4 <sup>a</sup>	84 $\pm$ 2 <sup>a</sup>
Refrigerado	62 $\pm$ 4 <sup>a</sup>	77 $\pm$ 3 <sup>a</sup>
Congelado	40 $\pm$ 4 <sup>b</sup>	52 $\pm$ 3 <sup>b</sup>
Ox - plasma		
Fresco	64 $\pm$ 5 <sup>a</sup>	83 $\pm$ 1 <sup>a</sup>
Refrigerado	69 $\pm$ 3 <sup>a</sup>	74 $\pm$ 4 <sup>a</sup>
Congelado	38 $\pm$ 3 <sup>b</sup>	43 $\pm$ 4 <sup>b</sup>

<sup>ab</sup>Literales desiguales entre filas difieren a  $P \leq 0.05$

La criopreservación de espermatozoides en machos caprinos sigue siendo un desafío debido a que en esta especie: su semen contiene lipasas de las secreciones de las glándulas bulbouretrales que interactúan con la yema del huevo, produciendo sustancias tóxicas que afectan a los espermatozoides durante el congelamiento (Tabarez et al 2017). La mayoría de los protocolos de criopreservación de semen en caprinos recomiendan eliminar el plasma seminal para mejorar la función de los espermatozoides (Salmon et al., 2017). En nuestro estudio, la eliminación del plasma seminal en semen congelado con un diluyente a base de liposomas (OptiXcell) no influyó en la viabilidad y motilidad espermática después del congelamiento/descongelamiento. Lo anterior podría deberse a que los liposomas no interactúan con los componentes del plasma seminal, por lo que no es necesaria la remoción del plasma.

### CONCLUSIÓN

El OptiXcell (Ox) es una alternativa sin proteína animal a los diluyentes a base de yema de huevo para criopreservar el semen de caprinos sin la necesidad de remover el plasma seminal.

### REFERENCIAS

- Alberto Juan, Sánchez Balcázar, & Porras Almeraya, A. (2012). MANEJO REPRODUCTIVO DE OVINOS Y CAPRINOS.
- Bustani, G. S., & Baiee, F. H. (2021). Semen extenders: An evaluative overview of preservative mechanisms of semen and semen extenders. *Veterinary World*, 14(5), 1220–1233. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.1220-1233>
- Chakravarty, H., Sinha, S., Borpujari, D., Deka, B. C., Biswas, R. K., Dutta, M., & Borah, B. (2023). Effect of Centrifugation Regime on Cryopreservation of Beetal Buck Semen. *Indian Journal of Animal Research*, 57(2), 178–183. <https://doi.org/10.18805/IJAR.B-4959>
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2011). Estadísticas del Agua en México Edición 2014.
- Corredor, L. H., Rodríguez, O. C., Torres, A. S., Páez, J. D. M., & Moreno, A. Q. (2018). Effects of cryopreservation on sperm subpopulations in goats. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(3), 882–893. <https://doi.org/10.15381/rivep.v29i3.14169>
- Galián, S., Peinado, B., Almela, L., Poto, Á., & Ruiz, S. (2023). Post-Thaw Quality of Spermatozoa Frozen with Three Different Extenders in the Murciano Granadina Goat Breed. *Animals*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/ani13020309>
- Morrell, J. M., Malaluang, P., Ntallaris, T., & Johannisson, A. (2022). Practical Method for Freezing Buck Semen. *Animals*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/ani12030352>

Salmon, VM, Leclerc, P., y Bailey, JL (2017). Nuevas estrategias técnicas para optimizar la criopreservación de semen de cabra utilizando ciclodextrina cargada con colesterol. *Criobiología*, 74, 19-24. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2016.12.010>

Shimada Miyasaka Armando. (2007). *Nutricion animal Shimada*. Shimada.

