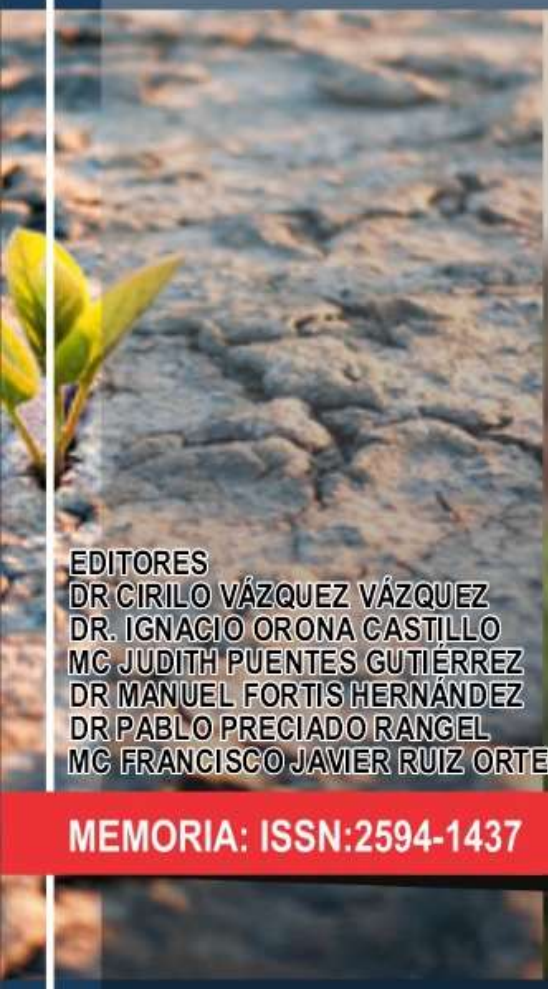
UJED
Universidad Juárez del Estado de Durango

FACULTAD DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA

XXXIII SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMÍA



8 al 10 de SEPT. del 2021

EDITORES
DR CIRILO VÁZQUEZ VÁZQUEZ
DR. IGNACIO ORONA CASTILLO
MC JUDITH PUENTES GUTIÉRREZ
DR MANUEL FORTIS HERNÁNDEZ
DR PABLO PRECIADO RANGEL
MC FRANCISCO JAVIER RUIZ ORTEGA

MEMORIA: ISSN:2594-1437

La Agricultura
y los recursos naturales ante las contingencias de salud & cambio climático

http://faz.ujed.mx
Venecia, Durango, México

UJED
Universidad Juárez del Estado de Durango

FACULTAD DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA

XXXIII SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMÍA

8 al 10 de SEPT. del 2021

Artículos presentados durante el evento científico de la XXXIII Semana Internacional de Agronomía en la ciudad de Gómez Palacio, Dgo. México los dias 8,9 y 10 de septiembre del año 2021

Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED)
Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ)
Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo KM 32
Venecia Dgo, México
Tel. 8717118875 y 7118875

MEMORIA: ISSN:2594-1437

La Agricultura
y los recursos naturales ante las contingencias de salud & cambio climático

Correo electrónico: fazujed.sia@gmail.com
Página Web: http://faz.ujed.mx
http://faz.ujed.mx/siafaz

Diseño de portada
ruiz6812@hotmail.com
MC Francisco Javier Ruiz Ortega

UJED
Universidad Juárez del Estado de Durango

FACULTAD DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA

XXXIII SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMÍA

COMITE CIENTIFICO
DR. CIRILO VAZQUEZ VAZQUEZ
DR. IGNACIO ORONA CASTILLO
DR. MIGUEL ANGEL GALLEGOS ROBLES
DR. MANUEL FORTIS HERNANDEZ
DR. PABLO PRECIADO RANGEL
DR. JOSE LUIS GARCIA HERNANDEZ
MC JUDITH PUENTES GUTIERREZ
MC FRANCISCO JAVIER RUIZ ORTEGA

8 al 10 de SEPT. del 2021

SIA 2021, Memorias de la Semana Internacional de Agronomía, enero diciembre del 2021, una publicación periódica electrónica anual editada y publicada por la Universidad Juárez del Estado de Durango, a través de Facultad de Agricultura y Zootecnia; con domicilio conocido en Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo Km. 35. Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango. México. C.P. 35111. Tel. (871) 711 88 75. fazujed.sia@gmail.com, http://faz.ujed.mx/siafaz/ Editores responsables: Dr. Cirilo Vázquez Vázquez, Dr. Ignacio Orona Castillo, MC Judith Puentes Gutiérrez, Dr. Manuel Fortis Hernandez, Dr. Pablo Preciado Rangel y MC Francisco Javier Ruiz Ortega . ISSN: 2594-1437. La Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ-UJED)no avala la validez de los experimentos y resultados que se obtuvieron, es responsabilidad de los autores que aparecen en cada artículo. Por lo que el contenido publicado es responsabilidad de cada autor y no representa la postura del Cuerpo Editorial de la publicación. Se autoriza cualquier reproducción parcial o total de los contenidos e imagenes de la publicación incluyendo el almacenamiento electrónico siempre y cuando sea sin fines de lucro o para usos estrictamente académicos, citando invariablemente la fuente sin la alteración del contenido y dando los créditos autorales.

MEMORIA: ISSN:2594-1437

Apoyo Técnico: MC Francisco Javier Ruiz Ortega

La Agricultura
y los recursos naturales ante las contingencias de salud & cambio climático

http://faz.ujed.mx
Venecia, Durango, México

UJED
Universidad Juárez del Estado de Durango

FACULTAD DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA

XXXIII SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMÍA

8 al 10 de SEPT. del 2021

COMITÉ ORGANIZADOR

Cuerpo académico UJED-CA-47 "Optimización de los Recursos Suelo y Agua"
- Dr. Ignacion Orona Castillo
- Dr. Cirilo Vázquez Vázquez
- Dr. Apolinar Gonzalez Mancilla

Cuerpo académico ITTOR-CA-1 "Manejo Sustentable de los Recursos Agronómicos"
- Dr. Pablo Preciado Rangel
- Dr. Manuel Fortis Hernández
- MC Francisco Javier Ruiz Ortega

Cuerpo académico UJED-CA-112 "Desarrollo Agrícola Sustentable"
- Dr. José Luis García Hernández
- Dr. Miguel Ángel Gallegos Robles
- Dr. José Guadalupe Luna Ortega

MEMORIA: ISSN:2594-1437

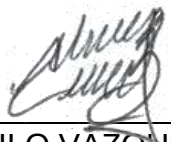
La Agricultura
y los recursos naturales ante las contingencias de salud & cambio climático

http://faz.ujed.mx
Venecia, Durango, México

PRESENTACIÓN

La XXXIII Semana Internacional de Agronomía que organiza la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), a través del Comité Científico pone esta memoria a consideración de la comunidad estudiantil, académica, científica y público en general. Los trabajos aquí expuestos constituyen en su conjunto una serie de aportaciones al mejoramiento de la producción agrícola, la ganadería y la agricultura orgánica. Los artículos están realizados por investigadores, docentes, estudiantes y profesionales interesados en el mejoramiento de la calidad de vida de la población que vive de las actividades agropecuarias en el país y con el propósito de difundir dicho conocimiento. El contenido de esta memoria da muestra en primera instancia de los avances científicos en este terreno, y por otra parte incluye los puntos de vista de los especialistas nacionales e internacionales que amablemente compartieron sus experiencias y conocimientos a través de las conferencias magistrales que impartieron. Así la XXXIII Semana Internacional de Agronomía seguirá siendo un espacio de intercambio académico en el que alumnos e investigadores y la comunidad universitaria en general se vean beneficiados. A pesar de la contingencia sanitaria ocasionada por el COVID-19, este año la Facultad celebra su XLIX Aniversario de su fundación realizando este evento virtual ya que pretendemos seguir posicionándonos como una institución socialmente responsable, líder en el ámbito educativo, social, cultural, científico, ambiental y tecnológico, y que responda a las exigencias de la región y del país, pero sobre todo que coadyuve sustancialmente en el desarrollo integral del campo mexicano con un sentido social.

ATENTAMENTE



DR. CIRILO VÁZQUEZ VÁZQUEZ
Director de la Facultad de Agricultura y Zootecnia

índice

AGRICULTURA ORGANICA

ABONOS ORGÁNICOS ASOCIADOS A Trichoderma spp. EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO DE Stevia (Stevia rebaudiana Bert.) ***1***

Mónica Guadalupe Lozano-Contreras, Genovevo Ramírez-Jaramillo

ALTERNATIVAS PARA UNA NUTRICION SUSTENTABLE DE MAIZ FORRAJERO ***7***

José de Jesús Varela Ríos, Miguel Ángel Gallegos Robles, Uriel González Salas, José Luis García Hernández, Nery Cecilia García de la Paz.

ARAÑAS ASOCIADAS A HUERTOS DE GUAYABA EN CALVILLO, AGUASCALIENTES ***12***

González-Gaona, Ernesto; De Lira-Ramos, Karla Vanessa; Catarino Perales-Segovia; Ibarra-Nuñez, Guillermo Padilla-Ramírez, José Saúl; Sánchez Lucio Roberto; Castañeda-Cabrera, Cecilio

COMPARACIÓN DE DOS VARIEDADES DE AVENA FORRAJERA CON DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACION ORGÁNICA ***19***

Estrada-Arellano, Eduardo; Gutiérrez-Guzmán, Ulises Noel; González-Mancilla, Apolinar; Castellanos-Pérez, Edmundo

COMPORTAMIENTO DEL MELÓN INOCULADO CON Trichoderma harzianum ***25***

José Alfredo Samaniego-Gaxiola , Yasmín Chew Madinaveitia, Arturo Gaytán Mascorro

DETERMINACIÓN DE ARAÑAS (ARACHNIDA: ARANEAE) EN AGROECOSISTEMAS DE LA COMARCA LAGUNERA, DE DURANGO ***30***

Karla Janeth Juárez Salas, Miguel Mauricio Correa Ramírez, Verónica Ávila Rodríguez, Jesús Lumar Reyes Muñoz, José Luis Estrada Rodríguez, Urbano Nava Camberos

EFECTIVIDAD DE UN HERBICIDA ORGÁNICO EN EL CONTROL DE MALEZA DURANTE EL CICLO DE TRIGO. VALLE DEL YAQUI, SONORA. ***35***

Juan Manuel Cortés Jiménez, Alma Angélica Ortiz Avalos, José Luis Félix Fuentes, Ivón Alejandra Rosas Jauregui

EFECTO DE DISTINTAS DOSIS DE LIXIVIADO DE LOMBRIZ Y FERTILIZANTE ORGANICO COMERCIAL EN EL DESARROLLO DE CULTIVO DE TOMATE ***41***

Graciano-Obeso Adalid, Ramiro Maldonado-Peralta, Grace Erandy Báez-Hernández y Yaritza Isabel Pacheco-Machado

EVALUACIÓN DE LA RESPIRACIÓN EN SUELOS CALCÁREOS ***50***

Carrillo-Castañeda JB. Puente-Valenzuela CO., Vázquez-Vázquez C.

EVALUACIÓN DE VARIABLES DE PRODUCCIÓN EN LA AVENA (Avena sativa L.) FERTILIZADA CON FUENTES DE VERMICULTURA. ***57***

Ávila-Cisneros; R ., Rocha-Quiñones;J.L., González-Torres; A. Avila-Berúmen; S.M y Vázquez-Vázquez; C.

FERTILIZACIÓN BIOLÓGICA EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE CHILE JALAPEÑO EN INVERNADERO ***64***

Juan Manuel Nava Santos, Juana González Roblero, Francisca Sánchez Bernal

FORRAJE ORGÁNICO DE MAÍZ (Zea mays L.) Y FRIJOL YORIMÓN (Vigna unguiculata (L.) Walp) ***68***

Luna-Ortega, J. Guadalupe; Cervantes-Vázquez, María Gabriela; Galindo-Guzmán, Magdalena; Cervantes-Vázquez, Tomás Juan Álvaro; Zúñiga-Gracia, David Antonio

IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS HIDROCLIMÁTICOS EXTREMOS EN LA CUENCA DEL RÍO MAYO, SONORA 76

Aldo Rafael Martínez-Sifuentes, Fátima del Rocío Reyes-Camarillo, Selene Yuridia Márquez-Guerrero, José Antonio Hernández-Herrera, Vicenta Constante-García

LAS NANOPARTICULAS DE ÓXIDO DE ZINC INCREMENTAN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS DE MELÓN 84

Rivera-Gutierrez, R.G.; Fortis-Hernández, M. ; Preciado-Rangel, P.; Betancourt-Galindo, R.; Puente-Urbina, B.;

METODOLOGIA PARA DISMINUIR LA EMISION DE DIOXIDO DE CARBONO DURANTE LA FABRICACION DE COMPOSTA (AVANCES) 93

Puente-Valenzuela CO, Hernández-Gómez MA, Torres-Guardado JE, Gutiérrez-Torres PG, Carrillo-Castañeda JB

NEMATODOS FILIFORMES ASOCIADOS AL CULTIVO DE LA GUAYABA (Psidium guajava L.) EN CALVILLO, AGUASCALIENTES, MÉXICO 99

González-Gaona, Ernesto; De Lira-Ramos, Karla Vanessa; Perales-Segovia, Catarino; Ramos-De Lira Estiven, Fernando; Miranda-Salcedo Mario Alberto; Perales-Aguilar Lucila

PARASITISMO NATURAL DEL GUSANO COGOLLERO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, EN MAÍZ EN LA COMARCA LAGUNERA 106

Alfredo Daniel Rivera-Zamarripa, Verónica Ávila-Rodríguez, Urbano Nava-Camberos, Cristina García-de la Peña, José Luis Estrada-Rodríguez, Jorge Maltos-Buendía

PARASITISMO NATURAL DEL GUSANO ELOTERO, HELICOVERPA ZEA, EN MAÍZ EN LA COMARCA LAGUNERA 114

Alfredo Daniel Rivera-Zamarripa, Verónica Ávila-Rodríguez, Urbano Nava-Camberos, Cristina García-de la Peña, José Luis Estrada-Rodríguez, Homero Sánchez-Galván

PRODUCCIÓN DE AJO BARRETERO CON RIEGO POR CINTILLA EN LA COMARCA LAGUNERA 121

Cervantes-Vázquez, María Gabriela; Vázquez-Vázquez, Cirilo; Cervantes-Vázquez, Tomás Juan Álvaro; Orona-Castillo, Ignacio; Lucio-Morales, Adrián Octavio; González-Salas, Uriel

PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE SANDÍA (Citrullus lanatus) CON DOS FUENTES DE FERTILIZACIÓN EN LA COMARCA LAGUNERA 127

Miguel Ángel Gallegos-Robles, Uriel González-Salas, Luis Enrique Lira-López, Nery Cecilia García-De la Paz, José de Jesús Varela-Ríos, Alejandra Cecilia Nuñez Santiago, J. Guadalupe Luna Ortega

PRODUCTIVIDAD DE Stevia rebaudiana (Bertoni) FERTILIZADA CON ABONOS ORGÁNICOS 133

Mónica Guadalupe Lozano-Contreras, Genovevo Ramírez-Jaramillo.

RECUBRIMIENTO DE ESPORAS DE Beauveria bassiana (Bals) Vuill. CON PROTECTORES SOLARES... 140

De Lira-Ramos, Karla Vanessa; González-Gaona, Ernesto; Luna-Silva, Alejandra; Barajas-Gómez, Héctor Antonio; Hernández-Reyes, Lizbeth

RENDIMIENTO DE BALLICO ANUAL CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN EL VALLE DEL GUADIANA 146

Nava-Berumen, Cynthia Adriana, Gamero-Posada, Erika Cecilia, Alaníz-Villanueva, Oscar Gilberto, Estala-Nájera, José Ángel, Rosales-Serna, Rigoberto.

RENDIMIENTO DE CHILE JALAPEÑO (Capsicum annuum) CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA..... 151

Jared Ceniceros García; Miguel Ángel Gallegos Robles; Uriel Gonzales Salas; J. Guadalupe Luna Ortega; Priscilla Yamilhet Montes Orona

RESPUESTA DE MEZCLA DE BACTERIAS (Bacillus velezensis, Bacillus subtilis y Azospirillum brasilensis) EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS MELÓN..... 158

Uriel González-Salas, Miguel Ángel Gallegos-Robles, Ana Alejandra Valenzuela-García, Tomás Juan Álvaro Cervantes-Vázquez y María Gabriela Cervantes-Vázquez

RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL EN EL RENDIMIENTO Y PROPIEDADES FENOLÓGICAS DEL MAÍZ (ZEA MAYS)..... 166

Priscilla Yamileth Montes Orona, Ignacio Orona-Castillo, Miguel Ángel Gallegos-Robles, Uriel González-Salas, Jared Ceniceros-Garcia

USO DE FERTILIZANTE ORGÁNICO COMO MEDIO DE CULTIVO EN LA PROPAGACIÓN In vitro DE Agave durangensis Gentry..... 172

Ortiz-Sánchez, Ixchel Abby, Gamero-Posada, Erika Cecilia, Valdez-Ortega, Sonia, Nava-Berumen, Cynthia Adriana, Carvajal-Hernández, Blanca Rubí*

VERMICOMPOST COMO COMPONENTE DEL SUSTRATO EN EL DESARROLLO DEL CULTIVO DE LILIUM (LILIUM SPP.) PARA CORTE EN INVERNADERO..... 179

Juan Manuel Nava Santos, Francisca Sánchez Bernal, Aridaid Gutierrez Huerta

PRODUCCIÓN AGRICOLA

ACTIVIDAD ANTAGÓNICA DE TRICHODERMA HARZIANUM SOBRE FUSARIUM SPP. EN AJONJOLÍ (SESAMUM INDICUM L.) EN EL NORTE DE SINALOA..... 185

Víctor Hugo Aguilar Pérez, Elizabeth García León, Alma Rosa Solano Báez, Hugo Beltrán Peña y Guillermo Márquez Licona

ACUMULACIÓN DE AZÚCARES EN JUVENILES DE MAGUEY CENIZO EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN..... 192

Julio César Ríos Saucedo, Rigoberto Rosales Serna, Jesús Humberto Rodríguez Vargas, Cinthya Adriana Nava Berumen y Donají Sierra Zurita

ADAPTABILIDAD Y ESTABILIDAD DE RENDIMIENTO DE GRANO DE HÍBRIDOS DE SORGO EN EL BAJÍO, MÉXICO..... 199

Lourdes Icxel Cornejo Méndez, Ulises Aranda Lara, Ricardo Yáñez López, Jorge Covarrubias Prieto, Alfredo Josué Gámez Vázquez

ALTERACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DEL SUELO BAJO DIFERENTES MÉTODOS DE LABRANZA EN EL ALTIPLANO POTOSINO..... 206

Erika Nava-Reyna, Miguel Angel Martínez-Gamiño, Vicenta Constante-García, Kassandra Santellanez-Arreola, Jesús Arreola-Ávila

ANÁLISIS DE HORAS FRÍO Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO DEL TRIGO DURANTE EL CICLO OTOÑO-INVIERNO 2020-2021 EN EL SUR DE SONORA, MÉXICO..... 213

Torres-Cruz, María Monserrat, Fuentes-Dávila, Guillermo y Félix-Valencia, Pedro*

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE EL PESO VERDE DE Euphorbia antisyphilitica Zucc. Y DATOS ESPECTRALES DE SENTINEL-2b ***219***

Adrián Hernández-Ramos, Antonio Cano-Pineda, Jonathan Hernández-Ramos, Juan Carlos Tamarit-Urias y Xavier García-Cuevas

ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO EN EL PRONÓSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE CHILE EN MÉXICO ***224***

Mercedes Borja Bravo, Blanca Isabel Sánchez Toledano, Sergio Arellano Arciniega y Maihualy Fernández Martinez

APLICACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE COBRE (NPs Cu) Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD NUTRACEUTICA EN FRUTOS DE MELÓN HIDRÓPONICO ***231***

Fortis-Hernández, Manuel; Ortiz-López, Jaime Alfredo; Trejo-Valencia, Radames; Preciado-Rangel, Pablo; Ruíz-Ortega, Francisco J.; Zermeño-González, Héctor

APLICACIÓN MÓVIL COMO GUÍA PARA IDENTIFICACIÓN DE PLAGAS ***238***

Carlos Rojas Santillán1, Raúl Vidal García Hernández1, Ernesto Martínez Reyes1 y Alejandro Rodríguez Cortes

APLICACIÓN TEMPERATURA A SARMIENTOS DE VID RED GLOBE ***243***

Manuel Antonio Galindo-Reyes, René Félix Domínguez-López, José Carlos Monárrez-González

APLICACIÓN WEB PARA EL CONTROL DE PLAGAS EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA ***248***

González Jasso, Luis. A.; Chávez Sánchez, Noé; Narváez Mendoza, Mario P.; González González, Miguel A.; Corrales Suastegui, Arturo

APTITUD COMBINATORIA Y HETEROSIS PARA RENDIMIENTO EN SIETE LINEAS DE TOMATE (Solanum lycopersicum L.) ***252***

Odilon Gayosso Barragán, José Ángel Marroquín Morales, Ulises Aranda Lara, Juan Samuel Guadalupe Jesús Alcalá Rico, Alfonso López Benítez

BACILLUS COMO ALTERNIVA PARA BIOFERTILIZACIÓN EN MAÍZ ***258***

Nery Cecilia García-de la Paz, Miguel Ángel Gallegos-Robles, Uriel González-Salas

CALENDARIOS AGROCLIMÁTICOS QUINCENALES DE LLUVIA PARA ÁREAS AGRÍCOLAS DEL ALTIPLANO NORTE-CENTRO ***263***

González-González, Miguel Angel; Ramírez-Cabral, Nadiezhda; Corrales-Suastegui, Arturo, Narváez-Mendoza, Mario Primitivo; González-Jasso, Luis Antonio

CALIDAD FÍSICA Y CONTENIDO DE PROTEÍNA DE SEMILLA DE CEBADA EN DIFERENTES FECHAS DE SIEMBRA ***271***

Miguel Angel Avila Perches, Ramón Huerta Zurita, Alfredo Josué Gámez Vázquez, Mauro Refugio Zamora Díaz, Francisco Paúl Gámez Vázquez

CALIDAD Y RENDIMIENTO DE FLOR JUNIO LEÓN EN DOS SISTEMAS DE SIEMBRA BAJO TEMPORAL ***278***

Cid- Ríos J. A; Aranda-Lara U.; Reveles-Hernández M.; Ramírez-Cabral N. Y. Z. y Sanchez-Gutierrez R. A.

CARACETRIZACIÓN DE CEPAS DE Aschersonia AISLADAS DE MOSCA PRIETA DE LOS CÍTRICOS, Aleurocanthus woglumi (Ashby), DEL ESTADO DE TAMAULIPAS ***283***

Ángel Ismael Narváez-Rodríguez, J. Isabel López-Arroyo, Raúl Rodríguez-Guerra, Kenzy Ivveth Peña-Carrillo, Ricardo Álvarez-Ramos

CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE VARIEDADES DE SORGO EN RÍO BRAVO, TAMAULIPAS ***290***

Ulises Aranda Lara, Héctor Williams Alanis

CARACTERISTICAS AGORNOMICAS DE VARIEDADES DE SORGO CON FINES FORRAJEROS ***294***

Héctor Williams Alanís, Ulises Aranda Lara, Jonathan Raúl Garay Martínez

CARACTERISTICAS DEL FRUTO DE VAINILLA CON DIFERENTE EDAD DE COSECHA EN LA HUASTECA POTOSINA ***299***

Vargas-Hernández, Juan; Arévalo-Galarza, Ma. de Lourdes; Delgado-Alvarado, Adriana; Villegas-Monter, Ángel; Zavaleta-Mancera, Hilda Araceli

CARACTERIZACIÓN DE LA BACTERIA Candidatus Liberibacter spp. EN DIFERENTES ESPECIES DE CÍTRICOS EN EL MUNICIPIO DE RÍO BRAVO TAMAULIPAS ***304***

Karla Ivonne Pérez-Aviña, María Genoveva Alvarez-Ojeda, Isidro Humberto Almeyda-León

CARACTERIZACION PRODUCTIVA DE ALGUNAS ESPECIES DE AGAVES PRESENTES EN YUCATAN ***311***

Guerrero Medina, Rubén; Díaz Plaza, Raúl

CINCO AÑOS DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN Y SU EFECTO EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO EN RÍO BRAVO, TAMAULIPAS. ***318***

Espinosa-Ramírez Martín, Ortiz-Chairez Flor Elena

COMPARACIÓN DE LA FERMENTACIÓN Y COMPOSICIÓN NUTRITIVA ENTRE ENSILAJES DE CANOLA Y ALFALFA ***326***

Juan I. Sánchez Duarte, David G. Reta Sánchez, Karla Rodriguez Hernández, Esmeralda Ochoa Martínez, Arturo Reyes González

COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN HÍBRIDOS DE MAÍZ ***332***

Maya de León, José Luis; Aranda Lara, Ulises; Cid Rios, José Ángel; Tafolla Arellano, Julio Cesar; Gayosso Barragán, Odilón

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE SEMILLA DE VARIEDADES DE CEBADA ***337***

Miguel Angel Avila Perches, Ramón Huerta Zurita, Alfredo Josué Gámez Vázquez, Mauro Refugio Zamora Díaz, Francisco Paúl Gámez Vázquez

CONSERVACIÓN Y REGENERACIÓN DE VARIEDADES DE VID DEL BANCO DE GERMOPLASMA DEL INIFAP CAMPO EXPERIMENTAL LA LAGUNA ***343***

Franco-Gaytán, Iván; Hernández-Leal, Enrique ; Serrato-Sifuentes Mary Carmen; Reyes-González, Arturo y Bonilla-Barrientos, Olga

CRECIMIENTO DE MAGUEY CENIZO Y SOTOL EN PLANTACIONES ESTABLECIDAS CON FERTILIZACIÓN TEMPRANA EN DURANGO ***350***

Julio César Ríos Saucedo, Rigoberto Rosales Serna, Jesús Humberto Rodríguez Vargas, Consuelo Romo Alanís y Donají Sierra Zurita

CRECIMIENTO DEL MAGUEY CENIZO EN CONDICIONES DE VIVERO ESTABLECIDO EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ***357***

Julio César Ríos Saucedo, Rigoberto Rosales Serna, Jesús Humberto Rodríguez Vargas, Consuelo Romo Alanís y Donají Sierra Zurita

DESARROLLO DEL MANEJO SUSTENTABLE DE ZEBRA CHIP Y PUNTA MORADA EN EL CULTIVO DE PAPA (Solanum tuberosum L.) ***364***

Alberto Flores-Olivas, José Jonathan Guadarrama-Velázquez, Isidro Humberto Almeyda-León, Gustavo Alberto Frías-Treviño

DESCRIPCIÓN AGROCLIMATICA Y REQUERIMIENTOS DE RIEGO EN ZONAS NOGALERAS CON PRODUCCIÓN DIFERENCIAL ***371***

Martínez Rodríguez, Juan G; Orona-Castillo, Ignacio; Anaya Salgado, Antonio; Covarrubias Ramirez, Juan Manuel

DESEMPEÑO DE MESTIZOS DE MAÍZ DE GRANO AMARILLO EN RENDIMIENTO Y CARACTERES AGRONÓMICOS ***380***

Hernández Martínez, Rosendo; Santacruz Varela, Amalio; Reyes Méndez, César Augusto; Aranda Lara, Ulises; Alfaro Martinez, Liliana Guadalupe

DETECCIÓN DE DAÑOS EN CULTIVOS PROVOCADAS POR FENÓMENOS METEOROLÓGICOS ***386***

Trucios-Caciano, Ramón; Miguel-Valle, Enrique; Estrada-Ávalos, Juan; Rodríguez-Moreno, Víctor Manuel

DETECCIÓN DE POLIMORFISMO MEDIANTE MARCADORES ***393***

Alondra Gisela Campos-Villarreal, Verónica Ávila-Rodríguez, Urbano Nava-Camberos, Jesús Guadalupe Arreola-Ávila, Miguel Borja-Jiménez, José Luis Estrada-Rodríguez

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS PARA EL TRITURADO DE SEMILLAS DE JÍCAMA (Pachyrhizus erosus). ***400***

Martínez-Reyes, Ernesto; De Lira Ramos, Karla Vanessa.

DÍAS GRADO DE CRECIMIENTO EN EL CULTIVO DE PAPA (Solanum tuberosum L.) PARA ESTIMAR EL COEFICIENTE DE DESARROLLO DEL CULTIVO ***406***

Covarrubias Ramírez, Juan Manuel; Zermeño González, Alejandro; Martínez Rodríguez, Juan Guillermo y Parga Torres, Víctor Manuel.

DISMINUCIÓN DE LAS HORAS FRÍO COMO EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO ***414***

Guillermo Medina-García, José Grageda-Grageda, José Ariel Ruiz-Corral, José Israel Casas-Flores.

ECOTIPOS, PRODUCTOS QUÍMICOSY SUSTRATOS EN HIJUELOS DE CANDELILLA ***423***

Magdalena Villa Castorena1, Ernesto A. Catalán Valencia, Marco A. Inzunza Ibarra, Hilario Macías Rodríguez

EFECTO DE DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO DE DOS HIBRIDOS COMERCIALES DE MAIZ EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA ***432***

Aispuro-Arana, Francisco H; Marroquín-Morales, José A; Montoya-Coronado, Lope; Buitimea-Valenzuela Yenire Y; Aispuro-Arana, Eduardo A

EFECTO DE HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES EN EL CRECIMIENTO DEL CHILE JALAPEÑO (Capsicum annuum L.) ***436***

Tejeda-Avalos, Javier Alonso; González-Mancilla, Apolinar; Vázquez-Vázquez, Cirilo; Gutiérrez-Guzmán, Ulises Noel; González-Mancillas, Rigoberto; Vázquez-López, Patricia

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE COMPENSADORES DE FRIO EN LA CALIDAD DE FRUTOS DE MANZANA CULTIVAR 'TOP RED' ***443***

Sierra-Zurita, Donaji; Santana-Espinoza, Saul; Rosales-Serna, Rigoberto; Ponce-García, Omar Castor y Ríos-Saucedo, Julio César

EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DEL SUELO EN LA EMERGENCIA DE UN BANCO DE SEMILLAS DE MALEZA EN EL NORTE DE TAMAULIPAS 449

Ma. Eugenia Cisneros-López, Espinosa Ramírez-Martín, Ortiz-Chairez Flor Elena

EFECTO DEL ÁCIDO GIBERÉLICO EN EL TAMAÑO Y CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES DE VID CV FLAME SEEDLESS 456

Martínez, Gerardo

EFECTO DEL OXIFUORFEN + 2,4-DB APLICADO EN POSTEMERGENCIA TEMPRANA EN GARBANZO 461

Martínez, Gerardo

EFECTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE NANOPARTÍCULAS DE HIERRO EN EL CULTIVO DE PEPINO..... 465

Guillén-Enríquez, Reyna Roxana, Preciado-Rangel, Pablo, Zapata-Sifuentes, Gerardo, Pérez-García, Laura Andrea, Nava-Santos, Juan Manuel

ESPECIES DE Alternaria spp. ASOCIADAS A LA PUDRICIÓN DE FRUTOS DE BELL PEPPER ESTABLECIDOS BAJO CUBIERTA EN SINALOA..... 470

Elizabeth García León, Laura Guerrero Santana y Santos Gerardo Leyva Mir

ESTABILIDAD E INTERACCIÓN GENOTIPO × AMBIENTE EN HÍBRIDOS DE MAÍZ..... 475

José Luis Maya de León Ulises Aranda Lara, Rosendo Hernández Martínez, José Ángel Cid Rios, Odilón Gayosso Barragán

ESTADÍSTICAS DE USUARIOS QUE CONSULTARON LA APLICACIÓN MÓVIL CLIMAINIFAP EN SU VERSIÓN iOS 2.0..... 481

Mario P. Narváez Mendoza, Miguel Ángel González González, Arturo Corrales Suastegui, Luis Antonio González Jasso, Hilario Flores Gallardo

ESTIMACION DE LA APTITUD COMBINATORIA GENERAL EN SORGO DE GRANO POR MEDIO DEL ANÁLISIS DE LÍNEA POR PROBADOR 487

Héctor Williams Alanís, Ulises Aranda Lara, Gerardo Arcos Cavazos, Francisco Zavala García, Marisol Galicia Juárez

ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN EN MAÍZ FORRAJERO EN LA COMARCA LAGUNERA. 491

SIFUENTES MORÍN Norma Guadalupe, ESTRADA AVALOS Juan, SERVÍN PRIETO Alan Joel, MIGUEL VALLE Enrique, TRUCIOS CACIANO Ramón.

ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS EN EMPAQUES DE MELÓN DE LA COMARCA LAGUNERA DE COAHUILA..... 499

Fabela-Hernández, Adriana Monserrat y Espinoza-Arellano, José de Jesús;

EVALUACIÓN DE APLICACIÓN WEB PARA PRONOSTICAR HELADAS EN CHIHUAHUA (HELADET) 506

González Jasso, Luis. A.; Chávez Sánchez, Noé; Corrales Suastegui, Arturo;

EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE NARANJA TEMPRANA EN NUEVO LEÓN, MÉXICO..... 510

Emilia Raquel Pérez-Evangelista; Carlos Miguel Ramos-Cruz; Isidro Humberto Almeyda-León; Juan Martínez-Medina; Efraín Acosta-Díaz

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE MAIZ EN PARCELA CONVENCIONAL DE BAJA CALIFORNIA SUR 516

Navejas Jiménez Jesús, Melgoza Villagómez Claudia María, Gutierres Pérez Erasmo, Preciado Ortíz Ricardo Ernesto.

EVALUACIÓN DE OCHO GENOTIPOS DE SOYA EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA..... 521

Aispuro-Arana, Francisco H; Marroquín-Morales, José A; Salazar-Huerta, Francisco Javier; Borbón-Gracia, Alberto; Montoya-Coronado, Lope

EVALUACIÓN DE OCHO HIBRIDOS DE MAIZ (Zea mays L.) EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA 525

Marroquín-Morales José Á; Gayosso-Barragán Odilón; Díaz-ceniceros Huizar L; Hidalgo-Ramos Dreyli M; Montoya-Coronado Lope

EVALUACIÓN DE PLÁNTULAS DE TOMATE CON DIFERENTES TIPOS DE ENRAIZADOS 530

Irvin Robles Castro, Ramiro Maldonado Peralta, Delfina Salinas Vargas, Andrés León Villanueva, Adalid Graciano Obeso,

EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CORTADORA DE FRIJOL PARA SIEMBRAS A ALTAS DENSIDADES. 536

Martínez Reyes, Ernesto; Arellano Arciniega, Sergio; García Hernández, Raúl Vidal; Rojas Santillán, Carlos

EVALUACIÓN de VARIEDADES DE CEBADA EN EL VALLE DE SANTO DOMINGO Baja california sur 542

Navejas Jiménez Jesús, Gámez Vázquez Francisco Paúl, Gámez Vázquez Alfredo Josué, Loya Ramírez José Guadalupe, Mercado Mancera Gustavo.

EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE HIGUERILLA EN AGUASCALIENTES..... 546

Sergio Arellano Arciniega, Mercedes Borja Bravo, Rigoberto Rosales Serna, Ernesto Martínez Reyes y Raúl Vidal García Hernandez

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO EN LÍNEAS EXPERIMENTALES DE SORGO EN LA COMARCA LAGUNERA..... 553

Flores-Naveda Antonio; Franco-Luna Hugo, Camposeco-Montejo Neymar,

EVALUACIÓN PER SE DE GRANO EN HÍBRIDOS EXPERIMENTALES DE MAÍZ 559

José Luis Maya de León Ulises Aranda Lara, José Ángel Cid Rios, Odilon Gayosso Barragán, Rosendo Hernández Martínez

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD NUTRICIONAL DEL GRANO DE FRIJOL CULTIVADO EN RIEGO 564

Rigoberto Rosales Serna, Jesús Armando García Chávez, Saúl Santana Espinoza, Cynthia Adriana Nava Berumen, y Julio César Ríos Saucedo

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DEL FRIJOL CULTIVADO EN RIEGO 572

Rigoberto Rosales Serna, Jesús Armando García Chávez2, Saúl Santana Espinoza, Ixchel Abby Ortiz Sánchez, y Julio César Ríos Saucedo

FERTILIZACIÓN TEMPRANA EN MAGUEY CENIZO Y SU EFECTO SOBRE LA ACUMULACIÓN DE AZÚCARES..... 581

Sierra-Zurita Donaji, Rosales-Serna Rigoberto, Ríos-Saucedo Julio César, Rodríguez-Vargas Jesús Humberto y Nava-Berumen Cinthya Adriana

GERMINACIÓN DE CHILE CHILTEPIN (Capsicum Annuum Var Glabriusculum) BAJO DIFERENTES METODOS PREGERMINATIVOS. ***587***

Saúl De Lira Covarrubias, Dr. Obed Gabriel Gutiérrez Gutiérrez, M.C. Judith Puentes Gutiérrez, Dr. José Luis García Hernandez, Dr. Miguel Ángel Gallegos Robles

HÍBRIDOS DE SORGO PARA GRANO EN GUANAJUATO ***592***

Lourdes Icxel Cornejo Méndez, Ulises Aranda Lara, Ricardo Yáñez López, Jorge Covarrubias Prieto, Alfredo Josué Gámez Vázquez

HIBRIDOS EXPERIMENTALES Y COMERCIALES DE MAÍZ PARA GRANO EN LA COMARCA LAGUNERA ***598***

Armando Espinoza Banda, Oralia Antuna Grijalva, Jorge Quiroz Mercado

HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CHILE JALAPEÑO ***604***

De Lira-Quiroz, Gisela; De Lira-Covarrubias, Saul; Orona-Castillo, Ignacio; Carballar-Hernández, Santos; Moreno-Reséndiz, Alejandro; Vázquez-Navarro, Manuel; González-Mancilla, Apolinar

ÁREAS CON APTITUD PARA EL ESTABLECIMIENTO DE VAINILLA (Vanilla planifolia Jacks. ex Andrews) EN LA HUASTECA HIDALGUENSE ***610***

Gámez-Vázquez Francisco Paul; Vargas Hernández Juan; García Rodríguez Juan José; Gámez Vázquez Alfredo Josué. Galeote Leyva Bernardo

IDENTIFICACIÓN DE LAS ESTAPAS FENOLÓGICAS DE ONCE GENOTIPOS DE SOYA EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA ***614***

Aispuro-Arana, Francisco H; Marroquín-Morales, José A; Salazar-Huerta, Francisco Javier; Montoya-Coronado, Lope; Aispuro-Arana, Eduardo A

IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS SOBRESALIENTES DE FRIJOL NEGRO BRILLANTE EN RIEGO POR GOTEO ***618***

Cid- Ríos J. A; Aranda-Lara U.; Reveles-Hernández M.; Ramírez-Cabral N. Y. Z. y Sanchez-Gutierrez R. A.

IDENTIFICACION DE RAMNOSA EN FRUTO VERDE Y BENEFICIADO DE VAINILLA EN LA HUASTECA POTOSINA ***623***

Vargas-Hernández, Juan; García-Osorio, Cecilia; Jaén-Contreras, David

IDENTIFICACIÓN GENÓTIPICA DE ACCESIONES DE LIMON MEDIANTE MICROSATÉLITES AMPLIFICADOS AL AZAR (RAMs) ***628***

Isidro Humberto Almeyda-León, Juan Martínez-Medina, Carlos Miguel Ramos-Cruz, Raúl Rodríguez Guerra, Efraín Acosta Díaz

INDUCCIÓN DE LA GERMINACIÓN DE ESPORAS DEL HONGO ENTOMOPATÓGENO Metarhizium ***634***

Juan Jesús Balderas-Figueroa, Raúl Rodríguez-Guerra, J. Isabel López-Arroyo, Reyna Ivonne Torres-Acosta, Rodolfo Torres-de los Santos

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN DOS ESPECIES DEL BOSQUE MIXTO ***640***

Vicenta Constante-García, Erika Nava-Reyna y José Villanueva Díaz

JAMAICA (Hibiscus sabdariffa L), UNA ALTERNATIVA DE PRODUCCIÓN PARA LA HUASTECA HIDALGUENSE ***647***

Gámez-Vázquez Francisco Paul; Vargas Hernández Juan; García Rodríguez Juan José; Gámez Vázquez Alfredo Josué.

MÉTODOS DE INCORPORACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO EN TRIGO EN UN SISTEMA DE SIEMBRA DIRECTA EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA. ***651***

Ortiz-Avalos Alma Angélica, Cortés-Jiménez Juan Manuel, Rosas-Jauregui Ivón Alejandra y Félix Fuentes José Luis.

NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD NUTRICIONAL EN LECHUGA ***657***

Fortis-Hernández, Manuel; Hernández-Cruz, Denisse; Betancourt-Galindo, Rebeca; Preciado-Rangel, Pablo; Zermeño-González, Héctor; Ruíz-Ortega, Francisco J

RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA DEL CULTIVO DE PEPINO ***664***

Zapata-Sifuentes Gerardo, Guillén-Enríquez Reyna Roxana, Juan Manuel Nava-Santos, Preciado-Rangel Pablo, Ortiz-Díaz Sergio Arturo

PODA DE BROTES PARA INDUCIR UNA COSECHA SUCESIVA EN GUAYABOS ESTABLECIDOS EN ALTA DENSIDAD ***671***

J. Saúl Padilla Ramírez, Esteban S. Osuna Ceja, E. Rigoberto Ortiz Hernández

POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE LINEAS AVANZADAS DE TRIGO HARINERO DEL ENSAYO PRELIMINAR DE RENDIMIENTO ***678***

Díaz-Ceniceros Huizar Leonardo, Borbón-Gracia Alberto, Chávez-Villalba Gabriela, Alvarado-Padilla Jorge Iván, Valdez-Rodríguez Yerica Renata, Marroquín-Morales José ángel, Pérez-Chávez Carlos.

POTENCIAL PRODUCTIVO DE Cocos nucifera L, BAJO CONDICIONES DE RIEGO EN MÉXICO ***683***

Ramírez-Jaramillo G, Cortázar-Ríos M, Ramírez-Silva J.H, Oropeza-Salín C. M

POTENCIAL PRODUCTIVO DE Cocos nucifera L, BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN MÉXICO . ***690***

Ramírez Jaramillo G, Cortázar Ríos M, Ramírez Silva J.H, Oropeza Salín C.M

POTENCIAL PRODUCTIVO DE VARIEDADES DE SORGOS DULCES EN EL NORTE DE TAMAULIPAS ***695***

Héctor Williams Alanís, Ulises Aranda Lara, Francisco Zavala García

PRECISIÓN DE SIEMBRA EN GRANOS PEQUEÑOS CON PROTOTIPO NEUMÁTICO ***699***

García-Hernández, Raúl Vidal; Rojas-Santillán, Carlos; Martínez-Reyes, Ernesto; Osuna-Ceja, Esteban S. y Arellano-Arciniega, Sergio.

PRODUCTIVIDAD de grano en HIGUERILLA CULTIVADA bajo condiciones de RIEGO EN el Norte Centro de México ***705***

Rigoberto Rosales Serna, Sergio Arellano Arciniega, Cynthia Adriana Nava Berumen, Rafael Jiménez Ocampo y Miriam Judith Quiñones Gurrola

PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN MAÍZ FORRAJERO BAJO RIEGO POR GOTEO ***713***

Arturo Reyes González, David Guadalupe Reta Sánchez, Enrique Hernández Leal, Iván Franco Gaytán y Juan Isidro Sánchez Duarte

REACCIÓN A LA PUNTA NEGRA (Alternaria SP.) EN LÍNEAS AVANZADAS DE TRIGO HARINERO EN EL CICLO 2017-2018 ..... ***719***

Fuentes-Dávila, Guillermo, Rosas-Jáuregui, Ivón Alejandra, Ayón-Ibarra, Carlos Antonio, Félix-Fuentes, José Luis y Félix-Valencia, Pedro

REACCIÓN DE CINCO LÍNEAS ENDOGÁMICAS DE CHILE HABANERO (Capsicum chinense JACQ.) A LA INOCULACIÓN POR Fusarium ***725***

Alfonso López Benítez, Odilon Gayosso Barragán, Ulises Aranda Lara, Manuel Vizcarra López

REACCIÓN DE VARIEDADES DE SORGO A MACROPHOMINA PHASEOLINA (TASSI) GOID ***730***

Ulises Aranda Lara , Héctor Williams Alanís , María Genoveva Álvarez Ojeda

RENDIMIENTO DE FORRAJE EN VARIEDADES DE SORGO ***735***

Ulises Aranda Lara, Héctor Williams Alanís

RENDIMIENTO DE PASTO BANDERITA CULTIVADO EN TRES DENSIDADES DE POBLACIÓN BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL ***739***

Pablo Alfredo Domínguez Martínez, Saúl Santana Espinoza, Rigoberto Rosales Serna, Donaji Sierra Zurita y Rafael Jiménez Ocampo

RENDIMIENTO Y ESTABILIDAD DE MESTIZOS DE MAÍZ ***745***

Antuna-Grijalva, Oralia ; Espinoza-Banda, Armando ; Llaven-Valencia, Genny ; Quiroz- Mercado, Jorge y Hernández-Hernández, Aidé

REQUERIMIENTO HIDRICO DE PEPINO (Cucumis sativus L.) EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA ***750***

Marroquín-Morales José A.; Gayosso Barragán Odilón, García-Bolívar Elco H.; Hidalgo-Ramos Dreyli M.; Montoya Coronado Lope.

RESILIENCIA DEL GERMOPLASMA MEXICANO DE PAPA, GENERADO POR EL INIFAP ***756***

Víctor M. Parga Torres, Juan M. Covarrubias Ramírez y Víctor M. Zamora Villa.

RIEGO DE PRECISIÓN: HERRAMIENTA EN EL USO SUSTENTABLE DEL AGUA DE RIEGO EN HUERTAS DE NOGAL ***761***

Martínez Rodríguez, Juan G.; Orona Castillo, Ignacio; Covarrubias Ramírez, Juan Manuel

SELECCIÓN DE ALGODONES NATIVOS Y VARIEDADES CONVENCIONALES EN BASE A LA CALIDAD DE FIBRA ***769***

Franco-Gaytán, Iván ; Hernández-Leal, Enrique ; Reyes-González, Arturo , Montesinos-Martínez, Manuel De Jesús y Bonilla-Barrientos, Olga

SINTOMATOLOGÍA DEL COMPLEJO DE HONGOS CAUSANTES DEL DAMPING OFF (Fusarium spp., Rhizoctonia spp., y Pythium spp.) EN PLANTULAS DE CHILE (Capsicum annuum L.) ***776***

Núñez-Soriano Paloma Alejandra, Ramírez-Valadez María Gabriela, Martínez-Fernández Maihualy, Maltos-Buendia Jorge

TASA DE VARIACIÓN DEL INGRESO NETO E IMPACTO EN EL USO DE LA VARIEDAD DE SOYA HUASTECA 400 ..... ***783***

Alejandro-Allende, Florencia; Espinosa-García, José Antonio; Vélez-Izquierdo, Alejandra

TEMPERATURAS EN INVIERNO EN MICROTÚNELES EN LA COMARCA LAGUNERA ***788***

Valenzuela-García, Ana Alejandra; Cervantes-Vázquez, María Gabriela; Vázquez Vázquez, Cirilo; Preciado-Rangel, Pablo; López-Hernández, Lorenzo Daniel

USO DE IMÁGENES CAPTADAS MEDIANTE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS (UAV) PARA ESTIMAR EL ESTADO GENERAL DE HUERTAS CITRÍCOLAS..... 796

Carlos Miguel Ramos-Cruz; Gerardo Delgado-Ramírez; Emilia Raquel Pérez-Evangelista; Enrique Miguel-Valle; Ramón Trucios-Caciano

UTILIZACIÓN DEL INDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA PARA SELECCIÓN DE HIBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO 803

Luis Roberto Ramírez-Cervantes, Marisol Galicia-Juárez, Jesús Santillano-Cazares

VALIDACIÓN DE TEMPERATURAS OBTENIDAS MEDIANTE VAN Y CÁMARA THERMOMAP. 808

Miguel-Valle, Enrique, Sifuentes-Morín, Norma Guadalupe, Estrada-Avalos, Juan, Servín-Prieto, Alan Joel, Trucios-Caciano, Ramón.

ZONIFICACIÓN PRODUCTIVA PARA EL SISTEMA MILPA EN EL ORIENTE DE YUCATÁN, MÉXICO. 815

Cano González A, Ramírez Jaramillo G, Lozano Contreras M. G, Uzcanga Pérez N. G

PRODUCCIÓN ANIMAL

CARACTERIZACIÓN DE PERFILES METABÓLICOS EN CAPRINOS EN PASTOREO. 822

García-Sánchez, Héctor D.; Castellanos-Pérez, Edmundo; Bustamante-Andrade, Arturo ; Puentes-Gutiérrez, Judith.

CONSUMO DE ALIMENTO EN BECERRAS HOLSTEIN LACTANTES SUPLEMENTADAS CON EXTRACTOS DE PLANTAS MEDICINALES..... 829

Ramiro González Avalos, Melisa Concepción Hermosillo Alba, Blanca Patricia Peña Revuelta, Rafael Ávila Cisneros, José González Avalos

DEGRADABILIDAD IN SITU DE NOPAL FERMENTADO CON DOS LEVADURAS..... 836

Esperanza Herrera Torres, Manuel Murillo Ortiz, Gerardo Pámanes Carrasco, Fernando Sánchez, Esther Araiza Rosales, Fanny Reveles Saucedo

DETECCIÓN DEL VIRUS DE LA ARTRITIS ENCEFALITIS CAPRINA MEDIANTE ELISAi EN HATOS CAPRINOS DE CUATRO ESTADOS DEL NORESTE DE MEXICO 841

Ana Belén Hernández Hernández, María Genoveva Álvarez Ojeda, Isidro Humberto Almeyda León, Lorenzo Danilo Granados Rivera, Ulises Aranda Lara

DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS VOLATILES EN QUESO PRODUCIDO EN DURANGO..... 845

Esteban Méndez Maricela, González Valdés Laura S., Camacho Luis Abelardo

EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE CABRAS EN PASTOREO DURANTE LA LACTANCIA TEMPRANA 851

Jorge Alonso Maldonado-Jaquez, Lorenzo Danilo Granados Rivera Jonathan Raúl Garay-Martínez

EMPADRE DE HEMBRAS CAPRINAS A LOS 9 MESES: 1. EFICIENCIA REPRODUCTIVA..... 857

Vázquez-García, Juan Manuel, Guerrero-Niño, Jazmín, Flores-Nájera, Manuel de Jesús, Herrera-Corredor, Camelia Alejandra, Rivas-Jacobo, Marco Antonio, Villareal-Rostro, Dulce María, Rosales-Nieto, César Augusto

EMPADRE DE HEMBRAS CAPRINAS A LOS 9 MESES: 2. COMPORTAMIENTO DE LA PROGENIE..... 863

Vázquez-García, Juan Manuel, Bravo-Bravo, Raúl, Flores-Nájera, Manuel de Jesús, Herrera-Corredor, Camelia Alejandra, Rivas-Jacobo, Marco Antonio, Villareal-Rostro, Dulce María, Rosales-Nieto, César Augusto

LOS DÍAS LARGOS ARTIFICIALES INCREMENTAN EL PESO CORPORAL DE LOS MACHOS CABRÍOS JÓVENES DEL NORTE DE MÉXICO..... 869

Manuel de Jesús Flores Nájera, Alexis Vargas Cruz, Leonardo I. Vélez Monroy, Horacio Hernández Hernández, Cesar Augusto Rosales-Nieto

PESO Y RENDIMIENTO DE LA CANAL DE MACHOS CABRÍOS JÓVENES DEL NORTE DE MÉXICO EXPUESTOS A DÍAS LARGOS ARTIFICIALES 875

Manuel de Jesús Flores Nájera, Alexis Vargas Cruz, Horacio Hernández Hernández, Ricardo Avilés Ruiz, Cesar Augusto Rosales-Nieto

CONFERENCIAS MAGISTRALES .. 881

CONFERENCIAS MAGISTRALES

AGRICULTURA ORGÁNICA

ABONOS ORGÁNICOS ASOCIADOS A *Trichoderma* spp. EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO DE Stevia (*Stevia rebaudiana* Bert.)

Mónica Guadalupe Lozano-Contreras[1*], Genovevo Ramírez-Jaramillo[2].