Silva, R. A. J. A., Batista, A. M., Arruda, L. C. P., de Souza, H. M., Nery, I. H. de A. V., Gomes, W. A., Soares, P. de C., Silva, S. V., & Guerra, M. M. P. (2019). Concentration of soybean lecithin affects short-term storage success of goat semen related with seminal plasma removal. *Animal Reproduction*, 16(4), 895–901. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR2019-0012>

Singh, A. K., Kumar, A., Honparkhe, M., Kaur, S., Kaur, H., Ghuman, S. P. S., & Brar, P. S. (2018). Comparison of in vitro and in vivo fertilizing potential of buffalo bull semen frozen in egg yolk-, soya bean lecithin- and liposome-based extenders. *Reproduction in Domestic Animals*, 53(1), 195–202. <https://doi.org/10.1111/rda.13092>

Souza, C. V. de, Brandão, F. Z., Santos, J. D. R., Alfradique, V. A. P., Santos, V. M. B. dos, Morais, M. C. da C., Rangel, P. S. C., Silva, A. A. da, & Souza-Fabjan, J. M. G. (2019). Effect of different concentrations of L-carnitine in extender for semen cryopreservation in sheep. *Cryobiology*, 89, 104–108. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2019.05.009>

Tabarez, A., García, W., & Palomo, M. J. (2017). Effect of the type of egg yolk, removal of seminal plasma and donor age on buck sperm cryopreservation. *Small Ruminant Research*, 149, 91-98. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.01.007>

Vizcarra, V. M. G., Garcia, Y. S. V., Ramírez, J. C. H., Nuñez, O. M. M., & Beltrán, V. A. S. (2022). Efecto del retiro de plasma seminal en la calidad espermática de semen caprino congelado usando diferentes criopreservadores. *South Florida Journal of Environmental and Animal Science*, 2(2), 110–115. <https://doi.org/10.53499/sfjeasv2n2-008>

**EFICACIA DE CUATRO SUPLEMENTOS EN CABRAS LACTANTES ALIMENTADAS CON FORRAJE DE BAJA DIGESTIBILIDAD (SOCA DE SORGO)****EFFICACY OF FOUR FEED SUPPLEMENTS IN LACTATING GOATS FED LOW DIGESTIBILITY FORAGE (SORGHUM STRAW)**

Puentes-G. J., García-S. H. D., González-S. U.

**Universidad Juárez del Estado de Durango-Facultad de Agricultura y Zootecnia, Domicilio conocido Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango.**

[\\*judith.puentes@ujed.mx](mailto:judith.puentes@ujed.mx)

**RESUMEN**

De un hato se confinaron individualmente 16 cabras criollas de dos partos y 70 días en producción con un peso promedio de 31.52 kg. Se distribuyeron aleatoriamente en cuatro tratamientos con cuatro repeticiones. Tratamientos: alfalfa molida (AFM), grano seco de destilería (GSD), gluten de maíz (GM), acemite de trigo (ACT). Se determinó consumo de materia seca, peso vivo y producción de leche. Los consumos de materia seca en general fueron aceptables, AFM fue el más alto ( $P < 0.05$ ) con  $1196.75 \text{ g día}^{-1}$ . El Peso vivo se mantuvo en los cuatro tratamientos, y fueron estadísticamente iguales ( $P > 0.05$ ).  $\text{dL}^{-1}$ . Los promedios de producción de leche se mantuvieron en rangos aceptables des acuerdo a lo consumido  $477.50 \text{ ml}$  para AFM y de  $503.75 \text{ ml}$  para (GM). Los resultados muestran que los suplementos asociados con soca de sorgo pueden ser eficaces para mantener en su mayoría rangos aceptables de consumo de materia seca, peso vivo y producción de leche. Se midió el efecto de cuatro suplementos alimenticios en cabras lactantes alimentadas con soca de sorgo deshidratada y molida al 87%.

**Palabras clave.** Hato, repeticiones, materia seca, tratamientos

**ABSTRACT**

From a herd, 16 Creole goats with two births and 70 days in production were individually confined with an average weight of 31.52 kg. They were randomly distributed into four treatments with four repetitions. Treatments: ground alfalfa (AFM), distillers dried grain (GSD), corn gluten (GM), wheat acemite (ACT). Dry matter consumption, live weight and milk production were determined. Dry matter intakes were generally acceptable, AFM was the highest ( $P < 0.05$ ) with  $1196.75 \text{ g day}^{-1}$ . Live weight was maintained in the four treatments and were statistically equal ( $P > 0.05$ ).  $\text{dL}^{-1}$ . The milk production averages remained in acceptable ranges, disagreement with the consumption of  $477.50 \text{ ml}$  for AFM and  $503.75 \text{ ml}$  for (GM). The

results show that supplements associated with sorghum soca can be effective in maintaining mostly acceptable ranges of dry matter intake, live weight and milk production. The effect of four feed supplements was measured in lactating goats fed 87% dehydrated and ground sorghum soca.

**Key word.** Herd, repetitions, dry matter, treatments.

## INTRODUCCIÓN

La ganadería es fundamental en la disminución de la pobreza en países en vías de desarrollo, (Ojango *et al.*, 2016). A nivel global, en los últimos 30 años la población de pequeños ruminantes se ha sostenido en torno a los 1.200 millones de ovino, mientras que el rebaño caprino ha crecido en un 81%, alcanzando en la actualidad 1.100 millones de cabras (Mazinani Rude, 2020)

La caprino cultura en la región de La laguna es realizada principalmente por grupos de bajo nivel socio económico para los cuales la leche obtenida de estos animales se vuelve una oportunidad de generar recursos económicos para el sustento diario (Escareño *et al.*, 2011, Anzaldo-Montoya 2020). La forma más común y rentable de alimentar a la cabras en esta región es mediante el pastoreo (Acevedo *et al.*, 2012). Esta forma de alimentación de las cabras en ocasiones puede comprometer el estado nutricional de ganado sobre todo de cabras lecheras en producción, debido a que la disponibilidad y calidad del forraje que consumen en el pastoreo dependen de la estacionalidad climática de la región, por lo tanto no siempre hay suficiente alimento, ni de buena calidad (Arias *et al.* 2008). En la temporada invernal se acentúa la disminución del forraje y la calidad de este suele ser deficiente, dificultando satisfacer las necesidades de consumo y de nutrientes de los animales (NRC, 2007). Acevedo *et al.* (2012) y Reyes *et al.* (2013) mencionan que los residuos agrícolas son una alternativa más de alimento para el ganado caprino. Sin embargo alimentar a los caprinos únicamente con este tipo de alimentos no es suficiente, debido a su baja digestibilidad y limitado contenido de nutrientes (Williams *et al.*, 1997) y (Reyes *et al.*, 2013), por lo tanto al hacer uso de este tipo forrajes como alimento principal, se hace necesario recurrir a la suplementación alimenticia, el suplementar se entiende como el agregar algo para mitigar o corregir alguna deficiencia (NRC, 2007). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento de cuatro suplementos alimenticios en cabras lactantes alimentadas con soca de sorgo sobre las variables de consumo de materia seca peso vivo y producción de leche.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el mes de enero del 2017 en las postas caprinas de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez de Estado de Durango (UJED) en el ejido Venecia, Durango, perteneciente al municipio de Gómez Palacio, ubicado en el km. 35 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo. 25°46'56" Latitud N; 103°21'02" Longitud W (INEGI, 2022). De un hato en pastoreo se identificaron 16 cabras de dos partos y 70 días en producción, con promedio de 31.52 kg. Las cabras se confinaron individualmente durante 38 días, ocho días de aclimatación y 30 del periodo de estudio. Se les proporciono agua a librea acceso. Las cabras se confinaron en corrales de malla ciclónica de 2 x 1.5 m con sombra. El alimento principal fue esquileo de sorgo forrajero deshidratado al sol, al 87 % y molida a 2 cm, se les ofrecía dos veces al día a las 07:00 am y 19:00 pm, la cantidad proporcionada fue calculada en base al 2.2% del peso vivo. Se utilizaron cuatro tipos de suplemento, estos fueron organizados en cuatro tratamientos de cuatro repeticiones, tratamientos: Heno de alfalfa molido a 2 cm (AFM); grano seco de destilería (GSD); gluten de maíz (GM); acemite de trigo (ACT). Las Variables a evaluar fueron La cantidad del suplemento se suministró en base al 1 % del peso vivo. Las variables evaluadas fueron peso vivo (PV), consumo de materia seca (CMS) y producción de leche. Los datos fueron analizados en un diseño al azar en el programa SAS.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### **Peso vivo y consumo de materia seca (CMS).**