[1]Campo Experimental Mocochá del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Mocochá, Yucatán, México
[2]Centro de Investigación Regional Sureste del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Mérida, Yucatán, México
Email: lozano.monica@inifap.gob.mx

RESUMEN

Un punto importante a considerar para la producción de Stevia, es lograr una producción inocua, debido a que, lo que consumimos es la hoja, la cual presenta esteviósidos y rebaudiósidos, y sus hojas son de 200 a 300 veces más dulces que el azúcar de caña común. Para ello, es necesario que la producción y manejo de este cultivo se realicen aplicando tecnologías más amigables con el medio ambiente y la salud humana. Ante este panorama, el propósito del presente estudió fue evaluar la respuesta de *Stevia rebaudiana*, a la inoculación de *Trichoderma* spp., combinado con la fertilización de diversos abonos. La parcela se estableció en suelo Luvisol, en el municipio de Muna, Yucatán. Se emplearon esquejes de S. rebaudiana variedad criolla de Paraguay. Se utilizo una cepa de *Trichoderma* spp ($1x10^8$ ufc mL^{-1}). Los tratamientos evaluados fueron: a) Bocashi + Trichoderma; b) Borregaza + *Trichoderma*; c) Gallinaza + *Trichoderma* y d) un testigo suelo sin abono y sin inoculación de *Trichoderma*. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos, diez repeticiones y una planta por repetición. Los rendimientos de Stevia estuvieron en un rango de 35.51 a 15.91 kg ha^{-1}, con diferencias significativas entre los tratamientos, donde el tratamiento con Gallinaza fue la de mayor rendimiento (35.51 kg ha^{-1}), durante la primera cosecha de hoja, seguido del tratamiento con Borregaza (21.42 kg ha^{-1}). Por lo contrario, los tratamientos de Bocashi y el Testigo, presentaron los rendimientos más bajos.

ABSTRACT

An important point to consider for the production of Stevia is to achieve a safe production, because what we consume is the leaf, which has steviosides and rebaudiosides, and its leaves are 200 to 300 times sweeter than common cane sugar. For this reason, it is necessary that the production and management of this crop be carried out by applying technologies that are friendlier to the environment and human health. Given this panorama, the purpose of this study was to evaluate the response of *Stevia rebaudiana* to the inoculation of *Trichoderma* spp. combined with the fertilization of different fertilizers. The plot was established in Luvisol soil, in the municipality of Muna, Yucatan. Cuttings of *S. rebaudiana* criollo variety from Paraguay were used. A strain of *Trichoderma* spp ($1x10^8$ ufc mL^{-1}) was used. The treatments evaluated were: a) Bocashi + Trichoderma; b) Borregaza + *Trichoderma*; c) Gallinaza + *Trichoderma* and d) a control soil without fertilizer and without *Trichoderma* inoculation. A completely randomized experimental design was used with four treatments, ten replicates and one plant per replicate. Stevia yields ranged from 35.51 to 15.91 kg ha^{-1}, with significant differences among treatments, where the treatment with Gallinaza had the highest yield (35.51 kg ha^{-1}), during the first leaf harvest, followed by the

treatment with Borregaza (21.42 kg ha^{-1}). On the other hand, the Bocashi and the control treatments had the lowest yields.

INTRODUCCION

Actualmente, la *Stevia rebaudiana* se considera el segundo edulcorante a nivel mundial. China es el principal punto de comercialización, comercializa el 50% de su producción en su mercado interno y aporta al menos el 75% de la producción a nivel mundial, sus principales rutas de exportación son Japón y Estados Unidos (Sarmiento-López *et al*., 2021). Paraguay es el segundo productor de *S. rebaudiana* (Mogra y Dashora, 2009), su mercado se centra en la comercialización de hojas secas, abasteciendo principalmente a la Unión Europea, cuyo consumo anual es de 10 mil toneladas de edulcorantes. Por lo que, la demanda de *S. rebaudiana* representa una oportunidad para los agricultores del país que buscan generar un cultivo rentable con potencial de exportación.

En México, este cultivo es una alternativa innovadora y muy rentable, aunque, actualmente este cultivo se encuentra en una fase incipiente de desarrollo en comparación a otros países. Un punto importante a considerar para la producción de *Stevia*, es lograr una producción inocua, debido a que, lo que consumimos directamente es la hoja, la cual presenta esteviósidos y rebaudiósidos (glicósidos de esteviol), y sus hojas son de 200 a 300 veces más dulces que el azúcar de caña común (que contiene sacarosa) (Geuns *et al*., 2003; Grosso *et al*., 2012; Christaki *et al*., 2013). Para ello, es necesario que la producción y manejo de este cultivo se realicen aplicando tecnologías más amigables con el medio ambiente y la salud humana. Una manera de disminuir los impactos negativos ambientales resultantes del uso continuo de fertilizantes inorgánicos es la inoculación con biofertilizantes, como por ejemplo el hongo *Trichoderma* spp. y el uso de abonos orgánicos, los cuales aparte de tener micro y macronutrientes, mejoran la estructura del suelo y disminuyen la erosión edáfica, además de favorecer la retención de la humedad en el suelo y ejercer un efecto regulador sobre la temperatura del suelo (Shintani *et al*., 2000). El creciente interés por desarrollar una agricultura de bajo consumo de agroquímicos, la mayor concientización sobre el cuidado del medio ambiente, aunado al alto costo y baja eficiencia de los fertilizantes inorgánicos, han contribuido a que los agricultores vean como buena alternativa la aplicación de los inoculantes biológicos y abonos orgánicos (Umesha *et al*., 2014). Por lo anterior, el propósito del presente estudió fue evaluar la respuesta de *Stevia rebaudiana,* a la inoculación de *Trichoderma* spp., combinado con la fertilización de diversos abonos.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el Sitio Experimental Uxmal, localizado en el municipio de Muna, Yucatán, México (20°29´08.1" de latitud norte y 89°24´39" de longitud oeste, a una altitud de 50 msnm), perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). La parcela se estableció en suelo Luvisol. Se emplearon esquejes de *S. rebaudiana* variedad criolla de Paraguay; de la planta madre se cortaron esquejes de aproximadamente 12 cm de largo de apariencia sana y sin heridas, estos se prepararon para su posterior inoculación el mismo día. Se utilizo una cepa de *Trichoderma* spp. ($1x10^8$ ufc mL^{-1}) (INI04-INIFAP), perteneciente a la colección nacional del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), la cual se disolvió en agua 70 g L^{-1} y se agito para mantener la solución homogénea. La inoculación se realizó según la

metodología propuesta por Lozano y Ramírez (2015), la cual consistió en remojar los esquejes de *S. rebaudiana* Bert. previamente multiplicados durante un minuto en la solución antes de la siembra.

Los tratamientos evaluados fueron: a) Bocashi + *Trichoderma*; b) Borregaza + *Trichoderma*; c) Gallinaza + *Trichoderma* y d) un testigo suelo sin abono y sin inoculación de *Trichoderma*. Todos los tratamientos con abonos orgánicos se aplicaron a razón de 15 t/ha^{-1} (Vieira *et al*., 2012; Parra-Delgado *et al*., 2014; De la Cruz *et al*., 2010). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos, diez repeticiones y una planta por repetición. Con los datos obtenido se realizó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias (Tukey, $p \leq 0.05$) en el paquete estadístico InfoStat versión 2014 (Universidad Nacional de Córdova, Argentina)

Manejo agronómico. Los abonos se adicionaron 15 días antes del trasplante y se colocó acolchado plástico color plata/negro de 100 µ de espesor. Por debajo del acolchado se colocó el sistema de riego por goteo en doble hilera con emisores cada 20 cm y un gasto por gotero de un litro por hora de riego. No se presentaron problemas de plagas, aunque se presentaron algunas enfermedades fungosas causadas por *Alternaria* sp. y *Fusarium* sp. las cuales fueron controladas con sulfato de cobre pentahidratado en dosis de 3 mL/L^{-1}. Se realizó una poda de formación a los 15 días después del trasplante y la cosecha se llevó a cabo a los dos meses posteriores al trasplante.

Variables evaluadas. Se evaluó el crecimiento de la planta mediante los siguientes parámetros: Se midió la altura de 10 plantas por parcela un flexómetro graduado en centímetros, Se evaluó la producción y distribución de biomasa seca, para lo cual se realizó una separación de los órganos de la planta (tallo, hojas), se depositaron en bolsas de papel donde se secaron en una estufa de desecación con circulación por aire forzado (Thelco Oven, de Thermo Scientific®), a 65ºC hasta peso constante, se pesaron en una balanza analítica. Se determinó el rendimiento de hoja seca total obtenida de del corte realizado a los 65 ddt.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el cuadro 1 se observa los resultados de los análisis de varianza para la altura a los 65 ddt. No se observa diferencias significativas entre los tratamientos. Las plantas inoculadas con *Trichoderma* spp., combinado con los tratamientos de Bocashi (16.10 cm), Gallinaza (15.46 cm) y Borregaza (15.36 cm), tuvieron la mayor altura y el tratamiento Testigo manifiesta

la menor influencia en la altura de las plántulas, lo cual puede estar relacionado con su menor contenido nutricional, afectando el funcionamiento del sistema suelo-planta reflejándose en el desarrollo de las plántulas (Borges *et al*., 2012). Por otro lado, el efecto de los hongos *Trichoderma* en la promoción del crecimiento de las plantas es ampliamente conocido; esta promoción del crecimiento de las plantas está relacionada con las funciones de *Trichoderma* en la producción de compuestos similares al ácido indolacético (AIA), la capacidad de solubilizar fosfatos y producir compuestos llamados sideróforos, y la capacidad de mejorar la disponibilidad de nutrientes (Kashyap *et al*., 2017). Sin embargo, se ha estudiado el efecto beneficioso de la inoculación con hongos del género *Trichoderma* en plantas de *S. rebaudiana* muy poco (Villamarín-Gallegos *et al*., 2020). Estudios como los

de Garcés (2011), mencionan que tanto, la altura como la producción de materia verde en alfalfa, se vieron incrementadas al añadir abono orgánico sólido enriquecido con *Trichoderma*, los abonos orgánicos presentan un elevado contenido de aminoácidos libres por lo que, actúa como activador del desarrollo vegetal.

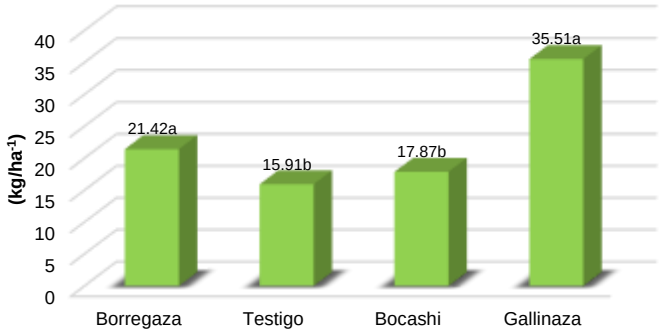
Cuadro 1. Efectos de los tratamientos en el desarrollo de *Stevia rebaudiana* en variedad criolla de Paraguay, 65 días después del trasplante (ddt), en respuesta a abonos orgánicos en suelos luvisoles del estado de Yucatán.

Tratamientos		Altura (cm)	Hoja		Tallo	
			PF (g)	PS (g)	PF (g)	PS (g)
Trichoderma spp.	**Borregaza**	15.36	9.3ab	2.5	4.5ab	1.6
	Testigo	14.64	5.0b	1.9	1.7b	1.0
	Bocashi	16.10	5.6b	2.1	1.3b	0.8
	Gallinaza	15.46	15.80a	4.1	6.3a	2.5
	DMS	NS	8.15	NS	3.26	NS
	C.V. (%)	25.52	81.29	68.10	84.25	83.71

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey (p≤0.05). C.V.= Coeficiente de variación. DMS= diferencia significativa minima. NS= no significativo. PF= peso fresco, PS= peso seco.

En el análisis estadístico se detectaron diferencias significativas como se puede observar en el Cuadro 1, con relación al peso fresco de hoja. Se observó que el mayor peso de hojas frescas fue de 15.80 g, con el tratamiento de Gallinaza + *Trichoderma* spp., seguido del Borregaza + *Trichoderma* spp., con 9.30 g. Mientras que los tratamientos de Bocashi y el testigo presentaron el rendimiento más bajo. En el caso del peso seco de hojas, no se encontraron diferencias (p≤0.05) entre los tratamientos (Cuadro 1). Estudios realizados por Liu *et al*. (2011) demuestran que el abono orgánico en la forma de estiércol bovino proporciona mayor actividad radicular, mejorando la fotosíntesis en etapa de crecimiento con consecuente incremento en la biomasa (MS) y contenido de glucósidos de la *Stevia*, incluso el crecimiento, diámetro y altura de tallo, así como el peso seco de la parte aérea fue superior al cultivo de *Stevia* tratado con fertilizante químico.

En el Cuadro 1 se presentan los valores correspondientes a los rendimientos en fresco y seco de tallos a 65 días después del trasplante (ddt). Respecto al rendimiento en tallos se encontró diferencias estadísticamente significativas (p≤0.05) entre los tratamientos, siendo los tratamientos con *Trichoderma* spp., combinado con Gallinaza (6.3 g) y el tratamiento Borregaza + *Trichoderma* spp. (4.5 g), registraron un mayor incremento en la biomasa de tallos. Los tratamientos Bocashi y Testigo obtuvieron los rendimientos más bajos (1.3 y 1.7 g, respectivamente).



Trichoderma spp.

Figura 1. Rendimiento al primer corte (65 ddt) de *Stevia rebaudiana*, inoculada con *Trichoderma* spp.

Rendimiento en hoja de *Stevia rebaudiana*. Los rendimientos de *Stevia* estuvieron en un rango de 35.51 a 15.91 kg ha^{-1}, con diferencias significativas entre los tratamientos, donde el tratamiento con Gallinaza fue la de mayor rendimiento (35.51 kg ha^{-1}), durante la primera cosecha de hoja (Figura 1), seguido del tratamiento con Borregaza (21.42 kg ha^{-1}). Por lo contrario, los tratamientos de Bocashi y el Testigo, presentaron los rendimientos más bajos. Cruz *et al*. (2017), mencionan que la aplicación de fertilizantes orgánicos favorece la producción de biomasa y mejora la fertilidad y calidad del suelo, como se aprecia en este estudio donde los tratamientos que tuvieron fertilización orgánica, favorecieron el crecimiento y desarrollo de la planta.

CONCLUSIONES

La aplicación de abonos, influye sobre la altura, y la acumulación de hojas y tallos de plantas de *Stevia rebaudiana* (Bertoni).

La inoculación de *Trichoderma* spp., produce un efecto positivo en la planta, en combinación con los abonos, principalmente con Gallinaza y Borregaza.

REFERENCIAS

Borges, J., Barrios, M., Sandoval, E., Bastardo, Y., Márquez, O. (2012). Características físico-químicas del suelo y su asociación con macroelementos en áreas destinadas a pastoreo en el estado Yaracuy. Bioagro. 24(2): 121-126.

Cruz, Y. P. K., Alayón, J. A. G., Morón, A. R. (2017). Efecto de la fertilización orgánica y de síntesis química en tomate verde (*Physalis ixocarpa* Brot. Ex Horn) en Calakmul, Campeche (México). Avances en Investigación Agropecuaria. 21(2): 41-53.

Christaki, E., Bonos, E., Giannenas, I., Karatzia, M. A., Florou-Paneri, P. C. (2013). *Stevia rebaudiana* as a novel source of food additives. Journal of Food and Nutritional Research. 52(4): 195-202.

De la Cruz, L. E., Osorio, O. R., Martínez, M. E., Lozano del Rio, A. J., Gómez, V. A., Sánchez, H. R. (2010). Uso de compostas y vermi compostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. Interciencia. 35(5): 363-368.

Garcés, K. S. R. (2011). Evaluación de diferentes niveles de abono orgánico solido potencializado con *Trichoderma* en la producción de *Medicago sativa* (Alfalfa) en la estación experimental Sunshi. Riobamba, Chimborazo, Ecuador. 76 p.

Geuns, J. M. C, Augustijns, P., Mols, R., Buyse, J. G., Driessen, B. (2003). Metabolism of stevioside in pigs and intestinal absorption characteristics of stevioside, rebaudioside A and steviol. Food and Chemical Toxicology. 41(11): 1599-1607. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278691503001911

Grosso, V., Podetti, J., Soltermann, A. (2012). *Stevia rebaudiana* Bertoni. Cuadernillo de Divulgación del Laboratorio de Desarrollo y Vinculacion Tecnologica. Colección vinculación y Educación. Universidad Nacional de Río Cuarto Ruta Nacional. Río Cuarto, Argentina. UniRio Editora. 24 p.

Kashyap, P.L., Rai, P., Srivastava, A.K., Kumar, S. (2017). *Trichoderma* for climate resilient agriculture. World Journal of Microbiology Biotechnology. 33: 155.

Liu, X., Ren, G., Shi, Y. (2011). The effect of organic manure and chemical fertilizer on growth and development of Stevia *rebaudiana* Bertoni. Energy Procedia. 5: 1200–1204.

Lozano-Contreras, M. G., Ramírez-Jaramillo, G. (2015). Enraizamiento de esquejes de estevia con biofertilizantes. Centro de investigación regional sureste. Campo experimental Mocochá. Mérida, Yucatán. Desplegable para productores No. 6.

Mogra R. and Dashora V. (2009). Exploring the use of *Stevia rebaudiana* as a sweetener in comparison with other sweeteners. Journal of Human Ecology. 25(2): 117-120.

Parra-Delgado, J. M., T. J. Velázquez-Alcaraz, E. Quero-Gutiérrez, L. Partida-Ruvalcaba, T. Díaz-Valdés, B. Galván-Piña y F. Ayala-Tafoya. (2014). Uso de composta, minerales primarios amorfos y microrganismos para la producción y calidad de tomate. Revista Intropica. (9): 102–110.

Sarmiento-López L. G., López-Meyer M., Sepúlveda-Jiménez G., Cárdenas L. and Rodríguez-Monroy M. (2021). Arbuscular mycorrhizal symbiosis in *Stevia rebaudiana* increases trichome development, flavonoid and phenolic compound accumulation. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 31: 101889.

Shintani, M., Leblanc, H., Tabora, P. (2000). Bokashi, abono orgánico fermentado; Tecnología Tradicional Adaptada para una Agricultura Sostenible y un Manejo de Desechos Modernos. (1 Ed.). Escuela de Agricultura de la Región Tropical Humedad. San José, Costa Rica.: 14-25 pp.

Umesha, S., Divya, M., Prasanna, K. S., Lakshmipathi, R. N., Sreeramulu, K. R. (2014). Comparative Effect of Organics and Biofertilizers on Growth and Yield of Maize (*Zea mays* L.). Current Agriculture Research Journal. 2(1): 55-62.

Vieira, M.C., Rodrigues, W.B., Zárate, N.A.H., Ramos, D.D., Luciano, A.T., Gonçalves, W.V., Carnevali, T.O. (2012). Produção da fáfia [*Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen] com cama-de-frango e fósforo incorporados ao solo. Revista Brasileira de Plantas Medicinais. (14): 235-241.

Villamarín-Gallegos, D., Oviedo-Pereira, D. G., Evangelista-Lozano, S., Sepúlveda-Jiménez, G., Molina-Torres, J., Rodríguez-Monroy. M. (2020). *Trichoderma asperellum*, un inoculante para la producción de glucósidos de esteviol de plantas de *Stevia rebaudiana* Bertoni micropropagadas en biorreactor de inmersión temporal. Revista Mexicana de Ingeniería Química. 19(3): 1153-1161.

ALTERNATIVAS PARA UNA NUTRICION SUSTENTABLE DE MAIZ FORRAJERO

José de Jesús Varela Ríos [1], Miguel Ángel Gallegos Robles [2], Uriel González Salas [2], José Luis García Hernandez[2], Nery Cecilia García de la Paz[2].

[1]Alumno del Programa de maestría en agricultura orgánica sustentable. Correo: iaz.varela@hotmail.com

[2]Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 32, Venecia. 35000 Gómez Palacio, Durango, México.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar diferentes alternativas de nutrición para el cultivo de maíz forrajero en la comarca lagunera debido a la producción y demanda excesiva sobre el uso de suplementos nutritivos sintéticos, los cuales han generado problemática en los suelos y mantos friáticos, por eso la necesidad de buscar alternativas sustentables que nos ayuden a mantener o aumentar la producción en este cultivo reduciendo los riesgos de contaminación ya mencionados, con esta iniciativa se evaluaron 3 productos comerciales (Biofit RTU, BioZyme UPL, y Mycoroot) a base de microorganismos y un químico de mayor eficiencia y aprovechamiento según su recomendación.

Las variables que se analizaron fueron altura de planta, peso del fruto y planta y peso de forraje seco, demostrando que los tratamientos en los cuales se utilizaron dichos productos resultaron con valores iguales o mayores a los tratamientos con fertilización química.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate different nutritional alternatives for the cultivation of forage corn in the lagoon region due to the production and excessive demand on the use of synthetic nutritional supplements, which have generated problems in the soils and watery mantles, for That is the need to look for sustainable alternatives that help us maintain or increase production in this crop reducing the risks of contamination already mentioned, with this initiative 3 commercial products (Biofit RTU, BioZyme UPL, and Mycoroot) based on microorganisms and a chemical of greater efficiency and use according to your recommendation.

The variables that were analyzed were plant height, fruit and plant weight and dry forage weight, showing that the treatments in which these products were used resulted in values equal to or greater than the treatments with chemical fertilization.

INTRODUCCION

Los sistemas de producción de maíz forrajero a base de fertilización química ciento por ciento, empleados hace 25 años y que hasta la fecha se siguen empleando ha generado la perdida de la productividad del suelo, debido a los cambios que ha generado en él. Taylor, 1997 menciona que el uso de los fertilizantes químicos a largo plazo, resulta en acumulación de sustancias nocivas y acidificación del suelo, causando una diminución en la fertilidad del

suelo. De igual manera Yue *et al.,* (2017) argumentan que la adición de fertilizantes químicos nitrogenados puede afectar la estequiometria microbiana por los cambios en las propiedades del suelo. Como consecuencia se afectan los ciclos de mineralización de nutrientes. Por otro lado Teenstra *et al.* (2014), mencionan que los fertilizantes sintéticos no reponen la materia orgánica del suelo, lo cual es uno de los factores importantes para mantener el suelo fértil. A causa de los cambios no favorables en el suelo generados por el uso continuo de fertilizantes químicos, se buscan alternativas para reducir las aplicaciones de fertilizantes químicos Grageda *et al.* (2012) dice que el desarrollo y uso de los biofertilizantes se contempla como una importante alternativa para la sustitución parcial o total de los fertilizantes minerales. Los biofertilizantes mantienen el suelo rico en todo los macronutrientes y micronutrientes, vía fijación de nitrógeno, solubilización de fósforo y solubilización de potasio o mineralización, liberando sustancias reguladoras de crecimiento vegetal, producción de antibióticos y biodegradación de materia orgánica del suelo (Adesemoye y Kloepper, 2009). Otras alternativas a las que se recurre para minimizar la aplicación de fertilizantes químicos en la producción agrícola y mantener la fertilidad del suelo, son las combinaciones de diferentes fuentes de nutrientes, para favorecer la comunidades bacterias, las cuales son esenciales para mantener los ciclos de los nutrientes en el suelo (Ahmad *et al*., 2007). Liu *et al.* (2009) demostraron mayor incremento en la biomasa microbiana y disponibilidad de nutrientes, usando fuentes diversas de nutrición (fertilizantes químicos + bio-orgánicos), que solo usando fertilizantes químicos. El objetivo de este estudio es probar que la combinación de fertilizantes químicos de lenta liberación mezclados con biofertilizantes supera o igualan la productividad del cultivo de maíz forrajero bajo fertilización química convencional.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en la Facultad de Agricultura y Zootecnia, de la universidad Juárez del estado de Durango, ubicada en el ejido Venecia, Gómez Palacio, Dgo., México. Con coordenadas latitud Norte: 25° 46' 56" y longitud Oeste: 103° 21' 02", y una altitud de 1110 m s. n. m. Se evaluaron los siguientes tratamientos basados en productos comerciales: T1: Biofit®, T2: Biofit® + Fertilización química 50%: 105 kg/ha de YaraMila Star®, T3: Biozyme ®, T4: Fertilización química 50%: 105 kg/ha de YaraMila Star®, T5: Fertilización química 100%: 210 kg/ha de YaraMila Star®, T6: Biozyme® + Fertilización química 50%: 105 kg/ha de Yara mila star®, T7: Mycoroot® , T8: Mycoroot® + Fertilización química 50%: 105 kg/ha de YaraMila Star®, T9: Blanco, en el cultivo de maíz variedad San Lorenzo. Se evaluaron variables de rendimiento, bajo un diseño experimental de bloques al azar. Los datos fueron analizados en el sistema SAS, realizando un ANOVA y una comparación de medias con tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSION

Como se puede notar en el ANOVA (cuadro 1), existen diferencias altamente significativas en cuanto a las alturas de planta entre tratamientos, y diferencias significativas para las variables peso de fruto y peso de plantas. El cuadro 2 nos muestra la comparación de medias de Tukey ($P<0.05$.)

Cuadro 1. ANOVA de variables evaluadas en el cultivo de maíz tratado con diferentes alternativas de nutrición. La variable altura de planta (AP) está expresada en metros, y las variables peso del fruto (PF) y peso de la planta (PP) están expresadas en gramos, la variable de (FS) esta expresada en t/Ha.

fuente de variación	AP	PF	PP	FS
rep	0.26149577	22565.2948	94216.799	14.86814815
Trat	0.1746628**	20871.64*	78316.402*	11.40981481
Planta	0.08045644	1692.2219	110714.506*	16.56810
Trat*Planta	0.04505187	3312.338	22672.343	18.00218

Como se puede apreciar en el cuadro 2, los tratamientos que expresaron mayores valores para la variable de altura de planta fueron el 7 y el 9. Sin embargo, aquellos tratamientos en los que se usaron productos comerciales a base de bacterias promotoras del crecimiento y micorrizas mostraron resultados numéricos similares a los superiores. Acosta y Karajallo (2018) mencionan que la aplicación de bacterias promotoras del crecimiento vegetal aunado a una fuente de fertilización química, promueve mayor altura de la planta de maíz y aumento del rendimiento. De igual manera, Gutiérrez (2019) realizó inoculación de semillas de maíz con *Bacillus*, resultando que la cepa IN937b de *Bacillus subtillis* en dos concentraciones fueron los tratamientos que tuvieron mejores resultados para altura de la planta y peso total de la misma.

Cuadro 2. Comparación de medias de los tratamientos para las variables evaluadas en cultivos de maíz tratadas con diferentes alternativas de nutrición. La variable altura de planta (AP) está expresada en metros, y las variables peso del fruto (PF) y peso de la planta (PP) están expresadas en gramos, la variable de (FS) esta expresada en t/Ha.

trat	AP	PF	PP	FS
1	2.54 AB	264.43 A	847.62 A	25.433 A
2	2.38 B	237.38 A	709.76 C	20.933 A
3	2.57 AB	232.38 A	709.52 C	20.700 A
4	2.61 AB	163.53 B	775.95 B	22.433 A
5	2.44 AB	247.14 A	842.14 A	24.667 A
6	2.58 AB	276.29 A	847.38 A	25.433 A
7	2.64 A	246.43 A	736.67 B	21.567 A
8	2.60 AB	245.71 A	731.19 BC	22.200 A
9	2.66 A	236.67 A	718.1 BC	21.000 A

Para la variable de peso del fruto, los tratamientos a base de bacterias fueron los que obtuvieron mayores valores. Díaz *et al.,* en 2012, reportó un trabajo donde se evaluaron productos comerciales a base de bacterias promotoras del crecimiento, micorrizas y otros aditivos. De los biofertilizantes evaluados, el de micorriza destacó al registrar sobresalientes rendimientos de elote y de grano, sin embargo, tanto la fertilización química como el resto

de los tratamientos con biofertilizantes, superaron el rendimiento del testigo absoluto. Se observó que la fertilización química mostró rendimiento de elote cercano al de la micorriza.

En cuanto a la variable de peso de la planta, se destaca el tratamiento 1 y 6. Estos corresponden a tratamientos con bacterias y una aplicación de fertilizante químico reducida, lo cual concuerda con lo reportado por Morejon *et al.*, 2017. En su trabajo, describe que los tratamientos donde se aplicó el 50 o 75 % de la dosis de NPK combinado con productos comerciales que contienen microorganismos promotores del crecimiento (EcoMic® y el FitoMas®-E) y el correspondiente al 100 % de NPK fueron los de mejor respuesta pero solamente cuando aplicó el 75 % de la dosis de NPK, se acercaron a los valores de altura de la planta según el descriptor correspondiente a la variedad, aunque mostraron similitud estadística con la aplicación de 50 % NPK con EcoMic® y FitoMas®-E.

CONCLUSIONES

Se concluye que los productos comerciales como bio-fertilizantes pueden ser una alternativa viable en la agricultura actual para la producción de forraje.

REFERENCIAS

Acosta Aguayo, Alejandro Inocencio; Karajallo, Julio Cesar. Efecto de la aplicación de nitrógeno, e inoculación con bacterias promotoras de crecimiento sobre el cultivo de maíz. 16- Agroalimentario. 2018. Universidad Nacional del Este, Facultad de Ingeniería Agronómica. Argentina.

Gutiérrez Calvo, Alondra Elianeth. Evaluación del efecto de *Bacillus subtilis* en la promoción del crecimiento en maíz (*Zea mays* L.) Tesis de maestría. Universidad de Ciencias y Artes De Chiapas, Instituto de Ciencias Biológicas. 2019.

Morejon Pereda, Moises; Herrera Altuve, José A.; Ayra Pardo, Camilo; González Cañizares, Pedro J.; Rivera Espinosa, Ramón; Fernández Parla, Yanileysis; Peña Ramírez, Eliudimir; Téllez Rodríguez, Pilar; Rodríguez-de la Noval, Claudia; de la NovalPons, Blanca M. ALTERNATIVAS EN LA NUTRICIÓN DEL MAÍZ TRANSGÉNICO FR-B t 1 DE (Zea mays L.): RESPUESTA EN CRECIMIENTO, DESARROLLO Y PRODUCCIÓN Cultivos Tropicales, vol. 38, núm. 4, octubre-diciembre, 2017, pp. 146-155 Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba.

Díaz Franco, Arturo; Jaime Roel Salinas García, Juan Valadez Gutiérrez, Héctor Manuel Cortinas Escobar, Catarina Loredo Osti, Víctor Pecina Quintero, Arnulfo Pajarito Revelero, Jesús Amado Álvarez Y Daniel González González. Impacto de la Biofertilización del Maíz en el Norte de México. Centro de Investigación Regional Noreste, Campo Experimental Río Bravo. Río Bravo, Tamaulipas, Septiembre de 2012. Folleto Técnico No. MX-0-310301-25-03-13-09-54 - ISBN: 978-607-425-838-7

N addition can affect microbial stoichiometry by changing soil properties (Kaiser et al. 2014; Yue et al. 2017; Zhou et al. 2017). For example, shifts in microbial C/N/P ratios may be related to decreased soil pH under N addition (Yue et al. 2017; Zhou et al. 2017).

Taylor MD. Accumulation of cadmium derived from fertilizers in New Zealand soils. Science of Total Environment. 1997;(3): 123-6.

La pérdida de materia orgánica

los fertilizantes sintéticos no reponen la pérdida de materia orgánica del suelo, lo cual es un factor importante para que los suelos se encuentren saludables, además de que también aumenta la resiliencia ante el cambio climático (Teenstra *et al*., 2014).

El desarrollo y uso de los biofertilizantes se contempla como una importante alternativa para la sustitución parcial o total de los fertilizantes minerales (Grageda et al., 2012)

ARAÑAS ASOCIADAS A HUERTOS DE GUAYABA EN CALVILLO, AGUASCALIENTES

González-Gaona, Ernesto[1]*; De Lira-Ramos, Karla Vanessa[1]; Catarino Perales-Segovia[2]; Ibarra-Nuñez, Guillermo[3] Padilla-Ramírez, José Saúl[1]; Sánchez Lucio Roberto[4]; Castañeda-Cabrera, Cecilio[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo ExperimentalPabellón. Carr. Aguascalientes-Zacatecas, km. 32.5. Pabellón de Arteaga, Ags. México. C.P. 20678.

[2]Instituto Tecnológico El Llano, Aguascalientes, Ags., México. C.P. 20230

[3] El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula. Carretera Antiguo Aeropuerto km 2.5, Tapachula, Chiapas, México C.P. 30700,

[4]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Km 6 Carr. México - Nogales, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México C.P. 63300

****eggaona@yahoo.com.mx***

RESUMEN

Se determinó la diversidad de arañas asociadas a huertos de guayaba de la zona de Calvillo, Aguascalientes mediante “Knock down” y redeo en 14 huertos ditribuidos en toda la zona productora. La diversidad de araneofauna de las huertas se midió mediante los parámetros: S= Riqueza (número de especies por localidad), diversidad empleando el índice de Shanon-Wienner (H´) y Equitatividad de Pielou Shanon-Wienner (JH´). Se detectaron 256 arañas, con las mayores capturas en mayo seguidas de octubre y al final agosto con 110, 78 y 68 ejemplares respectivamente. Se Observaron 16 familias de arañas, las de mayor representación fueron la Salticidae, Oxyopidae y Thomisidae. Las arañas más abundantes fueron las morfoespecies 10 (Oxyopidae: *Peucetia viridans*), 6 (Salticidae: *Paraphidippus* sp.), 27 (Thomisidae: No determinado), 8 (Oxyopidae: *Oxyopes* sp.), 16 (Salticidae: No determinado) que pueden ser usados como indicadores biológicos.

ABSTRACT

The diversity of spiders associated with guava orchards in the area of Calvillo, Aguascalientes was determined by means of "Knock down" and entomological net in 14 orchards distributed throughout the production area. The diversity of araneofauna in the orchards was measured by the parameters: S = Richnnes (number of species per locality), diversity using the Shanon-Wienner index (H ') and Pielou Shanon-Wienner Equity (JH'). 256 spiders were detected, with the highest captures in May followed by October and at the end of August with 110, 78 and 68 specimens respectively. 16 families of spiders were observed, the most represented were the Salticidae, Oxyopidae and Thomisidae. The most abundant spiders were the morphospecies 10 (Oxyopidae: *Peucetia viridans*), 6 (Salticidae: *Paraphidippus* sp.), 27 (Thomisidae: Not determined), 8 (Oxyopidae: *Oxyopes* sp.), 16 (Salticidae: Not determined) that can be used as biological indicators.

INTRODUCCIÓN

En Calvillo, Aguascalientes se cultiva el guayabo (*Psidium guajava* L.) desde hace más de 100 años (Reyes *et al*., 2002), las unidades productivas van de 0.5 hasta >50 ha. Las plagas y enfermedades son un factor de disminución de la producción o de la productividad de los huertos, las principales plagas del cultivo y que son comunes a la mayoría de las áreas

productoras son picudo de la guayaba (*Conotrachelus* spp.), moscas de la fruta (*Anastrepha striata*), y temolillo (*Cyclocephala lunulata*) (González, 2002). Para su control se emplean productos de síntesis química de diversos grupos; sin embargo, el único plaguicida autorizado por la CICLOPLAFEST para el cultivo es el Malatión (Reyes *et al*., 2003).

Al emplear plaguicidas de amplio espectro se afectan tanto las poblaciones de insectos fitófagos como de sus depredadores o sus parasitoides, se puede ocasionar resistencia a plaguicidas, problemas de contaminación ambiental, dejar residuos en la fruta, ocasionar daños a la salud de los aplicadores y del público en general, así como ocasionar el surgimiento de plagas secundarias al destruir a los depredadores (Sunderland, 1999).

La disminución de los daños o en la población de las plagas por el efecto de las arañas se ha documentado en agroecositemas como maíz (Lang *et al*., 1999), trigo (Marc *et al*., 1999), calabaza (Snyder & Wise, 2000) y huertos de manzano (Marc & Canard, 1997). Aunque el efecto de un grupo de arañas en la reducción de su presa, es más probable que se observe, que cuando solo se considera una sola especie (Greenstone, 1999).

Las arañas se pueden emplear también como indicadores biológicos de la biodiversidad local de ambientes específicos y emplearse para medir el impacto de los cambios antropocéntricos y de la efectividad de las medidas de conservación de un habitat (Avalos *et al*., 2007; Simo *et al*., 2011). También se han utilizado como organismos indicadores de alteraciones ambientales ya sea por contaminación del hábitat por plaguicidas agrícolas, para medir el efecto en organismos no blanco, para evaluar el efecto de la deforestación, o de organismos introducidos o exóticos (Holland *et al*., 2000; Tanaka *et al*., 2000; Nuñez, 2014).

En el mundo se han descrito casi 40,000 especies, incluidas dentro de 110 familias y 3,849 géneros. Para México se señalan 2,500 especies (Coddington *et al*., 2004; Platnick, 2010). Se considera que su abundancia y diversidad están correlacionadas con la diversidad del habitat en diferentes escalas, por lo que es factible encontrar diferencias entre la composición de especies entre comunidades en un paisaje regional determinado (Rico *et al*., 2005). El objetivo del presente estudio fue determinar la riqueza y composición de la fauna de araneos presentes en los huertos de guayaba de la zona productora de Calvillo, Aguascalientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona productora de guayaba de Calvillo, Aguascalientes, se ubica entre 21°42´54.00´´ y 22° 06´´25.20.20´´latitud N y 102° 31´26.40´´ y 102° 52´30.00¨ 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. La zona es catalogada como un valle intermontano con lomeríos, los suelos son poco profundos, regosoles frecuentemente asociados con litosoles con afloramientos de tepetate ubicado al suroeste del Estado.

Con apoyo del personal del Comité Estatal del Sistema Producto Guayaba de Aguascalientes se seleccionaron 14 huertos distribuidos en toda la zona productora y que representarán las diferentes áreas productoras y sistemas de producción. En el primer muestreo que se realizó de 25 al 31 de mayo de 2016 se monitorearon ocho huertos,

mientras que para el segundo muestreo (26 de julio al 04 de agosto) y tercer muestreo (07 al 19 de octubre) se amplió el muestreo a 14 huertos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Huertos de guayabo seleccionados para estudiar la diversidad de araneos en la zona productora de Calvillo, Aguascalientes.

Localidad	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Época de producción[1]	Tecnología[2]
Colomos	**21°52´33.9´´**	**102°39´39.8´´**	**1,729**	**Normal**	**Tecnificada**
Ojo Caliente	**21°53´7.2´´**	**102°39´45´´**	**1,725**	**Normal**	**Convencional**
Chiquihuitero	**21°52´22.8´´**	**102°41´52.1´´**	**1,723**	**Tardía**	**Orgánico**
El Rodeo	**21°52´36.1´´**	**102° 43´25.7´´**	**1,680**	**Normal**	**Tecnificada**
El Jaguey	**21°58´56.4´´**	**102° 39´53´´**	**1,833**	**Tardía**	**Convencional**
Los Cerritos	**21°51´49.8´´**	**102°43´4.2´´**	**1,681**	**Normal**	**Tecnificada**
La Nogalera	**21°52´52.5´´**	**102° 41´48.6´´**	**1,695**	**Normal**	**Convencional**
Calvillo	**21°50´30.2´´**	**102°42´24.9´´**	**1,656**	**Normal**	**Tradicional**
Loma Alta	**21°49´52´´**	**102° 45´27.1´´**	**1,661**	**Normal**	**Orgánica**
Jaltiche de Arriba	**21°46´21.3´´**	**102° 47´15.7´´**	**1,638**	**Normal**	**Convencional**
Las Moras	**21°47´9.4´´**	**102°43´17.7´´**	**1,827**	**Normal**	**Convencional**
Mesa del Márquez	**21° 46´41.8´´**	**102° 45´15.8**	**1,765**	**Normal**	**Convencional**
Mesa Grande	**21° 49´1.7´´**	**102° 43´38.8´´**	**1,764**	**Normal**	**Tecnificada**
Mal Paso	**21° 51´48.5**	**102° 40´7.2´´**	**1,685**	**Normal**	**Tradicional**
Cerro Blanco	**21° 50´26.3´´**	**102° 47´37.9´´**	**1,693**	**Normal**	**Convencional**

1) Época de producción Normal (septiembre a diciembre) tardía (enero a marzo) temprana (junio a agosto).

2) Tecnología Tradicional (riego grav., árboles > 3m, bajos insumos), Convencional (microaspersion, árboles >3, insumos intermedios, destino nacional), Tecnificados (microaspersion, arboles 3 m, asistencia técnica, mallas antigranizo, SRRC, destino exportación), Orgánicos (microaspersion, compostas, no plaguicidas síntesis química, elaboración de insecticidas botánicos), Empresariales (microaspersión, alta densidad, arboles < 3 m, podas frecuentes, programación de cosechas mismo huerto, exportación, superficie > 10 ha).

Para la recolecta del material biológico, se empleó la técnica del “knock down” que consistió en aplicar un piretroide para ocasionar el derribo de los artropodos hacia una manta blanca colocada en el piso del cajete, en este caso se usó Permetrina (Ambush® 34 CE) a dosis de 3.0 cc/l de agua, que se aplicó con una aspersora manual Swissmex Pacto® de 4 litros con boquilla de cono hueco, asperjando un litro por árbol de la solución. El tratamiento se aplicó a tres árboles en los cuales se les colocó en el piso del cajete una manta de 6 x 6 m y después de 25 minutos se empezó a recolectar con un pincel, las arañas presentes en la manta que se colocaron en una bolsa con alcohol al 70%.

En forma complementaria se recolectaron las arañas asociados al árbol y la maleza mediante redes entomológicas de 40 cm de diámetro, realizándose 100 redazos sobre la maleza presente en el huerto y 100 sobre el follaje del guayabo, las arañas capturadas se colocaron en frascos con alcohol al 70%.

Las arañas, se clasificaron a nivel familia usando las claves de Borror y Delong (Triplehorn y Johnson, 2005) y se mandó una copia de los ejemplares recolectados al Dr. Guillermo Ibarra Nuñez de la Colección de Aracnidos del Sureste de México (ECOTAAR) de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula, para su identificación a nivel específico.

La diversidad de la araneofauna de las huertas se midió mediante los siguientes parámetros: S= Riqueza (número de especies por localidad), diversidad empleando el índice de Shanon-Wienner (H´) y Equitatividad de Pielou Shanon-Wienner (JH´), (Colwell and Coddington, 1994; Moreno 2001; Villarreal et al., 2006). Las métricas se obtuvieron en forma manual.

Índice de Shannon-Wienner $$H' = -\sum_{1=1}^{S} Pi\ Ln(Pi)$$

Donde S= número total de especies en la muestra, Pi= proporción de la especie i, Ln= Logaritmo natural. Valores de 0 a ∞

Equidad basada en el índice de Shannon-Wienner $$JH' = \frac{H'observada}{H'\ máxima},$$

Donde H´ máxima = log S y H´ observada = índice de Shannon-Wienner. Valores 0-1.

RESULTADOS

Se detectaron 256 arañas, con las mayores capturas en mayo seguidas de octubre y al final agosto con 110, 78 y 68 ejemplares respectivamente, lo cual puede ser debido a las aplicaciones contra plagas como picudo de la guayaba en julio y agosto. Se observó un gran número de juveniles en mayo (46), que no se pueden emplear para la identificación específica, aunque si para el nivel familia y en algunos casos a género, se considera puede ser debido a que el cultivo se somete a un estrés hídrico para el escape a las temperaturas frías en invierno y vuelve a restablecer en marzo por lo cual las poblaciones de las arañas también empiezan a establecerse y hay gran proporción de juveniles en los primeros meses del cultivo. Se Observaron 16 familias de arañas: Anyphaenidae, Araneidae, Coriniidae, Dictynidae, Eutichuridae, Linyphiidae, Lycosidae, Mimetidae, Oxyopidae, Philodromidae, Salticidae, Tetragnathidae, Theridiidae, Thomisidae, Trachelidae y Uloboridae con 1, 5, 2, 3, 1, 3, 3, 2, 9, 4, 21, 1, 3, 8, 1,1, morfotipos respectivamente. Las familias con mayor representación fueron la Salticidae, Oxyopidae y Thomisidae.

Las arañas recolectadas se ubicaron en 72 morfotipos, los más abundantes fueron las morfoespecies 10 (Oxyopidae: *Peucetia viridans*), 6 (Salticidae: *Paraphidippus* sp.), 27 (Thomisidae: No determinado), 8 (Oxyopidae: *Oxyopes* sp.), 16 (Salticidae: No determinado), 9 (Thomiciade: *Misumena* sp.) y 15 (Trachelidae: *Trachelas* sp.) con 22, 18, 15, 13, 12, 11 y 11 ejemplares respectivamente.

Respecto al análisis de las capturas (Cuadro 2) las localidades con las mayores capturas fueron: El Jaguey, Mesa del Márquez, Ojo Caliente, Calvillo y Jaltiche de Arriba con 41, 32, 27, 20 y 20 arañas totales y por ende las que mayor Riqueza de morfotipos que presentaron con 25, 16, 15, 15 y 14 respectivamente. Mientras que

la mayor diversidad (H´) se observó en: El Jaguey, Calvillo, Ojo Caliente, Chquihuitero y Mesa del Márquez y la equitatividad (JH´) se observó en la Nogalera, Cerritos, Calvillo y Loma Alta.

Cuadro 2. Índices de diversidad de nematodos filiformes asociados a huertos de guayaba de la zona de Calvillo, Aguascalientes.

	LOCALIDADES														
Índice	COL	OC	CH	RO	JG	CE	NO	CA	LA	JA	MO	MM	MG	MP	CB
TOTAL	15	27	17	13	41	10	2	20	7	20	8	32	16	18	12
S	11	15	12	7	25	8	2	15	6	14	6	16	11	13	10
H´	2.3	2.5	2.4	1.7	3.0	2.0	.09	2.6	1.7	2.3	1.7	2.4	2.1	2.4	2.2
JH´	.96	.92	.96	.86	.95	.97	1.0	.97	.97	.86	.96	.88	.87	.95	.95

CONCLUSIONES

Se observó una gran diversidad de arañas con 16 familias con 72 morfotipos, las de mayor representación fueron Salticidae, Oxyopidae y Thomisidae. Las arañas más abundantes fueron las morfoespecies 10 (Oxyopidae: *Peucetia viridans*), 6 (Salticidae: *Paraphidippus* sp.), 27 (Thomisidae: No determinado), 8 (Oxyopidae: *Oxyopes* sp.), 16 (Salticidae: No determinado) que pueden ser usados como indicadores biológicos.

Las localidades con las mayores capturas fueron: El Jaguey, Mesa del Márquez, Ojo Caliente, Calvillo y Jaltiche de Arriba con 41, 32, 27, 20 y 20 arañas totales y por ende las que mayor Riqueza de morfotipos que presentaron con 25, 16, 15, 15 y 14 respectivamente.

REFERENCIAS

Avalos, G., Rubio, G., Bar, M., González, A. 2007. Arañas (Arachnida: Araneae) asociadas a dos bosques degradados del Chaco húmedo en Corrientes, Argentina. Revista de Biología Tropical 55(3-4):899-909.

Coddington, J. A., G., Giribet, M. S. Harvey, L. Prendini, and D. E. Walter. 2004. Arachnida. *In*: J. Cracraft y M. Donoghue (eds.) Assembling the tree of life. Oxford University Press. New York, USA. pp. 296-318.

Colwell, R. and J. A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B 345:102-118.

González, G. E. 2002.Control de plagas insectiles. *In*: Guayaba su cultivo en México. Libro Técnico no 1. González, G. E., J. S. Padilla, R., L. Reyes, M., M. A. Perales de la C.

y F. Esquivel, V. (eds.) INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón, Ags. pp 86-112.

Greenstone, M. H. 1999. Spider predation: how and why we study it. J. Arachnol. 27:333.342.

Holland, J. M., L. Winder, and J. N. Perry. 2000. The impact of dimethoate on the spatial distribution of beneficial arthropods in winter wheat. Ann. Appl. Biol. 136:93-105.

Lang, A., J. Filser, and J. R. Henschel. 1999. Predation by ground beetles and wolf spiders on herbivorous insects in a maize crop. Agric., Ecosyst. Environ. 72:189-199.

Marc, P., and A. Canard. 1997. Maintaining spider biodiversity in agroecosystems as a tool in pest control. Agric., Ecosyst. Environ*.* 62:229-235.

Marc, P., A. Canard, and F. Ysnel. 1999. Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication. Agric., Ecosyst. Environ*.* 74:229-273.

Moreno-Molina, E. B., G. Ibarra-Nuñez y A. García-Ballinas. 2001. Diversidad de arañas en el follaje de cacao en el Soconusco, Chiapas, México. In Memorias del XXXII Congreso Nacional de la Soc Mexicana de Entomología Metepec, Puebla xx p.

Nuñez, G. I. 2014. Las arañas como biondicadores. *In:* Biondicadores guardianes de nuestro futuro ambiental. C. A. González, A. Vallarino, J. C. Pérez, J., A. M. Low, P. (eds.) El Colegio de la Frontera Sur. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. pp. 273-290. ISBN 978-607-8429-059.

Platnick, N. I. 2010. The world spider catalog, Ver.1.0. American Museum of Natural History. Available at: http// research.amnh.org/entomology/spiders/catalog/ index.htm.

Reyes, M. L., E. González, G. y J. S. Padilla, R. 2002. Ubicación Geografica, superficie y producción. *In*: Guayaba su cultivo en México. Libro Técnico no 1. Gonzalez, G. E., J. S. Padilla, R., L. Reyes, M., M. A. Perales de la C. y F. Esquivel, V. (eds.) INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón, Ags. pp 10-20

Reyes, M. L., E. González, G., J. S. Padilla, R., H. R. Reyes, P., y M. A. Perales de la C. 2003. Estatus de las plagas del guayabo en la región Calvillo, Aguascalientes, México. *In:* Memorias del primer Simposio Internacional de la Guayaba. Padilla, R. J. S., Reyes, M. L., E. González, G., y M. A. Perales de la C (eds.). INIFAP CIRNOC-CEPAB, México. pp 297-301.

Rico, G. A., J. P. Beltran, A., A. Álvarez, D. y E. Florez, D. 2005. Diversidad de arañas (Arachnida: Araneae) en el Parque Nacional Natural Isla Gorgona, Pacífico Colombiano. Biota NeotropicaV5(nia)-http://umnbiotaneotropica.org.br /v5nia/pt/abstract?inventory+BN007051a2005.

Simo, M., Laborda, A. J. C., Castro, M. 2011. Las arañas en agroecosistemas: bioindicadores terrestres de calidad ambiental. Revista Laboratorio Tecnológico del Uruguay, INNOTEC No 6: 51-55.

Sunderland, K. D. 1999. Mechanisms underlying the effects of spiders on pest populations. Journal of Arachnology 27:308.316.

Snyder, W. E., and D. H. Wise. 1999. Predator interference and the establishment of generalist predator populations for biocontrol. Biological Control. 15:283.292.

Tanaka, K., S. Endo, and H. Kazano. 2000. Toxicity of insecticides to predators of rice planthoppers: spiders, the mired bug, and the dryinid wasp. Appl. Entomol. Zool*.* 35:177.187.

Triplehorn, C. A. and N. F. Johnson. 2005. Borror and Delong´s Introduction to the study of Insects. Brooks/Cole. Thomson Learning Inc. Seventh Edition. México. 864 p. ISBN 0-03-096835-6.

Turnbull, A. L. 1973. Ecology of the true spiders (Araneomorphae). Annual Review of Entomology 18: 305-348.

Villareal, H., M. Álvarez, S. Cordoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A. M. Umaña. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt. Bogota, Colombia 236 p.