Las cabras que presentaron el mayor consumo de materia seca fueron las de AFM (1196.75 g día<sup>-1</sup>) y fueron superiores ( $P < 0.05$ ) a los otros tres tratamientos; las de GSD mantuvieron un consumo de materia seca igual ( $P > 0.05$ ) a las de GM y mayor ( $P < 0.05$ ) a las de ACT. Los tratamientos con GM y ATC no presentaron diferencia estadística entre ellos ( $P > 0.05$ ). El mayor consumo presentado por el tratamiento de AFM pudo deberse a que las partículas de la alfalfa y la soca de sorgo fueron del mismo tamaño (2 cm) obligando a las cabras a dar bocados más homogéneos de alimento, promoviendo en un mayor CMS (Tazaro *et al.* 2012). Los rangos obtenidos de consumo de materia seca en el presente estudio en los cuatro tratamientos se encuentran dentro de los rangos promedio de 250 y 1200 g día<sup>-1</sup> para caprino que consumieron diferentes especies forrajeras bajo diferentes condiciones de manejo (Elizondo-Salazar, 2018).

Se puede deducir pues que los CMS para cabras son aceptables (Elizondo-Salazar, 2018), (NRC, 2007), lo que pudo deberse al efecto positivo de los suplementos sobre la digestibilidad de la soca de sorgo.

Para el comportamiento de peso vivo no existió diferencia estadística entre tratamientos ( $P > 0.05$ ), GM mostró ganancias mínimas de peso ( $0.0413 \text{ g animal}^{-1}$ ), GSD, ACT y AFM presentaron pérdidas mínimas de alrededor de  $0.2600 \text{ g animal}^{-1}$  (Cuadro 1). Por lo tanto las cabras prácticamente mantuvieron su peso vivo lo cual pudo ser efecto de los aporte de proteína y energía de los suplementos y de la soca. Los aportes de energía en la dieta tienen influencia sobre la producción de propionato para producción de glucosa evitando con esto el catabolismos de aminoácidos musculares y con ello contribuyendo a la estabilidad del peso vivo NRC (2007), además la energía y la proteína adicionadas tiene una influencia positiva sobre la digestibilidad de la soca de sorgo al fomentar el crecimiento microbiano que degrada los alientos fibrosos (Obeet *et al.*, 2017). El uso de fuentes de energía de fácil fermentación, así como de fuentes de nitrogenadas, estimulan el crecimiento poblacional de los microorganismo del rumen, los cuales tienen influencia positiva directa sobre la digestibilidad de la celulosa y hemicelulosa de las fuentes de fibrosas, con ello mejorar la tasa de pasaje influenciando positivamente los consumos proporcionando una mayor disponibilidad de nutrientes para el mantenimiento y la producción del ganado Schacht *et al.* (1992). Serrato *et al.* (2015) mediante la suplementación energética y proteica basada en subproductos agroindustriales en cabras en desarrollo logró mantener el peso vivo de estas cuando fueron alimentadas con soca de sorgo. Acuroero *et al.* (2002) mostro en un estudio que la suplementación proteica y energética de corderos que pastorearon sobre residuos de sorgo logro aumentar el PV. Producción de leche. El valor más alto fue para GM (524.88 ml), este fue estadísticamente iguales ( $P > 0.05$ ) a GSD y ACT y estadísticamente superior a AFM. ACT y AFM no presentaron diferencia estadística ( $P > 0.05$ ). La producciones de leche están dentro de los promedios obtenidos en cabras criollas en pastoreo que consumieron especies arbóreas y herbáceas sin suplementar en la Loja Ecuador (Pesantes *et al.* 2014), son superiores a los de cabras en pastoreo en la región de La comarca lagunera en época de escasas de forraje en la estación de invierno (Vélez *et al.* 2015), están por debajo de la obtenida en cabras pastoreadas en la Comarca Lagunera suplementadas de distinta manera (Maldonado-Jaquez *et al.* 2017) y son inferiores a los presentados en cabras criollas en pastoreo suplementadas con moringa (Argüelles-Verdugo *et al.*, 2018), La capacidad de producción de leche es dependiente de varios factores, entre ellos la alimentación, la genética, el clima etc. El comportamiento productivo que mostraron las cabras de los cuatro tratamientos esta asociados a la alimentación recibida. La energía y la proteína son esenciales para el proceso de la síntesis de la leche (Salvador *et al.*, 2007, Galaviz *et al.*, 2022) la glándula mamaria demanda para la producción de leche más del 80 % de la energía consumida (Bell y Bauman 1997). Para la síntesis de leche se requieren de aminoácidos que son utilizados en la regeneración de componentes del tejido mamario y en la construcción de