COMPARACIÓN DE DOS VARIEDADES DE AVENA FORRAJERA CON DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACION ORGÁNICA

Estrada-Arellano, Eduardo[1]*; Gutiérrez-Guzmán, Ulises Noel[2]; González-Mancilla, Apolinar [2]; Castellanos-Pérez, Edmundo [2]

[1]Alumno de Maestría en Agricultura Orgánica Sustentable FAZ-UJED, [2]Profesor-Investigador FAZ-UJED, Ejido Venecia, Gómez Palacio, Dgo. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 32. C.P 35111 *Autor principal: 87112624z@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento de forraje verde y seco de dos variedades de avena con la aplicación de diferentes dosis de fertilización orgánica en una localidad de la Comarca Lagunera. El experimento se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (CAE-FAZ-UJED), en el ciclo otoño-invierno del año 2019. El sitio se localiza geográficamente entre los meridianos 102°22’ y 104°47’ de longitud oeste y los paralelos 24°22’ y 26°23’ latitud norte. Las unidades experimentales (UE) constaron de 2.3 m de ancho por 8 m de largo resultando un total de 32 UE. Los factores de estudio evaluados fueron dos variedades de avena forrajera (Cuauhtémoc y Chihuahua) y fertilización orgánica con estiércol solarizado. Nivel 1- Absoluto, Nivel 2- Químico (60-40-00), Nivel 3 - 20 toneladas de estiércol, Nivel 4- 40 toneladas de estiércol. Se obtuvo el rendimiento de forraje fresco (FF) y forraje seco (FS) en muestras aleatorias y equidistantes con un cuadrante de 50 cm x 50 cm (0. 250 m^2) y se expresó toneladas por hectárea (ton/ha). El máximo rendimiento de forraje verde lo obtuvo la variedad Cuauhtémoc 40.030 ton/ha contra 23.325 ton/ha de la variedad Chihuahua. En cuanto al forraje en seco, se encontró un rendimiento de 9.728 ton/ha de la variedad Cuauhtémoc contra 7.348 ton/ha de la variedad Chihuahua. La variedad Cuauhtémoc resulto superior a la variedad Chihuahua en cuanto a rendimiento de forraje verde y seco. En cuanto a los tratamientos de fertilización orgánica, aunque no se encontró diferencia estadística significativa, la dosis de 40 ton de estiércol fue la que propició más alto rendimiento. Se sugiere la búsqueda de nuevas variedades de avena forrajera para ser evaluadas en las condiciones medioambientales de la Comarca Lagunera.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the yield of green and dry forage of two varieties of oats with the application of different doses of organic fertilization. The experiment was carried out in the experimental agricultural field of the Faculty of Agriculture and Zootechnics of the Universidad Juárez del Estado de Durango (CAE-FAZ-UJED), in the autumn-winter cycle of the year 2019. The site is geographically located between the meridians 102 ° 22 'and 104 ° 47' west longitude and the parallels 24 ° 22 'and 26 ° 23' north latitude. The experimental units (EU) consisted of 2.3 m wide by 8 m long, resulting in a total of 32 EU. The study factors evaluated were two varieties of forage oats (Cuauhtémoc and Chihuahua) and organic fertilization with solarized manure. Level 1- Absolute, Level 2- Chemical (60-40-00), Level 3 - 20 tons of manure, Level 4- 40 tons of manure. The yield of fresh forage (FF) and dry forage (FS) was obtained in random and equidistant samples with a quadrant of 50 cm x 50 cm (0. 250 m2) and was expressed ton per hectare (ton/ha). The maximum yield of green forage was obtained by the Cuauhtémoc variety 40,030 ton/ha against 23,325 tons/ha

of the Chihuahua variety. Regarding dry forage, a yield of 9,728 ton / ha of the Cuauhtémoc variety was found against 7,348 ton / ha of the Chihuahua variety. The Cuauhtémoc variety was superior to the Chihuahua variety in terms of green and dry forage yield. Regarding organic fertilization treatments, although no statistically significant difference was found, the dose of 40 ton of manure was the one that led to the highest yield. The search for new varieties of forage oats is suggested to be evaluated in the environmental conditions of the Comarca Lagunera.

INTRODUCCIÓN

En México, la superficie sembrada con avena forrajera en 2019 fue de 124,977 ha y el estado de Durango fue el productor principal con una aportación de 16.5% del volumen total obtenido en condiciones de riego y temporal (SIAP, 2020). En esta entidad, el forraje obtenido se utiliza para alimentar el ganado en condiciones de pastoreo y para la elaboración de heno, ensilados y complementos alimenticios en polvo. El forraje de avena es importante como alternativa en la alimentación pecuaria por sus valores altos de digestibilidad, energía metabolizable y calidad de fibra (Espitia *et al*., 2012).

En la Comarca Lagunera de Durango, este cultivo es de gran importancia para satisfacer las necesidades de forraje de calidad en las explotaciones de vacas lecheras en la temporada invernal el cual es sembrado bajo condiciones de riego. Así mismo, el valor nutricional del grano es de mejor calidad sobre otros cereales, como cebada, maíz y trigo, debido a que es rico en grasa y proteína de digestibilidad alta, la cual contiene aminoácidos esenciales importantes en la alimentación, como es el caso especial de lisina (INFOAGRO, 2020).

Investigaciones recientes han demostrado que el grano de avena posee un valor alto para el contenido de proteína de 15 a 20% (Zwer-Pamela, 2017), lo que favorece su uso en la nutrición animal. Con base en lo anterior, el grano de avena puede utilizarse en la elaboración de complementos alimenticios para el ganado bovino en Durango, donde la proteína representa el insumo más costoso y limitante para la nutrición animal.

Con respecto a los cultivos de invierno en la Comarca Lagunera, la avena se considera el de mayor importancia. La superficie sembrada de este cultivo bajo condiciones de riego fue de 32,474 has, se obtuvo una producción total de 993,007 toneladas y el rendimiento de toneladas por hectárea fue de 30.715 en forraje verde (SIAP, 2019).

En lo que respecta a las variedades utilizadas en la Comarca Lagunera, destaca la variedad Cuauhtémoc que es la que se siembra más ampliamente, sin embargo, existen otras variedades que en otras entidades obtienen buenos resultados en cuanto a producción y calidad. Lo cual hace necesario realizar evaluaciones de esos materiales bajo las condiciones ambientales de la Comarca Lagunera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este experimento se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (CAE-FAZ-UJED), en el ciclo otoño-invierno del año 2019. El sitio se localiza geográficamente entre los meridianos 102°22’ y 104°47’ de longitud oeste y los paralelos 24°22’ y 26°23’ latitud norte. La altura

sobre el nivel del mar es de 1,110 metros. El clima predominante es semidesértico y con una precipitación media anual inferior a los 300 mm.

Metodología. Las unidades experimentales (UE) constaron de 2.3 m de ancho por 8 m de largo resultando un total de 32 UE. Los factores de estudio evaluados fueron dos variedades de avena forrajera (Cuauhtémoc y Chihuahua) y fertilización orgánica con estiércol solarizado.

En cuanto al origen de las variedades, la Cuauhtémoc se utilizó semilla comercial y Chihuahua se obtuvo de un rancho lechero en el ejido San Felipe Dgo. El estiércol se obtuvo del establo lechero de Facultad de Agricultura y Zootecnia. Con una composición química de: 1.39% N – 0.07% P.
La incorporación del estiércol se realizó con el uso de carretilla y pala distribuyéndose uniformemente de acuerdo con la dosis del tratamiento en cada unidad experimental, se dio un paso de rastra para su incorporación al suelo a una profundidad de 25 cm. Para abastecer de agua a cada unidad experimental se utilizó un sistema de riego de agua rodado por inundación. La fertilización de la UE con tratamiento químico en base de una dosis 60-40-00. Como fuente de nitrógeno se usó urea cuya fórmula es 46-00-00 y Fosfato Mono Amónico (MAP) con la fórmula 11-52-00 como fuente de fosforo.

Durante el periodo de estudio se evaluó el rendimiento de forraje fresco (FF) y forraje seco (FS). Las muestras se obtuvieron a los 102 días después de la siembra (DDS), se tomaron muestras aleatorias y equidistantes con un cuadrante de 50 cm x 50 cm (0.250 m^2) para la determinación del rendimiento de FF y FS en toneladas por hectárea (ton/ha). Las muestras obtenidas en campo se pesaron, inmediatamente después del corte, en una báscula electrónica con precisión de 0.01 g para registrar el peso fresco (PF). Luego, se colocaron las muestras en una estufa de aire forzado a una temperatura de 60 °C durante 72 h y se pesaron nuevamente para obtener el peso seco. Los resultados obtenidos para el PF y PS se utilizaron para estimar el rendimiento en toneladas por hectárea.

Diseño experimental. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con arreglo factorial de 2x4, que consistió en Factor variedad: Nivel 1- Cuauhtémoc, Nivel 2- Chihuahua, Factor fertilización: Nivel 1- Absoluto, Nivel 2- Químico (60-40-00), Nivel 3 - 20 toneladas de estiércol, Nivel 4- 40 toneladas de estiércol. Cada tratamiento contó con cuatro repeticiones. Los datos obtenidos de las variables de campo fueron evaluados mediante análisis estadístico (ANOVA), la comparación de medias se realizó con base en la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Tanto el análisis de varianza y la comparación de medias se realizaron con el programa de cómputo SAS Ver. 9.4.

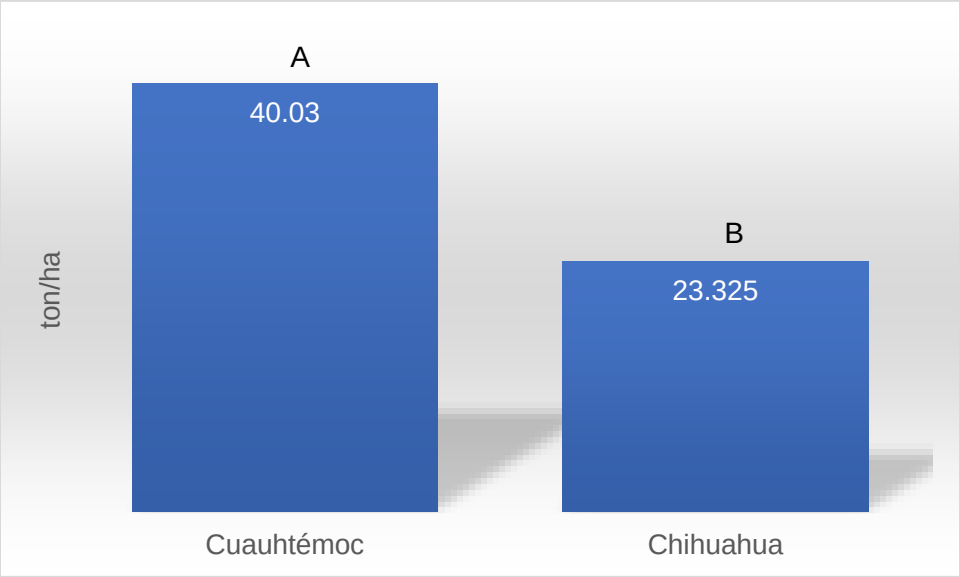
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizar el análisis de varianza para la variable de rendimiento, solo se obtuvo significancia para el factor variedades, no hubo significancia entre dosis de fertilización ni la interacción variedades x fertilización (Cuadro 1).

Cuadro1. Análisis de varianza para la variable de rendimiento de dos variedades de avena forrajera y diferentes dosis de fertilización.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Variedad	1	2232.456200	2232.456200	9.18	0.0058
Fertilización	3	299.480600	99.826867	0.41	0.7470
Var*Fert	3	1069.427800	356.475933	1.47	0.2489

El máximo rendimiento de forraje verde lo obtuvo la variedad Cuauhtémoc 40.030 ton/ha contra 23.325 ton/ha de la variedad Chihuahua (Figura 1), mostrando una amplia diferencia entre las dos variedades.

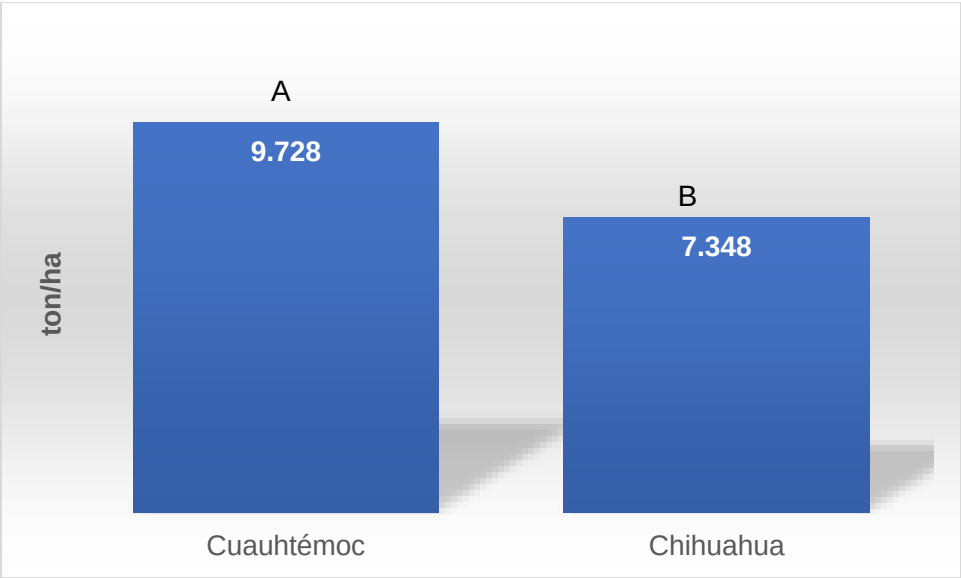


*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Figura 1. Rendimiento de forraje verde de dos variedades de avena con diferentes dosis de fertilización orgánica.

En cuanto al forraje en seco, se encontró un rendimiento de 9.728 ton/ha de la variedad Cuauhtémoc contra 7.348 ton/ha de la variedad Chihuahua (Figura 2). Estos valores alcanzados por la variedad Chihuahua no logra competir con la Cuauhtémoc en cuanto a rendimiento. Por otro lado los valores de forraje seco fueron superiores a los máximos (8.5 t/ha) reportados previamente en avena variedad Cuauhtémoc cultivada en condiciones de riego en Durango (Núñez *et al*., 2012).

Los resultados obtenidos en nuestro estudio de la variedad Cuauhtémoc son superiores a los reportados por Domínguez-Martínez *et al*. (2020) y muy semejantes a los resultados de la variedad Chihuahua; los cuales obtuvieron el máximo rendimiento de forraje verde en promedio 24.792 ton/ha, y el forraje seco en promedio fue de 7.433 ton/ha independientemente del tratamiento de fertilización que se haya aplicado.



*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Figura 1. Rendimiento de forraje verde de dos variedades de avena con diferentes dosis de fertilización orgánica.

En relación con el factor dos de estudio (dosis de fertilización) como se observó en el Cuadro 1 no se encontró significancia ($p \leq 0.05$), sin embargo, en el análisis gráfico el tratamiento cuatro (40 toneladas de estiércol) fue el mejor obteniendo un rendimiento de forraje verde de 36.090 ton/ha el tratamiento con la menor producción fue el tratamiento tres (27.450 ton/ha).

CONCLUSIONES

La variedad Cuauhtémoc resulto superior a la variedad Chihuahua en cuanto a rendimiento de forraje verde y seco. En cuanto a los tratamientos de fertilización orgánica, aunque no se encontró diferencia estadística significativa, la dosis de 40 ton de estiércol fue la que propició mas alto rendimiento. Nos se presento significancia estadística entre variedad x fertilización. Se sugiere la búsqueda de nuevas variedades de avena forrajera para ser evaluadas en las condiciones medioambientales de la Comarca Lagunera.

REFERENCIAS

Domínguez-Martínez, P. A., S. Santana E., R. Rosales S., D. Sierra Z., J. C. Ríos S. 2020. Respuesta de la avena var. Turquesa a la aplicación de diferentes fertilizantes. Memoria de XXXII Semana Internacional de Agronomía. Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Pp 961-966.

Espitia R., E., Villaseñor Mir, H. E., Tovar Gómez, R., de la O Olán, M., & Limón Ortega, A. 2012. Momento óptimo de corte para rendimiento y calidad de variedades de avena forrajera. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3(4): 771-783

Información del Sistema Agropecuario (INFOAGRO). 2020. Disponible en: https://www.infoagro. com/herbaceos/cereales/avena.htm. (Consultado en junio 2020)

Núnez M., O. G., R. Rosales S., J. López H., R. Jiménez O., S. Arellano A. 2012. Rendimientos de avenas forrajeras en riego con dos niveles de fertilización, ciclo otoño-invierno, Durango, México. Memora del XXIV Congreso Nacional y IV Internacional de Fitogenética. Monterrey, N. L. México. p. 78.

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2019. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. México. Disponible en: https://www.gob.mx/siap/. (Consultado en mayo 2019).

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2020. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. México. Disponible en: https://www.gob.mx/siap/. (Consultado en junio 2020).

Zwer, P. 2017. Oats: Grain-quality characteristics and management of quality requirements. In: Cereal Grains (pp. 235-256). Woodhead Publishing.

COMPORTAMIENTO DEL MELÓN INOCULADO CON *Trichoderma harzianum*
BEHAVIOR OF MELON INOCULATED WITH *Trichoderma harzianum*

José Alfredo Samaniego-Gaxiola[1], Yasmín Chew Madinaveitia[1], Arturo Gaytán Mascorro[2]

[1]Campo Experimental La Laguna INIFAP, Blvd. José Santos Valdez 1200 Pte., Col. Centro Matamoros, Coahuila, México. C. P. 27440. samaniego.jose@inifap.gob.mx [2] Departamento de Fitomejoramiento, , Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México.

RESUMEN

Con soluciones de 10^8 ufc de *Trichoderma harzianum* se inocularon semillas y plántulas de melón; los tratamientos testigos fueron: semilla no tratada, semilla germinada por 72 h o humedecida 1 h en agua destilada estéril, luego sembrada en turba y posteriormente, trasplantada en campo. La cobertura de la planta inoculada con el hongo, después de un mes, fue significativa Tukey P = 0.05 (59-43 cm) con respecto al testigo (34 cm). La cobertura hacia el final del cultivo fue mayor en los tratamientos donde la cobertura inicial fue menor. No obstante, se cosecharon 3.7 y 3.2 melones/planta en los tratamientos con semilla inoculada y semilla germinada en agua, respectivamente; mientras, melones/planta > 1 kg fueron de 2.4 y 1.6 para dichos tratamientos, respectivamente; en contraste con 0.7 melones/planta > 1 kg en el tratamiento testigo. *T. harzianum* únicamente se aisló de las raíces del melón en tratamientos inoculados.

ABSTRACT

Melon seeds and seedlings were inoculated with 10^8 cfu solutions of *Trichoderma harzianum*; the control treatments were: untreated seed, seed germinated for 72 h or moistened for 1 h in sterile distilled water, then sown in peat moss and later transplanted in the field. The coverage of the plant inoculated with the fungus, after one month, was significant Tukey P = 0.05 (59-43 cm) with respect to the control (34 cm). The coverage towards the end of the crop was higher in the treatments where the initial coverage was lower. However, 3.7 and 3.2 melons / plant were harvested in the treatments with inoculated seed and germinated seed in water, respectively; while, melons/plant> 1 kg were 2.4 and 1.6 for said treatments, respectively; in contrast to 0.7 melons/plant> 1 kg in the control treatment. *T. harzianum* was only isolated from melon roots in inoculated treatments.

INTRODUCCIÓN

Algunos *Trichoderma* Pers., se han descrito como endófitos, es decir que viven dentro de la planta, lo pueden hacer intra o inter celularmente; las bacteria y hongos son los principales endófitos, y entre ellos se encuentran algunas bacterias promotoras del crecimiento, bacterias fijadoras de nitrógeno, hongos micorrícicos y otros hongos que al menos temporalmente viven dentro de la planta. El género *Trichoderma* tiene múltiples funciones sobre los cultivos agrícolas, como la producción de hormonas para las plantas (Guzmán-Guzmán *et al*., 2019), la inoculación en semilla para protegerla de hongos fitopatógenos (Mukhopadhyay *et al*., 1992), la obtención de enzimas y compuestos de interés industrial (Sharma *et al*., 2019), entre otros. El holobioma de las raíces de las plantas no solo lo conforma *Trichoderma*, también un sin número de especies que habitan dentro y alrededor; por ejemplo, los cientos de miles de especies de plantas poseen por lo menos uno hongo endófito (Kaur, 2020). Los hongos endófitos pueden ser favorables para atenuar estreses abióticos y bióticos, los primeros como temperatura, salinidad, sequía, pH, nutrientes, los segundos plagas, enfermedades, depredadores, malezas y plantas invasoras (Lata *et al*., 2018). La inoculación de semilla y plántula de melón *Cucumis melo* L con *T*. *harzianum*., permitirá detectar diferencias en tamaño de planta o cobertura y frutos producidos en contraste con plantas no inoculadas; consecuentemente, el propósito del trabajo, fue el detectar tales diferencias.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en las instalaciones del Campo Experimental La Laguna en el otoño del 2017. El híbrido de melón que se utilizó fue Expedition ®. Un aislado propio de *Trichoderma harzianum* Rifai fungió como inóculo, éste consistió en hacer crecer el hongo 10 días en medio PDA, luego cosechar sus esporas hasta obtener una solución de concentración de 10^8 ufc ml^{-1}. Los tratamientos fueron: T3 ml, semillas que se inocularon con 3 ml de la solución de esporas (Samaniego-Gaxiola y Gámez-Escobedo, 2000); T 1 min, raíces de plántulas que se sumergieron por 1 min; T 1 h, o plántula inmersa 1 h en la solución de esporas; Testigo, donde se utilizaron plántulas sin tratamiento alguno a la semilla; Agua 72 h, semillas que se hicieron germinar por tres días en agua destilada estéril y Agua 1 h, semillas inmersas una hora en el agua. En todos los casos las semillas se sembraron en sustrato con turba y después de un mes se establecieron en el campo el 20 de septiembre de 2017. El cultivo se desarrolló en microtúnel de acuerdo al manejo

agronómico (Gaytán-Mascorro *et al*., 2018). Por cada uno de los seis tratamientos se utilizaron 10 plantas o repeticiones en campo, colocadas en un arreglo completamente al azar. De las plantas se registró su cobertura (cm) inicial y al final al mes y dos meses después de la plantación, respectivamente. El número de frutos por planta y frutos > 1kg se contabilizaron. Después de la cosecha, se recuperaron las raíces y se sembraron para detectar sus hongos. Cinco segmentos de cada raíz se colocaron por placa de PDA preparado con 50 y 100 mg de estreptomicina y penicilina por litro; se realizaron cinco placas por tratamiento y se realizó el recuento de las colonias de hongos que aparecieron. Un análisis de varianza (P = 0.001) y prueba de separación de medias Tukey P = 0.05, se utilizaron para analizar los datos de las variables.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las plantas del tratamiento T 1 min fueron las de mayor crecimiento inicial con 59 cm, le siguió T 3 ml con 53 cm, solo el testigo y Agua 1 h tuvieron un crecimiento estadísticamente menor con 34 y 22 cm, respectivamente (Cuadro 1). Sin embargo, la cobertura hacia el final del cultivo fue menor en T1 (89 cm) y T 3 ml (113 cm) con respecto al testigo (156 cm), esa diferencia fue estadísticamente significativa; ello sugiere que *T. harzianum* podría regular el crecimiento del cultivo, favoreciendo su crecimiento al inicio y restringiéndolo hacia el final del ciclo. En el tratamiento T 3 ml se registró el mayor número de frutos con 3.7 y > 1 kg con 2.4 por plantas, lo que contrastó con 2.6 y 0.7 del testigo, las diferencias fueron significativa (Cuadro 2) (Tukey P = 0.05). En general, consideramos que, la producción de melón de calidad estuvo restringida por la época tardía del establecimiento del cultivo.

Las especies de *Trichoderma*, se sabe que favorecen el crecimiento de los cultivos agrícolas (Guzmán-Guzmán *et al*., 2019), pero no los limitan. Si bien, *Trichoderma simmonsii* P. Chaverri, F.B. Rocha, Samuels & Jaklitsch en ciertas combinaciones con el hongo *Piriformospora indica* Sav.Verma, Aj.Varma, Rexer, G.Kost & P.Franken, restringieron el crecimiento del cultivo de pimiento morrón *Capsicum annuum* (Rokni *et al*., 2021). La biota dentro y alrededor de las semilla, brotes y raíces de plantas como la alfalfa, tienen una fuerte influencia en la expresión genética de las plantas; algunas veces eso se manifiesta con cambios visibles de las plantas, pero otras veces los cambios son solo metabólicos (Lata *et al*., 2018; Zheng *et al*., 2021). Entre 90 al 100 % de *T*. *harzianum* fue recobrado de las raíces del melón, en cuyos tratamientos previos se inoculó con el hongo; en contraste con tratamientos sin inocular (Figura 1); lo que sugiere al aislado de *T*. *harzianum* como endófito del cultivo del melón.

Cuadro 1. Cobertura[£] inicial y final de melón, a cuyas semillas o plántulas se les aplicaron tratamientos

Tratamientos[¥]	Inicial	Final	%[†]
T 1 min	59 a[‡]	86 b	146
T 3 ml	53 a	113 b	213
Agua 72 h	48 a	173 a	361
T 1 h	43 a	141 a	326
Testigo	34 b	156 a	461
Agua 1 h	22 b	111 b	502

[£]Cobertura en cm, inicial un mes y final dos meses después del trasplante. [¥]T 1 min y T 1 h plántulas inmersas en esos tiempos en una solución de 10^8 ufc/ml de *T. harzianum*; Agua 1 h y 72 h, semilla inmersa en agua destilada en esos tiempos; T3 ml, semillas inoculadas y germinadas con 3 ml de una solución de 10^8 ufc/ml de *T. harzianum*; Testigo, semillas sin tratamiento alguno. [†]Incremento en porcentaje de la cobertura inicial a la final. Números con letras distintas indican medias diferentes (Tukey P = 0.05).

Cuadro 2. Frutos por planta, a cuyas semillas o plántulas se les aplicaron tratamientos

Tratamientos[¥]	Total	>1 kg	%[†]
T 3 ml	3.7 a	2.4 a	65
Agua 72 h	3.2 a	1.6 a	50
T 1 min	3.2 a	1.2 b	38
Agua 1 h	3.2 a	1.2 b	38
T 1 h	2.0 b	1.1 b	55
Testigo	2.6 b	0.7 b	27

[¥]T 1 min y T 1 h plántulas inmersas en esos tiempos en una solución de 10^8 ufc/ml de *T. harzianum*; Agua 1 h y 72 h, semilla inmersa en agua destilada en esos tiempos; T3 ml, semillas inoculadas y germinadas con 3 ml de una solución de 10^8 ufc/ml de *T. harzianum*; Testigo, semillas sin tratamiento alguno. [†]Porcentaje frutos totales/>1kg. Números con letras distintas indican medias diferentes (Tukey P = 0.05).

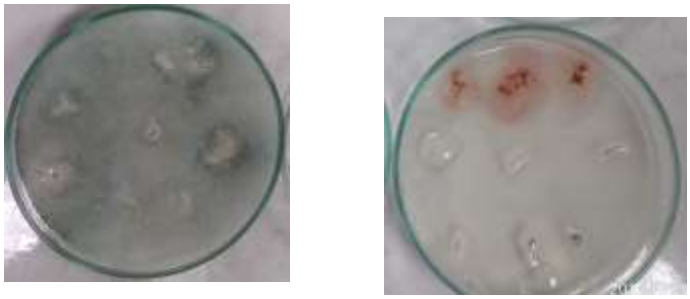


Figura 1. Hongos asilados de las raíces de melón. Izquierda y derecha, semilla inoculada o no con *T. harzianum*, respectivamente.

CONCLUSIONES

La mayor cobertura inicial de la planta se registró en los tratamientos de semilla o plántula inoculada con *T*. *harzianum* con respecto al testigo (Tukey P = 0.05); lo que contrastó con la cobertura final, en donde el crecimiento del testigo superó a los tratamientos citados (Tukey P = 0.05). Sólo en el tratamiento de semilla inoculada con *T*. *harzianum* (T 3 ml) los números de melones totales y los > 1 kg fueron significativamente mayores al testigo (Tukey P = 0.05).

El recobrar consistentemente (90-100 %) a *T*. *harzianum* de las raíces del melón, cuyas plántulas o semillas se inocularon con el hongo, sugieren su papel de endófito del cultivo.

REFERENCIAS

Guzmán-Guzmán, P., Porras-Troncoso, M. D., Olmedo-Monfil, V., Guzmán-Guzmán, P., Porras-Troncoso, MD, Olmedo-Monfil V, and Herrera-Estrella, A. 2019. *Trichoderma* species: versatile plant symbionts. Phytopathology 109(1): 6-16. https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO-07-18-0218-RVW

Kaur, T. 2020. Fungal Endophyte-Host Plant Interactions: Role in Sustainable Agriculture. Sustainable Crop Production 211. http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.92367

Lata, R., Chowdhury, S., Gond, S. K., and White, Jr JF. 2018. Induction of abiotic stress tolerance in plants by endophytic microbes. Letters in applied microbiology 66(4):268-276. https://doi.org/10.1111/lam.12855

Mukhopadhyay AN, Shrestha SA and Mukherjee PK. 1992. Biological seed tratments for control of soil borne plant pathogens. Plant Protection Bulletin. FAO 40 3:21-30. https://books.google.com.mx/books/about/FAO_Plant_Protection_Bulletin.html?id=XiZHp7LyoIsC&redir_esc=y

Samaniego-Gaxiola, J. A. y Gámez-Escobedo. A. 2000. Evaluación de residuos orgánicos para germinación, desarrollo y sanidad de semillas inoculadas con *Trichoderma* spp. en suelo infestado con *Rhizoctonia solani*. Revista Mexicana de Fitopatología 18: 71-78. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61218201

Sharma S, Kour D, Rana KL, Dhiman A, Thakur S, Thakur P,... and Yadav AN. 2019. *Trichoderma*: biodiversity, ecological significances, and industrial applications. In Recent advancement in white biotechnology through fungi pp. 85-120. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10480-1_3

Gaytán-Mascorro, A., Chew-Madinaveitia, Y., Reta-Sánchez, D. G. y Samaniego-Gaxiola J. A. 2018. Efecto de dos sistemas de producción sobre el tamaño de fruto ~~de temporada~~ del melón producido fuera de temporada en fecha tardía en la Comarca Lagunera. Memoria de la XXX Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED, septiembre del 2018. 424-431. http://faz.ujed.mx/siafaz/memorias/201830.pdf

Rokni, N., Alizadeh, H. S., Bazgir, E., Darvishnia, M., and Mirzaei-Najafgholi, H. 2021. The tripartite consortium of Serendipita indica, *Trichoderma simmonsii*, and bell pepper (*Capsicum annum*). Biological Control (158) 104608. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104608

Zheng, J., Reed, E., Ramachandran, P., Ottesen, A., Brown, E. W., and Wang, Y. 2021. Taxonomic and Functional Shifts in the Sprout Spent Irrigation Water Microbiome in Response to Salmonella Contamination of Alfalfa Seeds. Applied and Environmental Microbiology 87(3):e01811-20. https://journals.asm.org/doi/pdf/10.1128/AEM.01811-20

DETERMINACIÓN DE ARAÑAS (ARACHNIDA: ARANEAE) EN AGROECOSISTEMAS DE LA COMARCA LAGUNERA, DE DURANGO

Karla Janeth Juárez Salas[1], Miguel Mauricio Correa Ramírez[3], Verónica Ávila Rodríguez[1], Jesús Lumar Reyes Muñoz[1], José Luis Estrada Rodríguez[1], Urbano Nava Camberos[1,2]

[1]Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango.
[2]Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango.
[3]Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional
e-mail: karlaepica@outlook.es

RESUMEN

Del total de arañas encontradas (411) las principales familias fueron Anyphaenidae (30.17% Dictynidae (20.44%) y Salticidae (12.41%). Así mismo hubo familias representadas solo por dos ó un individuo; como es el caso de Clubiónidae con dos (0.49%) y Corinnidae y Pholcidae con un solo individuo (0.24%). El cultivo con mayor número de familias fue el algodón (11) de un total de 14 familias.

ABSTRACT

Of the total of spiders found (411), the main families were Anyphaenidae (30.17%), Dictynidae (20.44%) and Salticidae (12.41%). Also, there were families represented only by two or one individual; as is the case of Clubionidae with two (0.49 %) and Corinnidae and Pholcidae with a single individual (0.24%). The crop with the highest number of families was cotton (11) out of a total of 14 families.

INTRODUCCIÓN

El orden Araneae ocupa el séptimo lugar en la diversidad global después de las cinco órdenes de insectos más grandes (Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Diptera, Hemiptera) y Acari entre los arácnidos en términos de especies descritas. Las arañas se encuentran entre los grupos más diversos del planeta. Entre estos taxones, las arañas son excepcionales por su total dependencia de la depredación como estrategia trófica. Estos organismos han colonizado exitosamente casi todos los hábitats terrestres y algunos acuáticos debido a la facilidad que tienen para dispersarse (Piña-Rodríguez et al., 2015).

Para México se han reportado 66 familias (59.1%), 534 géneros (13.8%) y 2 295 especies (5.36%); 218 de esas especies son cosmopolitas (9.50%) y el resto son de Norte América y un alto porcentaje son endémicas del país (Francke, 2014).

Hoy en día el papel y la gran importancia de la biodiversidad en el funcionamiento de los sistemas agrícolas están siendo reconocidos por los científicos en todo el mundo. Y es que si hablamos de reducción de la biodiversidad no hay ningún campo en el que las consecuencias sean más evidentes que en el campo del control de las plagas agrícolas. Es por esta razón que es importante conocer a los depredadores naturales que pueden ser de utilidad en el manejo de plagas, como es el caso de las arañas, que son depredadoras de un número considerable de insectos perjudiciales en estos sistemas productivos (Altieri y Nicholls, 2009).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. Se realizaron recolectas quincenales de mayo a septiembre del año 2018 en agroecosistemas el Ejido Venecia en Gómez Palacio, Durango, (25.779444° N y -103.351389° O) con una altitud de 1,100 msnm, la cual presenta un clima muy seco, con una temperatura media anual de 20° C, con lluvias en los meses de julio a septiembre.

Las arañas fueron capturadas mediante tres métodos: directo, red de golpeo y sacudido de vegetación. Se establecieron cinco puntos de muestreo en cada cultivo (maíz, alfalfa, algodón, sorgo y nogal). Todos los ejemplares fueron colocados en alcohol al 70%.

Para la identificación de los ejemplares, se utilizó un microscopio estereoscópico, pinzas, varias agujas de disección. Los ejemplares fueron identificados a nivel familia y género utilizando el manual de Ubick et al., (2017).

Para la composición y abundancia, se elaboró una base de datos de Excel y se graficó la composición de familias.

Para determinar la diversidad se estimaron los índices de Margalef, Shannon-Wiener y Simpson utilizando el programa PAST, los primeros para observar la riqueza encontrada en los cultivos y el índice de Simpson se utilizó para determinar la diversidad y dominancia. Para la determinar la diversidad beta entre los diferentes cultivos se utilizó el índice de Jaccard.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron un total de 411 individuos agrupados en 14 familias, de las cuales las más abundantes fueron Anyphaenidae representada por 124 individuos que equivalen al 30.17%

del total, Dictynidae con 84 individuos que representan el 20.44% y Salticidae con 51 individuos que representan un 12.41% del total. Así mismo hubo familias representadas solo por dos ó un individuo; como es el caso de Clubiónidae con dos (0.49%) y Corinnidae y Pholcidae con un solo individuo (0.24%) (Cuadro 1) (Figura 1).

Cuadro 1**.** Principales familias de arañas en agroecosistemas de Venecia, Dgo.

FAMILIAS	No. De individuos	%
Anyphaenidae	124	30.17
Dictynidae	84	20.44
Salticidae	51	12.41
Theridiidae	46	11.19
Araneidae	43	10.46
Oxiopidae	17	4.14
Thomisidae	14	3.41
Linyphiidae	11	2.68
Philodromidae	9	2.19
Lycosidae	5	1.22
Tetragnatidae	3	0.73
Clubionidae	2	0.49
Corinnidae	1	0.24
Pholcidae	1	0.24
Total	**411**	**100.00**

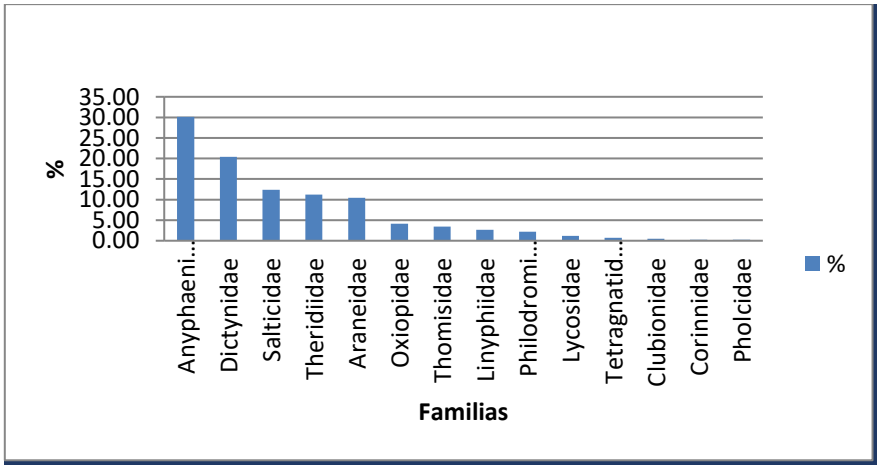


Figura 1. Abundancia de arañas por familias en agroecosistemas de Venecia, Dgo

Las familias de arañas por agroecosistema fueron: sorgo (Anyphaenidae, Araneidae, Clubionidae, Dictynidae, Oxiopidae, Philodromidae, Salticidae, Thomisidae); maíz (Thomisidae, Dictynidae, Theridiidae, Thomisidae); algodón (Anyphaenidae, Araneidae, Clubionidae, Corinnidae, Dictynidae, Lycosidae, Philodromidae, Pholcidae, Salticidae, Theridiidae, Thomisidae; nogal (Anyphaenidae, Araneidae, Dictynidae, Oxiopidae, Salticidae, Theridiidae, Thomisidae; alfalfa (Anyphaenidae, Araneidae, Dictynidae,Linyphiidae, Lycosidae, Oxiopidae, Philodromidae, Salticidae, Tetragnatidae, Thomisidae (Cuadro 2).

Cuadro 2. Principales familias por agroecosistemas de Venecia, Dgo.

FAMILIAS	AGROECOSISTEMAS				
	SORGO	MAÍZ	ALGODÓN	NOGAL	ALFALFA
Anyphaenidae	x		x	x	x
Araneidae	x	x	x	x	x
Clubionidae	x		x		
Corinnidae			x		
Dictynidae	x	x	x	x	x
Linyphiidae					x
Lycosidae			x		x
Oxiopidae	x			x	x
Philodromidae	x		x		x
Pholcidae			x		
Salticidae	x		x	x	x
Tetragnatidae					x
Theridiidae		x	x	x	
Thomisidae	x	x	x		x

El análisis de los índices de diversidad por familia fueron los siguientes: índice de Margalef, el cultivo de Alfalfa es el más rico D_{mg}= 2.338, mientras que el menos rico fue Nogal D_{mg}= 1.135. El valor de heterogeneidad más alto se obtuvo en alfalfa; H'= 2.116, seguido por sorgo; H'= 1.735. En contraste los valores más bajos fueron del Nogal; H'= 1.251 y Maíz; H'= 1.213. De acuerdo a Moreno 2001 menciona que el índice de Simpson fluctúa entre los valores 0 a 1 siendo 0 menor dominante y 1 mayor dominante, por lo que el cultivo de alfalfa

presentó mayor dominancia con un .8601 y el nogal nuevamente presentó los valores más bajos con 0.6118 (Cuadro 3).

Índice	Agroecosistemas				
	Sorgo	**Maíz**	**Algodón**	**Nogal**	**Alfalfa**
Simpson	0.7639	0.6563	0.6642	0.6118	0.8601
Shannon-Wienner	1.735	1.213	1.476	1.251	2.116
Margalef	2.203	1.443	1.838	1.135	2.338

Cuadro 3. Índice de diversidades de las familias arañas por agroecosistema en Venecia, Dgo.

REFERENCIAS

Altieri, M.A. y Nicholls, C. (2009). *Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas.* Barcelona, España. Icaria Editorial.

Francke, O. (2014). *Biodiversidad de Arthropoda (Chelicerata: Arachnida ex Acari) en México*. Revista Mexicana de Biodiversidad. 85, 408-418.

Moreno, C.E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza, España. Sociedad Entomológica Aragonesa*.

Piña-Rodríguez, O., García-Cano, A. y Espinoza-Organista, D. (2015). *Inventario de arañas (Arachnida: Araneae) de la zona noreste de Guerrero, México*. Biol. Soc. Mex. Ento. (1), 26-32.

Ubick, D., Paquin, P., Cushing, P.E. and Roth, V. (2017). *Spiders of North America: an identification manual.* American Arachnological Society, Keene, New Hampshire, USA.

EFECTIVIDAD DE UN HERBICIDA ORGÁNICO EN EL CONTROL DE MALEZA DURANTE EL CICLO DE TRIGO. VALLE DEL YAQUI, SONORA.

EFFECTIVENESS OF AN ORGANIC HERBICIDE IN WEED CONTROL DURING THE WHEAT CYCLE. VALLE DEL YAQUI, SONORA.

Juan Manuel Cortés Jiménez[1], Alma Angélica Ortiz Avalos[1], José Luis Félix Fuentes[1], Ivón Alejandra Rosas Jauregui[1]

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
[1]Campo Experimental Norman E. Borlaug. 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

Durante el ciclo otoño-invierno 2020-2021, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) del INIFAP, se estudió la efectividad del herbicida orgánico SEC NATURAL, el cual cuenta con registro OMRI. De acuerdo con la etiqueta del envase, su composición garantizada es; aceite de conífera 40%, extracto de *Datura stramonium* 10%, extracto de plantas alelopáticas 42%, metabolitos de puccinia spp 2%, aceite de coco no hidrogenado 6%. La dosis recomendada por el fabricante para cualquier tipo de maleza, es de 15 ml por litro de agua, la cual se comparó con una dosis de 30 ml por litro de agua. Se concluyó que el herbicida orgánico SEC NATURAL, mostró una efectividad adecuada para el control de maleza a una dosis de 30 ml por litro de agua.

ABSTRACT

During the autumn-winter 2020-2021 season, in the Norman E. Borlaug Experimental Station (CENEB) of INIFAP, the effectiveness of the organic herbicide SEC NATURAL was studied, which has OMRI registration. According to the label on the container, its guaranteed composition is; conifer oil 40%, *Datura stramonium* extract 10%, allelopathic plant extract 42%, puccinia spp metabolites 2%, non-hydrogenated coconut oil 6%. The manufacturer's recommended dose for any type of weed is 15 ml per liter of water, which was compared with a dose of 30 ml per liter of water. It was concluded that the organic herbicide SEC NATURAL showed adequate effectiveness for weed control at a dose of 30 ml per liter of water.

INTRODUCCION

El manejo de maleza es un obstáculo importante en la conversión de un sistema de agricultura convencional a orgánica. En trigo duro, se han evaluado tratamientos de

labranza, densidades de población, cobertura de paja, siembra en camas y extracción manual de maleza. La siembra en camas más una densidad de plantas 25% más alta, seguida de la extracción manual resultó en una reducción de la densidad de maleza y su biomasa en un 61,2% y 58,9%, respectivamente. Con lo anterior se obtuvieron los máximos rendimientos de trigo. La siembra de trigo duro en camas elevadas o cero labranza con retención de residuos, puede usarse como una herramienta de manejo de maleza efectiva y económica en los sistemas de agricultura orgánica (Hasamuddin *et al*., 2021).

En la agricultura orgánica, el problema de maleza puede verse agravado por las restricciones a los herbicidas, lo que convierte a las malas hierbas en el principal problema al que se enfrentan los agricultores orgánicos en el campo. En este sentido, mucha investigación se centra en el potencial alelopático de las plantas como herramienta ecológica de control de maleza. Las especies que pertenecen a la familia Lamiaceae se han estudiado ampliamente con este propósito, y sus aceites esenciales parecen ser bioherbicidas prometedores (De Mastro *et al*., 2021).

En el Valle del Yaqui, Sonora, existe actividad orgánica certificada. El INIFAP, realiza investigaciones desde el año 2000 en los cultivos más importantes en la región. Hasta el presente año, se dispuso en el mercado de un herbicida orgánico con registro OMRI, lo cual permitirá incorporar el control químico de maleza en los métodos disponibles en la actualidad. El objetivo del estudio, fue evaluar la efectividad de un herbicida orgánico en el control de la maleza presente durante el ciclo otoño-invierno en el cultivo de trigo.

MATERIALES Y METODOS

La evaluación se realizó durante el ciclo otoño-invierno 2020-2021, 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 Koppen, modificada por García (1988) y el suelo de textura arcillosa. Se estudió la efectividad del herbicida orgánico SEC NATURAL, el cual cuenta con registro OMRI, es sistémico y de amplio espectro. De acuerdo con la etiqueta del envase, su composición garantizada es; aceite de conífera 40%, extracto de *Datura stramonium* 10%, extracto de plantas alelopáticas 42%, metabolitos de puccinia spp 2%, aceite de coco no hidrogenado 6%. La dosis recomendada por el fabricante para cualquier tipo de maleza, es de 15 ml por litro de agua, la cual se comparó con una dosis de 30 ml por litro de agua. La aplicación se realizó con mochila con capacidad de 10 litros de agua con 150 y 300 ml de herbicida

respectivamente. La evaluación de la efectividad de la dosis de herbicida, se realizó de manera visual a los cinco días después de la aplicación en trigo convencional, el cual fue establecido en labranza de conservación donde es común la aplicación de herbicidas prohibidos en el sistema orgánico. La dosis de 30 ml de herbicida por litro de agua, se aplicó en un lote de trigo que cuenta con certificación orgánica desde junio de 2017. El herbicida se aplicó a la maleza presente en el perímetro de la zona de cultivo, en el canal de riego, y en los bordos que dividen los diferentes experimentos. Lo anterior como evaluación previa antes de utilizarlo en el área de siembra, como señala el principio de precaución, el cual, junto con los principios de salud, ecología y equidad, constituyen la base de la agricultura orgánica (IFOAM, 2005).

RESULTADOS Y DISCUSION

Se observó un mejor control de maleza con la dosis de 30 ml de herbicida por litro de agua. No obstante, la dosis menor también causó daños en la maleza aplicada (Figura 1).

Figura 1. Aspecto de maleza de hoja ancha aplicada con herbicida orgánico. Izquierda: 150 ml en 10 litros de agua. Derecha: 300 ml en 10 litros de agua. CENEB-INIFAP.

El efecto de la aplicación de 30 ml de herbicida por litro de agua, en el perímetro del área de siembra y en el canal de riego del lote con certificación orgánica, se observa en la Figura 2 y 3 respectivamente. En ambos casos se obtuvo un excelente control de la maleza, tanto anual como perenne, así como de maleza de hoja ancha y angosta.

Sin embargo, dado el costo del herbicida, es necesario evaluar dosis menores y épocas de aplicación en etapas iniciales del desarrollo de la maleza. Independientemente del costo, la importancia de los resultados radica en el hecho de que es factible el control químico de maleza en sistemas orgánicos de producción. En esta primera fase de desarrollo, los primeros productos que salen al mercado tienen un costo elevado, sin embargo, recientemente obtuvieron registro OMRI productos similares a menor costo.

Figura 2. Aspecto de maleza de aplicada con 30 ml de herbicida orgánico por litro de agua, en el perímetro de un lote de trigo con certificación orgánica en el CENEB-INIFAP.

Figura 3. Aspecto de maleza aplicada con 30 ml de herbicida orgánico por litro de agua, en el canal de riego de un lote de trigo con certificación orgánica en el CENEB-INIFAP.

CONCLUSIONES

El herbicida orgánico SEC NATURAL, mostró una efectividad adecuada para el control de la maleza presente en el cultivo de trigo a una dosis de 30 ml por litro de agua.

REFERENCIAS

De Mastro, G., El Mahdi, J., Ruta, C. 2021. Bio herbicidal potential of the essential oils from Mediterranean Lamiaceae for weed control in organic farming. Plants. 10, 818. https://doi.org/10.3390/plants10040818

Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM). 2005a. Los principios de la agricultura orgánica. https://www.ifoam.bio/sites/default/files/poa_spanish_web.pdf

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.

Hasamuddin, H., Simerjeet. K., Harinderjeet, K., Navjyot, K., Tarundeep, K., Charanjit, S. and Makhan, S.B. (2021). Weed management using tillage, seed rate and bed planting in *durum* wheat (*Triticum durum* Desf.) under an organic agriculture system, Archives of Agronomy and Soil Science, DOI: 10.1080/03650340.2021.1946041

EFECTO DE DISTINTAS DOSIS DE LIXIVIADO DE LOMBRIZ Y FERTILIZANTE ORGANICO COMERCIAL EN EL DESARROLLO DE CULTIVO DE TOMATE

Graciano-Obeso Adalid[1*], Ramiro Maldonado-Peralta[1], Grace Erandy Báez-Hernández[2] y Yaritza Isabel Pacheco-Machado[3]

[1] Profesor Investigador de la carrera de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. Tecnológico Nacional de México. Campus Guasave.
[2] Profesor Investigador de la carrera de Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México. Campus Guasave.
[3] Estudiante de la carrera de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. Tecnológico Nacional de México. Campus Guasave.
Carretera a Brecha. Ejido Burrioncito, Guasave, Sinaloa, México. C.P. 81149
adalid.go@guasave.tecnm.mx

RESUMEN

El tomate (*Solanum lycopersicum*), es uno de los principales alimentos a nivel mundial y tiene un impacto representativo en la economía de México, hoy en día se buscan alternativas para aumentar su rendimiento. El objetivo de la presente investigación fue evaluar distintas dosis de lixiviado de lombriz y compararlo contra un fertilizante orgánico comercial Rojorgánicos® en cultivo de tomate en Guasave, Sinaloa, bajo condiciones de invernadero. Para lograrlo, se estableció un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones, las variables analizadas fueron el número de tomates por planta, peso por tomate, altura de planta, número de hojas y número de racimos por planta, se realizó un análisis de varianza (ANOVA), en los casos en donde se encontró diferencia significativa, las medias fueron comparadas utilizando la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Con base a los resultados obtenidos, se tiene que el tratamiento óptimo para el mejor desarrollo del cultivo de tomate fue donde se adicionó fertilizante orgánico comercial Rojorgánicos®, a una dosificación de 2 litros del producto en 20 litros de agua y combinado con una fertilización convencional. Con este tratamiento se obtuvieron los mejores valores promedio en las variables agronómicas de número de tomates por planta, peso promedio de fruto por planta y número de racimos, con 27 tomates, 69 gr por tomate y 5 racimos por planta.

ABSTRACT

One of the main foods in the world is Tomato (*Solanum lycopersicum*), in Mexico it has a strong impact in the economy, alternatives are currently being sought to higher crop production. The objective of this research is to evaluate different doses of worm leachate and compare it with commercial organic fertilizer Rojorgánicos® in greenhouse tomato cultivation in Guasave, Sinaloa. To achieve this, a completely randomized design (DCA) with three repetition was established, the variables analyzed were the number of tomatoes per plant, weight per tomato, plant height, number of leaves and number of clusters per plant, an analysis was carried out variance (ANOVA), in the cases where a significant difference was found, the means were compared using the Tukey test ($\alpha = 0.05$). With the results obtained, the optimal treatment for the best development of the tomato crop was fertilized with the commercial brand Rojorgánicos®, with doses of 2 liters of the product in 20 liters of water and combined with conventional fertilization. This treatment obtained the best average values in the agronomic variables of number of tomatoes per plant, average fruit weight per plant and number of bunches, with 27 tomatoes, 69 gr per tomato and 5 bunches per plant.

INTRODUCCION

En México la horticultura es una de las actividades más importantes y con mayor capacidad exportadora de sus productos (Murillo-Cuevas, *et al.,* 2020). Las principales hortalizas que se cultivan en México por volumen de producción son el tomate, chile verde, cebolla, pepino y calabacita, en conjunto aportan cerca de 4.3 millones de toneladas (SIAP, 2018) . En cuanto al tomate (*Solanum lycopersicum*), México es el 9º productor mundial, en las cosechas de la hortaliza, los agricultores mexicanos obtienen rendimientos que superan la media internacional, el estado de Sinaloa es líder nacional en producción de tomate debido al significativo volumen que obtiene y los mejores precios de venta (SIAP, 2020).