la proteína de la leche, la glucosa como principal fuente de energía es necesaria para la síntesis de la leche en las células lactogénicas estas requieren de la energía para la captación y producción de los contenidos de la leche como lo son: Proteína, lactosa grasa entre otros, los nutrientes requeridos en la síntesis de leche provienen principalmente de la dieta consumida y en segundo lugar de fuentes endógenas del propio animal (Bell y Bauman 1997). Los suplementos pueden contribuir a mitigar deficiencias nutricionales (Williams *et al.*, 1991) aunque en ocasiones no en su totalidad, sobre todo cuando se utilizan alimentos de bajo aporte nutricional como la soca de sorgo (Goetsch *et al.*, 2016, Maldonado-Jaquez *et al.*, 2017). Sin embargo bajo el uso forrajes de poco valor nutritivo como la soca de sorgo los cuatro suplementos pudieron mantener rangos de producción de leche aceptables (Goetsch *et al.*, 2016, Maldonado-Jaquez *et al.*, 2017).

Cuadro 1. Comparación de consumo de materia seca y peso vivo de cabras criollas en producción, suplementadas y alimentadas con soca de sorgo.

Variables	Tratamientos						
	AFM	GSD	GM	ACT	N	gl	EE
CMS (g día <sup>-1</sup> )	1196.75c	1136.51b	1090.32ab	1050.00a	4	12	15.6
PV (kg animal <sup>-1</sup> )	-0.2600a	-0.0063a	0.0413a	-0.2600a	4	12	15.116
Producción de leche (ml)	477.50b	523.13a	524.88a	503.75ab	4	16	15.05

AFM= Alfalfa molida, GSD= Grano seco de destilería, GM= Gluten de maíz, ACT= Acemite de trigo; SNG= Solidos no grasos en leche \*Valores entre filas con letras diferentes son estadísticamente diferentes (P< 0.05). Valores entre columnas con letras diferentes son estadísticamente diferentes (P< 0.05).

## CONCLUSIONES

Los consumos de materia seca fueron aceptable con un rango de consumo de 1050 a 1096 g día<sup>-1</sup>, el más alto fue para el suplemento de AFM. El peso vivo se mantuvo estable en los cuatro tratamientos. La producción de leche fue aceptable a pesar del tipo de forraje consumido con promedios de 477.50 a 524.88 ml el suplemento con GM fue el más alto. Los cuatro suplementos mediante la incorporación de energía y proteína de sus ingredientes proveen ciertas cantidades de carbohidratos de fácil fermentación, además mejoraron la digestibilidad de la soca de sorgo, mediante la estimulación del crecimiento de la población de microorganismos del rumen, los cuales son usados como fuente de aminoácidos por las cabras en diferentes procesos fisiológicos.