El tomate (*Solanum lycopersicum*), es uno de los principales alimentos a nivel mundial y tiene un impacto representativo en la economía de México, debido a sus grandes volúmenes de exportación, en 2018 el volumen de exportaciones en toneladas aumentó en 5.5% con respecto al año anterior, donde se registró un máximo histórico en volumen y valor de comercialización, generando 1,734 millones de dólares (SIAP, 2019). En el país, el tomate es utilizado principalmente para la elaboración de alimentos, el cual esta presente en los platillos de las familias mexicanas. El estado de Sinaloa es líder nacional en producción de tomate debido al significativo volumen que obtiene y los mejores precios de venta, la producción de tomate se atribuye a la introducción de nuevas variedades, además de la adopción de mejores prácticas culturales, uso de fertilizantes, manejo del riego y control de plagas (Grandillo, *et al.,* 1996)

En cuanto a la fertilización del cultivo de tomate, la presente investigación tiene como objetivo evaluar distintas dosis de lixiviado de lombriz y compararlo contra un fertilizante orgánico comercial Rojorgánicos® en distintas variables agronómicas del cultivo de tomate en Guasave, Sinaloa bajo condiciones de invernadero.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

La presente investigación se desarrolló en el campo experimental del 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). En Guasave, la temporada de lluvia es tórrida, opresiva y mayormente nublada y la temporada seca es muy caliente y mayormente despejada. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 12 °C a 37 °C y rara vez baja a menos de 9 °C o sube a más de 39 °C.

Figura 1.- Ubicación del área de estudio, campo experimental Tecnológico Nacional de México, Campus Guasave.

Diseño experimental

En la presente investigación se estableció un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones, como variable de respuesta fueron las variables agronómicas número de tomates por planta, peso de tomates, altura de planta, núero de hojas y número de racimos por planta de cada uno de los tratamientos del experimento, los cuales se establecieron con base a la alternativa y dosis de fertilización aplicada.

Tabla 1. Tratamientos evaluados en el experimento.

Tratamiento	Alternativa de fertilización aplicada
T1	Lixiviado de lombriz natural
T2	Lixiviado de lombriz enriquecido
T3	Fertilizante orgánico comercial Rojorgánico®
T4	Fertilización convencional

Para establecer el experimento se utilizó un área 200 m^2 del invernadero instalado en el campo experimental del Tecnológico Nacional de México, Campus Guasave, el cual tuvo un acceso limitado para evitar contaminaciones.

Tipo de investigación y análisis estadístico

Se desarrolló una investigación cuantitativa con un muestreo de tipo aleatorio, para identificar las diferencias entre los tratamientos del experimento y sus repeticiones, se realizó un análisis de varianza (ANOVA), considerando cada una de las variables evaluadas, se realizó una comparación de medias utilizando la diferencia mínima significativa (DMS) con un nivel de confianza del 95% y en los casos en donde se encontró diferencia significativa, las medias fueron comparadas utilizando la prueba de Tukey (α = 0.05). Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el Software Minitab versión 19.

Material vegetal

Para éste experimento se implementó el híbrido Sweet Hearts de SAKATA, debido a que es un tomate tipo uva líder, es de color rojo brillante, tiene un sabor excelente, vida útil y resistencia al agrietamiento, lo cual ha sido del gusto de los agricultores de la región Noroeste del estado de Sinaloa. Es una planta indeterminada que tiene buen vigor y produce rendimientos iniciales con conjuntos continuos y grupos completos de frutos muy firmes de excelente calidad. Sweet Hearts se adapta a campo abierto y a la agricultura protegida.

Producción de plántula y establecimiento del cultivo

La siembra de las semillas se realizará el 20 de agosto del 2020, en charolas germinadoras de poliestireno de 200 cavidades, en las que se utilizó turba como sustrato “PEAT-MOSS”. Una vez que germinaron, se estuvo monitoreando diariamente para su desarrollo y posterior trasplante de las plántulas en macetas en el invernadero de acuerdo al diseño experimental establecido. Los brotes laterales se podaron, para que las plantas crecieran a un solo tallo, y posteriormente se tutoraron individualmente con rafia.

Manejo de tratamientos

El fertirriego se realizó con solución Steiner a 100 % (Steiner, 1961) ver tabla 2, aplicado en nueve riegos al día por goteo con 0.8 L, se inició con 0.250 L, y luego se incrementó a 1.5 L.

Tabla 2. Concentración de macronutrientes en solución Steiner.

Fertilizante	(mg L^{-1})
$Ca(NO_3)_2$	1062
KNO_3	303
K_2SO_4	270
$MgSO_4$	492
KH_2PO_4	136

La aplicación de los productos; lixiviado de lombriz natural, lixiviado de lombriz enriquecido y fertilizante orgánico comercial Rojorgánico®, se aplicaron en dos dosificaciones por cada uno de los tratamientos, las cuales fueron las siguientes diluciones:

1:20 = 1 litro de producto / 20 litros de agua

2:20 = 2 litro de producto / 20 litros de agua

Las aplicaciones de las distintas diluciones se realizarón los días lunes y viernes, las cuales se adicionaban a la fertilización convencional, misma que se aplicaba todos los días mediante el sistema de riego automatizado.

En cuanto variables agronómicas evaluadas durante el ciclo de cultivo fueron: altura de planta: se medió desde la base hasta el ápice de la planta con un metro, número de hojas: se realizó el conteo del número de hojas por planta. Número de frutos: Se contaron los frutos por planta que se cosechen en cada muestreo. Peso de fruto (g): se pesó el total de frutos y se divide entre número el total de frutos. Las variables siguientes se realizaron en cuatro frutos. Número de lóculos; se cortó el fruto a la mitad y se contaron. Grosor de pericarpio, los frutos se cortaron a la mitad y el pericarpio (mm). Sólidos solubles totales en por ciento (A.O.A.C., 1990), se medieron en tres gotas de jugo de fruto que se colocaron sobre la celda de un refractómetro ATAGO PR-100® (Japón) con escala de Brix de 0.0 a 32.0 %.

RATAMIENTO	Nº tomates por planta	Peso de tomaste (gr)	Altura de planta (m)	Nº Hojas	Nº de racimos
Fertilización Lixiviado Natural 1 L / 20 L Agua	19	49	2.13	20-22	6
Fertilización Lixiviado Enriquecido 1 L / 20 L Agua	22	63	2.3	16-19	5
Fertilización Rojorgánico 1 L / 20 L Agua	24	61	2.28	16-20	7
Fertilización Convencional	22	65	2.5	20-25	5

RESULTADOS Y DISCUSION

Resultados promedio de variables agronómicas evaluadas en cultivo de tomate con aplicación de dosificación 1:20 (1 litro de producto por 20 litros de agua)

Número de tomates por planta

En base a los resultados obtenidos en la variable de número de tomates por planta en la dosis 1:20, el tratamiento que mejores resultados obtuvo fue la fertilización con fertilizante orgánico comercial Bonasolum® con 24 tomates por planta, mientras que los resultados más bajos se obtuvieron en el tratamiento de lixiviado natural con 19 tomates por planta.

Tabla 3. Valores promedio de variables agronómicas evaluadas en el experimento con dilución de 1 L producto / 20 L de agua.

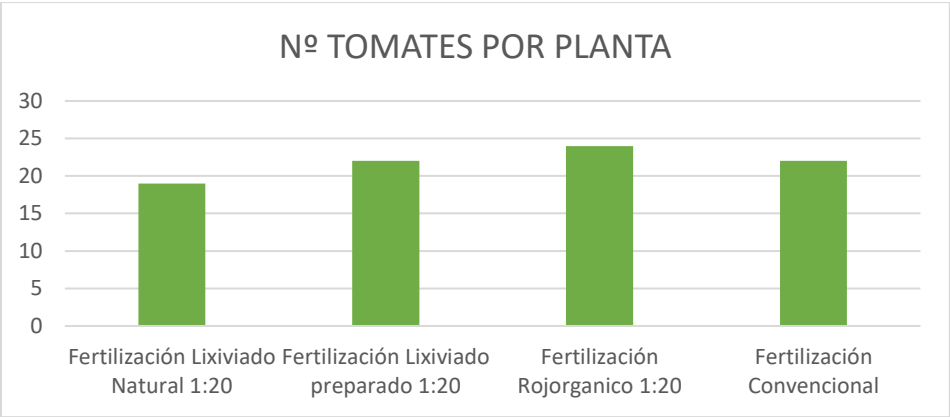


Figura 2. Gráfica de valores promedio de número de tomates por planta con aplicación de dosificación 1:20.

Peso promedio de tomate (gr)

En la variable de número de peso promedio de tomate por planta en la dosis 1:20, el tratamiento que mejores resultados obtuvo fue la fertilización convencional con un peso promedio de 65 gr por tomate, el tratamiento donde se adicionó lixiviado natural obtuvo un peso promedio de menor, con 49 gr por fruto.

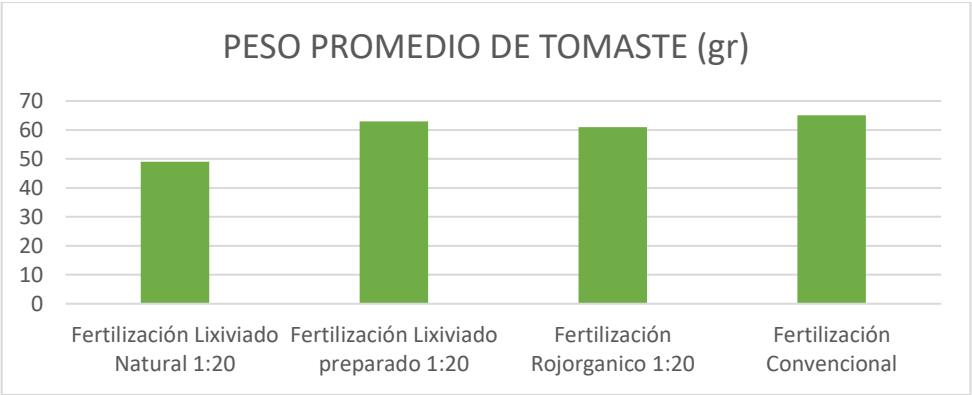


Figura 3. Gráfica de valores promedio de peso por tomate con aplicación de dosificación 1:20.

Resultados promedio de variables agronómicas evaluadas en cultivo de tomate con aplicación de dosificación 2:20 (2 litros de producto por 20 litros de agua)

Tabla 4. Valores promedio de variables agronómicas evaluadas en el experimento con dilución de 2 L producto / 20 L de agua.

TRATAMIENTO	Nº tomates por planta	Peso de tomaste (gr)	Altura de planta (m)	Nº Hojas	Nº de racimos
Fertilización Lixiviado Natural 2 L / 20 L Agua	17	58	2.9	21	5

Fertilización Lixiviado enriquecido 2 L / 20 L Agua	21	66	2.28	20	5
Fertilización Rojorgánico 2 L / 20 L Agua	27	69	2.35	23	5
Fertilización Convencional	22	65	2.5	25	5

Número de tomates por planta

Con la aplicación de una dosificación de 2:20, en la variable de número de tomates por planta, el tratamiento que mejores resultados obtuvo fue la fertilización Rojorgánico® con 27 tomates por planta, mientras que el tratamiento que obtuvo los resultados más bajos fue donde se adicionó lixiviado natural, con 17 tomates por planta.

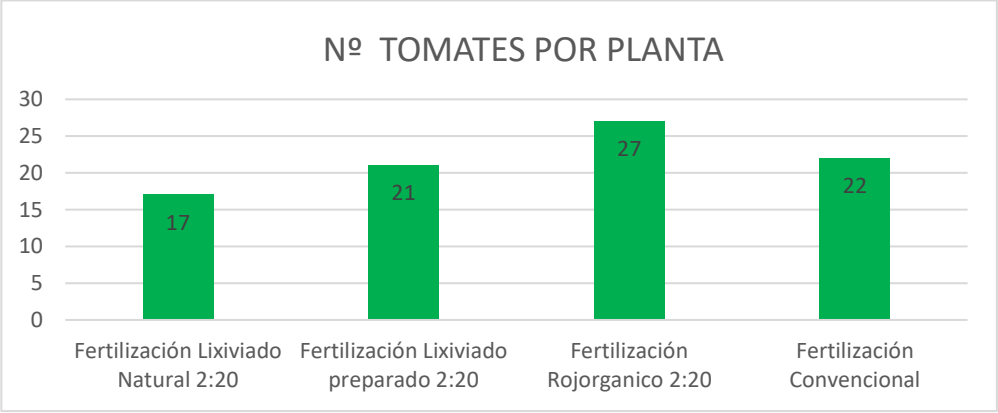


Figura 4. Gráfica de valores promedio de número de tomates por planta con aplicación de dosificación 2:20.

Peso promedio de tomate (gr)

En base a los resultados obtenidos en la variable de número de peso promedio de tomate por planta en la dosis 2:20, el tratamiento que mejores resultados obtuvo fue la fertilización comercial Rojorgánico® con un peso promedio por fruto de 69 gr, mientras que el tratamiento que obtuvo un peso más bajo fue donde se adicionó lixiviado natural, con un peso promedio por fruto de 58 gr.

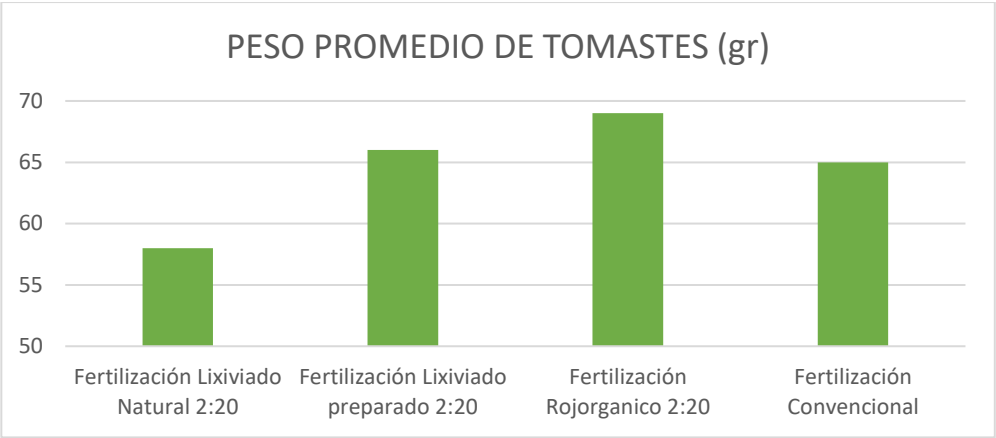


Figura 5. Gráfica de valores promedio de peso por tomate con aplicación de dosificación 2:20.

CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos en la presente investigación, se tiene que el tratamiento óptimo para el mejor desarrollo del cultivo de tomate fue donde se adicionó fertilizante orgánico comercial Rojorgánicos®, a una dosificación de 2 litros del producto en 20 litros de agua y combinado con una fertilización convencional. Con este tratamiento se obtuvieron los mejores valores promedio en las variables agronómicas de número de tomates por planta, peso promedio de fruto por planta y número de racimos, con 27 tomates, 69 gr por tomate y 5 racimos por planta.

REFERENCIAS

A.O.A.C. (1990). Assotiation of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis.

USA: Washington DC.

Grandillo, S., Ku, H., & Tanksley, S. D. (1996). Characterization offs8.1, a major QTL influencing fruit shape in tomato. *Molecular Breeding. 2*, 251-260.

Murillo-Cuevas, F. D., Cabrera-Mireles, H., Adame-García, J., Fernández-Viveros, J. A., Villegas-Narváez, J., López-Morales, V., . . . Meneses-Márquez, I. (2020). Evaluación de insecticidas biorracionales en el control de mosca blanca (Hemiptera: Aleyrodidae) en la producción de hortalizas. *Revista de Ciencias Biológicas y de Salud*, 39-47.

SIAP. (2018). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.* Obtenido de Atlas Agroalimentario. Avance de Siembras y Cosechas, Resumen por estado.: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do

SIAP. (2019). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.* Obtenido de Atlas Agroalimentario. Producción nacional de tomate, porcentaje de producción por entidad federativa.: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2019/Atlas-Agroalimentario-2019

SIAP. (2020). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.* Obtenido de Panorama Agroalimentario. Principales entidades federativas en producción de tomate.: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2020/Atlas-Agroalimentario-2020

Steiner, A. A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. En *Plant and Soil* (págs. 134-154.). 15.

EVALUACIÓN DE LA RESPIRACIÓN EN SUELOS CALCÁREOS

Carrillo-Castañeda JB.[1], Puente-Valenzuela CO.[2]*, Vázquez-Vázquez C.[3], Gonzalez-Barrios JL.[2]

[1]Programa de posgrado en Agricultura Orgánica Sustentable Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED. [2]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID RASPA) INIFAP. 3Facultad de Agricultura y Zootecnia UJED.
*puente.cristo@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se considera que la respiración del suelo es una de las principales fuentes de producción de CO_2 (Tamir *et al*.,2011); sin embargo, en los suelos calcáreos la disolución de la calcita tiene un papel muy importante en la emisión del CO_2 (Feng *et al*., 2016). Esto puede deberse a varios factores como, al alto contenido de carbonatos en un más del 2 porciento, humedad, contenido de materia orgánica y actividad microbiana (Taalab *et al*., 2019). En el presente trabajo se incubaron durante 35 días, 3 tratamientos (T1-T3) y un testigo (T0): los cuales consistieron en un solo suelo (con 20 por ciento de carbonatos totales y 1.6 porciento de materia orgánica) de los cuales derivaron los siguientes tratamientos T0: suelo natural, T1: suelo lavado con agua destilada, T3: suelo lavado con ácido clorhídrico y agua destilada y finalmente un tratamiento químico realizado con arena y 20 por ciento de carbonato de calcio grado reactivo, a todos los tratamientos se les añadió un porcentual de materia orgánica. Los tratamientos T0, T1 y T2 tuvieron significancia estadística con respecto al T3 en la emisión del dióxido de carbono, así mismo se observó un incremento considerable en la concentración de bicarbonatos de sodio, evidenciando la solubilización de los carbonatos de calcio y una relación inversa entre la emisión de dióxido de carbono y concentración de carbonatos. Es importante señalar que el promedio de recuperación de carbono con respecto al inicial fue del 90.9 por ciento. Es importante considerar la formación de bicarbonatos para la estimación de las tazas de respiración de suelos calcáreos.

ABSTRACT

Soil respiration is considered to be one of the main sources of CO2 production (Tamir *et al*., 2011); however, in calcareous soils, the dissolution of calcite plays a very important role in the emission of CO2 (Feng *et al*., 2016). This could be due to several factors such as the high carbonate content of more than 2 percent, humidity, organic matter content and microbial activity (Taalab *et al*., 2019). In the present work, 3 treatments (T1-T3) and a control (T0) were incubated for 35 days: which consisted of a single soil (with 20 percent of total carbonates and 1.6 percent of organic matter) from which they derived the following treatments T0: natural soil, T1: soil washed with distilled water, T3: soil washed with hydrochloric acid and distilled water and finally a chemical treatment carried out with sand and 20 percent reagent grade calcium carbonate, all treatments are added a percentage of organic matter to them. The treatments T0, T1 and T2 had statistical significance with respect to T3 in the emission of carbon dioxide, likewise a considerable increase in the concentration of sodium bicarbonates was observed, evidencing the solubilization of calcium carbonates and an inverse relationship between the emission of carbon dioxide and the concentration of carbonates. It is important to note that the average carbon recovery from

the initial one was 90.9 percent. It is important to consider the formation of bicarbonates when estimating the respiration rates of calcareous soils.

INTRODUCCION

La evolución del CO_2 es un parámetro ligado al manejo de materiales orgánicos el cual representa una medición integral de la respiración del suelo, conocida como respiración edáfica basal (respiración de las raíces, fauna del suelo y la mineralización del carbono a partir de diferentes pools del carbono de suelo y desechos), esto representa la actividad microbiana (Guerrero *et al*., 2012). La respiración microbiana se puede utilizar como indicador de calidad, aunque estrictamente no es la calidad, sino una consecuencia de ella (Rovira y Vallejo 2002). Ajwa señala que existe una relación estrecha entre la actividad biológica de un suelo y su fertilidad por lo que parámetros vinculados a la primera han sido propuestos como indicadores apropiados del mencionado impacto como lo es la producción de CO_2 (Ajwa *et al*., 1999). La respiración metabólica de la comunidad de organismos asociados a la degradación del material orgánica libera CO_2 a la atmosfera (Pérez *et a*l., 1998). La respiración se tiene como un concepto clave de calidad y representa el grado de asimilación de la materia orgánica del suelo como fuente de energía y / o esqueletos de carbono para sus propias estructuras (Guerrero *et al*., 2012). Debido a la gran cantidad de carbono involucrada, los cambios en el contenido de carbono orgánico del suelo pueden contribuirse con los gases de efecto invernadero (Li *Z. et al.,* 2018). (Baldock 2007) Menciona que un aumento en la concentración de carbono orgánico en el suelo a profundidades de 0 a 2 metros podría disminuir el CO_2 atmosférico a concentraciones de 16 al 30 por ciento; entonces la mineralización del carbono es un importante proceso bioquímico que está relacionado con el CO_2 tanto en mantenimiento de emisiones como en la calidad del suelo para uso agrícola (Shlesinger y Andrews 2000). La respiración del suelo incluye tanto respiración heterótrofa (microbiana) como la autótrofa (raíz) y representa una de las mayores fuentes terrestre de flujo de CO_2 (Hanson *et al.,* 2000). Las emisiones de CO_2 derivado de la respiración del suelo pueden contribuir significativamente la concentración de CO_2 atmosférico, en el secuestro del carbono, en el cambio climático y en el balance global de carbono (Schlesinger 1997; Lal Kimble 2000; Panel intergubernamental sobre cambio climático 2007).

Los suelos calcáreos se caracterizan por su alto contenido de carbonatos de calcio, a partir de dos por ciento se considera un suelo calcáreo (Saracho *et al*., 2020). Las características químicas que le confiere la presencia de estos carbonatos son muy singulares como el pH es alto, deficiencia de fosforo y potasio por secuestro (Khaleffa 2007) y deben considerarse al momento de evaluarse. Los suelos calcáreos se encuentran en zonas áridas y semiáridas debido a su poca lixiviación. (Taalab *et al*., 2019) Las características geoquímicas, morfológicas profundas de los carbonatos de calcio que contribuyen a la precipitación de los mismos son el clima, lluvia, temperatura, vegetación, CO_2, presión parcial CO_2 (Yanrong *et al*., 2018). En el proceso de descenso en la filtración del agua de lluvia o agua superficial el CO_2 en el suelo, se disuelve resultando en un aumento de la acidez de la solución; la calcita, dolomita y otros minerales carbonatados son solubilizados y lixiviados por la solución de filtración. En regiones áridas y semiáridas donde predominan suelos calcáreos el carbono inorgánico es 2-3 veces más grande que el carbono orgánico (Eswaran *et al*., 2000), la disolución de carbonatos contribuye al CO_2 emitido en suelos calcáreos. (Tamir *et al*., 2011) (Feng *et al*., 2016) (Guo Z *et al*., 2020) Sugirieron que la adición de $CaCO_3$ puede promover la retención del CO_2 derivado de la actividad microbiana del suelo. Esto es debido

al equilibrio químico que se logra entre la fase sólida, liquida, y gaseosa del suelo, con la solubilización de minerales de carbonatos por acción de la disolución por el ácido carbónico formado por el dióxido de carbono biogénico derivado de la degradación de la materia orgánica (Boiteau *et al.*, 2020). Por tanto, es importante estudiar la relación entre carbono inorgánico del suelo y el carbono orgánico, que afecta a la emisión de CO_2 en regiones áridas y semiáridas (Bertrand *et al*., 2007; Gocke y col. 2012). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la presencia de carbonatos de calcio sobre la emisión de dióxido de carbono y con ello la pertinencia del desarrollo clásico de la prueba de jarra hermética con trampa de hidróxido de sodio, esto para medir la respiración de suelos calcáreos.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de CENID-RASPA (laboratorio relación planta suelo agua y atmosfera) ubicado en Km 6.5 del Margen derecho del Canal Sacramento, en la ciudad de Gómez palacio Durango. Para la realización de la parte experimental se realizaron tres tratamientos y un testigo con cinco repeticiones cada uno llevando un régimen de diferentes características químicas. El primer suelo natural (Testigo) es una muestra compuesta con características de la región laguna, este suelo natural (T0) con un contenido del 20 por ciento de carbonatos de calcio y 1.6 por ciento de materia orgánica; El tratamiento uno (T1) realizado a partir del suelo del tratamiento testigo, sometiéndolo a un lavado con agua destilada; El tratamiento dos (T2) fue la mezcla de arena y 10 por ciento de CaCO3; El tratamiento tres (T3) también derivo del suelo testigo, sometido a un lavado acido (HCl al 20 % p/v) hasta bajar su contenido de $CaCO_3$ al 10 por ciento, posterior a esto su lavado con agua destilada. Finalmente, a todos los tratamientos se les agrego un el equivalente de un porcentual de materia orgánica derivada de lombricomposta, con la finalidad de activar e inocular microorganismos.

La cuantificación de la emisión de CO_2 se realizó de acuerdo con la prueba de jarra hermética con trampa de hidróxido de sodio de acuerdo con lo reportado por (Anderson 1982; Normal et al., 1965). Se realizó cada 7 días durante 35 días de duración del experimento. Para la cuantificación del CO_2 en las trampas de NaOH, se traspasó el contenido de la trampa a un matraz de 200 ml y se añadió 20 ml BaCl 0.5 N. La cantidad de CO_2 adsorbido es equivalente a la cantidad de NaOH consumido, el cual fue valorado HCI al 0.1 N. Durante cada titulación también se midieron pH y conductividad eléctrica directamente del suelo de cada unidad experimental (ver figura 1). La cuantificación de bicarbonatos se realizó por una dilución 1:5 del suelo, filtrado y titulado con ácido sulfúrico 0.05 N, a punto de vire de fenolftaleína para carbonatos y naranja de metilo para bicarbonatos.

Los resultados se analizaron en el software estadístico GraphPad Prism versión 8.0.0 for Windows, GraphPad Software, San Diego, California USA. Se evaluó mediante análisis de varianza (ANOVA) utilizando prueba de medias Tukey ($p<0.05$) para el análisis de diferencia significativa entre los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la imagen 1 se observan las mediciones de pH y Conductividad eléctrica que tuvieron los tratamientos a través del periodo de incubación, en los paneles A – D se reportan los valores de pH para los T0, T1, T2 y T3 respectivamente; de panel E – H se reportan los valores de conductividad eléctrica en dS*m-1 de estos mismos tratamientos, respectivamente. No se observaron cambios evidentes entre tratamientos, en un rango de valores de 7.5 a 8.5 a excepción del T2 el cual reporta un incremento mayor a este rango,

de igual manera la conductividad eléctrica de los distintos tratamientos se mantuvo en un rango entre 1.0 a 2.0 dS*m-1, a excepción del T2 del cual su conductividad varía entre 0.5 a 1.0 dS*m-1. Discutir que estas condiciones de PH y CE no interfieren con la actividad microbiana. Y hablar de la clasificación del suelo según la NOM 021.
La NOM-021-RECNAT-2000; establece que los suelos medianamente alcalinos presentan un rango de pH de 7.4-8.5 y suelos fuertemente alcalinos a partir de 8.5. clasificando los suelos del experimentó en estos rangos, con respecto a la conductividad eléctrica los valores resultantes clasifican a los suelos como muy ligeros salinos. Las variaciones de pH en estos rangos no tienen inferencia sobre la actividad microbiana (Ramos y Zuñiga 2008). Pastor *et al* 2015, en su estudio de evolución de hortalizas no se encontraron diferencias significativas en pH y reportan que los suelos analizados tenían una ligera alcalinidad, esta situación la asocian con las condiciones de los suelos estudiados que eran suelos semiáridos. (Pastor *et al*., 2008) indica que en aquellos suelos que presentan pocas sales solubles acumuladas, no se presentan problemas de salinidad, como es el caso de nuestros suelos.

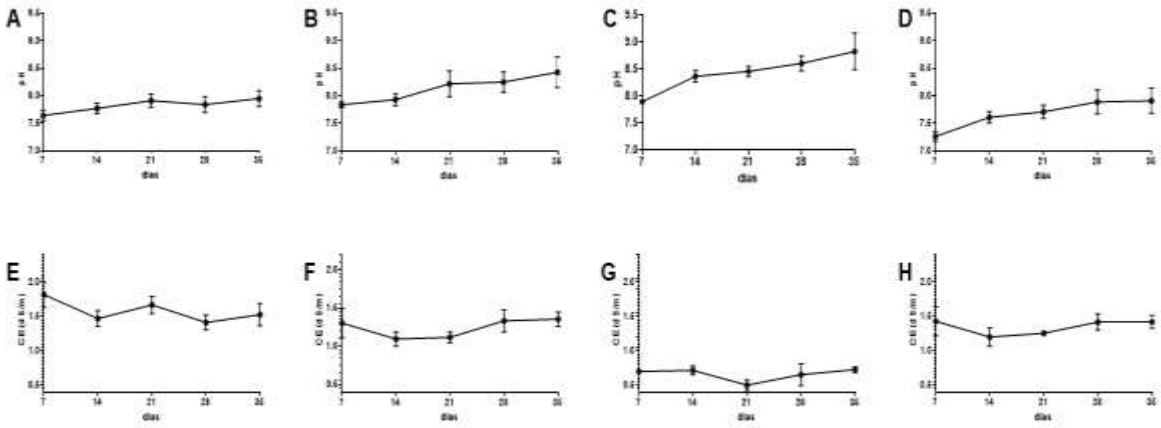


Figura 1. pH y conductividad eléctrica de unidades experimentales.
Para todos los casos se grafica la media y desviación estándar de 5 repeticiones, en el eje de las abscisas se muestran los días y en el eje de las ordenas los valores de pH y CE respectivos para cada tratamiento.

En la tabla 1 y 2 se observan las condiciones iniciales y finales de los tratamientos y el testigo, se reportan los miligramos de carbono orgánico totales por unidad experimental (mg C-CO) después de la adición de la materia orgánica, enseguida se observan los miligramos de carbono de bicarbonatos totales (mg C-HCO3), el carbono presente en forma de carbonatos totales (mgC-CO3), los miligramos de carbón de dióxido de carbono producidos (mg C-CO2p) de la respiración microbiana y por último la suma total de todas las especies de carbono encontradas en los tratamientos y testigo, finalmente en la tabla 2 se reporta el nivel de recuperación del carbono analizado con respecto a las condiciones iniciales (%Rec). Para todos los casos se reporta una media de 5 repeticiones y la desviación estándar asociada a estas.

Tabla 1 Condiciones iniciales en mg de Carbono en tratamientos y testigo

	mg C-CO	mg C-HCO3	mg C - CO3	mg C-CO2p	mg Ctot
T0	983.6 ± 120.96	12.06 ± 0.85	0 ± 0	0 ± 0	995.66 ± 121.16
T1	932.8 ± 79.12	12.06 ± 1.71	0 ± 0	0 ± 0	944.86 ± 78.61

T2	472.1 ± 52.12	5.63 ± 0.49	0 ± 0	0 ± 0	477.73 ± 52.27
T3	915.7 ± 26.37	8.84 ± 3.23	0 ± 0	0 ± 0	924.54 ± 27.77

Tabla 2 Condiciones finales de especies de carbono en tratamientos y testigo

	mg C-CO	mg C-HCO3	mg C - CO3	mg C-CO2p	mg C tot	% Recobro
T0	821.5 ±51.26	30.6 ±11.7	0 ± 0	38.04 ±6.69	890.14 ±48.31	90.48 ±12.21
T1	777.2 ±69.96	9.94 ±4.31	0 ± 0	30.08 ±2.47	817.22 ±70.39	87.24 ±12.87
T2	407.2 ±55.89	10.61 ±3.35	0 ± 0	22.06 ±0	439.87 ±56.06	92.96 ±16.31
T3	770.1 ±90.95	39 ±27.08	0 ± 0	51.86 ±7.78	860.96 ±110.89	92.98 ±9.77

De acuerdo a los resultados observados en las tablas anteriores incremento del mg C-HCO3 y la baja en la disminución de los mg-CO2p en tratamientos T0, T1 y T2, con respecto al T3 ocurre una retención del dióxido de carbono, lo cual puede ser explicado por el equilibrio químico teórico que debió de suceder en las unidades experimentales de acuerdo con la siguiente reacción:

$$CaCO_{3(s)} + CO2_{(aq)} + H_2O \leftrightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^- \quad (1)$$

En la ecuación 1 y bajo el equilibrio químico se predice un aumento en la concentración de bicarbonatos y en la fracción soluble de calcio (datos no mostrados); esto sugiere que bajo las condiciones experimentales de humedad y presencia de carbonatos de calcio la captura de dióxido de carbono biogenico por la trampa de hidróxido de sodio puede subestimarse por la formación de bicarbonatos en la fase acuosa de las unidades experimentales. Esto puede respaldarse por los porcentajes de recobro obtenidos en nuestros experimentos, los cuales se muestran la tabla 2 con un promedio del 90.9 por ciento de recuperación del carbono total inicial. Estos resultados son consistentes con las conclusiones Ramnarine *et al*., en el 2012, donde explica que la humedad es un factor clave en la emisión de dióxido de carbono y sugiere una influencia de los carbonatos.

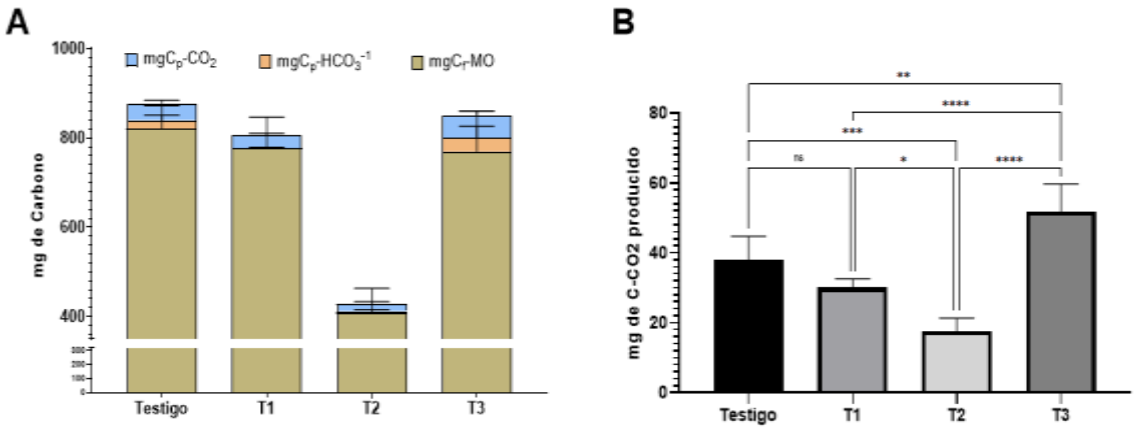


Figura 2. Especies de carbono en suelo y emisión de dióxido de carbono.
En el panel A se grafica la media de 5 repeticiones y su desviación estándar de las

especies de carbono analizadas, en el panel B se muestra el análisis de significancia estadística para la emisión de dióxido de carbono.

En la figura 2 se muestra la significancia estadística para la emisión de dióxido de carbono (panel B), siendo el tratamiento T3 el que presento mayor emisión, lo cual es consistente con la ecuación 1, es decir a mayor cantidad de carbonato de calcio mayor retención de dióxido de carbono, lo cual se observa en el tratamiento testigo y T1, reafirmándose con el T2. Estos resultados son consistentes con las observaciones de Zhonghui Li *et al*., 2017 quien menciona que hay una interacción entre la materia orgánica y los carbonatos de calcio, disminuyen las emisiones de dióxido de carbono, en tratamientos adicionados con carbonatos versus los tratamientos sin adición.

CONCLUSIONES

La presencia de carbonatos de calcio tiene un efecto en la emisión de dióxido de carbono, en una relación inversa, es recomendable considerar la formación de bicarbonatos y carbonatos solubles en la evaluación de la respiración de suelos calcáreos. Es importante detallar con estudios subsecuentes que midan el efecto especifico de los carbonatos de calcio y la emisión de dióxido de carbono.

REFERENCIAS

Ajwa, H.A., D. C. (1999). Cambios en las actividades enzimaticas y la biomasa microbiana del suelo de las praderas de pastos altos en relacion con la quema y la fertilizacion con nitrogeno. Biologia y bioquimica del suelo, 31(5).

Anderson, J. (1982). Soil respiration. En R. M. AL page, Métodos de análisis de suelos: Propiedades microbiológicas y químicas (págs. 831-872). Madison Wi: 2 edición. SSSA.

Baldock, J. (2020). Composition and Cycling of Organic Carbon in Soil. Nutrient Cycling in Terrestrial Ecosystems, 1-35.

Bertrand I, D. O. (2007). Carbon and nitrogen mineralization in acidic, limed and calcareous agricultural soils apparent and actual effects. Soil Biol Biochem, 276-288.

Boiteau, R.M., K. R. (2020). Calcareous organic matter coating sequester siderophores in alkaline soil. Dci Total Environ, 1-24.

Eswaran H., Reich, P. F., Kimble J.M., Beinroth, F.H., Padmanabhan, E., Moncharoen, P., (2000). Global climate change and pedogenic carbonates. Global carbon stock. In: Lal R, Kimble JM, Eswaran H, Stewart BA (eds.) Global climate change and pedogenic carbonates. Lewis Publisher, Boca Ratón

Feng, S. H., Y. (2016). Varations in the patterns of soil organic carbon mineralization and microbial communities in response to exogenous application of rice strawand calcium carbonates. Sci Total Environ, 571;615-623.

Gocke, M. P. (2012). Pedogenic carbonate formation recrystallization versus migration processrates andperiods assessed by 14C labeling. Global Biogeochem, p 26.

Guerrero, Ortiz P.L, Q. L. (2012). Respiración de CO2 como indicador de la actividad microbiana en abonos orgánicos de lupinus. Terra Latinoamericana, 30(4).

Guo Z, H. J. (2000). Nic carbon mineralization and bacterial communities to soft rock additions in snady soils. PMID, 13;8.

Hanson, P.J., E. N. (2000). Separación de raíces y microbianas del suelo contribuciones ala respiración del suelo. Revisión A de métodos y observaciones Biogeoquímica, 115-145.

Lal, R., K. J. (2000). Carbonatos pedogenicos y el ciclo global del carbono. Cambio climático global y carbonatos pedogenicos.

Li, Z., W. B. (2018). Response of soil organic carbon fractions and CO2 emissions to exogenous composted manure and calcium carbonate. Journal of Soils and Sediments, 18(59.

Norman, A. G., Broadbent, F.E., (1965). Organic Matter . Agronomy Monograph.doi:10.2134/agronmonogr9.2. 2ed.c41

Parry, M.L., C. J. (2007). Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Contribución del grupo de trabajo II al cuarto informe de evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (pág. 976). Reino Unido: Cambridge University Press.

Pastor, M.J, V. M. (2015). Efecto de los plaguicidas sobre la calidad química y biológica del suelo en sistemas de producción de hortalizas del semiárido venezolano. Química viva, 14(1), 69-89.

Pérez, B.P., O. A. (1998). Descomposición de materia orgánica, biomasa microbiana y emisión de CO2 en un suelo forestal bajo diferentes manejos sevicolas. Edafología, 5: 83-93.

Ramos, V. E., Z. D. (2008). Efecto de la humedad, temperatura y pH del suelo en la actividad microbiana a nivel de laboratorio. Ecología Aplicada, 7(1-2) 123-130.

Rovira, P. and 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, 109-141. http://dx.doi.org/10.1016/S0016-7061(01)00143-

Ramnarine, R., Wagner-Riddle, C., Dunfield, K. E. and Voroney, R. P. 2012. Contributions of carbonates to soil CO 2 emissions. Can. J. Soil Sci. 92: 599–607. https://doi.org/10.4141/cjss2011-025

Ramos V.E., Zuñiga, D. (2008). Efecto de la humedad, temperatura y pH del suelo en la actividad microbiana a nivel de laboratorio. Ecología Aplicada, 7(1,2).

Saracho C. A., H. S. (2020). Characterisation of CaCO3 phases during strainspecific ureolytic precipitation. Scientific Reports, 10 (1).

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). (2002). Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. estudios, muestreo y análisis. NOM-021-RECNAT

Schlesinger, W. H., & Andrews, J. A. (2000). Biogeochemistry, 48(1), 7–20. doi:10.1023/a:1006247623877

Schlesinger, W.H. (1997) Biogeoquímica: un análisis del cambio global. 2ª ed. Prensa académica, San Diego, CA. 588 págs.

Tamir, G., Shenker, M., Heller, H., Bloom, P. R., ¿Fine, P. and Bartal, A. (2011) Can Soil Carbonate 448 Dissolution Lead to Overestimation of Soil Respiration?, Soil Sci. Soc. Am. J., 75(4), 1414, 449.https://doi.org/10.2136/sssaj2010.0396

EVALUACIÓN DE VARIABLES DE PRODUCCIÓN EN LA AVENA (*Avena sativa L.)* FERTILIZADA CON FUENTES DE VERMICULTURA.

EVALUATION OF PRODUCTION VARIABLES IN OATS (Avena sativa L.) FERTILIZED WITH VERMICULTURE SOURCES.

Ávila-Cisneros; R[1*] ., Rocha-Quiñones;J.L., González-Torres; A. Avila-Berúmen; S.M[2] y Vázquez-Vázquez; C.[3]

[1*] Profesores e investigadores de la UAAAN U.L. e Integrantes del Cuerpo Académico en consolidación UAAAN-CA-40. Dirección: Carr. A Santa Fe y Periférico Raúl López Sánchez S/N; Col. Valle Verde; Torreón Coahuila México. Email: rafael.avila@uaaan.edu.mx.

[2] Consultora independiente de automatización de procesos (Mecatrónica).

[3] Profesor e investigador de la FAZ-UJED e Integrante del Cuerpo Académico Consolidado "Optimización de los Recursos Agua y Suelo".

RESUMEN

En la tercera semana de Octubre de 2019 se estableció un experimento con avena forrajera (Avena sativa L.) de la variedad chihuahua en el campo experimental San Antonio de los Bravos de la UAAAN Unidad Laguna en Torreón Coahuila México con la finalidad de determinar su potencial forrajero y su calidad en % de materia secan al fertilizar con fuentes de lombricultura. El diseño de experimento aplicado fue bloques al azar con 3 tratamientos: T1= Fertilización con vermicomposta, T2= Fertilización con lixiviado de vermicomposta; y T3 como testigo; sin fertilizar; y 3 repeticiones. La dimensión de cada bloque fue de 9 m2 para una superficie total de 81 m2.El objetivo propuesto fue evaluar la producción de forraje verde y el % de materia seca en avena al fertilizar con fuentes sustentables de vermicomposta y lixiviado de vermicomposta; la verdad concedida a crédito fue: No hay diferencia estadística en la producción de forraje verde y % de materia seca al fertilizar la avena con fuentes de vermicultura. Relacionado con materiales y métodos las dosis de siembra fue de 100 kg/ha; y relacionado con la fertilización fue de la siguiente manera: T1 = vermicomposta 0.5 Kg/m2, T2=lixiviado de vermicomposta 0.5 lts/m2; y T3 fue sin fertilizante. Se aplicaron 4 riegos; el de pre siembra y 3 de auxilio en periodos de 25 días en promedio. En relación a las variables altura de planta espigada, % de materia seca y producción de forraje verde si se logró una ligera mejoría en estas características al fertilizar la avena con fuentes de vermicultura; esto al comparar contra el tratamiento testigo (T3). El T1 presento ligeros mejores resultados en 2 variables: altura de planta espigada y el porcentaje de germinación. Mientras que el T2 mejoró las características del % de materia seca, la producción de forraje verde por m2 y la producción de forraje verde proyectada por hectárea; ésta última llegó al fertilizar con lixiviado de vermicomposta a cerca de 3.5 ton .ha-1; muy por encima del testigo que se quedó en 2 ton. Ha-1. Aún con estos resultados la $p > 0.05$ para los casos presentados es decir, no hubo diferencia estadística entre los tratamientos y se acepta H1.

PALABRAS CLAVES

Avena forrajera, fertilización, vermicomposta, materia seca

SUMMARY

In the third week of October 2019, an experiment with forage oats (Avena sativa L.) of the chihuahua variety was established in the experimental field San Antonio de los Bravos of the UAAAN Laguna Unit in Torreón Coahuila Mexico in order to determine its potential forage and its quality in% of matter dry when fertilizing with vermiculture sources. The applied experiment design was randomized blocks with 3 treatments: T1 = Fertilization with vermicompost, T2 = Fertilization with vermicompost leachate; and T3 as a control; unfertilized; and 3 repetitions. The dimension of each block was 9 m2 for a total area of 81 m2. The proposed objective was to evaluate the production of green forage and the % of dry matter in oats when fertilizing with sustainable sources of vermicompost and vermicompost leachate; the truth granted on credit was: There is no statistical difference in green forage production and % dry matter when fertilizing oats with vermiculture sources. Related to materials and methods, the sowing dose was 100 kg / ha; and related to fertilization was as follows: T1 = vermicompost 0.5 Kg / m2, T2 = vermicompost leachate 0.5 lts / m2; and T3 was without fertilizer. 4 irrigations were applied; the pre-sowing and 3 relief in periods of 25 days on average. In relation to the variables height of spiky plant, % of dry matter and production of green forage, if a slight improvement in these characteristics was achieved when fertilizing the oats with vermiculture sources; this when comparing against the control treatment (T3). The T1 showed slightly better results in 2 variables: height of spiky plant and the percentage of germination. While T2 improved the characteristics of % dry matter, green forage production per m2 and projected green forage production per hectare; the latter reached about 3.5 ton .ha-1 when fertilizing with vermicompost leachate; well above the witness that remained at 2 tons. Ha-1. Even with these results, p> 0.05 for the cases presented, that is, there was no statistical difference between the treatments and H1 is accepted.

KEYWORDS

Forage oats, fertilization, vermicompost, dry matter

INTRODUCCIÓN

La importancia de las gramíneas como forraje radica en el valor nutritivo de los mismos, en ellos están la presencia de altos porcentajes de sustancias nutritivas como proteínas, vitaminas, minerales e hidratos de carbono; todos ellos necesarios para la salud animal, su crecimiento y productividad. Además las características de las gramíneas forrajeras permiten una fácil y rápida reproducción vegetal (Dávila y Sánchez; 1996). En la presente investigación se reportan los resultados de una investigación de 2019 en el campo experimental de San Antonio de los Bravos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en la Comarca Lagunera.

REVISIÓN DE LITERATURA

La avena forrajera (*Avena sativa L.)* es que es una planta herbácea, perteneciente a la familia de las gramíneas. Posee un sistema radicular potente, con raíces abundantes y profundas, sus tallos son gruesos y rectos. Sus hojas son planas y alargadas, su limbo estrecho y largo, de color verde o más o menos oscuro (al tacto áspero); los nervios de la hoja son paralelos y bastante marcados (SAGARPA, 2017).

Las variedades de avena más conocidas en México son entre otras las que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1: Variedades de avena más comunes en México.

VARIEDAD	RENDIMIENTO DE GRANO POR Ha.	PRODUCCIÓN DE FORRAJE Kg/Ha.
Cuauhtémoc	1820	6480
Chihuahua	1920	6350
Diamante	2080	3860
Páramo	2140	5850

Fuente: ASERCA, 1994.

La avena (Avena sativa) en México es un cultivo que tiene amplia adaptación climática pues llega a prosperar en zonas frías, templadas, áridas y semi cálidas. De ésta especie, la avena forrajera es el tercer cultivo de importancia económica. Tan solo en 2011 la superficie sembrada fue mayor a las 830 mil hectáreas y más del 98% se sembró en condiciones de temporal (Medina et al; 2001).

En datos más recientes y tomando como referencia la planeación agrícola nacional; en 2016 se sembraron 690 204 hectáreas de avena; de las cuales el 6.32% es bajo riego por bombeo, 0.07% riego de gravedad, 0.015 riego por aspersión y el restante 93.6% fue bajo el sistema de temporal. El máximo histórico en la producción de forraje fue de 15.5 toneladas por hectárea en el ya lejano 2008 (SAGARPA, 2017).

Experiencias de producción son muchas y variadas; en el norte de México se puede mención la experiencia de la Comarca lagunera. Durante 2017 los cultivos agrícolas que reportaron una mayor participación en el total del valor de la producción corresponden a la avena forrajera en el ciclo otoño – invierno. En avena forrajera se reportó que se sembraron 7869 hectáreas con una producción de 324 767 toneladas por riego de gravedad, 661 hectáreas de riego por bombeo y una producción de 16181 toneladas, y relacionado con la siembra de temporal se cultivaron 8659 hectáreas con una producción de 303 805 toneladas (Valdés Quintanilla, 2018).

Otra más es la experiencia en el estado de Durango; en esa entidad federativa la avena forrajera es un cultivo importante, ya que de ésta se obtiene forraje verde en corto tiempo, además permite la diversificación para la alimentación animal. Durante los últimos 6 años anteriores a 2015 se han sembrado en promedio 18 967 hectáreas de avena de riego y 116 171 hectáreas de avena de temporal (SAGARPA-Agenda Técnica Agrícola Durango, 2015).

Relacionado con la producción de forraje de avena en temporal; ésta no es del todo buena, sobre todo si es sembrada en el otoño. Una experiencia investigativa en el municipio de Hidalgo Durango a en el otoño – invierno de 2013 – 2014 logró con dificultad una altura promedio de planta de 36 cm y una producción de forraje promedio/ha de 10 toneladas por hectárea de forraje verde (Antonio-Vázquez, 2014).

Actualmente se crían 553 millones de aves, 33.8 millones de bovinos, 16.7 millones de porcinos, 8.8 millones de caprinos, 8.8 millones de ovinos, así como 1.9 millones de colmenas (Gobierno de México-SIAP, 2018); y todos ellos demandan ser alimentados; de aquí la importancia de seguir líneas de investigación que logren mayor producción de granos y forrajes, para el caso que nos ocupa – la avena -, hay experiencias que mediante la fertilización de diferentes tipos han buscado incrementar sus rendimientos.

En el año 2011 e inicios del 2012 se estableció un experimento en Zacatecas con 6 variedades de avena forrajera en condiciones de temporal con la finalidad de evaluar la producción, calidad y componentes de rendimiento; la cosecha fue en estado lechoso-masoso, sobresalió la variedad Saía con un valor $p \leq 0.05$ con un rendimiento de forraje

seco entre 3.7 y 5.6 ton/ha. Y la altura de planta fue entre 119 y 120 cm (Sánchez -Gutiérrez et al; 2014).

Uno más realizado en el Valle de Toluca con 7 variedades de avena (turquesa, páramo, menonita, chihuahua, avemex, karma y obsidiana); en éstas variedades se establecieron 2 tipos de fertilización nitrogenada con dosis de 60 y 120 kg/ha. El efecto de las dosis de N, el genotipo y la interacción entre 2 factores resultaron altamente significativo para el rendimiento y el número de granos; pero no para el peso individual del grano, la concentración de β-glucano (tipo de fibra soluble que contiene la avena) estuvo más relacionado con el genotipo más que con la fertilización nitrogenada (Hernández-Campuzano et al, 2018).

El Silicio como elemento benéfico en avena forrajera se evalúo en un trabajo de investigación que se llevó a efecto en Colombia. En el área de Bogotá y su sabana es una práctica común el uso de avena forrajera en el alimento del ganado por su aporte energético, protéico, además por ser un cultivo de ciclo corto. Al evaluar la fertilización de éste cultivo con Silicio y ver sus efectos en altura de planta, diámetro del tallo y porcentaje de materia seca (MS) se lograron mediante el análisis de la prueba Tukey un % de MS de 34.9% con una $p < 0.0001$. Mediante una dosis de 100mg/kg de Silicio (Borda et al, 2007).

En el municipio de Lerdo Durango se estableció un experimento para evaluar dosis crecientes de fertilizantes sintéticos y biosólidos líquidos digeridos aeróbicamente en un cultivo de avena forrajera para evaluar la respuesta agronómica ante la aplicación de esas fuentes de nitrógeno (Sulfato de Amonio y biosólido) ; las dosis de N tanto del fertilizante sintético como del biosólido se aplicaron el riego de siembra. A los 120 días después de la siembra se midieron altura de planta y el rendimiento de forraje por metro cuadrado. Los resultados no fueron estadísticamente significativos. Solo se marcó tendencia estadística para él % de MS al lograr un $p > 0.057$ (Flores-Félix et al, 20114)

MATERIALES Y MÉTODOS

Las fuentes de fertilización sintética generan contaminación del suelo al producir en escala forrajes para el alimento del ganado bovino esto es un problema vigente; y más en la Comarca Lagunera, de ahí la importancia de generar investigación que tenga como objetivo evaluar la producción de forraje verde y el % de materia seca en avena (Avena sativa L.) fertilizada con fuentes sustentables de vermicomposta y lixiviado vermicomposta. Sin embargo debemos ir más al fondo del problema; por lo que la presente investigación plantea como la verdad concedida a crédito en términos de H1 y Ho lo siguiente:

H1: No hay diferencia estadística en la producción de forraje verde y % de materia seca al fertilizar la avena con fuentes de vermicultura; y como hipótesis alternativa.