## REFERENCIAS

- Acevedo AJ, Trujillo. MP, López SM. (2012). "La problemática de los grupos vulnerables. Visiones de la realidad. Universidad Autónoma de Coahuila Posgrado de investigación: 46-49.
- Allen MS. (1996). Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *J Animal Sciences* 74(12):3063-3075. <https://doi.org/10.2527/1996.74123063x>. Consultado el 31 de enero del 2023.
- Allen MS, Mertens DR. (1988). "Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes." *Journal of Sciences* 118(2): 261-270.
- Anzaldo-Montoya M. (2020). Entre la vulnerabilidad y la invisibilidad científica. Estudio sobre los aportes de las ciencias sociales a la investigación sobre ganadería caprina en México. *Estudios sociales. Revista Alimentación Contemporánea Desarrollo Regional*. 30(55).
- Argüelles-Verdugo EA, et al. (2018). "Producción y composición de leche de cabras complementadas con hojas secas de moringa (*Moringa oleífera*)." *Ciencia e Innovación* (2): 241-253.
- Arias RA, Maderb TL, Escobara PC (2008) Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos Médicos Veterinarios* 40:7-22.
- Bell AW y Bauman DE. (1997). Adaptaciones del metabolismo de la glucosa durante el embarazo y la lactancia. *J Mammary Gland Biol Neoplasia* 2:265-278. <https://doi.org/10.1023/A:1026336505343>.
- Elizondo-Salazar J. (2018). "Consumo de materia seca proveniente de diferentes especies forrajeras en cabras en Costa Rica." *Nutrición Animal Tropical* 12(2):41-54.
- Escareño SLM et al. (2011). La cabra y los sistemas de producción caprina de los pequeños productores de la Comarca Lagunera, en el norte de México. *Revista Chapingo Ser **Ciencia** Forestales Ambiental* (17):235-246.
- Galaviz CJC. (2022). Efecto de una dieta con base en vaina de mezquite, maguey y nopal sobre la producción y calidad fisicoquímica de leche de cabras Saanen. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 21(1): <http://dx.doi.org/10mald.5154/r.rchsza.2020.06.006>.
- Goetsch A. L. (2016)"Invited review: Current areas of research of feeding practices for lactating goats." *The Profess Animals Sciences* 32(6):725-735.
- Maldonado-Jaquez JA. et al. 2017. Uso de un alimento integral como complemento a cabras locales en pastoreo: respuesta en producción y composición química de la leche. *Ns* 2017: 9(18):55-75. <https://doi.org/10.21640/ns.v9i18.728>. Consultada el 15 de diciembre del 2022.
- NRC (National Research Council). 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, DC, USA. National Academy Press: 5, 43,48 p.
- Obeet AA, Yusuf KO. 2017. "Performance of West African dwarf goats fed Agro-industrial by-products and Pennisetum purpureum hay as dry season feed." *Niger J Ani Prod* 2017; 44(2):52-160.
- Ojango JM.K., Wasike, C.B., Enahoro, D.K., Okeyo, A.M. (2016). Dairy production systems and the adoption of genetic and breeding technologies in Tanzania, Kenya, India and Nicaragua. *Animal Genetic Resources*. 59:81-95
- Pesántez, M. T., & Hernández, A. Producción lechera de cabras Criollas y Anglo-Nubian en Loja, Ecuador. *Rev Cubana Ciencia Agrícola* 2014;48(2), 105-108.
- Vélez MLI, Rosales NCA, Flores NMJ, Chávez SAU, Salinas GH. (2015). Producción de leche de cabra en la Comarca Lagunera (intensivo y extensivo) durante la época de estiaje. Memoria de la XXVII Semana Internacional de Agronomía. Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Valencia, Dgo. México 2015: 533-536.
- Williams T, Fernández S, Kelley T. 1997. The influence of socioeconomic factors on the availability and utilization of crop residues as animal feeds. *CAB Internat* 1997: 25-29.



**UJED**

Universidad Juárez  
del Estado de Durango



**FAZ**  
Facultad de  
Agricultura y Zootecnia

# XXXVI SEMANA INTERNACIONAL de AGRONOMÍA

**2 AL 6  
SEPTIEMBRE  
2024**



**Responsable**

Dr. Cirilo Vázquez Vázquez  
Director de la FAZ

**Informes**

Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo  
Km 32 Venecia, Durango, México  
Teléfono: (871)7118875 y 7118876

Venecia, Gómez Palacio, Dgo. México  
<http://faz.ujed.mx/>