Ho: Es que si existe diferencia estadística en la producción de forraje verde y % de materia seca al fertilizar con fuentes de vermicomposta.

Para tal fin en la tercera semana de Octubre de 2019 se estableció un experimento con avena forrajera (Avena sativa L.) de la variedad chihuahua con la finalidad de determinar su potencial forrajero y su calidad en % de materia secan al fertilizar con fuentes de lombricultura. El diseño de experimento aplicado fue unos bloques al azar con 3 tratamientos (T1= Fertilización con vermicomposta, T2= Fertilización con lixiviado de vermicomposta; y T3 como testigo; sin fertilizar) y 3 repeticiones. La dimensión de cada bloque fue de 9 m^2 para una superficie total de 81 $m^{2.}$

Las dosis de siembra fue de 100 kg/ha; y relacionado con la fertilización fue de la siguiente manera: A = vermicomposta 0.5 Kg/$m^{2,}$ B=lixiviado de vermicomposta 0.5 lts/$m^{2,}$ y C fue sin fertilizante. Se aplicaron 4 riegos; el de pre siembra y 3 de auxilio en periodos de 25 días en promedio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2; se puede observar que el porcentaje mayor de germinación se lograron con los bloques fertilizados con vermicomposta ; más sin embargo en el análisis de varianza no se observó diferencia estadística entre los tratamientos pues se logró un Fc con valor de 0.190 con una p de 0.827

Tabla 2: Por ciento de germinación.

TRATAMIENTOS/REPETICIONES		
T1	**T2**	**T3**
97%	**92%**	**86%**
87%	**100%**	**100%**
96%	**73%**	**86%**
M.A.=93.3%	**M.A.=88.3%**	**M.A.=90.6%**

En la Tabla 3 se puede ver que son los tratamientos a base de vermicomposta (T1) los que lograron una mayor altura antes de la floración; a diferencia de la variable del cuadro 2; en ésta si se generó diferencia estadística entre los tratamientos pues el valor de la Fc fue de 32.45 con una p de .003 relacionado con los tratamientos; mientras que para los bloques el valor de Fc fue de 21.79 con un valor p de 0.007; también con un resultado de diferencia estadística.

Tabla 3: Altura (cm) de planta previa a la floración.

TRATAMIENTOS/REPETICIONES		
T1	**T2**	**T3**
76.66	**58.99**	**72.5**
100.93	**74.91**	**88.4**
91.33	**66.95**	**89.3**
M.A.= 89.6 cm	**M.A.= 66.9 cm**	**M.A.= 83.4 cm**

Tal como se puede ver en la tabla 4; las mejores alturas de avena fue en los tratamientos fertilizados con fuentes de vermicultura; en particular la altura del tratamiento A se acercó a los 123 cm de altura ; es decir se mejoró en 3 cm las alturas logradas por Sánchez-Gutiérrez et al (2014), más sin embargo en relación al ANOVA entre los 3 tratamientos su altura fue similar pues la Fc entre los tratamientos tuvo un valor de 0.548 con un p de 0.616; es decir no hubo diferencia estadística entre las plantas de avena ya espigadas.

Tabla 4: Altura de planta (cm) ya espigada.

TRATAMIENTOS/REPETICIONES		
T1	**T2**	**T3**
95.7	**128.3**	**73**
153.6	**122.4**	**98.8**
118.9	**116.9**	**139.1**
M.A.= 122.7 cm	**M.A.= 122.5 cm**	**M.A.= 103.6 cm**

El 27 de Febrero de 2020; cuando las plantas ya estaban en un 80% de floración se determinó el % de materia seca (MS) para cada uno de los tratamientos (Tabla 5); el mayor porcentaje de MS fue para el T2 (Lixiviado de vermicomposta) que fue de un 26%. Con éste valor de MS no se acerca en nada al 34.9% de MS logrado por Borda et al (2007) al fertilizar con Silicio la avena sativa. Al generar el ANOVA para los tratamientos comparados para ésta variable no se generó diferencia estadística pues el valor de Fc fue de 2.64 con un valor p de 0.185

Tabla 5: Promedio de los tratamientos en % de MS

TRATAMIENTO	% PROMEDIO DE MS
T1	**19.7**
T2	**26.3**
T3	**19**

En la Tabla número 6 relacionado con la variable producción de forraje verde; es el tratamiento 2 (Lixiviado de vermicomposta) el que más forraje por m^2 produce al estar cerca de los 3.4 Kg; le siguen el T1 con casi 2.5 kg por m^2 ; y al final es tratamiento testigo con una producción promedio por m^2 de 2 kilogramos. Aún así no hubo diferencia estadística entre los tratamientos pues la Fc fue de 0.915 con un valor p de 0.471.

Tabla 6: Producción de forraje verde ($g/m^{2)}$

TRATAMIENTOS/REPETICIONES		
T1	**T2**	**T3**
1650	**2200**	**575**
4100	**5200**	**2050**
1650	**2700**	**3600**
M.A.= 2466.6 g	**M.A.= 3366.6 g**	**M.A.= 2075 g**

CONCLUSIONES

Cómo se puede apreciar en las tablas anteriores; en relación a las variables altura de planta espigada, % de materia seca y producción de forraje verde si se logró una ligera mejoría en estas características al fertilizar la avena con fuentes de vermicultura; esto al comparar contra el tratamiento testigo (T3). El T1 presento ligeros mejores resultados en 2 variables: altura de planta espigada y el porcentaje de germinación. Mientras que el T2 mejoró las características del % de materia seca, la producción de forraje verde por m^2 y la producción de forraje verde proyectada por hectárea; ésta última llegó al fertilizar con lixiviado de vermicomposta a cerca de 3.5 ton $.ha^{-1;}$ muy por encima del testigo que se quedó en 2 ton. $ha^{-1.}$ Aún con estos resultados la $p > 0.05$ para los casos presentados es decir, no hubo diferencia estadística entre los tratamientos y se acepta H1.

REFERENCIAS

1.- Antonio-Vázquez; R. (2014). Evaluación de 2 métodos de siembra de avena forrajera de temporal en el ciclo otoño-invierno de 2013. Tesis de licenciatura. UAAAN U.L. Torreón Coahuila México.

2.- Apoyos y servicios a la comercialización. (1994). La producción de avena en México. Revista claridades agropecuarias No. 14. México D.F.

3.- Borda; O.A., Barón, F.A., Gómez; M.I. (2007). El silicio como elemento benéfico en avena forrajera (*Avena sativa L.):* respuestas fisiológicas de crecimiento y manejo agronómico. Revista agronomía colombiana 25(2). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá Colombia.

4.-Dávila-Aranda; P. y Sánchez-Ken; J. (1996). La importancia de las gramíneas en México. Revista Ciencias No. 044, ISSN: 0187-6376. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

5.- Flores-Félix; E., Moreno-Casillas; H., Figueroa-Viramontes; U., Potisek-Talavera; Ma del C. (2014). Disponibilidad de nitrógeno y desarrollo de avena forrajera (Avena sativa L.) con aplicación de biosólidos. Revista Terra Latinoamericana 32(2). Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo Edo. De México.

6.-SAGARPA (2017). Planeación Agrícola nacional 2017 – 2030. 1 edición. Cd. De México. En: https://www.gob.mx/cms/upload/attachment/file/256424/B_sico-avena.pdf

7.- Gobierno de México-SIAP. (2018). Producción ganadera. https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria.

8.- Hernández-Campuzano; A.V., Martínez-Rueda; G.G., Estrada-Campuzano; G., y Domínguez-López; A. (2018). Efecto de la fertilización nitrogenada y el genotipo sobre el rendimiento y el contenido de N β-glucanos en el grano de la avena (Avena sativa L.). Revista de investigación agropecuaria, 44(2). INTA. Buenos Aires Argentina.

9.-Medina; G.G., Salinas; G.H., y Rubio; A.F. (2001). Potencial productivo de especies forrajeras en el Estado de Zacatecas. 1ª edición. INIFAP. Zacatecas México.

10.- Ramos; N. y Curbelo; F.(2009). Estudio comparativo y de producción de semilla de la Avena sativa L. "Bentland" con diferentes dosis de nitrógeno. Revista Avances de Investigación Agropecuaria. 8(1). Universidad de Colima. Colima, México.

11.- Sánchez-Gutiérrez; R.A., Gutiérrez- Bañuelos; H., Serna – Pérez; A., Gutiérrez-Luna; R. Espinoza-Canales; A. (2014). Producción y calidad de forraje de variedades de avena en condiciones de temporal en Zacatecas. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 15(2), Mérida Yucatán.

12.- Valdés-Quintanilla M. (2018). Forrajes domina la producción. Resumen económico y de noticias 2017. Edición anual de El Siglo de Torreón. Periódico regional. Torreón Coahuila México.

FERTILIZACIÓN BIOLÓGICA EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE CHILE JALAPEÑO EN INVERNADERO

BIOLOGICAL FERTILIZATION IN THE PRODUCTION AND QUALITY OF CHILE JALAPEÑO IN GREENHOUSE

Juan Manuel Nava Santos[1], Juana González Roblero[1], Francisca Sánchez Bernal[1]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Periférico. Raúl López Sánchez, Col. Valle Verde. CP. 27054. Torreón, Coahuila, México.
**** Autor para correspondencia: Juan_manuelnava@hotmail.com***

RESUMEN

La agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que trata de cambiar algunas de las limitaciones para la producción de los cultivos hortícolas. En el presente trabajo se analizó la fertilización biológica para aumentar la producción y calidad en los frutos de chile jalapeño. Para ello cuatro tratamientos fueron aplicados: Solución Steiner (Testigo), Algas marinas (3 g L^{-1}), Algas marinas (3 g L^{-1}), Azospirillum. (10 g $10L^{-1}$) y Micorrizas (10^{10} UGC mL^{-1}). En la cosecha se cuantifico la productividad y calidad de los frutos. La fertilización el tratamiento testigo, modifico positivamente la calidad del fruto, mientras que el tratamiento de Azospirillum obtuvo el diámetro polar más alto en los frutos de chile jalapeño.

ABSTRACT

Organic agriculture is a development strategy that tries to change some of the constraints for the production of horticultural crops. In the present work, biological fertilization was analyzed to increase the production and quality of jalapeño pepper fruits. For this, four treatments were applied: Steiner Solution (Control), Seaweed (3 g L^{-1}), Seaweed (3 g L^{-1}), Azospirillum. (10 g $10L^{-1}$) and Mycorrhizae (1010 UGC mL^{-1}). At harvest the productivity and quality of the fruits were quantified. Fertilization of the control treatment, positively modified the quality of the fruit, while the Azospirillum treatment obtained the highest polar diameter in the jalapeño pepper fruits.

INTRODUCCIÓN

La agricultura orgánica incluye todos aquellos sistemas agrícolas que promueven la producción de alimentos de manera ambiental, social y económicamente sustentable, que promueven y mejoran la salud del agro ecosistema incluyendo la biodiversidad los ciclos biológicos y actividad biológica del suelo (Riddle y Ford, 2000).

Una de las estrategias para aumentar el rendimiento de las cosechas y favorecer la calidad de los frutos es a con la fertilización biológica, que consiste en aportar tanto macro y micro nutrientes, agentes quelatantes como ácidos alginicos, fulvicos y manitol además de vitaminas, enzimas y algunos compuestos bioinsecticida que controlan algunas plagas y enfermedades de las plantas (Crouch y Van Staden 1992).

Por otro lado, el chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) es uno de los cultivos de mayor importancia económica en México y el mundo, por su amplio consumo, alta rentabilidad y gran demanda de mano de obra (SIAP, 2010). Para la producción comercial de chile jalapeño se requiere que el productor administre y optimice sus recursos naturales disponibles como el agua, la mano de obra, el uso de fertilizantes químicos y orgánicos para el desarrollo del cultivo (Macías *et al*., 2012). Por lo tanto, estudios relacionados con el incremento de productividad y calidad a través de la fertilización orgánica es de interés mundial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y condiciones de crecimiento

El estudio se realizó en un invernadero semicircular ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL, México a 24º 22´ 00´´ de latitud norte, con una altura de 1120 msnm.

Tratamientos y diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, aplicando cuatro tratamientos con diez repeticiones: Solución Steiner (Testigo), Algas marinas (3 g L^{-1}), Azospirillum. (10 g $10L^{-1}$) y Micorrizas (10^{10} UGC mL^{-1}). Los tratamientos con fertilización biológica fueron aplicados fueron en tres ocasiones la primera a los 45 dias despues del trasplante (ddt) que es la etapa inicial, la segunda en la etapa vegetativa y la tercera en la etapa fructífera. Se determinó la productividad y calidad del fruto del fruto (altura de planta, numero de frutos, peso de frutos y materia seca).

Análisis estadístico

El análisis de los datos se llevó a cabo mediante un análisis de varianza, y cuando se encontró diferencia significativa entre los tratamientos se llevó a cabo la comparación de medias de tratamiento por el método de Tukey a una probabilidad del 5% .

RESULTADOS Y DISCUCIÓN

La fertilización biológica con Algas, *Azospirillum* y Micorriza, no modifico estadísticamente la calidad y productividad en el cultivo de chile jalapeño (altura de planta, numero de frutos, peso de frutos y materia seca) (Figura 1a-1d), obteniendo los mayores valores de calidad la Solución Steiner (Testigo). Ramírez *et al*. (2012), mencionan que al aplicar soluciones orgánicas en el cultivo de chile jalapeño presentaron al igual que en este trabajo se presentó una mayor calidad en el tratamiento testigo (Solución Steiner). Esto probablemente debido a que el uso de biofertilizantes, no todos los nutrimentos estas completamente biodispobibles y están de manera inmediata a disposición de la planta; es decir están disponibles de manera gradual. Sin embargo, este sistema de producción con el uso de los biofertilizantes, es considerado una tecnología alternativa que le permite al cultivo responder favorablemente a su aplicación de manera sustentable asi como el ahorro de gastos de producción, representando una buena opcion para reducer el uso de fertilizantes quimicos.

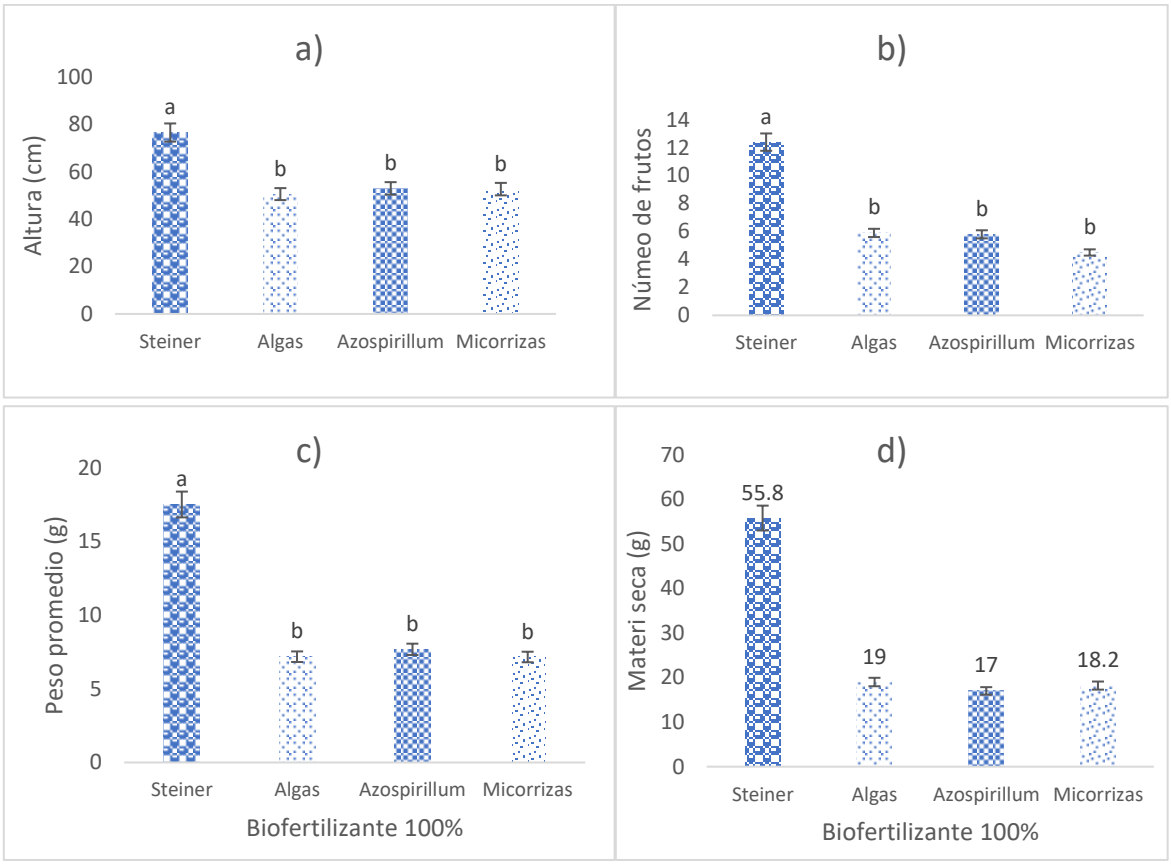


Figura 1. Efecto de dosis de biofertilizantes sobre altura (a), número de frutos (b), peso promedio del fruto (c) y materia seca (d) en frutos de chile japaleño. Los datos se muestran como media ± desviación estándar (DE) (n = 50) Las columnas con letras diferentes fueron significativamente diferentes según la prueba HSD de Tukey (p <0,05).

Los diferentes tratamientos utilizados en la presente investigación provocaron que las plantas de chile mostraran diferencia significativa en el rendimiento (Figura 1d). El mayor rendimiento de los frutos se obtuvo con la fertilización inorgánica (solución nutritiva Steiner), seguido de por la fertilización biológica de Algas marinas con 19.0 gr, Azospirillum con 17.0 y Micorriza con 18.20 g. Resultados similares fueron reportados por Argaez, (2015), al obtener mayor rendimiento en cultivo de chile hidropónico con solución Steiner que con fuentes biológicas de fertilización. Los resultados anteriores se deben a que las plantas obtienen los nutrimentos eficientemente al emplear una solución enriquecida y balanceada en formas iónicas en las que puedan ser aprovechadas de manera inmediata por la planta. Para lograr que la fertilización biológica lograra obtener rendimientos calidad comerciald e frutos similares a las soluciones nutritivas, es necesario el suministro de fertilizantes biológicos que se encuentren en forma iónica y de forma balanceada, capaces de aportar nutrientes de manera equilibrada en la solución que rodea a la zona radical de la planta.

CONCLUSIONES

El uso de la Solución Steiner aumentó la calidad y productividad en los frutos de chile jalapeño. Aunque la solución nutritiva haya mostrado tener los mejores resultados el uso de fertilización biológica es una alternativa que puede ser utilizada como fuente de nutrientes naturales que permite el ahorro de gasto de producción.

REFERENCIAS

Agricultura en Invernadero y Agroparques Hortícolas (2018). http://www.agronuevoleon.gob.mx/oeidrus/invernaderos.pdf (Revisado el día 29 de octubre del 2020).

Aguado-Santacruz., G.A. 2012. Uso de microorganismos como biofertilizantes. In: Gerardo A. Aguado Santacruz (ed.). Introducción al Uso y Manejo de los Biofertilizantes en la Agricultura. INIFAP / SAGARPA. México, pp. 35-78.

Aguilera G., L., V. Ovalde, P., M. Arriaga, R., Y R. Contreras A. 2008. Micorrizas Arbusculares. Ciencia Ergo Sum 14(3):300-306.

Terry Alonso, E. 2005. Microorganismos benéficos con biofertilizantes eficientes para el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*, Mill), Revista Colombiana de Biotecnologia. VII(2): 47-54.

Alpi A: y Tognoni, F: 1991. “Cultivo en invernadero”. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid,España.

FORRAJE ORGÁNICO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) Y FRIJOL YORIMÓN (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)

Luna-Ortega, J. Guadalupe[1]*; Cervantes-Vázquez, María Gabriela[2]; Galindo-Guzmán, Magdalena[1]; Cervantes-Vázquez, Tomás Juan Álvaro[2]; Zúñiga-Gracia, David Antonio[1]

[1]Universidad Politécnica de la Región Laguna. Carretera Lázaro Cárdenas km.3, ejido Santa Teresa. C.P. 27942. San Pedro de las Colonias, Coahuila, México.
[2]Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km. 32, ejido Venecia. C.P. 34371. Gómez Palacio, Durango, México.
[*]Autor de correspondencia (lupe_lunao@yahoo.com.mx)

RESUMEN

El objetivo de este estudio es buscar nuevas alternativas de forrajes orgánicos para reducir los costos de producción. Se prepararon las muestras de forraje para los análisis bromatológicos, en cada parcela útil se cosecharon tres plantas de maíz y tres de frijol, las cuales fueron finamente picadas y mezcladas para formar un compuesto balanceado del cual se pesó un kilo y fue puesto en bolsa de papel etiquetado a secar en estufa con aire forzado a 72° C durante 24 horas. Se realizó en el laboratorio de la Cooperativa Agropecuaria. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. En proteína, no se observaron diferencias significativas (P>0.05); los valores encontrados están dentro de lo óptimo 14.9 ± 1.57, PC se correlacionó positivamente con la TND y ENL (P<0.01). La calidad del forraje combinado entre maíz y frijol Yorimón mostró que es una alternativa a los forrajes convencionales.

ABSTRACT

The objective of this study is to search for new alternatives for organic forages to reduce production costs. The forage samples were prepared for the bromatological analyzes, in each useful plot three corn plants and three beans were harvested, which were finely chopped and mixed to form a balanced compound of which one kilo was weighed and placed in a plastic bag. Paper label to dry in forced air oven at 72 ° C for 24 hours. It was carried out in the laboratory of the Agricultural Cooperative. A randomized block design with four replications was used. In protein, no significant differences were observed (P> 0.05); the values found are within the optimum 14.9 ± 1.57, PC was positively correlated with TND and ENL (P <0.01). The quality of the combined forage between corn and Yorimón beans showed that it is an alternative to conventional forages.

INTRODUCCION

En la Comarca Lagunera existe la necesidad de buscar nuevas alternativas de forraje para reducir costos de producción y un menor consumo de agua, principalmente para el ganado bovino lechero, dado que en la Comarca Lagunera se encuentra la cuenca lechera más grande del país. Esto hace necesario realizar estudios en uno de los cultivos de mayor demanda como lo es el maíz (*Zea mays* L.) forrajero en asociación con otras especies, como el frijol Yorimón (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) a fin de satisfacer las necesidades de alimentación en la dieta de vacas lecheras, dada su alta productividad y calidad en verde y ensilado (LACTODATA 2011). Es importante buscar mejores alternativas en cuanto a genotipos que aseguren altos rendimientos de forraje tomando en cuenta una mayor relación hoja-tallo, elote-planta, alta producción de materia seca y mayor calidad nutritiva (Clark *et al*. 2002). Impulsar el desarrollo de la ciencia hacia nuevos enfoques de producción que garanticen mayor eficiencia para enfrentar los crecientes problemas de seguridad

alimentaria, ha creado la necesidad de buscar alternativas sostenibles para ofrecer alimento animal a menor costo y mayor productividad (FAO, 2017). Dentro de estos alimentos se encuentran los forrajes, que pueden ser utilizados en verde, henificados o ensilados. Las características de un buen forraje incluyen: el contenido de nutrientes, la digestibilidad, la palatabilidad, el rendimiento, etc. El maíz es un cultivo ideal para ensilar por su alto contenido de carbohidratos disponibles, su alto rendimiento de materia verde y su bajo costo de producción (Ahlgren 1949, Inchausti y Tagle 1987). El maíz es el cereal que más se produce en el mundo es una de las más importantes fuentes de alimento para el ganado en el periodo estudiado como la formación de capital humano para elevar la productividad agrícola, los ingresos, el bienestar rural y otro aspecto es el manejo del riesgo agropecuario por el bajo aseguramiento (Serna 2006).

El frijol Yorimón es una leguminosa herbácea con hábito de crecimiento erecto, semierecto y rastrero, que crece entre 50 y 100 cm; bien adaptado a diferentes suelos y climas (Cook *et al*. 2005). Tiene su origen en Asia y los centros de diversidad genética están ubicados en África e India (Phansak *et al*. 2005); sin embargo, se siembra en varios países del continente africano, europeo y americano, siendo este último donde es más consumido (Apáez *et al*. 2009). Por ser una leguminosa de alto contenido nutricional es importante evaluarla, ya que de ella se alimenta un buen porcentaje de la población mundial (Singh *et al*. 2003, Lewis *et al*. 2005). Se cultiva en más de dos tercios de los países en desarrollo como un compañero de cultivo con los principales cultivos de cereales (Agbogidi, 2010). El frijol Yorimón tiene varios usos, entre los que se pueden mencionar como abono verde (Beltrán-Morales *et al*. 2009), cobertura, heno, ensilaje, concentrado y alimentación humana (López y Bressani 2008, Mayz *et al*. 2010, Vargas *et al*. 2012), además de que se usa en la alimentación del ganado vacuno (Vendramini *et al*. 2012), es una leguminosa que por muchos años se ha utilizado como forraje para aves y cerdos (Murillo-Amador *et al.* 2000, Castro *et al*. 2002) y aves de corral (Sarmiento *et al*. 2011). Lo anterior es debido a que es uno de los cultivos más adaptables, versátiles y nutritivos, con un alto contenido proteico y alta digestibilidad (Ramakrishnan *et al*. 2005, Apáez *et al*. 2009).

La especie se adapta fácilmente a diferentes condiciones estresantes (Gómez *et al*. 2013); sin embargo, es necesario considerar factores tales como el tipo de suelo, el clima, la competencia con malezas (Shindoi *et al*. 2012, Cardona *et al*. 2013), la variedad utilizada (Ávila *et al*. 2010). El objetivo es buscar nuevas alternativas de forraje orgánico para reducir los costos de producción y un menor consumo de agua, principalmente para el ganado bovino lechero.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el campo experimental de la Universidad Politécnica de la región Laguna, en el ejido de Santa Teresa, municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila, de Zaragoza, México localizado en las coordenadas geográficas: Longitud – 103.355833 y Latitud: 25.774722, altura sobre el nivel del mar de 1 020 metros, su clima es seco, desértico, la precipitación media anual es de 258 mm y la temperatura media anual es de 21° C (García 1973). El experimento se realizó en el ciclo de primavera - verano de abril a agosto de 2017.

Para el cultivo de maíz se utilizó el hibrido AN 447 (Instituto Mexicano del Maíz UAAAN-Saltillo, México) con un 95% de pureza genética. Para el cultivo de frijol se utilizó el frijol Yorimón (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) con un 90% de pureza. Genética. Ambos cultivos se sembraron en tierra venida el 20 de abril de 2017, utilizando surcos alternos, dos surcos de maíz y luego dos surcos de frijol. Para los surcos de maíz se sembraron de 10 a 12 semillas por metro lineal, y para el cultivo de frijol se sembró de 5 a 6 semillas por metro lineal. lineal, teniendo una densidad de población para el maíz de 88 000 plantas por ha y para el frijol de 75 000 plantas por ha. El tamaño de la parcela experimental fue de 458 m^2. Cada parcela

útil consistió en cuatro surcos de cuatro metros lineales y separación entre surcos de 0.8 metros para una superficie de 9.6 m^2. En la siembra se aplicó un riego de pre siembra y posteriormente se aplicaron tres riegos de auxilio cada 30 días para una lámina total de 80 cm. La cosecha se realizó a los 130 días después de la siembra, que es cuando el forraje alcanza su mayor nivel de materia seca, el corte de los dos cultivos se realizó el 26 de agosto del 2017 que es a los 130 días debido a que el maíz AN-447 es de ciclo tardío y coincidió con la maduración del frijol orgánico Yorimón.

Los tratamientos objeto de estudio consistieron en dos fuentes de fertilización, una orgánica y una inorgánica. La fertilización inorgánica fue de 156.6 kg ha^{-1} de N (fuente urea), 46.0 kg ha^{-1} de P2O5 (fuente DAP), y la fertilización orgánica fue en base a vermicomposta aplicando una dosis 15 000 Kg ha^{-1}, la cual presentó un pH de 8.0, conductibilidad eléctrica de 3.1 dSm^{-1}, materia orgánica de 7.3%, NO_3 6.21 mg Kg^{-1}, fosforo 38.2 mg Kg^{-1}, potasio 215 mg Kg^{-1}, calcio 39.1 mg Kg^{-1}, Mg 1.5 mg Kg^{-1}, Fe 20.8 mg Kg^{-1}, Mn 4.1 mg Kg^{-1}, Zn 1.3 mg Kg^{-1}, Cu 0.8 mg Kg^{-1}.

Las labores culturales se realizaron de acuerdo con el paquete tecnológico para la región laguna recomendado por Agroder (2012) Producción de Maíz México, 2010. Comparativo Estatal Modalidad de temporal y riego. La preparación de las muestras de forraje para los análisis bromatológicos, en cada parcela útil se cosecharon tres plantas de maíz y tres de frijol, teniendo una proporción de 75% de maíz y 25% de frijol, las cuales fueron finamente picadas y mezcladas para formar un compuesto balanceado del cual se pesó un kilo y fue puesto en bolsa de papel etiquetado a secar en estufa con aire forzado a 72° C durante 24 horas. El análisis bromatológico de las muestras secas se realizó en el laboratorio de la Cooperativa Agropecuaria S.A de C.V en Gómez Palacio, Durango.

Las variables que se midieron fueron: fibra cruda (FC), cenizas (CEN), proteína cruda (PC), total de nutrientes digeribles (TND), energía neta de lactancia (ENL), extracto etéreo (EE), fibra acido detergente (FAD), fibra neutro detergente FND).

Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza, comparación múltiple de medias (Tukey, α =0.05) y correlación de Pearson, con el programa SAS.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores medios de las variables evaluadas de calidad del forraje, en el extracto etéreo no hubo diferencias significativas entre los tipos de fertilización (P>0.05). Los valores observados tanto en el forraje orgánico como en el inorgánico estuvieron dentro de los valores normales, los cuales no deben superar un valor del 6% ya que de otra forma se afecta la función ruminal. El extracto etéreo es un indicador del aporte de ácidos grasos esenciales en el metabolismo animal (Campos-Granados y Arce-Vega 2016) (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación de medias para variables de calidad de forraje orgánico y convencional.

Tratamiento	EE %	FC %	CEN %	PC %	FAD %	FND %	TND %	ENL Mcal/kg
Orgánico	4.5 ± 0.198 a	18.6 ± 0.94 b	13.3 ± 1.05 a	14.9 ± 1.57 a	36.7 ± 1.22 a	57.0 ± 3.24 a	51.8 ± 1.40 a	1.50 ± 0.03 a
Inorgánico	3.0 ± 0.192 a	20.9 ± 1.10 a	13.9 ± 1.18 a	12.2 ± 2.58 a	33.3 ± 1.96 a	55.1 ± 5.77 a	58.0 ± 2.26 a	1.54 ± 0.05 a
DMS	3.16	1.54	0.85	7.4	4.8	4.4	10.4	0.04

EE: extracto etéreo, FC: fibra cruda, CEN: cenizas, PC: proteína cruda, FAD: fibra acido detergente, FND: fibra neutro detergente, TND: total de nutrientes digeribles, ENL: energía

neta de lactancia. Los valores corresponden al promedio de datos ± error estándar. Las letras indican diferencias estadísticas test DMS ($p \leq 0.05$) en cada columna.

En la variable fibra cruda se observaron diferencias significativas ($P<0.05$), encontrándose el valor más alto en el tratamiento inorgánico. Los valores observados en ambos tipos forraje en este trabajo están dentro los valores óptimos de fibra cruda requeridos en los alimentos, 18% al 25% de la ración diaria (Anrique 2014). La fibra cruda es importante para estimular la función del rumen y como precursora de la grasa de la leche (Blanco-Callancho *et al*. 2018) (Tabla 1).

En el contenido de cenizas no hubo diferencias significativas entre la fertilización orgánica e inorgánica ($P>0.05$). El contenido óptimo de ceniza en los forrajes es de alrededor del 5 y 9% para forraje de maíz y de leguminosas respectivamente, sin embargo, también se han observado valores de hasta 10 y 18% en estos mismos forrajes (Hoffman 2005). Los valores observados en este trabajo están arriba de los valores considerados como óptimos, pero por debajo de los valores considerados altos en forraje de maíz y leguminosas (Tabla 1).

Respecto a la proteína, no se observaron diferencias significativas ($P>0.05$); los valores encontrados en este trabajo están dentro de los valores recomendados para vacas lecheras en producción, siendo mayor el valor encontrado en la fertilización orgánica. 14.9 ± 1.57 a Ambos valores de porcentaje de proteína superaron el valor encontrado por Silva *et al.* (2016). Las necesidades de proteína de las vacas lecheras dependen de la producción de leche diaria y del peso de la vaca. Moreno (1982) menciona un rango óptimo de proteína de 11 a 16% para vacas lecheras en producción (Tabla 1).

En las variables fibra ácido detergente (FAD) y fibra neutro detergente (FND) no se observaron diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos orgánico y químico. La fibra ácido detergente es usada para estimar la energía que se obtendrá del forraje (INIFAP, 2006); los valores de FAD encontrados en este trabajo superaron con 5.3% (forraje inorgánico) y 8.7% (forraje orgánico) el valor óptimo de 28% requerido en forrajes de calidad (Gallegos-Ponce *et al*. 2012), lo cual puede ser atribuido al grado de madurez que presentaban los cultivos al momento de la cosecha (Sha *et al*. 2016) (Tabla 1).

La fibra neutro detergente (FND) determina qué tanto forraje consumirá el animal y la digestibilidad; entre más alto el valor de FND menor consumo (Arnold *et al*. 2019). Valores aceptables de FND en híbridos de maíz están por debajo de 50% (INIFAP 2006, Gallegos-Ponce *et al*. 2012). Los valores de FND de este trabajo superaron el valor de referencia con 5.1 y 7.0% respectivamente para la fertilización inorgánica y orgánica (Tabla 1).

El total de nutrientes digeribles (TND), como unidad de expresión del contenido energético de los alimentos, constituye una medida aproximada de la digestibilidad (Brautigan IM 2007). Se utiliza la variable TDN como indicadores para evaluar la calidad de henos de leguminosas o gramíneas, o para la asignación de forraje a grupos de animales de acuerdo a los requerimientos nutricionales (Carr *et al*. 2004, Strydhorts *et al.* 2008). Los valores óptimos de TND deben estar arriba del 65%, valor que no fue superado por los valores encontrados en este trabajo (58.0 y 51.8% respectivamente para el forraje inorgánico y orgánico), sin embargo, superaron los valores encontrados por Moreno-Reséndez *et al*. (2017) (Tabla 1).

La energía neta de lactancia (ENL) es la energía empleada en la producción de leche, y de acuerdo al NRC (2001) una vaca Holstein en producción requiere de 1.5 a 1.8 Mcal por kg de materia seca consumida. Los valores encontrados de ENL en este trabajo estuvieron en el límite inferior considerado como óptimo, siendo ligeramente mejor el valor observado en el forraje inorgánico, aunque estadísticamente no hubo diferencias significativas entre ambos tipos de forrajes. Los valores de ENL de este trabajo superaron en un 53 y 46% a los valores encontrados por Moreno-Reséndes *et al.* (2017) quienes reportaron valores de

0.98 y 1.05 Mcal por kg de materia seca respectivamente para la fertilización orgánica e inorgánica (Tabla 1).

Los coeficientes de correlación de Pearson entre variables de calidad, el EE correlacionó positivamente con la FC (P<0.05) Campos-Granados y Arce-Vega (2016) señalan que para que tenga un buen metabolismo ruminal sus ácidos grasos no deben estar arriba del 6% y nuestros valores están en 4.5 ± 0.198 para la fertilización orgánica y para la inorgánica de 3.0 ± 0.192. También fue altamente significativo (P<0.01) con TND y se utiliza la variable TDN como indicador para evaluar la calidad de henos de leguminosas o gramíneas, además mencionan que el total de nutrientes digeribles debe de ser aproximado al 65% del contenido energético (Carr *et al.* 2004, Strydhorts *et al.* 2008), aunque los valores encontrados en este trabajo fueron casi similares (58.0 y 51.8% respectivamente para el forraje inorgánico y orgánico. La ENL correlacionó positivamente (P<0.01) y negativamente con FAD y FC correlacionó positivamente con TND y ENL con (P<0.01), también correlacionó con PC (P<0.05) pero la CEN fue significativa con PC (P<0.01) también con FND (P<0.01). PC correlacionó positivamente con la TND y ENL (P<0.01), los valores encontrados en esta investigación superaron lo encontrado por Silva *et al.* (2016) que son de 14.9 ± 1.57 y 12.2 ± 2.58 esto es lo encontrado y lo que es necesario para una buena producción de leche diaria según Moreno (1982) que dice que de 11 a 16% en proteínas para la producción de leche y negativamente con FAD. A continuación, la FAD correlaciono negativamente, TND y ENL (P<0.01) y ENL (P<0.01), y FND negativamente con TND y ENL (P<0.05) y por último la TND correlacionó positivamente con ENL (P<0.01). Lo que significa que de acuerdo con NRC (2001) una vaca que este en producción necesita de 1.5 a 1.8 Mcal por Kg de materia seca consumida. Los valores encontrados en esta investigación están en los límites recomendados para que una vaca tenga buena producción de leche (Tabla 2).

Tabla 2. Coeficientes de correlación para variables nutricionales en el forraje combinado maíz y frijol Yorimón.

	FC	CEN	PC	FAD	FND	TND	ENL
EE	0.4614*	0.0130	0.1922	-0.5582**	0.0103	0.5583**	0.5596**
FC		0.2065	0.4103*	-0.6692**	0.2271	0.6693**	0.6441**
CEN			0.6395**	-0.2883	0.4815*	0.2887	0.2693
PC				-0.7635**	0.0086	0.7637**	0.7490**
FAD					0.4015	-1.000**	-0.9979**
FND						-0.5063*	-0.5084*
TND							0.9979**

FC: fibra cruda, CEN: cenizas, PC: proteína cruda, FAD: fibra acido detergente, FND: fibra neutro detergente, TND: total de nutrientes digeribles, ENL: energía neta de lactancia. **P≤0.01, *P≤0.05.

CONCLUSIONES

Se encontró que en la mayoría de las variables, excepto una, no hubo diferencia significativa entre los dos tipos de fertilización y dado que resulta más costosa la fertilización inorgánica que la orgánica y además de que los productos orgánicos tienen mayor aceptación en el mercado se puede considerar que la fertilización orgánica es una opción adicional a la inorgánica. La calidad del forraje combinado entre maíz y frijol Yorimón mostró que es una alternativa a los forrajes convencionales usados, además del carácter orgánico y sustentable que hacen al ambiente porque no lo contaminan y está a la disposición de toda la sociedad.

REFERENCIAS

Agbogidi OM (2010) Screening six ciltivars of cowpea *(Vigna unguiculata* (L.) Walp) for adaptation to soil contaminated with spent engine oil. Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology. 7: 103-109.

Agroder (2012) Producción de maíz México. Comparativo estatal modalidad de temporal y riego. http://www.agroder.com/Documentos/Publicaciones/Produccion_de_Maiz_en_Mexico-AgroDer_2012.pdf . Fecha de consulta 15 de noviembre de 2019.

Ahlgren GH (1949) Forage Crops. 1st Edition. McGraw-Hill. New York, USA. 418p

Anrique GR (2014) Composición de alimentos para el ganado bovino. 4ª Edición. América impresores. Chile, Chile. 91p

Apáez BP, Escalante EJA, Rodríguez GMT, Olalde G, Ramírez VP (2009) Frijol chino (*Vigna unguiculata* L. (Walp)) su cultivo, importancia económica y medicinal. Revista Alternativa 19: 21-26.

Arnold AM, Cassida KA, Albrecht KA, Hall MH, Min D, Xu X, Xu X, Orloff S, Undersander DJ, van Santen E, Sulc RM (2019) Multistate Evaluation of Reduced-Lignin Alfalfa Harvested at Different Intervals. Crop science 59: 1799-1807.

Ávila MMR, González RH, Rosales SR, Espinoza AJJ, Pajarito RA, Zandate HR, Herrera MD (2010) Adoption and economic impact of Pinto Saltillo improved bean cultivar in North-Central México. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative 53: 242-243.

Beltrán-Morales FA, García-Hernández JL, Ruiz-Espinoza FH, Fenech-Larios L, Murillo-Amador B, Palacios-Espinoza A, Troyo-Diéguez E (2009) Nutrimental potential of red dolichos, brown dolichos and cowpea for green manure produced under three tillage Systems. Tropical and Subtropical Agroecosystems 10: 487-495.

Blanco-Callancho F, Loza-Murguia MG, Achu-Nina C, Chura-Limachi F (2018) Producción de leche en vacas mestizo Holstein (*Bos taurus* L.,) pastoreadas en paraderas nativas en comparación con las suplementadas con borra de cerveza y maíz amarillo. Journal of the Selva Andina Animal Science 5: 65-78.

Brautigan IM (2007) Nutrición Animal. 1a Edición. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 120p

Campos-Granados CM, Arce-Vega J (2016) Sustitutos de maíz utilizados en la alimentación animal en costa rica. Nutrición Animal Tropical 10: 91-113.

Cardona AC, Jarma OA, Araméndiz TH (2013) Mecanismos de adaptación a sequía en caupí (*Vigna unguiculata* L. (Walp.). Una revisión. Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas 7: 277-288.

Carr PM, Horsley RD, Poland WW (2004) Barley, oat and cereal-pea mixtures as dryland forages in the northern plains. Agronomy Journal 96: 677-684.

Castro M, Díaz J, Castañeda J, Báez L, Hernández L, Ly J, Cabrera J, Cino DM (2002) A nutritional alternative as protein source for growing pigs: *Vigna unguiculata* cv INIFAT-93. Cuban Journal of Agricultural Science 36:337

Clark PW, Kelm S, Endres MI (2002) Effect of feeding a corn hybrid selected for leafiness as silage or grain to lactating dairy cattle. Journal of dairy science 85: 607-612.

Cook BG, Pengelly BC, Brown SD, Donnelly JL, Eagles DA, Franco MA, Hanson J, Mullen BF, Partridge IJ, Peters M, Schultze KR (2005) Tropical Forages: An Interactive Selection Tool. Brisbane, Australia. https://hdl.handle.net/10568/33575. Fecha de consulta 25 de noviembre del 2020.

FAO (2017) El trabajo de la FAO sobre el cambio climático. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Roma: Italia. 40 p. http://www.fao.org/3/a-i8037s.pdf. 2017. Fecha de consulta 20 de enero del 2021.

Gallegos-Ponce A, Martínez-Ríos A, Fernando-Sánchez M, Figueroa-Viramontes R, Berumen-Padilla S, Venegas-Soto J, Quevedo-Guillen JD, Escobedo-López D, Silos-Calzada MC (2012) Nutritional quality of forage maize (*Zea mays* L.) under limited water logging conditions. AGROFAZ 12: 59-66.

García E (1973) Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. México. 246p

Gómez PEJ, Argentel ML, Ávila AC, Alarcón BK, López SR, Ruiz-Díez B, Fernández-Pascual M, Eichler-Loebermann B (2013) Evaluación de la tolerancia a la salinidad en frijol caupí a partir de variables relacionadas con la nodulación y la acumulación de nitrógeno foliar. Cultivos Tropicales 34: 11-16.

Hoffman PC (2005) Ash Content of Forages. Focus on Forage 7: 1-2.

Inchausti D, Tagle EC (1987) Bovinotecnia. Editorial El Ateneo. Buenos Aires, Argentina. 729p

INIFAP (2006) Maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional. Libro Científico No. 3. Ed. 1ª ed. México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1950/Maiz%20forrajero%20de%20alto%20rendimiento%20y%20calidad%20nutricional.pdf?sequence=1 Fecha de consulta 14 de Agosto de 2019.

LACTODATA (2011). Información sobre el sector lechero en México. http://www.lechemexico.org.mx. Fecha de consulta 20 septiembre de 2011.

Lewis G, Schrire B, Mackinder B, Lock M (2005) Legumes of the world. Royal Botanic Gardens, Kew. University of Chicago Press. Illinois, USA. 592p

López GCM, Bressani R (2008) Uso del cowpea (*Vigna unguiculata*) en mezclas con fríjol común (Phaseolus vulgaris) en el desarrollo de nuevos productos alimenticios. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 58: 71-80.

Mayz J, Larez A, Alcorces A (2010) Efectividad de cepas rizobianas nativas de sabana en *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Cv. C4A-3. Revista Colombiana de Biotecnología 12: 194-202.

Moreno GJ (1982). El maíz forrajero: una opción en las explotaciones ganaderas. *Pastos 12:* 157-170.

Moreno-Reséndez A, Cantú Brito JE, Reyes-Carrillo JL, Contreras-Villarreal V (2017) Forage maize nutritional quality according to organic and inorganic fertilization. Scientia Agropecuaria 8: 127-135.

Murillo-Amador B, Troyo-Dieguez E, García-Hernández JL, Landa-Hernández L, Larrinaga-Mayoral JA (2000) El frijol Yorimón leguminosa tolerante a sequía y salinidad. 1ª Edición. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur, México. 33p

NRC (2001) Nutrients requirements of dairy cattle. 7th Edition. National Academy Press. Washington, DC, USA. 408p.

Phansak PP, Taylor PWJ, Mongkolporn O (2005) Genetic diversity in yardlong bean (*Vigna unguiculata* ssp. sesquipedalis) and related Vigna species using sequence tagged microsatellite site analysis. Scientia Horticulturae 106: 137-146.

Ramakrishnan K, Gnanam R, Sivakumar P, Manickam A (2005) In vitro somatic embryogenesis from cell suspensión cultures of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Plant cell reports 24: 449-461

Sarmiento FL, Gorocica PE, Ramírez AL, Castillo CJ, Santos RR, Díaz MF (2011) True metabolizable energy and digestibility of five *Vigna unguiculata* varieties in chickens. Tropical and Subtropical Agroecosystems 14: 179-183.

Serna H (2006) Servicio al cliente. Una nueva visión: clientes para siempre. 3ra edición. Editorial 3R. Bogotá, Colombia. 37p

Sha D, Ming X, Junhu Y (2016) Relationship between fibre degradation kinetics and chemical composition of forages and by-products in ruminants. Journal of Applied Animal Research 44: 189-193.

Shindoi MMJF, Prause J, Jover PL (2012) Descomposición de *Vigna unguiculata* (caupí) en un Argiudol Típico de Colonia Benítez, Chaco. Revista de Investigaciones Agropecuarias 38: 86-90.

Silva TM, de Medeiros AN, Oliveira RL, Gonzaga NS, Queiroga RC, Ribeiro RD, Leão AG, Bezerra LR (2016) Carcass traits and meat quality of crossbred Boer goats fed peanut cake as a substitute for soybean meal. Journal of animal science 94: 2992-300.

Singh BB, Ajeigbe HA, Tarawali SA, Fernandez-Rivera S, Abubakar M (2003) Improving the production and utilization of cowpea as food and fodder. Field Crops Research 84: 169-177.

Strydhorts SM, King JR, Lopetinsky KJ, Harker KN (2008) Forage potential of intercropping barley with faba bean, lupin, or feal pea. Agronomy Journal 100: 182-190.

Vargas AYR, Villamil OEL, Murillo PO, Murillo AW, Solanilla DJF (2012) Caracterización fisicoquímica y nutricional de la harina de frijol caupí *Vigna unguiculata* L. cultivado en Colombia. Vitae 19: 320-321.

Vendramini JMB, Arthington JD, Adesogan AT (2012) Effects of incorporating cowpea in a subtropical grass pasture on forage production and quality and the performance of cows and calves. Grass and Forage Science 67: 129-135.

IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS HIDROCLIMÁTICOS EXTREMOS EN LA CUENCA DEL RÍO MAYO, SONORA

Aldo Rafael Martínez-Sifuentes[1], Fátima del Rocío Reyes-Camarillo[1], Selene Yuridia Márquez-Guerrero[2], José Antonio Hernández-Herrera[3], Vicenta Constante-García[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta y Atmósfera. Km. 6.5 Margen Derecha Canal de Sacramento 35150 Gómez Palacio, Durango, México.

[2]Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Ejido Ana. 27170, Torreon, Coahuila, México.

[3]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Saltillo. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coahuila, México.

RESUMEN

La cuenca del rio Mayo es una zona de gran importancia eclógica y económica para el estado de Sonora, ya que abastece una importante área agrícola. Sin embargo, las sequia se ha vuelto un fenómeno recurrente y normal, y sus efectos son severos en la sociedad y economía. Se desarrolló el índice estandarizado de precipitación para la cuenca del río Mayo en Sonora a través de datos de reanálisis de precipitación de 1901 a 2019. Se identificaron los eventos extremos y la asociación con el fenómeno ENSO mediante análisis de densidad espectral y correlación espacial con la temperatura superficial del mar. Se encontraron dos eventos catalogados como extremadamente secos (1995 y 1998) y cuatro como extremadamente húmedos (1958, 1983-1984 y 2015). Mediante el análisis de ondeleta se identificaron picos significativos de 26.9 y 3.2 años, ciclicidades que se encuentran en el dominio del ENSO, relación corroborada a través de las correlaciones significativas ($p < 0.05$) con la temperatura de la superficie del mar en la zona ENSO.

ABSTRACT

The Mayo river basin is an area of great ecological and economic importance for the state of Sonora, which supplies an important agricultural area. However, droughts have become a recurrent and normal phenomenon, and their effects are severe on society and economy. The standardized precipitation index for the Mayo river basin in Sonora was developed through precipitation reanalysis data from 1901 to 2019. Extreme events and the association with the ENSO phenomenon were identified through spectral density analysis and spatial correlation with sea surface temperature. Two events were found to be categorized as extremely dry (1995 and 1998) and four as extremely wet (1958, 1983-1984 and 2015). Significant peaks of 26.9 and 3.2 years were identified through ondelete analysis, cyclicities that are in the ENSO domain, a relationship corroborated through significant correlations ($p < 0.05$) with sea surface temperature in the ENSO zone.

INTRODUCCION

Los eventos hidrológicos extremos como avenidas y sequías extremas, son factores que por su impacto social, económico y ambiental se ubican en altas posiciones de desastres de índole climático. Las sequías son una de los más grandes problemas que compromete la seguridad y sobrevivencia humana a nivel mundial. En este sentido, es complicado definir

una sequía, por el hecho de que son espacial y temporalmente variables, inciden de manera diferente a nivel regional, y es difícil precisar su inicio, final, magnitud, duración y extensión de impacto (Quiring y Papakryiakou, 2003). Debido a la creciente demanda de recurso hídrico para satisfacer las necesidades urbanas, agrícolas y naturales, a causa de aumentos en temperatura y escases en precipitación, se ha incrementado el estudio de sequías en zonas áridas de México y el mundo. Actualmente existen diversos índices de sequías, sin embargo, los más comunes son el Índice de Sequía de Severidad de Palmer (SPEI, por sus siglas en inglés) (Palmer, 1968), y el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI, por sus siglas en inglés) (Mckee et al., 1993); donde el SPEI constituye un balance hidrológico que considera parámetros como precipitación, escurrimiento, humedad y evaporación, en contraposición al SPI, que solamente emplea como insumo a la precipitación (Vicente-Serrano et al., 2010). Otro de los índices de sequía es el Índice Estandarizado de Precipitación-Evaporación (SPEI, por sus siglas en inglés) (Vicente-Serrano et al., 2010), el cual es un índice multiescalar y sensitivo a las alteraciones históricas de precipitación y temperatura. El noroeste de México es una región sensitiva en tema de sequías, con una tendencia en el aumento de temperatura y disminución de precipitación; zona donde queda enclavada la cuenca del Río Mayo, la cual atraviesa por una serie de problemas ambientales; aquí también muestra una influencia significativa la tele-conexión del fenómeno del Niño Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) (Stahle et al., 1998), particularmente la fase cálida de este fenómeno en su fase Niño (Woodhouse et al., 2012). Los estudios sobre la variabilidad climática son de gran importancia para el diseño y manejo de los recursos hídricos, actualmente se ha debatido sobre el aparente incremento en grandes áreas del planeta de eventos secos y sus posibles causas, es por ello importante evaluar de manera frecuente la sequía y comprender a profundidad las recientes fluctuaciones climáticas (Bonaccorso et at., 2003). Por lo que resulta importante analizar la variabilidad interanual de la precipitación, y determinar los eventos extremos y su recurrencia. El presente trabajo consistió en el análisis de eventos hidroclimáticos extremos de la cuenca del río Mayo en el periodo 1901-2019 a través del desarrollo del índice SPI.

MATERIALES Y METODOS

La CRM, se localiza al sur del estado de Sonora (Figura 1), entre las coordenadas extremas 28°26’1.21’’ a 26°39’12.9’’ de latitud norte y de -109°56’23.05’’ a -107°57’25.42’’ de longitud oeste, forma parte de la Región Hidrológica No 9 Sonora Sur con una superficie de 27,541 km^2. El clima fluctúa de semifrío Cb’(w2)x’ en la región alta de la Sierra Madre Occidental, hasta muy árido BW(h’)w en la costa del océano Pacífico (García, 1998). La temperatura media anual presenta un gradiente de 10 °C a 21 °C y la precipitación anual varia de 200 a 700 mm.

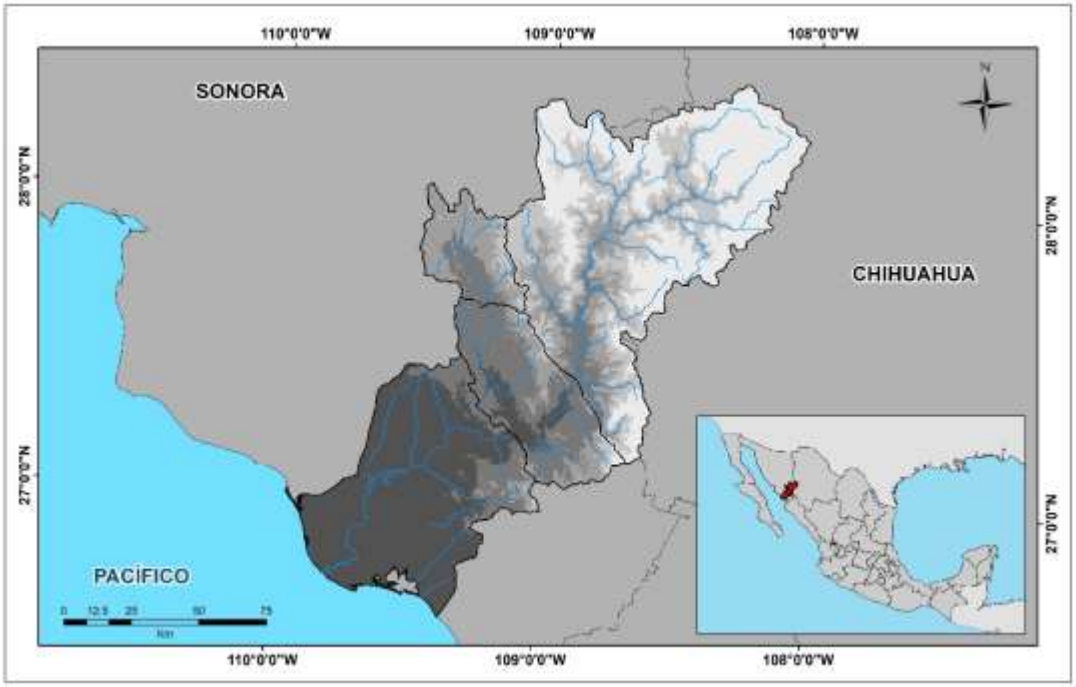


Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca del río Mayo.

La información climática mensual de precipitación, temperatura máxima y mínima se obtuvo de la base de datos de reanálisis Climate Research Unit desde 1901 a 2019 (Harris et al., 2020). Se calculó el índice SPI en ambiente RStudio versión 1.4.1717 (RStudio Team, 2020). Para denotar los eventos de sequía, se trabajó con la escalar temporal de SPI a 12 meses (Ortega, 2012). La categorización del SPI se realizó de acuerdo con la clasificación de la OMM (2012) (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de los valores de SPI.

Valor de SPI	Categoría
> 2.0	Extremadamente húmedo
1.50 – 1.99	Muy húmedo
1.0 – 1.49	Moderadamente húmedo
-0.99 – 0.99	Normal o aproximadamente normal
-1.0 – -1.49	Moderadamente seco
-1.5 – -1.99	Severamente seco
< -2.0	Extremadamente seco

La presencia de picos o frecuencias significativas en la serie del índice SPI, se determinó mediante un análisis espectral de potencia en ambiente R, versión 3-4.3, con la finalidad de identificar ciclicidades en eventos de baja frecuencia a lo largo de la serie de SPI, la cual

permite analizar la influencia en el crecimiento de fenómenos atmosféricos de circulación global (Grinsted et al., 2004).

Se generó una exploración espacial con la temperatura de la superficie del mar mediante el explorador climático (World Meteorological Organization, 2020), para determinar la asociación de la variabilidad de las sequías de la CRM con la temperatura del mar para el periodo en común (Rayner et al., 2003).

RESULTADOS Y DISCUSION

La variabilidad del índice SPI regional para la cuenca del río Mayo, presenta episodios catalogados como extremos, de entre los cuales, destacan como extremadamente secos los años de 1995 y 1998 con valores de SPI de -2.12 y -3.13, respectivamente. Por otro lado, como eventos extremadamente húmedos se encuentran los años de 1958, 1983-1984 y 2015, con valores de SPI de 2.40, 2.22, 2.36 y 2.48, respectivamente (Figura 2). Los eventos de sequía concuerdan con periodos analizados de escurrimiento reconstruido por anillos de árboles (Martínez-Sifuentes et al., 2020).

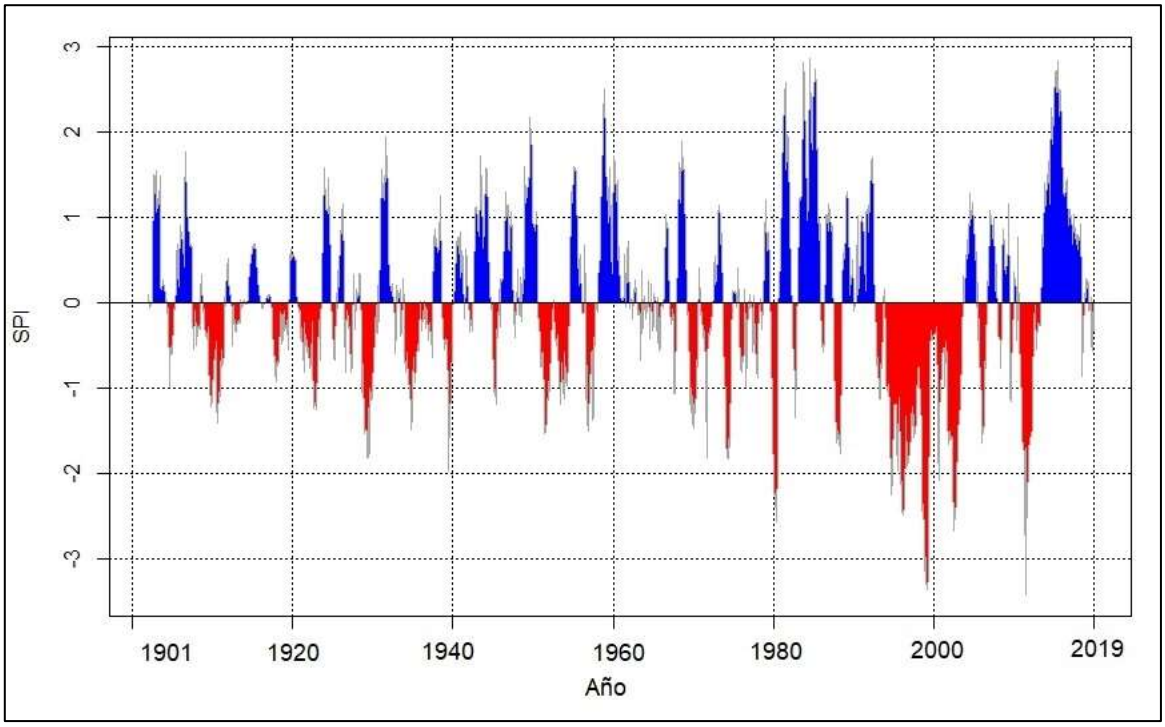


Figura 2. Índice SPI para la cuenca del río Mayo (1901-2019).

Del análisis espectral de potencia, se identificaron dos picos significativos, el primero, con una frecuencia de 26.9 y 3.2 años, al 95% de confianza (Figura 3). Dichos picos se encuentran asociados al dominio del fenómeno ENSO (Li et al., 2011), donde en dichas frecuencias se han presentado los eventos de sequía más intensos en el norte de México (Cerano et al., 2011).

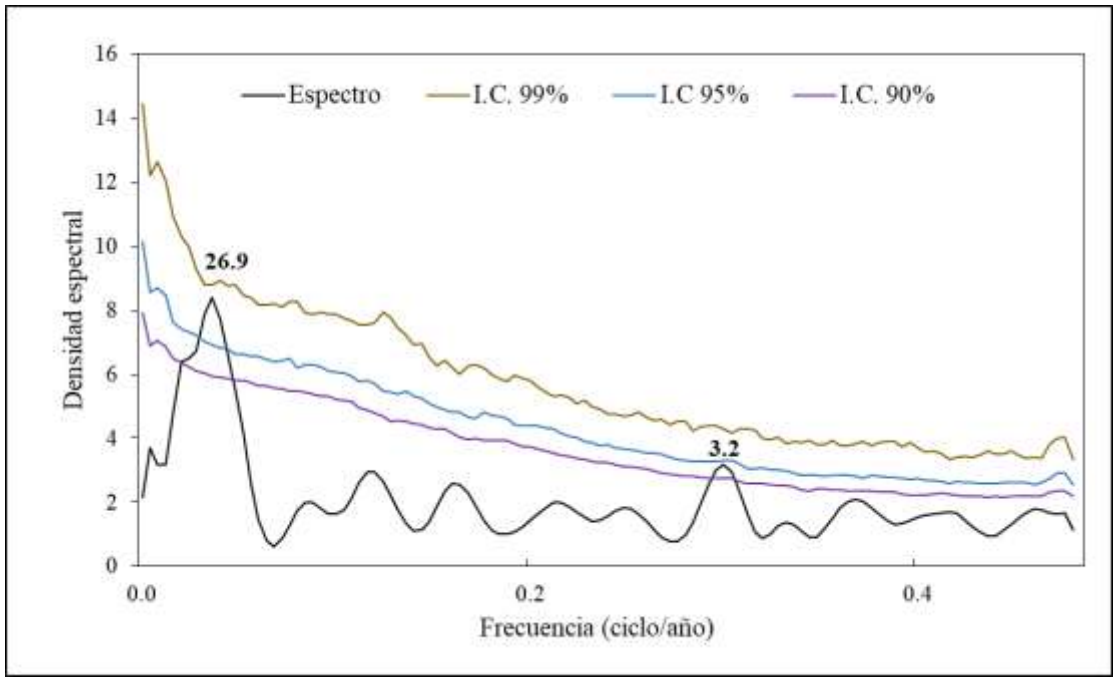


Figura 3. Análisis de densidad espectral para la serie de SPI (1901-2019).

El análisis de exploración espacial entre la serie del índice SPI y la temperatura de la superficie del mar, presentó una correlación de 0.2 a 0.4 ($p < 0.05$), lo cual corrobora la fuerte asociación entre el comportamiento hidroclimático que reside en la región de la cuenca del río Mayo y el fenómeno del Niño, ya que el área oceánica con esa correlación significativa, es la del dominio del ENSO 3.4 (Bruun et al., 2017).

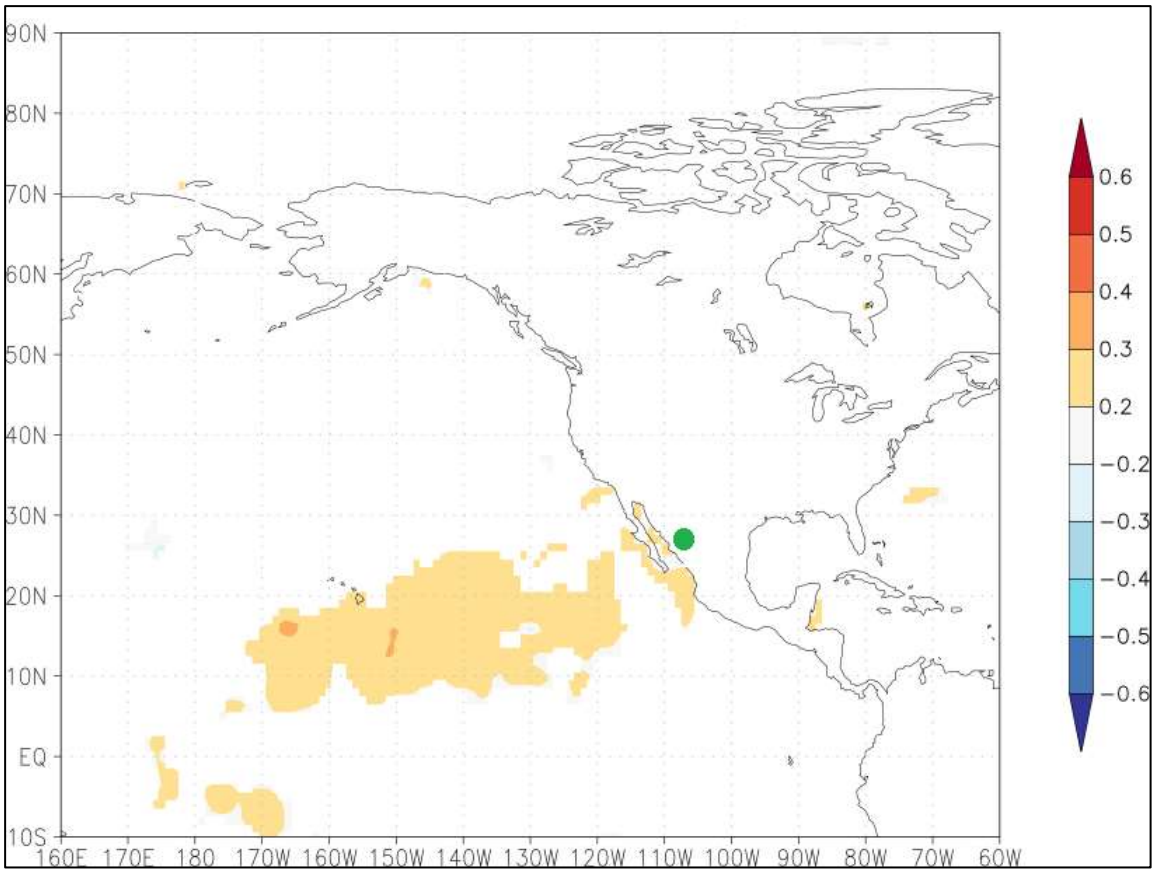


Figura 4. Análisis de correlación espacial entre el índice SPI y la temperatura superficial del mar (1901-2019); el punto verde corresponde al área geográfica de la cuenca del río Mayo.

CONCLUSIONES

El índice estandarizado de precipitación, permitió conocer la variabilidad hidroclimática de la cuenca del río Mayo en Sonora, mediante el uso de datos de reanálisis como los del Climate Research Unit. Se encontraron dos años catalogados como extremadamente secos (1995 y 1998), con valores de SPI muy por debajo de -2.0, así como cuatro eventos extremadamente húmedos (1958, 1983-1984 y 2015), con rangos de SPI por encima de 2.0. El análisis de densidad espectral y la exploración espacial con la temperatura superficial del mar, corroboró asociación de la variabilidad hidroclimática de la cuenca del río Mayo con el fenómeno océano-atmósfera ENSO.

REFERENCIAS

Bonaccorso, B., Bordi, I., Cancelliere, A., & Rossi, G. (2003). Spatial variability of Drought: An analysis of the SPI in Sicily. Water Resources Management: 17: 273-296.

Bruun, J.T., Allen, J.I., & Smyth, T.J. (2017). Heartbeat of the Southern Oscillation explains ENSO climate resonances. Journal of Geophysics Research: Oceans, 122, 6746-6772. DOI: 10.1002/2017JC012892

Cerano, J., Villanueva, J., Valdez, R.D., Cornejo, E.H., Sánchez, I., & Constante, V. (2011). Variabilidad histórica de la precipitación reconstruida con anillos de árboles para el sureste de Coahuila. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 2(4), 33-47. DOI: 10.29298/rmcf.v2i4.599

García E (1998). Weather, vectorial shapefile, scale 1:1.000.000. Mexico.

Grinsted, A., Moore, J.C., & Jevrejeva, S. (2004). Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series. Nonlinear Processes in Geophysics, European Geosciences Union (EGU), 11, 561-566.

Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P. et al. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Sci Data 7, 109 (2020). https://doi.org/10.1038/s41597-020-0453-3

Li, J., Xie, S.P., Cook, E.R., Huang, G., D'Arrigo, R., Liu, F., & Zheng, X.T. (2011). Interdecadal modulatrion of El Niño amplitude during the past millennium. Nature Climate Change, 1, 114-118. DOI: 10.1038/nclimate1086.

Martínez-Sifuentes AR, Villanueva-Díaz J, Estrada-Ávalos J (2020). Runoff reconstruction and climatic influence with tree rings, in the Mayo river basin, Sonora, Mexico. iForest 13: 98-106. - doi: 10.3832/ifor3190-013

McKee TB, Doesken NJ, Kleist J (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology. AMS, Boston, MA, pp.179–184.

OMM, Organización Meteorológica Mundial. (2012). Índice normalizado de precipitación. Guía del usuario. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial.

Ortega, G. D. (2012). Sequía en Nuevo León: vulnerabilidad, impactos y estrategias de mitigación. Apodaca, México: Instituto del Agua del Estado de Nuevo León.

Quiring SM, Papakryiakou TN (2003). An evaluation of agricultural drought indices for the 670 Canadian prairies. Agricultural and Forest Meteorology 118: 49-62. – doi: 10.1016/S0168-671 1923(03)00072-8.

Rayner, N. A., Parker, D. E., Horton, E. B., Folland, C. K., Alexander, L. V., Rowell, D. P., Kent, E. C., Kaplan, A. (2003). Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century J. Geophys. Res.Vol. 108, No. D14, 4407 10.1029/2002JD002670

RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA

Stahle D, D´Arrigo P, Krusic M, Cleaveland K, Cook E, Allan R, Cole J, Dunbar R, Therrell M, Gay D, Moore M, Stokes M, Burns B, Villanueva J, Thompson L (1998).

Experimental dendroclimatic reconstruction of the Southern Oscillation. Bulletin of the American Meteorological Society 79: 2137-2152. – doi: 10.1175/15200477.

Vicente-Serrano SM, Beguería S, López-Moreno JI (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. Journal of Climate 23: 1696-1718. – doi: 10.1175/2009JCLI2909.1

Woodhouse C, Stahle D, Villanueva J (2012). Rio Grande and Rio Conchos water supply variability over the past 500 years. Climate Research 51:125-136. – doi: 10.3354/cr01059.

LAS NANOPARTICULAS DE ÓXIDO DE ZINC INCREMENTAN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS DE MELÓN

Rivera-Gutierrez, R.G.[1]; Fortis-Hernández, M.[1] ; Preciado-Rangel, P.[1]; Betancourt-Galindo, R.[2]; Puente-Urbina, B.[2];

[1]Tecnológico Nacional de México – Campus Instituto Tecnológico de Torreón (TecNm – ITT). Antigua Carretera Torreón – San Pedro km 7.5, Torreón, Coahuila, CP. 27170, Tel (871)7507199, México; (ing.ruben_faz@hotmail.com; fortismanuel@hotmail.com; ppreciador@yahoo.com.mx). [2]Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). Enrique Reyna H. No. 140, San José de los Cerritos, C.P 25294, Tel (844)4389830 Saltillo, Coah., México; (rebeca.betancourt@ciqa.edu.mx; bertha.puente@ciqa.edu.mx).

RESUMEN

La investigación consistió en la aplicación foliar de Nanopartículas de óxido de zinc (NPs ZnO), dos fuentes comerciales (Z40 y GZ), además de un tratamiento testigo y su efecto en el rendimiento y calidad comercial en frutos de melón (*Cucumis melo* L.) cv Crusier. Los tratamientos consistieron en la aplicación foliar de cinco dosis de NPs ZnO: 50, 100, 150, 200 y 250 mg L^{-1}. Los resultados indicaron que el mayor rendimiento fue para el tratamiento con 200 mg L^{-1} de NPs ZnO con un incremento de 53 t ha^{-1}, con relación al testigo. La mayor concentración de zinc en pulpa fue observada con 200 mg L^{-1} de NPs ZnO. El uso de Nanopartículas de zinc es una buena alternativa para mejorar el rendimiento, solidos solubles y la concentración de Zinc en frutos de melón, siendo una opción para combatir la desnutrición global de este micronutrimento.

Palabras clave: Nanopartículas, *Cucumis melo* L., Fenoles, Flavonoides, DPPH +.

ABSTRACT

The research consisted of the foliar application of zinc oxide Nanoparticles (NPs ZnO), two commercial sources (Z40 and GZ), in addition to a control treatment and its effect on the yield and commercial quality of melon fruits (*Cucumis melo* L.) cv Crusier. The treatments consisted of the foliar application of five doses of NPs ZnO: 50, 100, 150, 200 and 250 mg L^{-1}. The results indicated that the highest yield was for the treatment with 200 mg L^{-1} of NPs ZnO with an increase of 53 t ha^{-1}, in relation to the control. The highest concentration of zinc in pulp was observed with 200 mg L^{-1} of NPs ZnO. The use of zinc nanoparticles is a good alternative to improve yield, soluble solids and the concentration of Zinc in melon fruits, being an option to combat global malnutrition of this micronutrient.

Key Words: Nanoparticles, Cucumis melo L., Phenols, Flavonoids, DPPH +.

INTRODUCCIÓN

El melón (*Cucumis melo* L.) es una de las hortalizas que se cultiva en muchas regiones del mundo, en el año 2019 se reportaron 1 039 691 hectáreas de huertas de melón, siendo China, Irán y Turquía, los principales países productores (FAOSTAT, 2020). En el estado de Coahuila, Mex., 1 800 productores sembraron más de 6 mil hectáreas con un alto grado de especialización, calidad e inocuidad, lo que ha permitido su exportación (Arellano *et al*., 2017). La pulpa de melón es rica en agua, proteínas, lípidos, fuente de vitamina C y beta-carotenos (Maietti, 2012). Es una fuente de antioxidantes y polifenoles bioactivos, que proporcionan beneficios importantes para la salud, particularmente para el sistema cardiovascular (López *et al*., 2007). Además, es ligeramente diurético, ya que elimina las toxinas del cuerpo (Bayer, 2018). El zinc, es un micronutriente esencial para las plantas y los seres humanos, a nivel mundial más del 30 % de la población tiene deficiencia de este elemento (Amarakoon et al., 2012), afectando negativamente el desarrollo cognitivo, cerebral y reproductivo de las personas (Salgueiro *et al*., 2004). Se han propuesto estrategias para atenuar este problema, una de ellas ha sido la Biofortificación donde es posible obtener frutos enriquecidos con minerales (Restrepo et al., 2020). Reportes han mostrado que es posible obtener frutos biofortificados con minerales, incrementando su concentración en las porciones comestibles de las plantas (Neeraja *et al*., 2017). El uso y aplicación de Nanopartículas metálicas 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 de sus frutos (Prasad *et al*., 2014). Las NPs ZnO aplicadas vía foliar minimizan el uso de fertilizantes, aumentan la eficiencia y mayor disponibilidad de nutrientes en las plantas (Nandhini *et al*., 2019). La aplicación de las Nanopartículas de óxido de zinc (NPs ZnO), han demostrado tener efectos positivos sobre parámetros nutricionales y fisiológicos en algunos cultivos (Rizwan *et al*., 2018), además de incrementar su contenido en la parte comestible de la planta (Subbaiah *et al*., 2016). Sin embargo, la información de los efectos de su aplicación de esta manera aún es escasa, por lo que el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la aspersión foliar de Nanopartículas de zinc en la producción, calidad nutracéutica y su Biofortificación de frutos de melón desarrollados en condiciones de campo abierto.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en suelo agrícola en el ejido Rosas, Municipio de Tlahualilo, Durango, México, se encuentra a 1,095 msnm. Se localiza en las coordenadas 26° 06’ 38’’ N y 103° 26’ 17’’ O. Según la clasificación de Köeppen modificado por García (2004): Clima seco desértico o estepario cálido con lluvias en el verano e inviernos frescos. La precipitación pluvial es de 258 mm y la temperatura media anual es de 22.1 ºC, con rangos de 38.5 como media máxima y 16.1 como media mínima. La evaporación anual media aproximadamente es de 2 396 mm.

Nanopartículas de Óxido de Zinc

Las Nanopartículas utilizadas fueron de Óxido de Zinc (NPs ZnO), con un tamaño entre 20 y 60 nm, una pureza de 97 %, de color blanco, y de forma estructural semiesférica y poligonal (Figura 1). Las NPs ZnO fueron sintetizadas a través de precipitación controlada de acuerdo con lo reportado por (Ramírez Barrón *et al*., 2019), mediante el método de hidrólisis química.

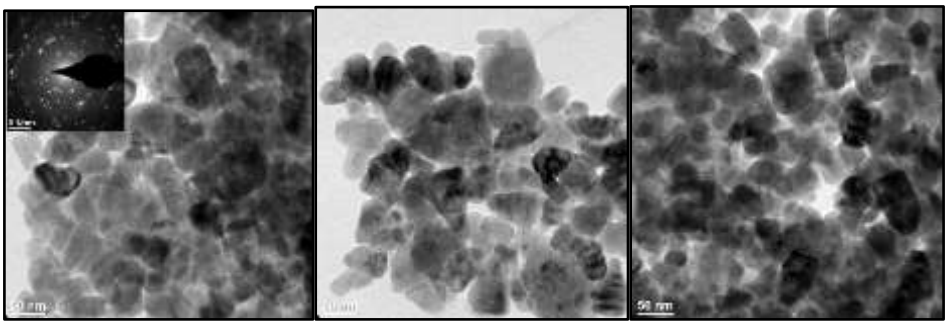


Figura 1. Forma estructural de las Nanopartículas de Óxido de Zinc (NPs ZnO).

Material vegetal y cultivo

El material vegetativo utilizado fue melón (*Cucumis melo. L*) hibrido cv crusier tipo cantaluope (*Harris Moran Seed Companyr* ®). La siembra directa se realizó el 20 de marzo del 2019. Se construyeron bordos a doble hilera formando una micro-parcela ("cama melonera") a una distancia de cuatro metros entre bordos y una separación entre plantas de 30 cm para una densidad de 16,665 plantas por hectárea. De acuerdo al paquete tecnológico para este cultivo (Cano *et al*., 1992), se realizó la preparación de suelo que consistió en barbecho a 30 cm de profundidad, doble rastreo, seguido de una nivelación, construcción de camas meloneras y bordos para conducción y/o retención del agua de riego. La fertilización fue mecánica utilizando la fórmula química 120-60-00 (N-P_2O_5-K_2O); se incorporó todo el fosforo y la mitad del nitrógeno al momento de la siembra, y el resto del nitrógeno al momento de la floración. Los fertilizantes fueron fosfato monoamónico ($NH_4H_2PO_4$) y sulfato de amonio [$(NH_4)_2SO_4$]. El riego fue con agua de la presa Francisco Zarco; se aplicó un riego de presiembra de 30 cm, durante el ciclo de cultivo se dieron seis riegos de auxilio con láminas de 15 cm cada uno, en total se aplicó una lámina de 120 cm.

Tratamientos y diseño experimental

El diseño experimental fue bloques al azar considerando ocho tratamientos con cuatro repeticiones, conformando 32 unidades experimentales; cada una de ellas constituida por un área de cuatro metros de ancho por diez metros de largo (40 m^2). Las concentraciones de NPs ZnO aplicadas fueron las siguientes: T1 = Control, T2 = 50 mg L^{-1}; T3 = 100 mg L^{-1}; T4 = 150 mg L^{-1}; T5 = 200 mg L^{-1}; T6 = 250 mg L^{-1}; T7= Z 40 (1 L ha^{-1}) y T8=GZ (1 mL L^{-1} de agua). Los tratamientos T7 y T8, consistieron en la aplicación de fertilizantes foliares comerciales, el Zinc 40 (Z40: concentración 40%) Tec-Fort® y Gro-Zinc (GZ: concentración

9.66%) GRODECO®, ambos fertilizantes quelatados. Las nanopartículas fueron aplicadas con una aspersora manual Lola de 20 L (Swissmex ®). Cada concentración de NPs ZnO se disolvió en ocho litros de agua desionizada (Quimicrón ®) y para una mejor adherencia se le agrego un acidificante - adherente no iónico (AF-OPTIMUS®) a una dosis de 1 - 2 mL L de agua de aspersión. Se realizaron tres aplicaciones foliares de NPs ZnO y de los fertilizantes convencionales, la primera a los 20 días después de la siembra, cuando el cultivo presentaba expansión del follaje, posteriormente cada 15 días, en promedio fueron aplicados 40 mL por planta. Las aplicaciones fueron realizadas por la mañana, sin presencia de viento y mojaron toda la planta y (Trinidad y Aguilar, 1999).

Variables Evaluadas

Rendimiento, Solidos Solubles y Firmeza de Fruto

Para el análisis de las variables se consideraron ocho plantas por tratamiento, dos por cada repetición, los frutos cosechados considerados fueron aquellos que presentaron madurez comercial, es decir, estado firme-maduro o "3/4 desprendido", entre 1.2-1.5 kg, y sin daños físicos (Beaulieu y Jeanne, 2007). Rendimiento; para esta variable se consideró el peso de todos los frutos cosechados por unidad experimental, la densidad de siembra y se extrapolo para una hectárea, los resultados fueron reportados en t ha^{-1}. Los sólidos solubles totales (SST) se midieron con un Refractómetro óptico Master T 0-53 brix AT-MASTER53T (Twiligth ®, USA), para ello se partieron los frutos y se colocó una gota de jugo en el vidrio y se tomó la lectura. Los resultados se expresaron como °Brix. La firmeza del fruto (FF) se midió en dos melones de cada repetición con un Penetrómetro marca Extech ® Instruments modelo FHT200 (USA), se utilizó la punta o embolo de 8 mm. Se quitó el exocarpio (cáscara) y éstos fueron colocados sobre una superficie plana, se realizaron cuatro penetraciones por fruto (Azam *et al*., 2015) y se promediaron los resultados registrándose como fuerza máxima de compresión (N).

Contenido de Zinc (Zn).

Se determinó el contenido de zinc en la *cascara*, *pulpa* y *semillas* de seis frutos de melón por tratamiento. El método utilizado fue por espectrofotometría de absorción atómica (AOAC, 1995), utilizando un equipo de la marca Perkin Elmer® modelo 3110. Los resultados se reportaron en mg kg^{-1}.

Análisis estadístico

Los datos de las variables fueron analizados mediante análisis de varianza y prueba de separación de medias utilizando la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) con el paquete estadístico SAS (*Statistical Analysis System Institute*) versión 9.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento, Solidos Solubles y Firmeza

Las aplicaciones foliares de NPs de ZnO incrementaron el rendimiento, solidos solubles y firmeza en frutos de melón cantaloupe. El tratamiento de 200 mg L^{-1}, reporto el mayor rendimiento con 53 t ha^{-1}, el tratamiento con la fuente comercial de zinc (GZ) 43.95 t ha^{-1} y el control 40 t ha^{-1}. Los rendimientos medios regionales reportados para este cultivo son de 45.2 t ha^{-1} (García-Mendoza *et al*., 2019), en ambos casos las aplicaciones de las Nanopartículas superaron estos valores. Diversos estudios señalan que los efectos positivos de las NPs ZnO puede ser atribuido a que el zinc es indispensable para desarrollar actividades metabólicas y catalíticas en el crecimiento de las plantas (Fageria *et al*., 2016); regula actividades enzimáticas y reacciones bioquímicas que conducen a la formación de clorofila y carbohidratos (Gawrońska *et al*., 2018). Respecto a solidos solubles y firmeza, los valores reportados para esta hortaliza en la región son entre 6.5 a 11 °Brix y firmeza de 38 Newton (Moreno-Reséndez *et al*., 2014). El tratamiento de 200 mg L-1, supero al valor regional, pero fue inferior a firmeza. De acuerdo a estándares internacionales melones con contenidos de azúcar 12 – 14 °Brix son los adecuados para el mercado internacional; y valores de 9 °Brix son los óptimos para la calidad interna óptima de los melones (Bower *et al*., 2002).

Cuadro 1. Comparación de parámetros de calidad comercial de frutos de melón cantaloupe por efecto de la aplicación foliar de NPs ZnO en diferentes concentraciones.

NPs ZnO mg L^{-1}	**Rendimiento (t ha^{-1})**	**Solidos solubles (° Brix)**	**Firmeza (Newton)**
Control	40.09 ± 8.35 d	11.26 ± 0.38 b	17.75 ± 1.25 b
50	44.95 ± 3.64 bdac	11.37 ± 0.22 b	21.25 ± 3.59 ba
100 mgL^{-1}	51.63 ± 2.93 ba	11.85 ± 0.75 b	22.25 ± 3.59 ba
150 mgL^{-1}	48.93 ± 7.13 bac	11.76 ± 1.05 b	23.00 ± 5.83 a
200 mgL^{-1}	52.96 ± 5.59 a	12.73 ± 0.31 a	24.50 ± 6.45 a
250 mgL^{-1}	49.73 ± 5.03 bac	11.94 ± 0.48 b	20.50 ± 5.68 ba
Z40	42.53 ± 5.36 dc	11.65 ± 0.21 b	21.75 ± 2.21 ba
GZ	43.95 ± 5.39 bdc	11.60 ± 0.13 b	21.75 ± 3.77 ba

*Promedios con letras distintas, dentro de una misma columna, indican diferencia significativa (Tukey; $P \leq 0.05$). Dónde: LSD: diferencia mínima significativa

Contenido de Zinc (Zn) en frutos de Melón Cantaloupe

Las aplicaciones foliares de NPs ZnO influyeron en el contenido de zinc presente en la cascara, pulpa y semillas de los frutos de melón. El tratamiento de 200 mg L^{-1} NPs ZnO, fue el que presentó el mayor contenido de zinc en pulpa (52.96 mg kg^{-1}), superando al tratamiento control en un 24%, y a GZ en 17 %. En otros estudios se han reportado contenidos de zinc de 22 mg kg^{-1} peso seco en pulpa de melón (López-Zaplana *et al*., 2020). Sin embargo, a medida que se aplicó una mayor concentración los valores de zinc en pulpa disminuyeron en 6%. El Instituto de Medicina (2002) reporta un requerimiento de 11 mg $día^{-1}$ de zinc en adolescentes de 14 a 18 años, y de 9.4 mg para personas mayores de 19 años; no se recomienda ingerir dosis mayores de 25 mg, ya que puede causar anemia y deficiencia de cobre (Lenntech, 2021). En este sentido, la utilización de NPs con zinc es una manera eficaz de enriquecer a los cultivos, ya que al trasladar Zn por tejidos vegetales se provocará una Biofortificación lo que podría ayudar a solucionar la deficiencia de Zn en la dieta humana (Cakman y Kutman, 2018).

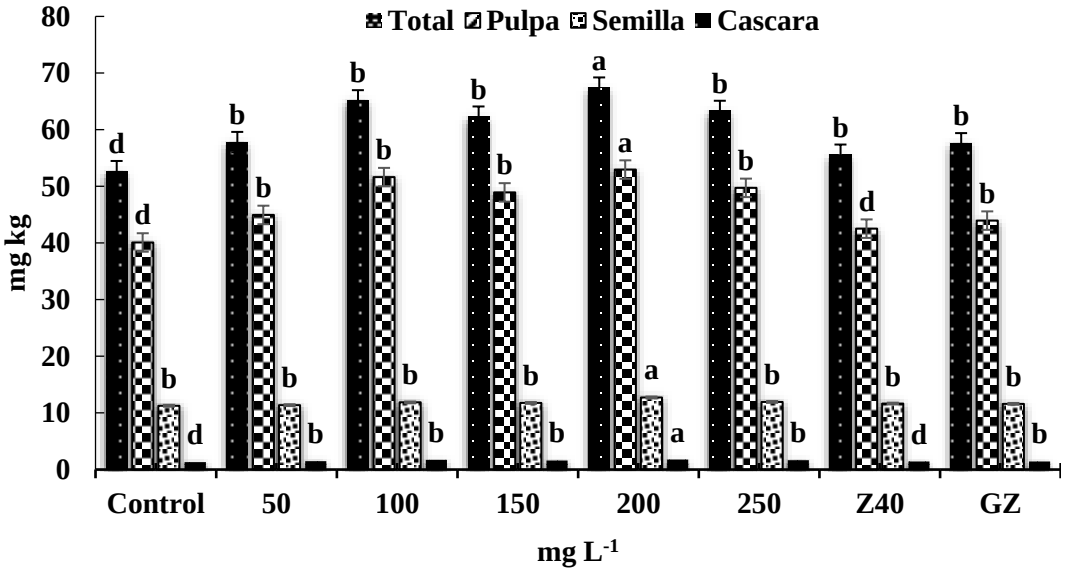


Figura 1. Contenido de zinc en cascara, pulpa y semillas de frutos de melón cantaloupe con aplicaciones foliares de diferentes concentraciones de Nanopartículas de zinc y fertilizantes comerciales convencionales. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

La aspersión foliar de NPs ZnO es una manera practica de enriquecer los frutos de melón y mitigar las deficiencias de este micro nutrimento en la población. La aplicación foliar de NPs ZnO mejora el rendimiento y la calidad comercial de los frutos de melón. El rendimiento y la calidad del cultivo de melón depende de la concentración utilizada de NPs ZnO ya que dosis de 200 mg L^{-1} favorecen el rendimiento y una mayor concentración de Zn en pulpa.

REFERENCIAS

Amarakoon, D., Thavarajah, D.; McPhee, K. & Thavarajah, P. 2012. Iron-, zinc-, and magnesium-rich field peas (*Pisum sativum* L.) with naturally low phytic acid: A potential food-based solution to global micronutrient malnutrition. Dakota, USA. Journal of Food Composition and Analysis, 27(1), 8–13. http://dx.Doi.org/10.1016/j.jfca.2012.05.007.

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Arlington VA, USA. 16 p.

Arellano, M.; Blundell, R.; & Bonhomme, S. 2017. Earnings and Consumption Dynamics: A Nonlinear Panel Data Framework. Chicago, USA. Econometrica, 85(3), 693–734. Doi:10.3982/ecta13795

Azam, M. M.; Eissa, A. H. A. and Hassan, A. H. 2015. Monitoring of change in cantaloupe fruit quality under pre-cooling and storage treatments. King, Saudi Arabia. J. Food Process Technol. 6(12):1-6. doi:10.4172/2157-7110.1000527.

Bayer. 2018. Bayer cross design and seminis melón, una fresca opción para tu siembra de verano. Recuperado de https://www.seminis.mx/melon-una-fresca-opcion-para-tu-siembra-de-verano/. Consultado el 07 julio 2021.

Beaulieu, J.C and Jeanne M.L. 2007 Quality Changes in Cantaloupe During Growth, Maturation, and in Stored Fresh-cut Cubes Prepared from Fruit Harvested at Various Maturities. New Orleans, USA. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 132(5):720-728.

Bower, J.H.; Latché, P. and Jean-Claude. 2002. Culture conditions and detachment of the fruit influence the effect of ethylene on the climacteric respiration of melon. Sydney, Australia. Postharvest Biology and Technology. 26(2): 135-146. Doi:10.1016/s0925-5214(02)00007-8.

Cakmak, I. & Kutman, U. B. 2017. Agronomic biofortification of cereals with zinc: a review. Istanbul, Turkey. European Journal of Soil Science, 69(1), 172–180. Doi:10.1111/ejss.12437

Cano, R.P.; Moreno, L.E.; Espinoza, J.J.; Jiménez, F. y Nava, U. 1992. Guía para Cultivar Melón en la Comarca Lagunera. Campo Experimental “La Laguna” de INIFAP. Matamoros, Coah.

Fageria, N. K. 2016. The use of nutrients in crop plants. Boca raton: CRC press. 448. p. doi:10.1201/9781420075113.

Faostat. 2020. Food and Agriculture Organization the United Nations Statistics. 2020. p. http://www.fao.org/faostat/en/#home.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, adaptado a las condiciones de la República Mexicana. 5a (Ed.). No. 6. Instituto de Geografía-Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).1-97

García-Mendoza, V.; Cano-Ríos, P. y Reyes Carrillo, J. L. 2019. Harper-type melon hybrids Have higher quality and longer postharvest life than commercial hybrids. Torreón, Coahuila. Revista Chapingo Serie Horticultura. 25(3):185-197. http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2019.05.008

Gawrońska, H. P.; Arkadiusz, S.; Pawlak, K.; Brama, K.; Miszczak, A.; Stankiewicz-Kosyl, M. and Gawronski, S. 2018. Platinum uptake, distribution and toxicity in Arabidopsis thaliana L. plants. Warsaw, Poland. Ecotoxicology and Environmental Safety. 147:982-989. Doi: 10.1016/j.ecoenv.2017.09.065.

Lenntech. 2021. Ingesta diaria recomendada de vitaminas y minerales. https://www.lenntech.com/recommended-daily-intake.htm. Consultado 13 de abril del 2021.

López, M. V.; Garcia, A. & Rodriguez, L. 2007. Sustainable Development and Corporate Performance: A Study Based on the Dow Jones Sustainability Index. Granada, Spain. Journal of Business Ethics, 75(3):285–300. Doi:10.1007/s10551-006-9253-8.

López-Zaplana A.; Bárzana, G.; Agudelo, A. y Carvajal, M. Tratamientos minerales foliares para la reducción del agrietamiento del fruto del melón (Cucumis melo L.). 2020. Agronomía 10 (11): 1815. Doi.org/10.3390/agronomy10111815

Maietti, A; Tedeschi, P.; Stagno, C.; Bordiga, M.; Travaglia, F.; Locatelli, M.; Arlorio, M y Brandolini V. 2012. Analytical Traceability of Melon (*Cucumis Melo* Var Reticulatus): Proximate Composition, Bioactive Compounds, and Antioxidant Capacity in Relation to Cultivar, Plant Physiology State, and Seasonal Variability. Novara, Italy. Journal of Food Science, 77(6):646–652. Doi:10.1111/j.1750-3841.2012.02712. x.

Moreno-Reséndez, A.; García-Gutiérrez, L.; Cano-Ríos, P.; Martínez-Cueto, V.; Márquez-Hernández, C. y Rodríguez-Dimas, N. 2014. Desarrollo del cultivo de melón (*Cucumis melo,* L) con vermicompost bajo condiciones de invernadero. Coahuila, Mex. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 1(2):163-173.

Nandhini, M. R.; Udayashankar, S. B.; Niranjana, S. R.; Søgaard, O.; Shetty, H. and Prakash, H. S. 2019. Bio-fabricated zinc oxide nanoparticles as an eco-friendly alternative for growth promotion and management of downy mildew of pearl millet. Mysuru, India. Crop Protection. 121:103-112. Doi: 10.1016/j.cropro.2019.03.015

Neeraja, C. N. B; Ram, S.; Hossain, F.; Hariprasanna, K.; Rajpurohit, B. S.; Prabhakar, L. T.; Prasad, K. S.; Sandhu, J. S. and Datta, S. K. 2017. Biofortification in cereals: progress and prospects. India. Current Sci. 113(6):1050-1057. Doi:10.18.520/cs/v113/i06/1050-1057.

Prasad, R.; Shivay, Y.S. & Kumar, D. 2014. Chapter Two - Agronomic Biofortification of Cereal Grains with Iron and Zinc. New Delhi, India. In: Donald LS. (ed.) Advances in Agronomy. Academic Press. 55-91.

Ramírez-Barrón, S. N.; Sánchez-Valdés, S.; Puente-Urbina, B. A.; Martínez-Montemayor, S.; Esparza-González, S. C. Y Betancourt-Galindo, R. 2019. Preparation of a Pressure Sensitive Adhesive (PSA) with the ZnO Nanoparticles Incorporation. Study of its Physicochemical and Antimicrobial Properties. Saltillo, Coahuila., Mex. Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica. 40(1):1-10. Doi:10.17488/rmib.40.1.5.

Restrepo-Betancur y López-Marín, B. E. 2020. Biofortificación de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con cianocobalamina y micronutrientes aminoquelados (Zn, Fe). Medellin, Colombia. Rev. Esp., Nutr. Hum. Diet. 24(3):247-55. Doi:10.14306/renhyd.24.3.1011.

Rizwan, M.; Ali, S.; Ali, B.; Adrees, M.; Arshad, M.; Hussain, A.; Zia, R. M. and Waris, A. A. 2018. Zinc and iron oxide nanoparticles improved the plant growth and reduced the oxidative stress and cadmium concentration in wheat. Faisalabad, Pakistan. Chemosphere. 1-27. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.09.120

Salgueiro, M. J.; Weill, R; Hernández-Triana, M.; Zubillaga, L. A.; Ruiz, C.; Vladimir, B. J. y Caro, R. 2004. Deficiencia de zinc en relación con el desarrollo intelectual y sexual. Buenos Aires, Argentina. Rev. Cub. Sal. Públ. 30(2):01-12

Subbaiah, L. P.; Tollamadugu, N. V.; Gilidiará, K.; Timmavajjula, S. P.; Reddy, B. and Pradeep, T. N. 2016. Novel Effects of Nanoparticulate Delivery of Zinc on Growth, Productivity, and Zinc Biofortification in Maize (*Zea mays* L.). Tirupati, India. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 64(19):1-35. Doi: 10.1021/acs.jafc.6b00838

Trinidad Santos, Antonio; Aguilar Manjarrez, Diana. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. Montecillo, Estado de México. Terra Latinoamericana, 17(3)247-255.

METODOLOGIA PARA DISMINUIR LA EMISION DE DIOXIDO DE CARBONO DURANTE LA FABRICACION DE COMPOSTA (AVANCES)

Puente-Valenzuela CO[1]*., Hernández-Gómez MA[2]., Torres-Guardado JE[3]., Gutiérrez-Torres PG[4]., Carrillo-Castañeda JB[5].

[1]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID RASPA) INIFAP, [2]Ingenieria Química del Instituto Tecnológico de la Laguna, [3]Licenciatura Químico Farmacéutico Biólogo UJED Gómez Palacio, [4]Licenciatura en Biología UJED [5]Programa de posgrado en Agricultura Orgánica Sustentable Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED. *puente.cristo@inifap.gob.mx

RESUMEN

En la comarca lagunera existen dos actividades de importancia económica, la agropecuaria y la explotación del mármol, las cuales producen grandes cantidades de residuos representando la generación de contaminación ambiental y de paisaje. Existen procesos y prácticas de reusó de estos residuos, entre las cuales el compostaje es la más empleada para el estiércol la cual promueve la generación de gases de efecto invernadero como en dióxido de carbono derivado de la degradación de la materia orgánica. En el presente trabajo se evaluó el efecto del residuo de mármol sobre la emisión de dióxido de carbono bajo condiciones experimentales del laboratorio y pruebas de evolución de dióxido de carbono en frasco hermético mediante la generación de los siguientes tratamientos con masa de residuo de mármol para lograr los porcentuales de 2.5, 5.0, 10, 20, 40, 60 y 100 (T1, T2, T3, T4, T5, T6 y T7 respectivamente) junto con su tratamiento de testigo químico con 10 por ciento de carbonato de calcio (TQ), un testigo (sin adición de desecho de mármol, T0). La emisión de dióxido de carbono se vio significativamente disminuida hasta en un 40.9 por ciento con respecto al testigo en los tratamientos T2 y T3, tratamientos menos influenciados por el efecto de dilución de la materia orgánica.

ABSTRACT

In the Region Lagunera there are two activities of economic importance, agriculture and marble exploitation, which produce large amounts of waste representing the generation of environmental and landscape pollution. There are processes and practices for the reuse of these wastes, among which composting is the most used for manure, which promotes the generation of greenhouse gases such as carbon dioxide derived from the degradation of organic matter. In the present work, the effect of the marble residue on the emission of carbon dioxide was evaluated under experimental laboratory conditions and carbon dioxide evolution tests in airtight flasks by generating the following treatments with marble residue mass to achieve the percentages of 2.5, 5.0, 10, 20, 40, 60 and 100 (T1, T2, T3, T4, T5, T6 and T7 respectively) together with their chemical control treatment with 10 percent calcium carbonate (TQ), a control (without the addition of marble waste, T0). Carbon dioxide emission was significantly decreased by up to 40.9 percent with respect to the control in treatments T2 and T3, treatments less influenced by the dilution effect of organic matter.

INTRODUCCION

El compostaje es el proceso de biodegradación aerobia bajo condiciones controladas de aireación, humedad y temperaturas; combinando fases mesófilas (temperatura y humedad

medias) y termófilas (temperatura superior a 45ºC) (Negro et al, 2000) donde poblaciones microbianas constituidas principalmente por hongos y bacterias descomponen secuencialmente desechos orgánicos que pueden llegar a ser desagradables, transformándolos en un producto estable e higienizado, aplicable como abono o sustrato. El organismo predominante en una composta no siempre será el mismo, dependerá de las condiciones nutricionales y ambientales en cuyas variaciones intervienen sus propias actividades. Para obtener un producto final viable con un importante contenido de materia orgánica y nutrientes, sin patógenos y este pueda ser adecuado para su uso como enmienda del suelo; en el proceso de compostaje debe haber un estricto control de las condiciones en las que los desechos son tratados , Todos los parámetros son importantes y pueden estar relacionados entre sí, como el contenido de oxígeno, la humedad, la composición del alimento, el pH y la temperatura, Influyen en este suceso donde los microrganismos consumen oxigeno mientras se alimentan de materia orgánica y se liberan grandes cantidades de vapor de agua y CO2 (Gonzálvez, V., & Pomares, F. 2008). El compostaje ofrece ventajas prometedoras en el área agropecuaria como las enmiendas, ya que estas ayudan al acondicionamiento del suelo mejorando las propiedades químicas y la actividad biológica. El compostaje puede sostener también el manejo adecuado de estiércoles que no se detienen solo a ser un producto de desecho si no que ofrecen beneficios para la economía y el medio ambiente disminuyendo los riesgos de contaminación y malos olores, así como la destrucción de patógenos. Para obtener una buena enmienda y por consiguiente una buena producción agrícola no es suficiente la recolección o acumulación de materia orgánica y dejar el trabajo a los microorganismos ya que debe existir un control estricto control en los parámetros implicados para lograr que haya equilibrio entre la entrada de nutrientes aplicados al suelo y los nutrientes utilizados por la cosecha para que no exista empobrecimiento o acumulación de nutrientes que a la larga pueden ser perjudícales. Las principales fuentes de materia orgánica pueden ser: estiércol de ganadería, compost de origen vegetal, humus de lombriz, abonos verdes y restos vegetales que puedan enterrarse tras finalizar el cultivo. En comparación con fertilizantes sintéticos la aplicación de estiércoles en suelos agrícolas tiene ventajas conocidas como el carbono orgánico y minerales como el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); mejora el pH, aumenta la masa microbiana e incrementa la actividad enzimática haciendo disponible para la planta al N y el P.

La región de la comarca lagunera es caracterizada por su actividad agropecuaria según el (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP 2015) ocupa el primer lugar en poblaciones de bovino lechero donde se estima que se genera cerca de 1 200 000 de Mg de estiércol bovino húmedo al año, desechos que potencialmente liberarán metano equivalente a 50.946 Gg equivalentes de CO_2 contribuyendo en gran medida con las emisiones de gases de efecto invernadero e incidiendo significativamente al cambio climático. Según el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 en el inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero la emisión de CO_2 por los desechos a nivel nacional alcanza.1.75 Mte. A través de los años la materia orgánica se incrementa en todos los tratamientos de estiércol, así como los nitratos, la conductividad eléctrica (Trejo Escareño 2013). Los abonos orgánicos, principalmente composta con dosis de 20 a 30 $t*ha^{-1}$, son una alternativa para sustituir a la fertilización inorgánica. Las condiciones de estabilidad y madurez de las enmiendas aplicadas influyen en las condiciones biológicas y bioquímicas del suelo (desarrollo de la cantidad y actividad microbiana) y el desarrollo del cultivo.

El mármol es una roca metamórfica formada a partir de rocas calizas, su componente básico es la calcita ($CaCO_3$) (Chávez, J *et al*., 2015) su uso se centra en la industria de la construcción principalmente en la elaboración de pisos, muebles, cubiertas y columnas. Mundialmente las canteras más grandes en la producción de mármol se encuentran en Italia, España, Portugal, Turquía y Grecia. En América destacan por su producción: Estados unidos, Canadá, México y Brasil. (Coordinación General De Minería 2006). Particularmente en México las dos principales zonas productoras se encuentran en el estado de Puebla y la conocida como la laguna. La gran producción de mármol genera una enorme cantidad de residuos que trae consigo muchas repercusiones en temas de contaminación ambiental, visual y afecciones a la salud de personas que trabajan en la industria y comunidades cercanas donde se trabaja con él. Por lo general todas estas empresas no cuentan con programas para la gestión de desechos del mármol por lo que la problemática se extiende al pago de multas económicas por la carencia en el tratamiento de estos residuos. Santos, A., Villegas, N., & Betancourt, J. (2012). Las diversas investigaciones han encontrado resultados positivos para el uso de los residuos de mármol en distintos materiales. Entre los estudios que existen, se realizan esfuerzos para tratar de mitigar los efectos negativos, buscando alternativas para su uso en la fabricación de otros materiales, utilizando como materia prima dichos residuos. Actualmente a nivel mundial se vive una revolución en el aspecto del cuidado al medioambiente y muchos investigadores en el mundo han fijado sus ojos en los residuos de la industria del mármol. Entre los estudios que existen, se realizan esfuerzos para tratar de mitigar los efectos negativos, buscando alternativas para su uso en la fabricación de otros materiales, utilizando como materia prima dichos residuos.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en el laboratorio de suelos del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID RASPA) INIFAP, para la elaboración de los tratamientos se tomó una muestra de composta de pocos días de elaboración, se tamizo a una malla de 1.5 mm para homogenización de la muestra. Posterior se añadió la masa de residuo de mármol para lograr los siguientes tratamientos: 2.5, 5.0, 10, 20, 40, 60 y 100 por ciento (T1, T2, T3, T4, T5, T6 y T7 respectivamente) junto con su tratamiento de testigo químico con 10 por ciento de carbonato de calcio (TQ), un testigo (sin adición de desecho de mármol, T0) y una repetición del tratamiento 4 (T4R). Para la evaluación de la emisión de dióxido de carbono se realizó un experimento de taza de evolución de dióxido de carbono (frasco hermético) y trampa de hidróxido de sodio, a cada frasco se añadieron 50 g de cada uno de los tratamientos descritos, ajustados a un 80 por ciento de su capacidad de retención de agua, así mismo se realizó a la par un experimento con variación de humedad del tratamiento de 5 por ciento de desecho de mármol (T2), ajustando la humedad al 80, 40 y 20 por ciento respecto a su capacidad de retención de agua, generándose los siguientes tratamientos T2-80%, T2-40%, T2-20% con sus respectivos testigos sin la adición de residuo de mármol, T0-80%, T040% y T020%. Cada tratamiento se realizó por triplicado y se monitoreo por 16 días. Para la cuantificación del dióxido de carbono emitido por cada unidad experimental se colocaron 20 mL de hidróxido de sodio 1N en un vaso de precipitado para evitar el contacto con el sustrato, se evaluó la producción de dióxido de carbono por diferencia en el titulo con ácido clorhídrico 0.5 N, usando como indicador de termino fenolftaleína después de excluir la interferencia de carbonatos con el agregado de 30 mL de cloruro de bario 0.5 N. Para el cálculo de la

producción de dióxido de carbono se aplicó la siguiente formula. $A = [(B - C) * (D * E)]/[F * G]$, donde: *A*= mg CO_2-C g^{-1} (ST,MO)d^{-1}, *B*= Volumen de HCl estandarizado usado en la titulación del blanco, *C*= Volumen de HCl estandarizado usado en la titulación de muestra, *D*= Normalidad de HCl estandarizado, *E*= 6 Peso equivalente de C-CO_2 en NaOH, *F*= Peso húmedo de muestra en recipiente en gramos y *G*= unidad de masa, fracción de solidos totales(ST) y/o materia orgánica (MO) determinado en una muestra paralela, 0.00-1.00, g g^{-1} base húmeda determinada a 70±5°C o 550°C base a la masa seca, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la tabla 1 se muestran los valores de obtenidos de la cuantificación de dióxido de carbono producido (mg C-CO_2), así como el promedio de miligramos de dióxido de carbono producido por gramo de materia orgánica por día (mg C-CO_2/g (MO)*día), se representa la media y la desviación estándar de tres repeticiones. Se realiza un ANOVA de una vía seguido una prueba de comparaciones múltiples de Tukey en el software GraphPad Prism versión 8.0.0 para Windows, GraphPad Software, San Diego, California USA, www.graphpad.com", obteniendo las significancias reportadas en la tabla y figura 1.

Tabla 1. Valores de miligramos de carbono de dioxido de carbono acumulados y promedio de carbon de dioxido de carbono producido

Tratamiento	**%$CaCO_3$**	**mg C - CO_2** *(x ± s)*	**mg C-CO_2/g (MO)*día** *(x ± s)*	**% Disminución de CO_2**
T0	0	308.54 ± 10.56	1.01 ± 0.03^{a}	0.00
T1	2.5	245.62 ± 18.69	0.78 ± 0.06^{b}	22.77
T2	5	186.97 ± 17.94	0.61 ± 0.06^{b}	39.60
T3	10	179.07 ± 22.1	0.59 ± 0.07^{b}	41.58
T4	20	121.16 ± 9.86	0.5 ± 0.05^{bc}	50.50
T5	40	102.81 ± 18.54	0.48 ± 0.12^{c}	52.48
T6	60	37.16 ± 18.99	0.37 ± 0.16^{c}	63.37
T7	100	1.45 ± 2.52	0.02 ± 0.03^{d}	98.02
TQ	10	162.34 ± 12.13	0.54 ± 0.04^{be}	46.53
T4 R	20	138.95 ± 10.9	0.57 ± 0.04^{bf}	43.56

En la figura 1 panel A se grafican los datos de la columna 3 (mg C-CO_2) de la tabla 1, en el panel B se muestran las medias y la desviación estándar de tres repeticiones del experimento con variación de humedad del tratamiento 2, así como las significancias reportadas de un ANOVA de una vía con comparaciones múltiples de Tukey.

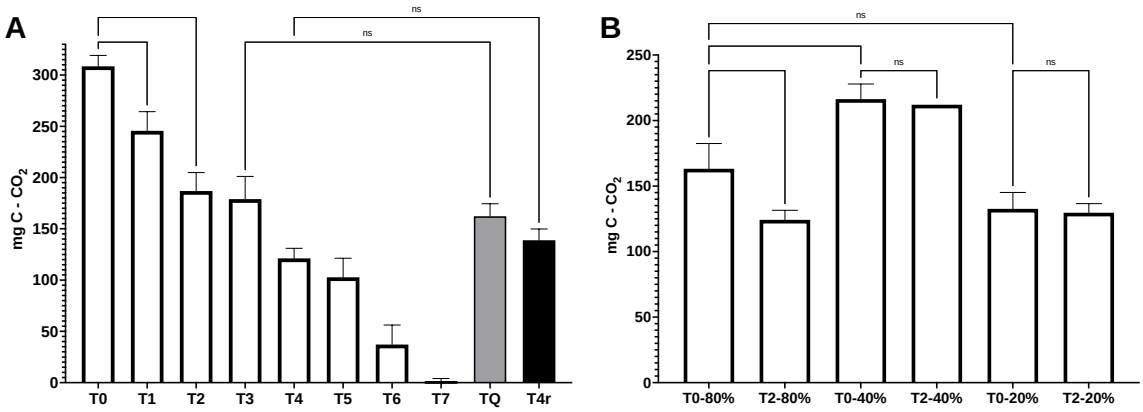


Figura 1. Contraste estadístico de la emisión de dióxido de carbono.
Para todos los casos se muestra la media y la desviación estándar de 3 repeticiones, el panel A se muestran los resultados de la suma de dióxido de carbono variando la concentración de residuo de mármol, en el panel B se muestra la suma de dióxido de carbono del tratamiento 2, variando el contenido de humedad.

Es evidente que existe una relación inversa entre el contenido de carbonatos y la emisión de dióxido de carbono, debe considerarse que el mayor efecto se logra en los tratamientos T2 y T3 con un promedio de disminución del 40.29 por ciento con respecto al testigo, pues a partir del T3 el efecto de dilución por agregado del desecho de mármol puede explicar la disminución, así mismo el factor humedad resulto ser un factor importante (ver figura 1, panel B) pues el efecto del desecho de mármol solo resulta significativo cuando se mantiene una humedad del 80 por ciento de la capacidad de retención de agua de la mezcla. Ramnarine *et al*., en el 2012 comenta que este efecto puede deberse al equilibrio químico que ocurre entre las fases sólidas, liquida y gaseosa del sistema, causando la formación de ácido carbónico y la subsecuente solubilización del carbonato de calcio en calcio divalente y aniones de bicarbonato. Haque *et al*., en el 2019 concluye de forma consistente a Rammarine et al., pues menciona que el contenido de carbonatos de calcio (minerales alcalinos) en suelos aumenta el potencial de secuestro de dióxido de carbono.
Actualmente se desarrollan tecnologías de captura de dióxido de carbono utilizando el bucle de calcio el cual es un proceso que se basa en piedra caliza (carbonato de calcio, $CaCO_3$). Donde el $CaCO_3$ es un absorbente del CO_2 excelente y económico. Por este motivo, el bucle de calcio aplicado a los gases efluentes es una opción muy atractiva en comparación con otras tecnologías (Calvo 2016 y Chen et al., 2020). Basados en los resultados mostrados la factibilidad de reducir las emisiones de dióxido de carbono derivado del proceso de compostaje con el agregado de residuo de mármol al estiércol ambos producidos por actividades en nuestra región laguna con un gran volumen de generación, puede ser una alternativa amigable al ambiente y la generación de una composta rica en calcio, lo cual podría apoyar al manejo de suelos sódicos; es importante destacar que para lograr concluir lo anterior hace falta trabajar en el escalado del experimento y la evaluación de la composta generada.

CONCLUSIONES

El agregado de residuo de mármol al estiércol de vaca crudo bajo condiciones experimentales de ensayos de evolución de dióxido de carbono reduce la emisión de este gas, siendo los tratamientos de cinco y diez por ciento los más eficientes.

Los resultados presentados muestran la factibilidad del escalado del ensayo a condiciones de campo reales con un monitoreo estricto de la humedad, además de la evaluación y caracterización de la composta producida de estos ensayos.

REFERENCIAS

Antolín Calvo, C. (2016). Captación de CO2 mediante ciclos de carbonatación/calcinación.

Chávez, J. R. B., Mendiola, L. L., Narayanasamy, R., Coca, F. J. O., & López, A. S. (2015). Revisión sobre el uso de residuos de mármol, para elaborar materiales para la construcción. Revista Arquitectura e Ingeniería, 9(3), 4.

Chen, J., Duan, L., & Sun, Z. (2020). Review on the development of sorbents for calcium looping. Energy & Fuels, 34(7), 7806-7836.

Coordinación general de minería, Dirección general de promoción minera, Perfil de mercado del mármol, México. 2006 pp. 16-18.

Gonzálvez, V., & Pomares, F. (2008). La fertilización y el balance de nutrientes en sistemas agroecológicos. Sociedad Española de Agricultura Ecológica, Madrid.

Haque, F., Chiang, Y. y Santos, R. (2019). Enmienda de suelos minerales alcalinos: ¿Una "cuña estabilizadora" del cambio climático? Energies , 12 (12), 2299. MDPI AG. Obtenido de http://dx.doi.org/10.3390/en12122299

Negro, M. J., Villa, F., Aibar, J., Aracón, R., Ciria, P., Cristóbal, M. V., ... & Zaragoza, C. (2000). Producción y gestión del compost.

RamnarineR., Wagner-RiddleC., DunfieldK. E. y VoroneyR. P .. Contribuciones de los carbonatos a las emisiones de CO 2 del suelo . Revista canadiense de ciencia del suelo . 92 (4): 599-607. https://doi.org/10.4141/cjss2011-025

Santos, A., Villegas, N., & Betancourt, J. (2012). Residuo de mármol como insumo en la construcción civil: diagnóstico de la Comarca Lagunera. Revista de la Construcción, 11(2), 17-26.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2015). Estadística de producción pecuaria: Región Lagunera. Recuperado el 20 de mayo de 2009 de Recuperado el 20 de mayo de 2009

Trejo-Escareño, H. I., Salazar-Sosa, E., López-Martínez, J. D., & Vázquez-Vázquez, C. (2013). Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 4(5), 727-738.

NEMATODOS FILIFORMES ASOCIADOS AL CULTIVO DE LA GUAYABA (*Psidium guajava* L.) EN CALVILLO, AGUASCALIENTES, MÉXICO

González-Gaona, Ernesto[1]*; De Lira-Ramos, Karla Vanessa[1]; Perales-Segovia, Catarino[2]; Ramos-De Lira Estiven, Fernando[1]; Miranda-Salcedo Mario Alberto[3]; Perales-Aguilar Lucila[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental
Pabellón. Carr. Aguascalientes-Zacatecas, km. 32.5. Pabellón de Arteaga, Ags. México. C.P. 20678.
[2]Instituto Tecnológico El Llano, Aguascalientes, Ags., México. C.P. 20230
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de Apatzingan. Km 17 carr. Apatzingan-Cuatro Caminos, Apatzingan, Michoacán, México C.P. 60871
****eggaona@yahoo.com.mx***

RESUMEN

Se seleccionaron 10 huertos en la zona productora de guayaba de Calvillo, Aguascalientes. Con base en muestras de suelo de la zona del cajete de cinco árboles y mediante el embudo de Baerman se determinaron los nematodos filiformes asociados. Los Ordenes con mayores capturas fueron Rhabditida (1,971 y 60 ejemplares y morfoespecies respectivamente), Tylenchida (388 y 14), Dorylaimidos (279 y 18), seguidos de Mononchida (141 y 3) y Monhysterida (67 y 5). Para cada localidad y orden se obtuvieron los índices de Riqueza (S), diversidad empleando el índice de Shanon-Wienner (H´) y de Equidad (JH´). Los Rhabditidos representan el mayor número de nematodos filiformes asociados al cultivo, la mayor diversidad y equidad en este grupo se observó los huertos Calvillo, La Nogalera, Jaltiche de Arriba y Rodeo lo cual indica una mayor cantidad de materia orgánica en esos huertos. Los huertos con mayor diversidad de nematodos fitófagos fueron: Colomos, Chiquihutero, Loma Alta, Jaltiche de Arriba y Mesa del Márquez, aunque no se encontraron nematodos vectores o lesionadores. Se detectaron tres géneros de nematodos depredadores en el Jaguey y La Nogalera (*Nullonchus Mylonchus* y *Mononchus*).

ABSTRACT

Ten orchards were selected in the guava producing area of Calvillo, Aguascalientes. Based on soil samples from the bowl area of five trees and using the Baerman funnel, the associated filiform nematodes were determined. The Orders with the highest captures were Rhabditida (1,971 and 60 specimens and morphospecies respectively), Tylenchida (388 and 14), Dorylaimidos (279 and 18), followed by Mononchida (141 and 3) and Monhysterida (67 and 5). For each location and order, the Richnnes (S) and diversity indices were obtained using the Shanon-Wienner (H ') and Equity (JH´) index. The Rhabditids represent the highest number of filiform nematodes associated with the crop, the greatest diversity and equity in this group was observed in the Calvillo, La Nogalera, Jaltiche de Arriba and Rodeo orchards, which indicates a greater amount of organic matter in these orchards. The orchards with the greatest diversity of phytophagous nematodes were: Colomos, Chiquihuitero, Loma Alta, Jaltiche de Arriba and Mesa del Márquez, although no vector or

lesion nematodes were found. Three genera of predatory nematodes were detected in Jaguey and La Nogalera (*Nullonchus*, *Mylonchus* and *Mononchus*).

INTRODUCCIÓN

En México, se cultivan 23,131 ha con guayabo, distribuidas en 20 estados, con una producción total de 308,499 ton de las cuales, el 91% de la producción se obtiene de Michoacán, Aguascalientes (Calvillo) y Zacatecas (Cañón del Juchipila), estas dos últimas zonas conforman el área productora Calvillo-Cañones (SIAP, 2019). Su cultivo es afectado por varias plagas y patógenos, entre las principales plagas, se encuentran: las moscas de la fruta del género *Anastrepha*, el picudo de la guayaba conformado por un grupo de especies del género *Conotrachelus,* aunque predomina *C. dimidiatus*, y el Temolillo *Cyclocephala lunulata*. Mientras que las enfermedades más importantes son: el clavo de la guayaba ocasionado por el hongo *Pestalotiopsis* spp. y la presencia de un vector, la peca o baqueteado (no identificado el agente causal) y problemas radicales ocasionados por pudriciones de las raíces (*Phythophthora* sp. y *Fusarium* sp.) y el ataque de nematodos noduladores del género *Meloidogyne*. (González, 2020).

Los nematodos son un grave problema en el área guayabera de Calvillo. Se han reportado los siguientes géneros de nematodos asociados al guayabo en la región Calvillo-Cañones: *Helicotylenchus, Ditylenchus, Aphelenchoides, Aphelenchus, Criconemoides, Tylenchus, Psylenchus, Dorylaimus y Meloidogyne* (Carrillo et al., 1990; Aguirre et al., 2001; Avelar et al., 2001 y Acosta, 2001). De estos nematodos, el género más importante por su incidencia y daños es *Meloidogyne incognita* que ocasiona nodulaciones en las raíces y se ha determinado que está disperso en toda la zona y ocasiona reducciones que van del 40 al 70%, además de reducir la vida productiva de las huertas (González et al., 2020). Debido a los daños ocasionados por los nematodos y a la gran abundancia que existen en el suelo, y tomando en cuenta que sólo el 10% de las especies tiene hábitos fitoparásitos, el primer paso para diagnosticar y manejar un problema por nematodos, es colectar e identificar los nematodos asociados al cultivo y su papel trófico, por esta razón se estableció el presente estudio para determinar los nematodos filiformes asociados al cultivo del guayabo en la zona de Calvillo, Aguascalientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona productora de guayaba de Calvillo, Aguascalientes, se ubica entre 21°42´54.00´´ y 22° 06´´25.20.20´´latitud N y 102° 31´26.40´´ y 102° 52´30.00¨ 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. La zona es catalogada como un valle intermontano con lomeríos, los suelos son poco profundos, regosoles frecuentemente asociados con litosoles con afloramientos de tepetate ubicado al suroeste del Estado.

Se seleccionaron 10 huertos con apoyo del Comité Estatal del Sistema Producto Guayaba de Aguascalientes y el Comité de Sanidad Vegetal de Aguascalientes para tener una representatividad de la zona y de los sistemas de producción Cuadro 1

Cuadro 1. Huertos de guayabo seleccionados para estudiar la diversidad de nematodos filiformes en la zona productora de Calvillo, Aguascalientes.

Localidad	Latitud	Longitud	Altitud msnm	Época de producción	Tecnología
Colomos (COL)	21°52´33.9´´	102°39´39.8´´	1,729	Normal	Tecnificada
Chiquihuitero (CH)	21°52´22.8´´	102°41´52.1´´	1,723	Tardía	Orgánico
El Rodeo (RO)	21°52´36.1´´	102° 43´25.7´´	1,680	Normal	Tecnificada
El Jaguey (JG)	21°58´56.4´´	102° 39´53´´	1,833	Tardía	Convencional
La Nogalera (NO)	21°52´52.5´´	102° 41´48.6´´	1,695	Normal	Convencional
Calvillo (CA)	21°50´30.2´´	102°42´24.9´´	1,656	Normal	Tradicional
Loma Alta (LA)	21°49´52´´	102° 45´27.1´´	1,661	Normal	Orgánica
Jaltiche de Arriba (JA)	21°46´21.3´´	102° 47´15.7´´	1,638	Normal	Convencional
Mesa del Márquez (MM)	21° 46´41.8´´	102° 45´15.8	1,765	Normal	Convencional
Mal Paso (MP)	21° 51´48.5	102° 40´7.2´´	1,685	Normal	Tradicional

En los huertos seleccionados se realizaron los muestreos de suelo del 26 de julio al 04 de agosto de 2019, para la toma de muestras se seleccionaron cinco árboles por cada huerta El proceso para obtener las muestras consistió en hacer una pequeña excavación de 30 cm de profundidad con ayuda de una barra metálica en la zona del cajete a 50 cm del tronco (González, 2009). Del suelo que se extrajo se toma una muestra de 1.0 kg que se almacenó en bolsas plásticas transparentes con etiquetas con la siguiente información: nombre del huerto, numero de muestras (L= número de línea, P= número de planta) y la fecha en que fueron recolectadas las muestras. El suelo se trasladó en hieleras al laboratorio de Sanidad Forestal y Agrícola del Campo Experimental Pabellón (CEPAB) del Instituto Nacional De Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Las muestras se procesaron mediante el método de extracción del embudo de "Baermann". El embudo se coloca sobre un soporte y se llena con agua. Se colocan 100 gramos de muestra sobre un papel filtro y se pone en el embudo sostenido con un trozo de malla mosquitera. Se deja por 48 horas para que los nematodos vivos se muevan y migren a través del papel poroso y se sumerjan hasta el fondo de tubo de goma. Después se colecta el agua en vasos y se pasan al refrigerador a una temperatura de 3 a 5°C donde se mantienen hasta su análisis en el laboratorio con la ayuda de un microscopio de disección (Agrios, 1985, Cepeda, 1996).

Se prepararon montajes temporales, con 8-10 especímenes y bajo el microscopio de disección (Motic SMZ series 140) a un aumento de 40X se pusieron enfijador F.A. 4:1 con el propósito de preservar y relevar estructuras lo más cerca posible a sus formas vivas; para matar y fijar los nematodos se utilizó el método de Seinhorst, (1966). Luego se procedió a matarlos exponiéndolos cuidadosamente a la flama de un mechero de alcohol o a un plato caliente a 60°C.

La determinación genérica de los nematodos se realizó mediante el estudio de las características morfológica de los nematodos, se hicieron dibujos de las partes del nematodo para poder identificar su género y se utilizaron las claves ilustradas de Mai

y Mullin (1996), Thorne (1961) y Jenkins y Taylor (1967).

Una vez identificados los nematodos, se determinó la diversidad por localidad y se midió mediante los siguientes parámetros: Riqueza (número de especies por localidad), Diversidad empleando el índice de Shannon-Wienner de Abundancia y Equitatividad de Pielou. (Colwell and Coddington, 1994; Moreno 2001; Villarreal et al., 2006). Las métricas se obtuvieron en forma manual.

Índice de Shannon-Wienner $$H' = -\sum_{1=1}^{S} Pi\ Ln(Pi)$$

Donde S= número total de especies en la muestra, Pi= proporción de la especie i, Ln= Logaritmo natural. Valores de 0 a ∞

Equidad basada en el índice de Shannon-Wienner $$JH' = \frac{H'observada}{H'\ máxima},$$

Donde H´ máxima = log S y H´ observada = índice de Shannon-Wienner. Valores 0-1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los órdenes de nematodos con mayores capturas fueron: Rhabditida (1,197 y 60 ejemplares: morfoespecies respectivamente), Tylenchida (388 y 14), Dorylaimidos (279 y 18), Mononchida (141 y 3) y Monhysterida (67 y 5). Los Nematodos con las mayores capturas considerando las 10 huertas y que pueden ser usados como indicadores ecológicos son: Rhabditida morfoespecies: 29, 40,6, 4 y 31 Dorylaimida morfoespecies: 7, 13 y 11, Thylenchida morfoespecies: 1, 7 y 12, Mononchida morfoespecie: 2, y Monhysterida morfoespecies: 4 y 2.

Cuadro 2. Índices de diversidad de nematodos filiformes asociados a Huertos de guayabo en la zona productora de Calvillo, Aguascalientes.

ÍNDICE	LOCALIDADES										TOTAL
	COL	CH	RO	JG	NO	CA	LA	JA	MM	MP	
	RHABDITIDA										1197
S	12	10	14	11	18	16	7	16	6	9	
H´	2.298	1.895	2.42	1.605	2.557	2.809	1.538	2.436	1.478	1.857	
JH´	0.924	0.823	0.917	0.669	0.884	1.013	0.79	0.878	0.825	0.845	

					DORYLAIMIDA						
S	4	2	2	8	0	1	4	4	3	3	279
H´	1.314	0.585	0.684	1.987	0	0	1.246	0.986	1.08	1.089	
JH´	0.948	0.845	0.987	0.955	0	0	0.899	0.711	0.983	0.991	
					TYLENCHIDA						
S	4	3	2	2	3	3	4	6	6	4	388
H´	1.142	1.028	0.644	0.5	0.606	0.982	1.069	1.373	1.146	0.7	
JH´	0.824	0.935	0.929	0.721	0.552	0.894	0.711	0.766	0.639	0.505	
					MONHYSTERIDA						
S	1	1	1	2	0	2	1	1	0	1	67
H´	0	0	0	0.474	0	0.295	0	0	0	0	
JH´	0	0	0	0.684	0	0.426	0	0	0	0	
					MONONCHIDA						
S	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	142

El orden con mayor número de morfoespecies fue Rhabditida, los huertos con mayor riqueza de especies (S) fueron: Nogalera, Calvillo y Jaltiche con 18 ,16 y 16 especies respectivamente, mientras que los de menor riqueza (S) fueron: Loma Alta, Mesa del Márquez y Mal Paso con 7, 6 y 9 especies respectivamente. Las localidades con mayor diversidad empleando el índice de Shanon-Wienner (H´) fueron: Calvillo, La Nogalera, Jaltiche de Arriba y Rodeo con 2.809, 2.557, 2.433 y 2.420 respectivamente. Con base en el índice de Shanon-Wienner (JH´), las huertas con mayor equidad fueron: Colomos, Rodeo, Calvillo, Jaltiche de Arriba, y Nogalera con valores de 0.924, 0.917, 1.013, 0.878 y 0.884 respectivamente.

Dentro del Orden Tylenchida: los huertos con mayor riqueza de especies (S) fueron: Jaltiche y Mesa del Márquez con 6 y 6 especies respectivamente. La mayor diversidad de especies

(H´), se observó en Colomos, Chiquihutero, Loma Alta Jaltiche y Mesa del Márquez con 1.1427, 1.0281, 1.0690, 1.3730 y 1.1463 respectivamente. Respecto de la equidad (JH´), las huertas con mayor equidad fueron: Colomos, Chiquihutero, Rodeo y Calvillo con valores de 0.8243, 0.9358, 0.9293 y 0.8946 respectivamente.

Para el Orden Dorylaimida: los huertos con mayor riqueza de especies (S) fueron: Jaguey, Colomos, Loma Alta y Jaltiche con 8, 4, 4 y 4 especies respectivamente. En la diversidad (H´), las localidades con los mayores valores fueron: Colomos, Jaguey y Loma Alta con 1.3143, 1.9875 y 1.2464 respectivamente. Mientras que la mayor equidad (JH´), se determinó en Colomos, Rodeo, Jaguey, Mesa del Márquez y Mal Paso con valores de equidad de 0.9481, 0.9876, 0.9558, 0.9839 y 0.9915 respectivamente.

Considerando el Orden Monhysterida: los huertos con mayor riqueza de especies (S) fueron: Calvillo y Jaguey con 2 y 2 especies respectivamente. La mayor diversidad (H´) se observó en las localidades Calvillo y Jaguey con valores de 0.2954 y 0.4751 respectivamente y la mayor equidad en Calvillo y Jaguey con valores de equidad de 0.4264 y 0.6840 respectivamente.

Dentro del Orden Mononchida: Las localidades donde se capturaron un mayor número de nematodos depredadores fueron Jaguey y La Nogalera con valores de 10 y 29 respectivamente. De las tres especies encontradas la de mayor impacto fue *Nullonchus* con 51 ejemplares seguido de *Mylonchus* con 11 nematodos, mientras que de *Mononchus* se obtuvieron 9 nematodos.

CONCLUSIONES

Los Rhabditidos representan el mayor número de nematodos filiformes asociados al cultivo, la mayor diversidad y equidad en este grupo se observó los huertos Calvillo, La Nogalera, Jaltiche de Arriba y Rodeo lo cual indica una mayor cantidad de materia organica en esos huertos.

Los huertos con mayor diversidad de nematodos fitófagos fueron: Colomos, Chiquihutero, Loma Alta, Jaltiche de Arriba y Mesa del Márquez, aunque no se encontraron nematodos vectores o lesionadores.

Se detectaron tres géneros de nematodos depredadores en el Jaguey y La Nogalera (*Nullonchus Mylonchus* y *Mononchus*).

REFERENCIAS

Agrios G., N. 1985. Fitopatología. (Versión en español M. Guzmán O.) LIMUSA, México. pp: 661-710.

Agrios, G. N. 1985. Fitopatología (No. 581.2 A373F.). Editorial Limusa

Bello, A., M. Arias, J. A. López-Pérez, A. García-Álvarez, J. Fresno, M. Escuer, S. C. Arcos, A. Lacasa, R. Sanz, P. Gómez M. A. Diéz-Rojo, A. Piedra-Buena, C. Goitia, J. L. de la Horra and C. Martínez. 2004. Biofumigation, fallow and nematode management in vineyard replant. Nematropica 34: 53 – 54.

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. Rev. Chapingo Año XV (6768):94-97.

Cepeda S., M. 1996. Prácticas de Nematología agrícola. Trillas. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 109 p.

Cid Del Prado-Vera, I., A. Tovar-Soto, and J. A. Hernández. 2001. Distribución de Especies y Razas de *Meloidogyne* en México. Revista Mexicana de Fitopatología 19:32-39.

Colwell, R. K., & Coddington, J. A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 345(1311), 101-118.

Condoy M., C., N. Marbán M., M. Vargas H., y A. Rebollar A. 2012. Prospección fitonematológica en viñedos del Valle de Guadalupe, B. C. México. Nematropica. vol 42:26-33.

CPC. 2010. Crop Protection Compendium, edición 2010. CAB International, Wallingford, UK. http:/cabicompendium.org/cpc/home.asp.

Crozzoli R. 2002. Especies de nematodos fitoparasíticos en Venezuela. Interciencia 27:354-364.

González G. E. 2009. Identificación y control de nematodos que afectan al cultivo del guayabo en México. Libro Técnico Núm. 6. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón, Pabellón de Arteaga, Ags. México. 154 p.

González, E. G. 2009. Identificación y control de nematodos que afectan al cultivo de guayabo en Mexico. Aguascalientes. Libro Técnico no 6. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimantal Pabellon.

González, E. G. 2020. Biodiversidad de Artrópodos y Plantas para el Manejo Fitosanitario del Agroecosistema Guayaba. Tesis doctoral. Instituto Tecnológico de México, Campus El Llano. num pp.

Jenkins, W. R. and D. P. Taylor. 1967. Plant nematology. Reinhold, Publishing Corporation (Chapman - Reihnold) USA.270 p.

Mai, W. F., and P. G. Mullin. 1996. Plant parasitic nematodes. A pictorial key to genera .Fifth Edition Cornell University Press Ithaca, New York. USA. 277 p.

Raski, D. J. 2001. Nematodos parásitos de la Vid. Pp 55-59 in Pearson, R. C.; Goheen, A. C. 2001. Plagas y enfermedades de la vid. The American PhytopathologicalSociety. Ed Mundi-Prensa. Madrid-España.

Seinhorst, J. W., 1966. *Longidoruselongatuson Fragariavesca*. Nematologica 12:275–279.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/.

Thorne, G. 1961. Principles of Nematology. McGraw - Hill Book Company. New York. USA. 553p.

PARASITISMO NATURAL DEL GUSANO COGOLLERO, *SPODOPTERA FRUGIPERDA,* EN MAÍZ EN LA COMARCA LAGUNERA

NATURAL PARASITISM OF THE FALL ARMYWORM, S*PODOPTERA FRUGIPERDA*, IN CORN IN THE COMARCA LAGUNERA

Alfredo Daniel Rivera-Zamarripa[1], Verónica Ávila-Rodríguez[1], Urbano Nava-Camberos[1,2], Cristina García-de la Peña[1], José Luis Estrada-Rodríguez[1], Jorge Maltos-Buendía[3]

[1]Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. [2]Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. [3]Campo Experimental la Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. e-mail: danyn_npain@hotmail.com

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objetivo de determinar la diversidad de parasitoides asociados a *Spodoptera frugiperda*, así como el grado de parasitismo natural que ejercen sobre sus poblaciones en el cultivo del maíz en la Comarca Lagunera, durante el ciclo agrícola O-I 2020. Se colectaron masas de huevecillos y larvas del gusano cogollero en tres predios comerciales de maíz forrajero del 1 de octubre al 3 de noviembre del 2020. Se encontró un grado de parasitismo bajo (4.70%) en huevos de *Spodoptera frugiperda* causado por parasitoides de la familia Trichogrammatidae. El parasitismo en larvas varió (0 a 28.57%) entre localidades y fechas de colecta, el cual fue ejercido por parasitoides de las familias Eulophidae, Brachonidae e Ichneumonidae (orden Hymenoptera) y Tachinidae (orden Diptera).

ABSTRACT

The present study was carried out with the objective of determining the diversity of parasitoids associated to *Spodoptera frugiperda*, as well as the degree of natural parasitism that they exert on their populations in corn in the Comarca Lagunera, during the agricultural season O-I 2020. Egg masses and larvae of the fall armyworm were collected in three commercial corn fields from October 1 to November 3, 2020. A low degree of parasitism (4.70%) was found in *S. frugiperda* eggs caused by parasitoids of the family Trichogrammatidae. Parasitism in larvae

varied (0 to 28.57%) between localities and collection dates, which was caused by parasitoids of the families Eulophidae, Brachonidae and Ichneumonidae (order Hymenoptera) and Tachinidae (order Diptera).

INTRODUCCIÓN

El maíz, *Zea mays* (Linneo, 1753), es un cultivo de gran importancia económica, nutricional e industrial. Durante el 2019 en el mundo se cosecharon 114.8 mil millones toneladas de maíz siendo el cuarto producto agrícola más producido a nivel mundial. En dicho año, México ocupó el segundo lugar en producción de maíz forrajero y el octavo en maíz de grano (FAO, 2019), produjo un total de 42.7 millones de toneladas con un valor de $116.4 mil millones de pesos. En la región de la Comarca Lagunera (Coahuila- Durango) se sembró una superficie de 58.4 mil hectáreas tanto de maíz forrajero como de grano, se obtuvo una producción de 2.22 millones de toneladas con un valor de $1.80 mil millones de pesos (SIAP, 2019).

En el cultivo del maíz existen diversos problemas fitosanitarios que limitan su producción, como las malezas, las enfermedades y los insectos plaga. Estos últimos ocasionan pérdidas en el rendimiento de hasta más del 30% (Hernández-Trejo *et al*., 2019). Existen más de 70 especies de insectos plaga asociados al maíz, destacando, el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), el gusano elotero *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae) y el barrenador del tallo *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae), los cuales afectan el desarrollo y el crecimiento de la planta (Deras, 2020). *Spodoptera frugiperda* es considerado el insecto plaga más importante del maíz, ya que se puede alimentar del cogollo y las hojas tiernas, así como también del tallo y el elote, puede ocasionar pérdidas que van del 10 al 90% dependiendo del grado de infestación (Bahena-Juárez *et al*., 2010; Hernández-Trejo *et al*., 2019). El principal método de control de *S*. *frugiperda* es el uso de insecticidas químicos convencionales de amplio espectro. En México se estima que se aplican anualmente alrededor de tres mil toneladas de ingrediente activo de piretroides, carbamatos y organofosforados (Blanco *et al*., 2014; Salas 2018). El uso inadecuado de insecticidas convencionales de amplio espectro, tiene efectos nocivos en la salud humana y en el medio ambiente, inducen resistencia en las poblaciones de insectos plaga y el surgimiento de nuevas plagas, además, que afectan tanto a insectos dañinos como a insectos benéficos en el cultivo de maíz (Hernández-Trejo *et al*., 2018; Salas, 2018).

El control biológico es una alternativa para el manejo de *S. frugiperda* en el cultivo del maíz. Los insectos depredadores, los parasitoides y los entomopatógenos ejercen un control natural en larvas y pupas de *S. frugiperda* de hasta el 50% (Salas, 2018). Los insectos parasitoides tienen un rango estrecho de huéspedes, y una mayor capacidad de búsqueda en comparación con los insectos depredadores, que poseen un comportamiento generalista. Los parasitoides pueden ejercer un control natural en las poblaciones de *S. frugiperda* que van desde el 4% hasta un 35% (Bahena-Juárez *et al*., 2010, Hernández-Trejo *et al*., 2018).

Existe un buen número de trabajos de investigación donde se muestra la diversidad de parasitoides asociados a *S. frugiperda* y el control que ejercen en sus poblaciones. En México se reportan más de 40 especies de parasitoides de *S. frugiperda*, entre las más comunes se encuentra: *Chelonus cautus* (Cresson, 1872) (Hymenoptera: Braconidae), *Chelonus insularis* (Cresson, 1865) (Hymenoptera: Braconidae), *Cotesia marginiventris* (Cresson, 1865) (Hymenoptera: Braconidae), *Meteorus laphygmae* (Viereck, 1913) (Hymenoptera: Braconidae), *Campoletis sonorensis* (Cameron, 1886) (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Eiphosoma vitticolle* (Cresson, 1865) (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Pristomerus spinator* (Fabricius, 1804) (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Trichogramma atopovirilia* (Oatman & Platner, 1983) (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *Trichogramma pretiosum* (Riley, 1879) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) y *Archytas marmoratus* (Townsend, 1915) (Diptera: Tachinidae) (Bahena-Juárez *et al*., 2010; Estrada *et al*., 2013; Rodríguez-Mota *et al*., 2014; Gutiérrez-Ramírez *et al*., 2015; Ordóñez-García *et al*., 2015; González-Maldonado *et al*., 2018; Hernández-Trejo *et al*., 2019). El objetivo del presente estudio fue determinar la diversidad de insectos parasitoides asociados a *Spodoptera frugiperda*, así como el grado de parasitismo natural que ejercen sobre sus poblaciones en el cultivo del maíz en la Comarca Lagunera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en tres en predios comerciales de maíz de la Comarca Lagunera, durante octubre y noviembre del 2020. Las localidades muestreadas fueron el Ejido La Partida del municipio de Torreón, Coahuila; Ejido Venecia (En la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango “FAZ-UJED”), Gómez Palacio, Durango; y el Ejido 6 de Enero del municipio de Lerdo, Durango.

Se realizaron colectas semanales de larvas de *S. frugiperda* de tercer a quinto instar de plantas de maíz infestadas. Las larvas se colectaron junto con partes del cogollo y hojas

tiernas, y se colocaron dentro de bolsas de papel previamente etiquetadas, posteriormente, se trasladaron al laboratorio de entomología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango (FCB-UJED). Las larvas fueron depositadas individualmente en frascos de plástico de un litro, con alimento y encerradas con tela de tul, las larvas se mantuvieron a temperatura ambiente y se observaron cada 24 horas hasta la emergencia de los parasitoides o adultos de *S. frugiperda*. En el Ejido La Partida se realizaron cuatro colectas de masas de huevecillos de *S. frugiperda*.

Las masas de huevecillos se colocaron en cajas Petri de 5.5 cm de diámetro modificadas con tela de tul, se revisaron diariamente hasta el momento de emergencia de las larvas. Las larvas emergidas se cuantificaron y eliminaron. Los huevecillos parasitados se colocaron en tubos Eppendorf de 2 ml, y se revisaron diariamente hasta la emergencia de los parasitoides. Los parasitoides se conservaron en un congelador marca Hisense a temperatura de -20°C.

La identificación de los parasitoides se realizó mediante la observación de sus características morfológicas distintivas bajo un estereoscopio marca Carl Zeiss Stemi DV4 y el seguimiento de las claves de Cave (1993), Goulet & Huber (1993), Wood (1987), Wharton *et al*. (1998), Bahena (2008) y Broad (2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parasitismo en huevos. Se colectaron 37 masas de huevecillos de *S. frugiperda* con 3678 huevos viables en el Ejido La Partida, el porcentaje de parasitismo más alto fue en la primera fecha de colecta con un valor de 8.29%, durante la última fecha de colecta el porcentaje de parasitismo fue de 5.28%. Se obtuvieron un total de 173 huevecillos de *S. frugiperda* parasitados, de los cuales emergieron 80 parasitoides de la familia Trichogrammatidae (Orden Hymenoptera), que corresponde a 4.70% de parasitismo (Cuadro 1).

Parasitismo en larvas. Se colectaron 189 larvas de *S. frugiperda* en los tres predios comerciales de maíz, 131 larvas resultaron viables y se obtuvieron un total de 142 parasitoides y 20.61% de parasitismo, 124 parasitoides fueron himenópteros con un 8.39% de parasitismo, y 18 fueron dípteros representando un 12.21% de parasitismo. La localidad que obtuvo mayores porcentajes de parasitismo fue el Ejido 6 de Enero con 20.83% a 46.66%, seguida por el Ejido La Partida con valores del 12.50% al 35.71% de parasitismo, finalmente el Ejido Venecia no presentó parasitismo (Cuadro 2). Los parasitoides de larvas

de *S. frugiperda* se ubicaron en las siguientes cuatro familias: Ichneumonidae, Eulophidae y Braconidae (orden Hymenoptera) y Tachinidae (orden Diptera) (Cuadro 3).

En México se han reportado cuatro especies de parasitoides de Braconidae, tres especies de Ichneumonidae y una especie de Tachinidae en larvas y dos especies de Trichogrammatidae en huevos del gusano cogollero (Bahena-Juárez *et al*., 2010; Estrada *et al*., 2013; Rodríguez-Mota *et al*., 2014; Gutiérrez-Ramírez *et al*., 2015; Ordóñez-García *et al*., 2015; González-Maldonado *et al*., 2018; Hernández-Trejo *et al*., 2019).

Cuadro 1. Parasitismo en huevos de *Spodoptera frugiperda* en maíz, Comarca Lagunera, ciclo agrícola otoño-invierno 2020.

Fecha de colecta	Orden	Familia	Parasitoides emergidos	% de parasitismo
03-oct-20	Hymenoptera	Trichogrammatidae	58	8.29
09-oct-20	–	–	0	0.00
15-oct-20	–	–	0	0.00
22-oct-20	Hymenoptera	Trichogrammatidae	22	5.28
Total	1	1	80	4.70

Cuadro 2. Parasitismo en larvas de *Spodoptera frugiperda* en maíz, Comarca Lagunera, ciclo agrícola otoño-invierno 2020.

Localidad	Fecha de colecta	Orden	Familia	Parasitoides emergidos	% de parasitismo
La FAZ	01-oct-20	–	–	0	0
	09-oct-20	–	–	0	0
	15-oct-20	–	–	0	0
	03-nov-20	–	–	0	0
La Partida	03-0ct-20	Diptera	Tachinidae	2	12.50
	09-oct-20	Diptera	Tachinidae	5	21.73
		Hymenoptera	Eulophidae	25	4.34

	15-oct-20	Diptera	Tachinidae	2	15.38
		Hymenoptera	Eulophidae	34	7.69
	22-oct-20	Diptera	Tachinidae	2	7.14
		Hymenoptera	Eulophidae	49	28.57
6 de Enero	16-oct-20	Diptera	Tachinidae	5	20.83
	22-oct-20	Diptera	Tachinidae	2	13.33
		Hymenoptera	Brachonidae	3	20.00
			Eulophidae	12	6.66
			Ichneumonidae	1	6.66
	Total	2	4	142	20.61

CONCLUSIONES

Se determinó un grado de parasitismo bajo (4.70%) en huevos de *Spodoptera frugiperda* causado por parasitoides de la familia Trichogrammatidae. El parasitismo en larvas varió (0 a 28.57%) entre localidades y fechas de colecta, el cual fue ejercido por parasitoides de las familias Eulophidae, Brachonidae e Ichneumonidae (orden Hymenoptera) y Tachinidae (orden Diptera).

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por la beca otorgada a Alfredo Daniel Rivera Zamarripa para efectuar sus estudios de Maestría en Ciencias en Biodiversidad y Ecología en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango. A los productores de maíz forrajero de los predios estudiados de la Comarca Lagunera.

REFERENCIAS

Bahena, J. F. 2008. Enemigos naturales de las plagas agrícolas de maíz y otros cultivos. SAGARPA-INIFAP, Uruapan, Michoacán, México, 180 pp.

Bahena-Juárez, F., De Lange, E., Farnier, K., Cortez-Mondaca, E., Sánchez-Martínez, R., García-Pérez, F., Miranda-Salcedo, M., Degen, T., Gaudillat, B., Aguilar-Romero, R. 2010. Parasitismo en gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el centro de México. *XXXIII Congreso Nacional de Control Biológico*, Uruapan, Michoacán, México, pp 204–209.

Blanco, C. A., Pellegaud, J. G., Nava-Camberos, U., Lugo-Barrera, D., Vega-Aquino, P., Coello, J., Terán-Vargas, A. P., Vargas-Camplis, J. 2014. Maize pests in Mexico and challenges for the adoption of integrated pest management programs. *Journal of Integrated Pest Management*, 5 (4), 3–9.http://dx.doi.org/10.1603/IPM14006

Broad, G. 2011. Identification key to the subfamilies of Ichneumonidae (Hymenoptera). *The Natural History Museum*, London, United Kingdom.

Cave, R. D. 1993. Parasitoides larvales y pupales de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en centro américa con una clave para las especies encontradas en Honduras. *Ceiba*, 34 (1), 33–56.

Deras, H. 2020. Guía técnica: el cultivo de maíz. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”, El Salvador, 40 pp.

Estrada, O., Cambero, J., Robles, A., Rios, C., Carvajal, C., Isiordia, N., Ruíz, E. 2013. Parasitoids and entomopathogens of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Nayarit, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 38 (2), 339–344.
https://doi.org/10.3958/059.038.0216

FAO 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistics. Disponible en: http://www.fao.org/faostat/en/#home (consultado 07 junio 2021).

González-Maldonado, M. B., Hernández-Zetina, D. A., Ruíz-Cancino, E. 2018. Parasitoides (Diptera: Tachinidae) del Gusano Cogollero *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) en Maíz en Durango, México. *Southwestern Entomologist*, 43 (1), 183–187. https://doi.org/10.3958/059.043.0110

Goulet, H., Huber, J. T. 1993. Hymenoptera of the world: and identification guide to families. Centre for Land and Biological Resources Research, Ottawa, Ontario, Canada, 668 pp.

Gutiérrez-Ramírez, A., Robles-Bermúdez, A., Cambero-Campos, J., Santillán-Ortega, C., Ortíz-Catón, M., Coronado-Blanco, J. M., Campos-Figueroa, M. 2015. Parasitoides de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) econtrados en Nayarit, México. *Southwestern Entomologist*, 40 (3), 555–564. https://doi.org/10.3958/059.040.0314

Hernández-Trejo, A., Estrada, B., Rodríguez-Herrera, R., García, J. M., Patiño-Arellano, S. A., Osorio-Hernández, E. 2019. Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10 (4), 803–813. https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1665

Hernández-Trejo, A., Osorio-Hernández, E., López-Santillán, J. A., Ríos-Velasco, C., Varela-Fuentes, S. E., Rodríguez-Herrera, R. 2018. Insectos benéficos asociados al control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Agroproductividad*, 11 (1), 9–14.

Ordóñez-García, M., Rios-Velasco, C., Berlanga-Reyes, D. I., Acosta-Muñiz, C. H., Salas-Marina, M. Á., Cambero-Campos, O. J. 2015. Occurrence of natural enemies of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Chihuahua, México. *Florida*

Entomologist, 98 (3), 843–847. http://dx.doi.org/10.1653/024.098.0305

Rodríguez-Mota, A. J., Ruíz-Cancino, E., Coronado-Blanco, J. M., Treviño-Carreón, J., & Khalaim-Andrey, I. 2014. Avispas ichneumonoideas: que atacan al gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* l.) en México. *Agroproductividad*, 7 (1), 28–32.

Salas, M. D. 2018. Enemigos naturales asociados con el gusano cogollero y el gusano elotero en sorgo y maíz en Irapuato, Guanajuato, México. *Southwestern Entomologist*, 43 (3), 715–722. https://doi.org/10.3958/059.043.0317

SIAP 2019. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción Agrícola. Disponible en: https://www.gob.mx/siap (consultado 07 junio 2021).

Wharton, R. A., Marsh, P. M., Sharkey, M. J. 1998. Manual para los géneros de la familia Braconidae (Hymenoptera) del nuevo mundo. Special Publication of the International Society of Hymenopterists, Washington D. C., United States, 447 pp.

Wood, D. M. 1987. Tachinidae. Pp. 1193–1269. In J. F. McAlpine, B. V. Peterson, G. E. Shewell, H. J. Teskey, J. R. Vockeroth, D. M. Wood (Eds.). *Manual of nearctic diptera*. Biosystematics Research Centre, Ottawa, Ontario, Canada.

PARASITISMO NATURAL DEL GUSANO ELOTERO, *HELICOVERPA ZEA,* EN MAÍZ EN LA COMARCA LAGUNERA

NATURAL PARASITISM OF THE CORN EARWORM, *HELICOVERPA ZEA*, IN CORN IN THE COMARCA LAGUNERA

Alfredo Daniel Rivera-Zamarripa[1], Verónica Ávila-Rodríguez[1], Urbano Nava-Camberos[1,2], Cristina García-de la Peña[1], José Luis Estrada-Rodríguez[1], Homero Sánchez-Galván[1]

[1]Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. [2]Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. e-mail: danyn_npain@hotmail.com

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objetivo de determinar la diversidad de parasitoides asociados a *Helicoverpa zea*, así como el grado de parasitismo natural que ejercen sobre sus poblaciones en el cultivo del maíz en la Comarca Lagunera, durante el ciclo agrícola O-I 2020. Se colectaron huevecillos y larvas del gusano cogollero en tres predios comerciales de maíz forrajero del 1 de octubre al 3 de noviembre del 2020. Se determinó un grado de parasitismo alto (rango de 21.08 a 84.4%. promedio de 55.30%) en huevos de *Helicoverpa zea* causado por parasitoides de la familia Trichogrammatidae. El parasitismo en larvas fue bajo (rango de 0 a 17.39%, promedio de 12.12%), el cual fue ejercido por parasitoides de la familia Tachinidae (orden Diptera).

ABSTRACT

The present study was carried out with the objective of determining the diversity of parasitoids associated to *Helicoverpa zea*, as well as the degree of natural parasitism that they exert on their populations in corn in the Comarca Lagunera, during the agricultural season O-I 2020. Eggs and larvae of the corn earworm were collected in three commercial corn fields from October 1 to November 3, 2020. A high degree of parasitism (55.30%) was found in *H. zea* eggs caused by parasitoids of the family Trichogrammatidae. Parasitism in larvae was low and varied (0 to 17.39%) between localities and collection dates, which was caused by parasitoids of the family Tachinidae (order Diptera).

INTRODUCCIÓN

El maíz, *Zea mays* (Linneo, 1753), es un cultivo de gran importancia económica, nutricional e industrial. Durante el 2019 en el mundo se cosecharon 114.8 mil millones toneladas de maíz siendo el cuarto producto agrícola más producido a nivel mundial. En dicho año, México ocupó el segundo lugar en producción de maíz forrajero y el octavo en maíz de grano (FAO, 2019), produjo un total de 42.7 millones de toneladas con un valor de $116.4 mil millones de pesos. En la región de la Comarca Lagunera (Coahuila- Durango) se sembró una superficie de 58.4 mil hectáreas tanto de maíz forrajero como de grano, se obtuvo una producción de 2.22 millones de toneladas con un valor de $1.80 mil millones de pesos (SIAP, 2019).

En el cultivo del maíz existen diversos problemas fitosanitarios que limitan su producción, como las malezas, las enfermedades y los insectos plaga. Estos últimos ocasionan pérdidas en el rendimiento de hasta más del 30% (Hernández-Trejo *et al*., 2019). Existen más de 70 especies de insectos plaga asociados al maíz, destacando, el gusano elotero *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae), el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) y el barrenador del tallo *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae), los cuales afectan el desarrollo y el crecimiento de la planta (Simón & Golik, 2018; Deras, 2020). *Helicoverpa zea* se alimenta de los elotes del maíz, puede ocasionar pérdidas de hasta el 60% dependiendo del grado de infestación (Arroyo & Salas, 2015; Hernández-Trejo *et al*., 2019). El principal método de control de *H. zea* es el uso de insecticidas químicos convencionales de amplio espectro. En México se estima que se aplican anualmente alrededor de tres mil toneladas de ingrediente activo de piretroides, carbamatos y organofosforados (García-Gutiérrez *et al*., 2012; Blanco *et al*., 2014; Salas, 2018). El uso inadecuado de insecticidas convencionales de amplio espectro tiene efectos nocivos en la salud humana y en el medio ambiente, inducen resistencia en las poblaciones de insectos plaga y el surgimiento de nuevas plagas, además, que afectan tanto a insectos dañinos como a insectos benéficos en el cultivo de maíz (Salas, 2018).

El control biológico es una alternativa para el manejo de *H. zea* en el cultivo del maíz. Los insectos depredadores, los parasitoides y los entomopatógenos ejercen un control natural en larvas y pupas de *H. zea* de hasta el 50% (Salas, 2018). Los insectos parasitoides tienen un rango estrecho de huéspedes, y una mayor capacidad de búsqueda en comparación con los insectos depredadores, que poseen un comportamiento generalista (Salas-Araiza

& Salazar-Solís, 2003). Los parasitoides pueden ejercer un control natural en las poblaciones de *H. zea* que van desde el 4% hasta un 35% (Hernández-Trejo *et al*., 2019).

Existe un buen número de trabajos de investigación donde se muestra la diversidad de parasitoides asociados a *H. zea* y el control que ejercen en sus poblaciones. En México se reportan las especies: *Trichogramma atopovirilia* (Oatman & Platner, 1983) (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *Trichogramma minutum* (Riley, 1871) (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *Trichogramma pretiosum* (Riley, 1879) (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *Anaphes* sp. (Haliday, 1833) (Hymenoptera: Mymaridae), *Cotesia* sp. (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae), *Enicospilus purgatus* (Say, 1835) (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Euplectrus platyhypenae* (Howard, 1885) (Hymenoptera: Eulophidae) y *Eucelatoria bryani* (Sabrosky, 1981) (Diptera: Tachinidae) (Reitz, 1996; Greenberg *et al*., 1998; Bahena, 2008; Arroyo & Salas, 2015; Zuim *et al*., 2017; Salas, 2018; Hernández-Trejo *et al*., 2019).

El objetivo del presente estudio fue determinar la diversidad de insectos parasitoides asociados a *Helicoverpa zea*, así como el porcentaje de parasitismo natural que ejercen sobre sus poblaciones en el cultivo del maíz de la Comarca Lagunera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en tres en predios comerciales de maíz de la Comarca Lagunera, durante octubre y noviembre del 2020. Las localidades muestreadas fueron el Ejido La Partida del municipio de Torreón, Coahuila; Ejido Venecia (En la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango “FAZ-UJED”), Gómez Palacio, Durango; y el Ejido 6 de Enero del municipio de Lerdo, Durango.

Se realizaron colectas semanales de larvas de *H. zea* de tercer a quinto instar de plantas de maíz infestadas. Las larvas se colectaron junto con partes de elotes, y se colocaron dentro de bolsas de papel previamente etiquetadas, posteriormente, se trasladaron al laboratorio de entomología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango (FCB-UJED). Las larvas fueron depositadas individualmente en frascos de plástico de un litro, con alimento y encerradas con tela de tul, las larvas se mantuvieron a temperatura ambiente y se observaron cada 24 horas hasta la emergencia de los parasitoides o adultos de *H. zea*. Adicionalmente se realizaron colectas de huevecillos de *H.zea*.

Los huevecillos se colocaron en tubos Eppendorf de 2 ml, y se revisaron diariamente hasta la emergencia de los parasitoides o larvas de *H. zea*. Los parasitoides se conservaron en un congelador marca Hisense a temperatura de -20°C.

La identificación de los parasitoides se realizó mediante la observación de sus características morfológicas distintivas bajo un estereoscopio marca Carl Zeiss Stemi DV4 y el seguimiento de las claves de Cave (1993), Goulet & Huber (1993), Wood (1987), Wharton *et al*. (1998), Bahena (2008) y Broad (2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parasitismo en huevos. Se colectaron un total de 179 huevos viables de *H. zea* en los tres predios de maíz, de los cuales 99 huevos estuvieron parasitados, lo que corresponde a un 55.30% de parasitismo global, el cual se considera alto. El parasitismo en huevos varió entre localidades y fechas de colecta del 21.05 al 84.4%. Los parasitoides pertenecen a la familia Trichogrammatidae (Orden Hymenoptera) (Cuadro 1).

Parasitismo en larvas. Se colectaron 66 larvas viables de *H. zea* en dos predios comerciales de maíz, de las cuales 8 estuvieron parasitadas, lo que corresponde al 12.12% de parasistimo global, el cual se considera bajo. El grado de parasitismo varió del 0 al 17.39% entre localidades y fechas de colecta. Se obtuvieron un total de 61 especímenes de parasitoides pertenecientes a la familia Tachinidaer (orden Diptera) (Cuadro 2).

En México se han reportado especies de parasitoides de Braconidae, Ichneumonidae, Mymaridae, Eulophidae y Tachinidae en larvas y tres especies de Trichogrammatidae en huevos del gusano elotero (Reitz, 1996; Greenberg *et al*., 1998; Bahena, 2008; Arroyo & Salas, 2015; Zuim *et al*., 2017; Salas, 2018; Hernández-Trejo *et al*., 2019).

Cuadro 1. Parasitismo en huevos de *Helicoverpa zea* en maíz, Comarca Lagunera, ciclo agrícola otoño-invierno 2020.

Localidad	Fecha de colecta	Orden	Familia	Parasitoides emergidos	% de parasitismo
La Faz	09-oct-20	Hymenoptera	Trichogrammatidae	98	84.44
	15-oct-20	Hymenoptera	Trichogrammatidae	39	62.50
	23-oct-20	Hymenoptera	Trichogrammatidae	18	46.15

La Partida	22-oct-20	Hymenoptera	Trichogrammatidae	10	21.05
	02-nov-20	Hymenoptera	Trichogrammatidae	20	26.66
06 de Enero	02-nov-20	Hymenoptera	Trichogrammatidae	87	58.33
	Total	1	1	272	55.30

Cuadro 2. Parasitismo en larvas de *Helicoverpa zea* en maíz, Comarca Lagunera, ciclo agrícola otoño-invierno 2020.

Localidad	Fecha de colecta	Orden	Familia	Parasitoides emergidos	% de parasitismo
La FAZ	23-oct-20	–	–	0	0
	03-nov-20	Diptera	Tachinidae	34	17.39
La Partida	16-nov-20	Diptera	Tachinidae	27	10.81
	Total	2	4	61	12.12

CONCLUSIONES

Se determinó un grado de parasitismo alto (rango de 21.08 a 84.4%. promedio de 55.30%) en huevos de *Helicoverpa zea* causado por parasitoides de la familia Trichogrammatidae. El parasitismo en larvas fue bajo (rango de 0 a 17.39%, promedio de 12.12%), el cual fue ejercido por parasitoides de la familia Tachinidae (orden Diptera).

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por la beca otorgada a Alfredo Daniel Rivera Zamarripa para efectuar sus estudios de Maestría en Ciencias en Biodiversidad y Ecología en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango. A los productores de maíz forrajero de los predios estudiados de la Comarca Lagunera.

REFERENCIAS

Arroyo, G. A., Salas, M. D. (2015) Enemigos naturales de *Spodoptera frugiperda* y *Helicoverpa zea* como una alternativa al uso de insecticidas. *Jóvenes En La Ciencia*, 1 (2), 48–53.

Bahena, J. F. (2008) *Enemigos naturales de las plagas agrícolas. Del maíz y otros cultivos.* SAGARPA-INIFAP, Uruapan, Michoacán, México, 180 pp.

Blanco, C. A., Pellegaud, J. G., Nava-Camberos, U., Lugo-Barrera, D., Vega-Aquino, P., Coello, J., Terán-Vargas, A. P., Vargas-Camplis, J. (2014) Maize pests in Mexico and challenges for the adoption of integrated pest management programs. *Journal of Integrated Pest Management*, 5 (4), 3–9. http://dx.doi.org/10.1603/IPM14006

Broad, G. 2011. Identification key to the subfamilies of Ichneumonidae (Hymenoptera). *The Natural History Museum*, London, United Kingdom.

Cave, R. D. 1993. Parasitoides larvales y pupales de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en centro américa con una clave para las especies encontradas en Honduras. *Ceiba*, 34 (1), 33–56.

Deras, H. (2020) *Guía técnica: el cultivo de maíz*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”, El Salvador, 40 pp.

FAO (2019) Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistics. Disponible en: http://www.fao.org/faostat/en/#home (consultado 07 junio 2021).

García-Gutiérrez, C., González-Maldonado, M. B., Cortez-Mondaca, E. (2012) Uso de enemigos naturales y biorracionales para el control de plagas de maíz. *Ra Ximhai*, 8 (3), 57–71.

Greenberg, S. M., Legaspi, J. C., Nordlund, D. A., Wu, Z. X., Legaspi, B., Saldana, R. (1998) Evaluation of Trichogramma spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) against two pyralid stemborers of Texas sugarcane. *Journal of Entomological Science*, 33 (2), 158–164. https://doi.org/10.18474/0749-8004-33.2.158

Goulet, H., Huber, J. T. 1993. Hymenoptera of the world: and identification guide to families. Centre for Land and Biological Resources Research, Ottawa, Ontario, Canada, 668 pp.

Hernández-Trejo, A., Estrada, B., Rodríguez-Herrera, R., García, J. M., Patiño-Arellano, S. A., Osorio-Hernández, E. (2019) Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10 (4), 803–813. https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1665

Reitz, S. R. (1996) Interspecific competition between two parasitoids of *Helicoverpa zea*: *Eucelatoria bryani* and *E. rubentis*. *Entomologia experimentalis et applicata*, 79 (2), 227–234. https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1996.tb00830.x

Salas, M. D. (2018) Enemigos naturales asociados con el gusano cogollero y el gusano elotero en sorgo y maíz en Irapuato, Guanajuato, México. *Southwestern Entomologist*, 43 (3), 715–722. https://doi.org/10.3958/059.043.0317

Salas-Araiza, M. D. Salazar-Solís, E. (2003) Importancia del uso adecuado de agentes de control biológico. *Acta universitaria*, 13 (1), 29–35.

SIAP (2019) Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción Agrícola. Disponible en: https://www.gob.mx/siap (consultado 07 junio 2021).

Simón, M. R., Golik, S. I. (2018) Maíz: Manejo de plagas. Pp. 101–132. In: M. R. Simón, J. I., Dietz, M. Schierenbeck (Eds.). *Cereales de verano. Series: Libros de Cátedra*. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina, Provincia de Buenos Aires.

Wharton, R. A., Marsh, P. M., Sharkey, M. J. 1998. Manual para los géneros de la familia Braconidae (Hymenoptera) del nuevo mundo. Special Publication of the International Society of Hymenopterists, Washington D. C., United States, 447 pp.

Wood, D. M. 1987. Tachinidae. Pp. 1193–1269. In J. F. McAlpine, B. V. Peterson, G. E. Shewell, H. J. Teskey, J. R. Vockeroth, D. M. Wood (Eds.). *Manual of nearctic diptera*. Biosystematics Research Centre, Ottawa, Ontario, Canada.

Zuim, V., de Souza, H., Pratissoli, D., Torres, J. B., Fragoso, D. F., de Freitas, R. C. O. (2017) Age and density of eggs of *Helicoverpa armigera* influence on *Trichogramma pretiosum* parasitism. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 39 (4), 513–520. https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v39i4.34943

PRODUCCIÓN DE AJO BARRETERO CON RIEGO POR CINTILLA EN LA COMARCA LAGUNERA

Cervantes-Vázquez, María Gabriela[1]*; Vázquez-Vázquez, Cirilo[1]; Cervantes-Vázquez, Tomás Juan Álvaro[1]; Orona-Castillo, Ignacio[1]; Lucio-Morales, Adrián Octavio[1]; González-Salas, Uriel[1]

[1]Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km. 32, ejido Venecia. C.P. 34371. Gómez Palacio, Durango, México.
[*]Autor de correspondencia (cevga@hotmail.com)

RESUMEN

El ajo es un cultivo económicamente importante en México. El desarrollo de nuevos genotipos de ajo es requerido para satisfacer nuevas demandas de productores y consumidores. La variedad de ajo denominada Barretero fue desarrollada a partir de colectas en Zacatecas, los bulbos de esta variedad tienen un promedio de 13 dientes con líneas de color rosa a morado, un consistente tamaño y forma. La variedad Barretero muestran un ciclo intermedio de 220 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^{-1}. El rendimiento obtenido mostró un comportamiento similar al de otros estados productores en México (SIAP-SAGARPA, 2021), ocupando el cuarto lugar con 13.65 t ha^{-1}, superando la media nacional. La frecuencia del número promedio de dientes que se encontraron por bulbo en la variedad Barretero concuerda a lo reportado por Reveles-Hernández *et al.* (2017), con 13 y 12 dientes.
Palabras clave: ajo, producción, Comarca Lagunera.

ABSTRACT

Garlic is an economically important crop in Mexico. The development of new garlic genotypes is required to satisfy new demands from producers and consumers. The variety of garlic called Barretero was developed from collections in Zacatecas, the bulbs of this variety have an average of 13 teeth with pink to purple lines, a consistent size and shape. The Barretero variety shows an intermediate cycle of 220 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^{-1}. The yield obtained showed a behavior similar to that of other producing states in Mexico (SIAP-SAGARPA, 2021), occupying the fourth place with 13.65 t ha^{-1}, exceeding the national average. The frequency of the average number of teeth found per bulb in the Barretero variety agrees with that reported by Reveles-Hernández *et al.* (2017), with 13 and 12 teeth.
Keywords: garlic, production, Comarca Lagunera.

INTRODUCCION

El ajo (*Allium sativum* L.) es la especie de la familia *Alliaceae* es la segunda más cultivada a nivel mundial; esta especie originaria de Asia Central tiene uso frecuente debido a su sabor, por ello su utilización como condimento en un sinnúmero de

platillos alrededor del mundo. Otro aspecto importante, son sus propiedades terapéuticas 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).

De acuerdo a la FAO, la producción mundial de ajo para el año 2018 sobrepasó los 28 millones de toneladas, observándose en la última década un importante incremento en los rendimientos del cultivo al pasar de 16.7 toneladas por hectárea en 2009 a 18.41 t ha^{-1} en 2018. Se destaca que la producción de ajo está dominada por la producción China, que provee el 78% de la producción mundial de ajo, así en 2018 obtuvo un volumen de producción de 22.3 millones de toneladas. (FAO, 2018).

En México para el año 2018 se sembraron 7 401 hectáreas con una producción de 94 692 toneladas, destacando por su producción los estados de Zacatecas, Guanajuato, Puebla y Sonora (SIAP, 2018).

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.,* 2014).

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^2 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 ºC. 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 la Barretero.

El Barretero es una 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 (Reveles-Hernández, *et al.,* 2017).

Los bulbos de la variedad Barretero manifiesta características: presentan una forma ovalada y circular en sus secciones longitudinal y transversal respectivamente; su base es plana y están cubiertos por varias catáfilas de color blanco que presentan estrias antociánicas (vetas verticales de coloración rosa violáceo); sin embargo, el número promedio de dientes por bulbo en la variedad Barretero es de 13 (Reveles- Hernández *et al.*, 2011).

La siembra se realizó el día 10 de octubre de 2020, establecidas en camas de siembra de 0.85 m de ancho y 5 m de Larco 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 aplica un herbicida cuando se establece el cultivo y después del primer

riego. El diseño utilizado es bloques al azar con tres repeticiones. Se medirán las variables: desarrollo vegetativo semanal como son altura de planta, número de hojas y riego cada tercer día.

RESULTADOS Y DISCUSION

Adaptabilidad y supervivencia

Bajo condiciones de la Comarca Lagunera a 1 1000 msnm, la variedad de ajo Barretero presento una tasa de supervivencia del 43%. Encontrándose rendimientos similares a estados altamente productivos como Zacatecas que reportan rendimientos de hasta 17.19 t ha^{-1} (Reveles-Hernández *et al. (2015*).

El rendimiento obtenido en el ciclo agrícola 2020, mostró un comportamiento similar al de otros estados productores en México (SIAP-SAGARPA, 2021), ocupando el cuarto lugar con 13.65 t ha^{-1}, superando la media nacional en un 7% (Figura 1).

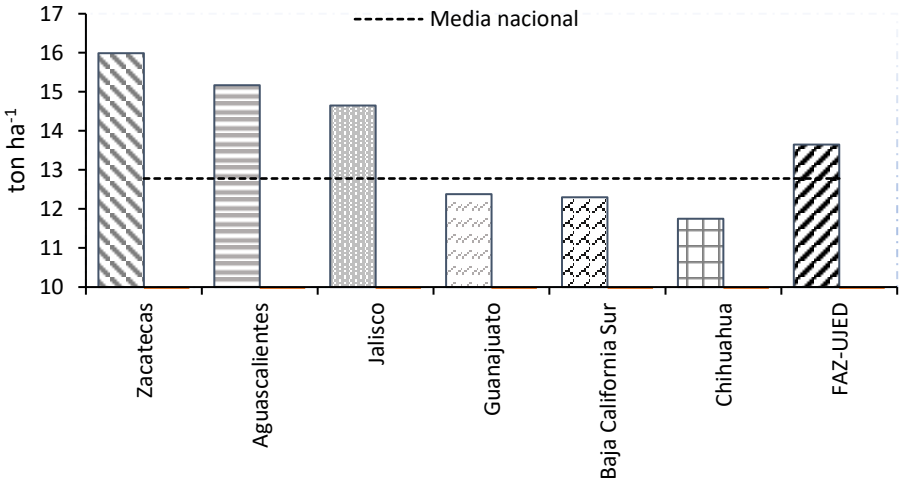


Figura 1. Comparación de Rendimientos de ajo en México 2020.
Fuente SIAP-SAGARPA, 2021.

La frecuencia del número promedio de dientes que se encontraron por bulbo en la variedad Barretero concuerda a lo reportado por Reveles-Hernández *et al.* (2017), con 13 y 12 dientes con mayor frecuencia en un 23.3% y en menor medida de 15, 16, 17 dientes con 6.7% (Figura 2). Con 13 números de dientes se asegura la aceptación del mercado y probablemente un cultivo de aceptación en la región.

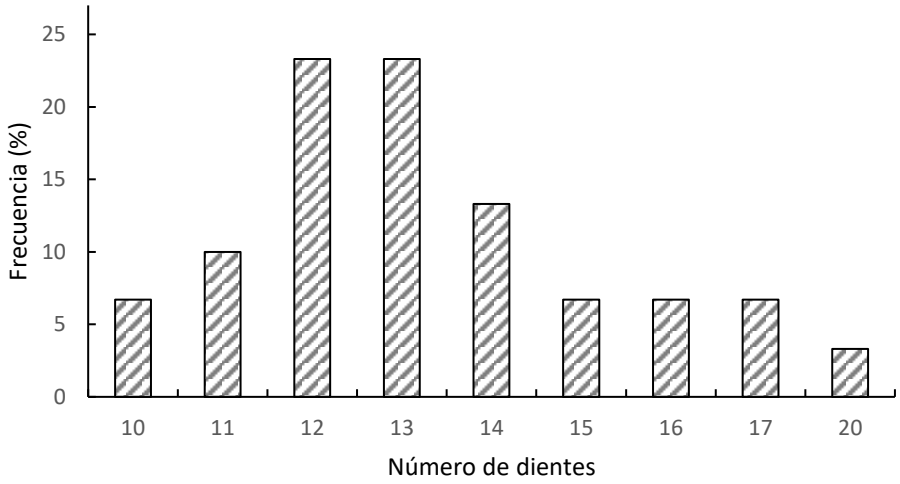


Figura 2. Frecuencia en porcentaje de número de dientes por cabeza de ajo, Barretero 2020 FAZ-UJED.

CONCLUSIONES

La variedad de ajo Barretero presenta rendimientos superiores a la media nacional, la frecuencia con la que se presentan 13 dientes 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, así como generar tecnología que incremente la tasa de supervivencia del ajo. Al incrementar la tasa de supervivencia también puede mejorar el rendimiento.

REFERENCIAS

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. 2018. Producción anual de ajo. En: http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/S, consultada en línea el 1 de julio de 2020.

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 safivum* L.). Journal of Spices and Aromatic Crops. 14: 21 – 27

Khar, A.; Asha D. A.; Mahajan V.; Lawande K. E. 2005. Genotype x environment interactions and stability analysis in elite lines of garlic *(Allium safivum* 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.

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. *sagitatum* Kuz.) mutant with larger aerial bulbils. Journal of Spices and Aromatic Crops.16: 122–124

Reveles, H. M.; Velásquez, V. R.; Alvarado, N. M. D. y Rubio, D. S. 2011a. “CEZAC 06”: nueva variedad de ajo tipo jaspeado para la región norte-centro de México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 2:601-606.

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-Torres, Roberto. (2015). Orientación de semilla, rendimiento y calidad de ajo (*allium sativum* l.) en dos variedades para zacatecas.

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). 2018. Estadística Agrícola 2018. En: http://www.siap.gob.mx, consultada en línea el 15 de julio de 2020.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (SIAP-SAGARPA). 2021. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/ En: http://www.siap.gob.mx, consultada en línea el 10 de agosto de 2021.

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

PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*) CON DOS FUENTES DE FERTILIZACIÓN EN LA COMARCA LAGUNERA

Miguel Ángel Gallegos-Robles[1], Uriel González-Salas[1], Luis Enrique Lira-López[1], Nery Cecilia García-De la Paz[1], José de Jesús Varela-Ríos[1], Alejandra Cecilia Nuñez Santiago[1], J. Guadalupe Luna Ortega[2]

[1]Facultad de Agricultura y Zootecnia-UJED, ejido Venecia, Gómez Palacio, Dgo., carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, km 35, garoma64@hotmail.com
[2]Universidad Politécnica de la Región Laguna, ejido Santa Teresa, San Pedro de las Colonias, Coahuila.

RESUMEN

La producción orgánica de alimentos es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de plaguicidas y fertilizantes sintéticos, inocuos y con un alto valor nutricional. El presente trabajo de investigación consistió en evaluar rendimiento, calidad de la sandía con fertilización de síntesis química y orgánica en la comarca lagunera. Este trabajo se llevó a cabo en el ciclo primavera – verano del año 2020, en el ejido San Julio Dgo. Mpio. De Tlahualilo. El genotipo evaluado fue el Hibrido Summer Flavor #800 (Bayer) la siembra de la semilla en charolas se realizó el día 10 de febrero y el trasplante fue el día 18 de marzo del año 2020. El diseño experimental fue en bloques al azar con 5 tratamientos y 3 repeticiones de los cuales se seleccionaron 6 plantas por repetición para ser evaluadas. Las variables evaluadas fueron peso del fruto, rendimiento, diámetro ecuatorial, diámetro polar, frutos de primera, frutos de segunda y calidad en grados brix. Los rendimientos obtenidos en los tratamientos fueron: T1 34.55 t ha^{-1}, T2 35.83 t ha^{-1}, T3 37.79 t ha^{-1}, T4 36.59 t ha^{-1} y T5 33.62 t ha^{-1}. Esto quiere decir que es posible producir sandia de buena calidad con abonos orgánicos sin afectar la calidad del fruto y obtener sandia con un peso promedio de 7.9 kg y una cantidad de sólidos solubles 11.27.

ABSTRACT

Organic food production is an alternative for consumers who prefer food that is free from pesticides and synthetic fertilizers, safe and with a high nutritional value. The present research work consisted of evaluating the yield and quality of the watermelon with chemical and organic synthesis fertilization in the region laguna. This work was carried out in the spring - summer cycle of the year 2020, in the San Julio Dgo ejido. Mpio. From Tlahualilo. The genotype evaluated was the Hybrid Summer Flavor # 800 (Bayer), the sowing of the seed in trays was carried out on February 10 and the transplant was on March 18, 2020. The experimental design was in random blocks with 5 treatments and 3 repetitions of which 6 plants were selected per repetition to be evaluated. The variables evaluated were fruit weight, yield, equatorial diameter, polar diameter, first-class fruits, second-class fruits and quality in Brix degrees. The yields obtained in the treatments were: T1 34.55 t ha^{-1}, T2 35.83 t ha^{-1}, T3 37.79 t ha^{-1}, T4 36.59 t ha^{-1} and T5 33.62 t ha^{-1}. This means that it is possible to produce good quality watermelon with organic fertilizers without affecting the quality of the fruit and to obtain watermelon with an average weight of 7.9 kg and a quantity of soluble solids 11.27.

INTRODUCCION

La sandia es uno de los cultivos hortícolas que se cultiva en casi todo el mundo participando China, Turquía, Irán, Estados Unidos, Egipto, México, Corea, Kazajstán, España y Grecia. Debido a la demanda que tiene se produce un total de 105,375 millones de kilogramos de sandía (FAO, 2013). En México la importancia de la sandía radica tanto en la demanda de mano de obra como en la captación de divisas de esta hortaliza. La superficie cosechada promedio de sandía en México durante el año 2017 fue de 15871 ha con un rendimiento promedio de 24.7 toneladas por hectárea y una producción total de 509409 toneladas. Los principales estados productores son: Sonora, Chihuahua y Guerrero con participaciones de 31.3, 16.6 y 9.8% de la superficie cosechada total respectivamente. La Región Lagunera participa con 6.1 % de la producción nacional, la superficie cosechada dedicada a este cultivo es de 974 ha., (SIAP, 2017). El municipio de Tlahualilo tuvo una superficie cosechada de 95 ha con un promedio de 42 toneladas por hectárea (SIAP, 2015). En la Comarca Lagunera en específico en el municipio de Tlahualilo, Dgo., los problemas para la producción de sandía son la disponibilidad de agua para riego, baja producción, plagas, enfermedades y comercialización. A pesar de la importancia de la sandía en la región, se ha realizado poca investigación, por lo que se requiere generar y adaptar tecnología para incrementar su productividad. A nivel mundial la demanda de los alimentos orgánicos está incrementando constante mente con un promedio de crecimiento anual del 25% (Ramesh et al.,2005). Dentro de las ventajas de los abonos orgánicos y que pueden potencializar el desarrollo de especies vegetales están el que proporcionan características como un alto índice elevado de porosidad, aireación, drenaje y capacidad de retención de humedad además de proporcionar elementos nutritivos fácilmente asimilables y de lenta liberación (Ramesh et al., 2005). La escasez de fertilizantes permitidos en la agricultura orgánica impulsa la búsqueda de alternativas, dentro de las cuales una de las más sobresalientes es el uso de compost para producir alimentos de buena calidad (Marquez-Hernandez *et al*., 2013). El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento y calidad de sandía con fertilizante químico y orgánico a base de estiércol bovino solarizado.

MATERIALES Y METODOS

El proyecto de investigación se realizó en el Ejido San Julio, Municipio de Tlahualilo, Durango, México. Localizado a la altura del km 48 carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, ubicado geográficamente en los paralelos 25°93’72.22” de latitud norte y los meridianos 103°41’72.22” de longitud oeste a una altura de 1100 metros sobre el nivel del mar; el clima predominante es seco estepario, presenta una temperatura media anual de 21°C. El trasplante se realizó el día 18 de marzo del 2020 utilizando como material genético el híbrido Summer Flavor #800 (Bayer). Se establecieron dos hileras sobre la cama a una distancia entre plantas de 1.20 m para una densidad de población de 2,563.33 plantas/ha. El tratamiento que llevó fertilización química (T3) se formuló en base a la dosis 150-80-00 de N-P-K respectivamente, se utilizó fosfato monoamónico (MAP) como fuente de fosforo. Se aplicó todo el fosforo 10 días antes de la siembra, y el nitrógeno se aplicó dosificado en los siguientes riegos de auxilio. La aplicación fue de forma manual a 15 cm debajo de la planta. Se utilizó como fuente de nitrógeno el sulfato de amonio. En los tratamientos que llevaron estiércol bovino solarizado la aplicación se realizó en la pre-siembra, 30 días antes del trasplante, los cuales consistieron en la aplicación de 50 ton/ha (T1), 70 ton/ha (T2) y 100

ton/ha (T4). El tratamiento testigo (T5) no llevó ningún tipo de fertilización. Los riegos se aplicaron en base al calendario de riegos de la Asociación de Usuarios del Módulo de Riego #11 de Jiménez Dgo. Se aplicaron 7 riegos durante el ciclo del cultivo, uno de pre-siembra y seis auxilio con un intervalo de 14 días entre riego, la lámina fue de 19.55 cm por riego. Se realizaron 8 cortes dependiendo de la madurez comercial del cultivo. Las variables evaluadas fueron: Peso de fruto (PF), Rendimiento (Ton/ha), Diámetro ecuatorial (D.E), Diámetro polar (D.P), Frutos de primera (FPrim) Frutos de segunda (FSeg) y Grados °Brix (GB), Los tratamientos se establecieron bajo un diseño de bloques al azar con 3 repeticiones. La parcela experimental fue de 7.2 m de largo por 7 m de ancho, con una superficie de 50.4 m2. La parcela constó de 2 surcos con un total de 6 plantas por surco. Los análisis de varianza y la comparación de medias (DMS) se realizaron con el paquete estadístico SAS.

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianza indicó que en los tratamientos (Trat) hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en la variable peso de fruto (PFruto) y rendimiento en toneladas por hectárea (Rto), y diferencias no significativas ($P \geq 0.05$) para las demás variables. En la fuente de variación cortes se observaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) en todas las variables evaluadas.

En la comparación de medias (cuadro 1) en el peso del fruto el mejor tratamiento numéricamente fue el T3 tratamiento químico (T3, 150-80-00) con un peso de promedio de 7.9 kg por fruto, sin embargo, estadísticamente fue igual a los tratamientos T2 y T4 con 70 y 100 ton/ha de estiércol bovino solarizado. Lo anterior señala que el uso de estiércol es una alternativa viable para obtener rendimientos similares a la fertilización química, con el consecuente ahorro económico y la conversión sustentable en la producción de sandía. Cervantes *et al* (2018) reportaron resultados sobresalientes en la producción de sandía al utilizar estiércol y vermicomposta en comparación con la fertilización química. El efecto benéfico del uso de los estiércoles es un tema bien documentado (Cooperband, 2002) y entre los varios beneficios se menciona la aportación de materia orgánica, aumento en la fertilidad del suelo, disponibilidad de nutrientes a largo plazo, retención y disponibilidad de agua, entre otros, aunque un uso indiscriminado de los estiércoles tiende a aumentar la salinidad del suelo, lo cual puede ser negativo en el rendimiento de los cultivos (Quiroga-Garza *et al*., 2011).

En cuanto al rendimiento en toneladas por hectárea, se observó la misma tendencia que para el peso de fruto, siendo estadísticamente iguales los tratamientos T2, T3 y T4, pero diferentes ($P \leq 0.05$) a los tratamientos T1 y T5. El rendimiento más alto de tratamiento orgánico fue en T4 (100 ton/ha de estiércol bovino solarizado) con 36.59 ton/ha. Este rendimiento no fue superior al del tratamiento químico con 37.79 ton/ha, y tampoco superó la media de la región lagunera en el 2019 con 38.84 ton/ha (SIAP, 2019), sin embargo, el rendimiento se puede considerar competitivo.

En diámetro ecuatorial y diámetro polar, en ambas variables no hubo diferencias significativas ($P \geq 0.05$) entre los tratamientos, empero, el mejor valor numérico en diámetro ecuatorial fue el T3 (químico) con 21.557 cm, mientras que en el diámetro polar el valor más alto se observó en el T2 (70 ton/ha de estiércol bovino solarizado) con un valor de 27.711

cm. Los resultados anteriores señalan que con el uso de estiércol es posible obtener frutos de tamaño similar a los obtenidos con fertilización química.

Cuadro 1. Comparación de medias para tratamientos de fertilización con estiércol bovino solarizado y fertilizante químico.

Trat	PFruto Kg	Rto Ton/ha	DEc cm	DPol cm	FPrim	FSeg	GB
T1	7.256 B	34.55 B	20.445 A	27.403 A	5.416 A	1.041 A	11.566 A
T2	7.525 AB	35.83 AB	20.648 A	27.711 A	5.500 A	1.250 A	11.200 A
T3	7.937 A	37.79 A	21.557 A	27.627 A	6.583 A	0.833 A	11.272 A
T4	7.685 AB	36.59 AB	20.455 A	27.125 A	6.166 A	1.166 A	11.162 A
T5	7.061 B	33.62 B	20.142 A	26.555 A	5.500 A	0.833 A	11.075 A
DMS	0.666	3.170	1.504	2.379	1.341	0.647	0.665

En frutos primarios y secundarios, no hubo diferencias significativas entre tratamientos en ambas variables.

Los grados brix es la unidad en que se mide la dulzura y se relaciona con el contenido de sólidos solubles totales en sandía (Amerine y Ough, 1976). El valor numérico más alto encontrado en este trabajo fue de 11.566 grados brix en el tratamiento T1 (50 ton/ha de estiércol bovino solarizado), el cual fue estadísticamente similar a los demás tratamientos. Los grados brix no solo son un indicador de la dulzura en frutas y hortalizas, también son un indicador de posibles fisiopatías en el cultivo. En el caso de la sandía, valores normales que determinan frutos de calidad se encuentran entre 10.43-13.56. Los valores encontrados en los tratamientos de este trabajo variaron de 11.075 a 11.566 los cuales están dentro del rango para considerar los frutos de buena calidad (Morán 2001).

En los cortes y para la variable peso del fruto (cuadro 2), los tratamientos evaluados fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$), siendo mejor los primeros cuatro cortes con valores promedios de 8.952, 9.323, 9.073, 9.021 kg respectivamente. Estos resultados difieren a lo obtenido por Calizaya (2013), quien reporta un promedio de 12.10 kg., sin embargo, en esta variable el presente experimento supera a Miles *et al.* (2006) en una comparación de variedades con polinización normal reportan una media de 4.03 kg., en peso por fruto.

En el rendimiento en toneladas por hectárea, los mejores valores de rendimiento se observaron en los primeros cuatro cortes y fueron estadísticamente diferentes a los últimos cuatro cortes, esto es importante porque permite definir un esquema de cuidados al cultivo con el fin de maximizar el rendimiento.

En el diámetro ecuatorial y diámetro polar se encontró diferencia estadísticamente significativa entre cortes realizados ($P \leq 0.05$) en la variable diámetro ecuatorial (Dec). La media fue de 21.946, 22.629, 22.412, 22.622, 21.783 cm respectivamente para los primeros cinco cortes, los cuales fueron estadísticamente iguales, pero estadísticamente diferentes a los cortes del seis al ocho que mostraron los valores más bajos. En relación con el diámetro polar se observó la misma tendencia que el diámetro ecuatorial a través de los cortes.

En frutos primarios y secundarios, se observaron diferencias estadísticamente significativas (P ≤ 0.05) siendo mejor e iguales estadísticamente los cortes del uno al seis. Los cortes siete y ocho fueron los de valores más bajos lo cual es lógico dado que el cultivo ya está próximo a terminar su ciclo y las diferencias con los primeros cortes obedecen a pérdida de capacidad fisiológica del cultivo debido al envejecimiento del cultivo, falta de agua, etc., entre otras causas (Rosabal *et al*., 2014).

Cuadro 2. Comparación de medias para fechas de corte.

Corte	PFruto Kg	Rto Ton/ha	Dec cm	DPol cm	FPrim	FSeg	GB
C1	8.952 A	42.70 A	21.946 A	30.023 A	6.066 AB	1.266 AB	12.026 A
C2	9.323 A	44.51 A	22.629 A	28.101 AB	5.733 AB	0.933 B	11.900 A
C3	9.073 A	43.31 A	22.412 A	29.935 A	6.666 AB	1.800 A	11.613 AB
C4	9.021 A	43.06 A	22.622 A	29.697 A	5.600 AB	1.000 AB	12.080 A
C5	7.629 B	36.42 B	21.783 A	28.541 AB	7.133 A	1.133 AB	11.566 AB
C6	6.188 C	29.54 C	18.953 B	25.959 B	6.733 AB	1.266 AB	11.836 A
C7	5.776 C	27.57 C	19.190 B	25.751 B	5.133 BC	0.733 BC	10.780 B
C8	3.979 D	18.99 D	15.661 C	20.267 C	3.600 C	0.066 C	8.240 C
DMS	0.843	4.024	1.902	3.009	1.697	0.819	0.841

En grados Brix, los mejores valores promedios se encontraron en el primer y cuarto corte, aunque estadísticamente fueron iguales los cortes de uno al seis y diferentes estadísticamente (P ≤ 0.05) con los cortes siete y ocho que presentaron los valores más bajos.

CONCLUSIONES

El reemplazo parcial de la fertilización química por abono orgánico, en este caso estiércol bovino solarizado, en la producción de sandía es una opción viable, dado que se obtienen valores aceptables en rendimiento y calidad, con el valor agregado de incorporar materia orgánica, nutrientes y mejorar algunas propiedades del suelo, sin dejar de mencionar reducción de costos de producción del cultivo que en gran medida es lo que se busca por los productores de la región.

REFERENCIAS

Amerine, M A. y Ough C.S. 1976 “Análisis de vinos y mostos “ Editorial Acribia, S.A. Zaragoza España pág. 18.

Calizaya, G. A. 2013. Tesis influencia de cinco fuentes de materia orgánica en el rendimiento y calidad del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb) en la zona de la Yarada-Departamento de Tacna. Tacna-Perú.

Cervantes Vázquez Tomás Juan Álvaro, Fortis Hernández Manuel, Trejo Escareño Héctor Idilio, Vázquez Vázquez Cirilo, Gallegos Robles Miguel Ángel, García Hernández José Luis. 2018. Fertilización química y orgánica en la producción de sandía en el norte de México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. vol. esp. núm. 20: 4263-4275.

Cooperband L. 2002. Building Soil Organic Matter with Organic Amendments. A resource for urban and rural gardeners, small farmers, turfgrass managers and large-scale producers. University of Wisconsin-Madison. Center for Integrated Agricultural Systems, College of Agricultural and Life Sciences. Web: http://www.wisc.edu/cias/

FAO. 2013. La comisión CODEX alimentaria y el programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. SIN 1020-2579. 00100 Roma Italia ANEXO 2:substancias permitidas para la producción de alimentos orgánicos.

Márquez-Hernández C, P Cano-Ríos, U Figueroa-Viramontes, JA Avila-Diaz, N Rodríguez-Dimas, JL García-Hernández. 2013. Rendimiento y calidad de tomate con fuentes orgánicas de fertilización en invernadero. FYTON ISSN 0031 9457 (2013) 82: 55-61.

Miles C., Kolker K., Becker G., Garth L., Reed J., Smith T., Nelson L., y Garth J. 2006. Icebox Watermelon Report 2006. Washington State University, Vancouver Research & Extension Unit. Vancouver, WA.

Morán, M.R. (2001). Interacción agua – nutrimentos en tres sistemas de producción en sandía Citrullus lanatus (Thunb.) con riego por cintilla y acolchado plástico. Tesis Profesional. URUZA, UACH. Bermejillo, Dgo. México. 82 p.

Quiroga-Garza Héctor Mario, Cueto-Wong José Antonio y Figueroa-Viramontes Uriel. 2011. Efecto del estiércol y fertilizante sobre la recuperación de N^{15} y conductividad eléctrica. Terra Latinoamericana 29(2): 201-209.

Ramesh P., Singh M., Rao AS. 2005. Organic farming: Its relevance to the Indian context. Current Sci. 88(4): 561-568.

Rosabal Ayan L., Martínez González L., Reyes Guerrero Y., Dell'Amico Rodríguez J., Núñez Vázquez M. 2014. Aspectos fisiológicos, bioquímicos y expresión de genes en condiciones de déficit hídrico. Influencia en el proceso de germinación. Cultivos Tropicales, vol. 35, no. 3, pp. 24-35.

SIAP. 2015**.** Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119

SIAP. 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119

SIAP. 2019. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

PRODUCTIVIDAD DE *Stevia rebaudiana* (Bertoni) FERTILIZADA CON ABONOS ORGÁNICOS

Mónica Guadalupe Lozano-Contreras[1*], Genovevo Ramírez-Jaramillo[2].

[1]Campo Experimental Mocochá del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Mocochá, Yucatán, México
[2]Centro de Investigación Regional Sureste del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Mérida, Yucatán, México
Email: lozano.monica@inifap.gob.mx

RESUMEN

El creciente interés por desarrollar una agricultura de bajo consumo de agroquímicos, la mayor concientización sobre el cuidado del medio ambiente, aunado al alto costo y baja eficiencia de los fertilizantes inorgánicos, han contribuido a que los agricultores vean como buena alternativa la aplicación de abonos orgánicos. Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la productividad de *Stevia rebaudiana* con abonos orgánicos en suelo luvisol (Kancab). Se emplearon esquejes de *S. rebaudiana* variedad criolla de Paraguay. Los tratamientos evaluados fueron: a) Bocashi; b) Borregaza; c) Gallinaza y d) un testigo suelo sin abono. Todos los tratamientos con abonos orgánicos se aplicaron a razón de 15 t ha^{-1}. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos, diez repeticiones y una planta por repetición. En base a los resultados experimentales, se determinó que las fuentes de abonos orgánicos influyeron significativamente sobre el rendimiento en hoja de *Stevia rebaudiana*. Los rendimientos de *Stevia* estuvieron en un rango de 21.79 a 10.40 kg ha^{-1}, con diferencias significativas entre los tratamientos, donde el tratamiento con Gallinaza fue la de mayor rendimiento (21.79 kg ha^{-1}), durante la primera cosecha de hoja, seguido del tratamiento con Bocashi (21.55 kg ha^{-1}).

ABSTRACT

The growing interest in developing a low agrochemical consumption agriculture, the increased awareness of environmental care, and the high cost and low efficiency of inorganic fertilizers, have contributed to the fact that farmers see the application of organic fertilizers as a good alternative. Based on the above, the objective of this study was to evaluate the productivity of Stevia rebaudiana with organic fertilizers in luvisol soil (Kancab). Cuttings of *S. rebaudiana* criollo variety from Paraguay were used. The treatments evaluated were: a) Bocashi; b) Borregaza; c) Gallinaza and d) a control soil without fertilizer. All organic fertilizer treatments were applied at a rate of 15 t ha^{-1}. A completely randomized experimental design was used with four treatments, ten replications and one plant per replication. Based on the experimental results, it was determined that the sources of organic fertilizers significantly influenced the leaf yield of *Stevia rebaudiana*. Stevia yields ranged from 21.79 to 10.40 kg ha^{-1}, with significant differences among treatments, where the Gallinaza treatment had the highest yield (21.79 kg ha^{-1}), during the first leaf harvest, followed by the Bocashi treatment (21.55 kg ha^{-1}).

INTRODUCCION

La demanda de *S. rebaudiana* representa una gran oportunidad para los agricultores del país que buscan generar un cultivo rentable y que además prometa un potencial de exportación. Sin embargo, la demanda actual del mercado requiere una producción orgánica y alternativas biológicas que reduzcan el uso de agroquímicos. Para ello, es necesario que la producción y manejo de este cultivo se realicen aplicando tecnologías más amigables con el medio ambiente y la salud humana.

La necesidad de proteger el medio ambiente e incrementar y mantener la fertilidad del suelo, ha aumentado el número de agricultores que desean usar abonos orgánicos (Vega Ronquillo *et al*., 2009). Los abonos orgánicos se pueden entender como un proceso de semi-descomposición aeróbica de residuos orgánicos por medio de poblaciones de microorganismos, que existen en los propios residuos, con condiciones controladas, y que producen un material parcialmente estable de lenta descomposición en condiciones favorables y que son capaces de fertilizar a las plantas y al mismo tiempo nutrir la tierra según Restrepo (2007).

Los abonos o enmiendas orgánicas, se han usado desde hace mucho tiempo y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado suficientemente, aunque su composición química, aporte de nutrientes a los cultivos y su efecto en el suelo varía según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero-Lima *et al*., 2000). Entre los abonos orgánicos se encuentran estiércoles, compostas, vermicompuestos, abonos verdes, residuos de cosechas, residuos orgánicos industriales, aguas negras y sedimentos orgánicos. Por las características en su composición química, estos abonos son formadores de humus y enriquecen el suelo con este componente, modificando sus propiedades físicas, químicas y la población microbiana, haciéndolo más propicio para el buen desarrollo y rendimiento de los cultivos (Hernández Rodríguez *et al*., 2010). El creciente interés por desarrollar una agricultura de bajo consumo de agroquímicos, la mayor concientización sobre el cuidado del medio ambiente, aunado al alto costo y baja eficiencia de los fertilizantes inorgánicos, han contribuido a que los agricultores vean como buena alternativa la aplicación de abonos orgánicos (Umesha *et al*., 2014). Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la productividad de *Stevia rebaudiana* con abonos orgánicos en suelo luvisol.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se estableció en condiciones de campo, suelo no fertilizado, en el Sitio Experimental Uxmal, localizado en el municipio de Muna, Yucatán, México (20°29´08.1” de latitud norte y 89°24´39” de longitud oeste, a una altitud de 50 msnm), perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). El clima es de tipo Aw, el cual es el más seco de los cálidos subhúmedos con lluvias en verano, precipitación y temperatura promedio anual de 900 mm y 25°C, respectivamente (Uribe *et al*., 2006).

El suelo de la región es Luvisol (Kancab), se le realizó análisis físicoquímico, que resulto con textura de franco-limosa, cuyos contenidos de arena fue 19.8%, 22.1% arcilla, y 58% de limo;

pH de 7.8, 0.13% de nitrógeno, 43.4 mg kg^{-1} de fósforo, 229 mg kg^{-1} de potasio y 4.8% de materia orgánica. El pH fue determinado en una extracción de suelo-agua mediante potenciómetro; la materia orgánica se midió por oxidación con dicromato de potasio; el N se determinó mediante el método de Kjeldahl; el P se midió con el método de Olsen (extracción con bicarbonato de sodio); y el K (extraído con acetato de amonio) se determinó con el método de cobaltonitrito (Plenecassagne *et al*., 1999). Se emplearon esquejes de *S. rebaudiana* variedad criolla de Paraguay; de la planta madre se cortaron esquejes de aproximadamente 12 cm de largo de apariencia sana y sin heridas.

Los tratamientos evaluados fueron: a) Bocashi; b) Borregaza; c) Gallinaza y d) un testigo suelo sin abono. Todos los tratamientos con abonos orgánicos se aplicaron a razón de 15 t ha^{-1} (Vieira *et al*., 2012; Parra-Delgado *et al*., 2014; De la Cruz *et al*., 2010). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos, diez repeticiones y una planta por repetición. Con los datos obtenido se realizó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias (Tukey, $p \leq 0.05$) en el paquete estadístico InfoStat versión 2014 (Universidad Nacional de Córdova, Argentina)

Manejo agronómico**.** Los abonos se adicionaron 15 días antes del trasplante y se colocó acolchado plástico color plata/negro de 100 µ de espesor. Por debajo del acolchado se colocó el sistema de riego por goteo en doble hilera con emisores cada 20 cm y un gasto por gotero de un litro por hora de riego. No se presentaron problemas de plagas, aunque se presentaron algunas enfermedades fungosas causadas por *Alternaria* sp. y *Fusarium* sp. las cuales fueron controladas con sulfato de cobre pentahidratado en dosis de 3 mL L^{-1}. Se realizó una poda de formación a los 15 días después del trasplante y la cosecha se llevó a cabo a los dos meses posteriores al trasplante.

Variables evaluadas. Se evaluó el crecimiento de la planta mediante los siguientes parámetros: Se midió la altura de 10 plantas por parcela un flexómetro graduado en centímetros, Se evaluó la producción y distribución de biomasa seca, para lo cual se realizó una separación de los órganos de la planta (tallo, hojas), se depositaron en bolsas de papel donde se secaron en una estufa de desecación con circulación por aire forzado (Thelco Oven, de Thermo Scientific®), a 65ºC hasta peso constante, se pesaron en una balanza analítica. Se determinó el rendimiento de hoja seca total obtenida de del corte realizado a los 65 ddt.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se presentaron diferencias significativas en la altura de las plantas (AP), por efecto de los tratamientos a los 65 días posteriores al establecimiento. El tratamiento con Borregaza, promovió la mayor AP con un promedio 15.14 cm, seguido de Bocashi con 14.78 cm en promedio por planta respectivamente (Cuadro 1), mientras que las plantas menos favorecidas con esta variable fueron el testigo sin fertilización y el tratamiento con Gallinaza. Esta respuesta se debe, en primera instancia a que los abonos orgánicos en general promueven la actividad biológica, disponibilidad y capacidad de intercambio de nutrientes, el balance hídrico, el contenido de materia orgánica y la estructura del suelo; como consecuencia de esto, los suelos están menos propensos a la erosión, tienen una mejor capacidad de retener nutrientes y un mejor desarrollo radicular de los cultivos, lo cual contribuirá a mejorar la eficiencia de los fertilizantes minerales incrementando la producción (López y Llorente, 2011; Soto, 2003; Tejera *et al*., 2005)

Cuadro 1. Efectos de los tratamientos en el desarrollo de *Stevia rebaudiana* en variedad criolla de Paraguay, 65 días después del trasplante (ddt), en respuesta a abonos orgánicos en suelos luvisoles del estado de Yucatán.

Tratamientos	Altura de la planta (cm)	Hoja		Tallo	
		PF (g)	PS (g)	PF (g)	PS (g)
Borregaza	15.14 a	7.6	2.4	2.6	1.1
Testigo	13.00 ab	3.7	1.2	1.5	1.0
Bocashi	14.78 a	8.9	2.5	4.7	1.5
Gallinaza	11.38 b	7.7	2.5	4.7	2.0
DMS	2.47	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)	16.23	64.68	60.02	91.10	82.33

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey (p≤0.05). C.V.= Coeficiente de variación. DMS= diferencia significativa minima. NS= no significativo. PF= peso fresco, PS= peso seco.

En el cuadro 1 se puede observar que no se encontraron diferencias significativas, en peso fresco, siendo el tratamiento con Bocashi mayor a todos los tratamientos con una media 8.9 g, y el tratamiento Testigo, fue el más bajo con 3.7 g. En base a los resultados experimentales, se observa que las fuentes de abonos orgánicos influyeron sobre la biomasa de hojas. Estudios realizados por Liu *et al*., (2011) demuestran que el abono orgánico en la forma de estiércol bovino proporciona mayor actividad radicular, mejorando la fotosíntesis en etapa de crecimiento con consecuente incremento en la biomasa (MS) y contenido de glucósidos de la *Stevia*, incluso el crecimiento, diámetro y altura de tallo, así como el peso seco de la parte aérea fue superior al cultivo de *Stevia* tratado con fertilizante químico.

En fresco y seco de tallos, no hubo diferencias significativas (p≥0.5) entre los tratamientos. En el Cuadro 1 se presentan los valores correspondientes a los rendimientos en a 65 días después del trasplante (ddt). los tratamientos con Bocashi y Gallinaza (4.7 g), registraron un mayor incremento en la biomasa de tallos. Los tratamientos Borregaza y el Testigo obtuvieron los rendimientos más bajos (2.6 y 1.5 g, respectivamente). Estos resultados difieren a los reportados por Velázquez Duarte *et al*., (2016), usando diferentes dosis de estiércol bovino, el tratamiento con 60 t ha^{-1} fueron significativamente superiores en relación a la masa seca de tallos (MSt) obtenidas en comparación con las demás dosis de estiércol bovino, con una media de 8,96 g pl^{-1}, seguidas por las de los tratamientos 40 y 80 t ha^{-1} con un promedio de 6,06 g pl^{-1}, y en último lugar se posicionaron las plantas de *Stevia* provenientes del tratamiento de 100 t ha^{-1} y el testigo sin aplicación de estiércol bovino que produjo apenas 3,21 g pl^{-1} de MSt.

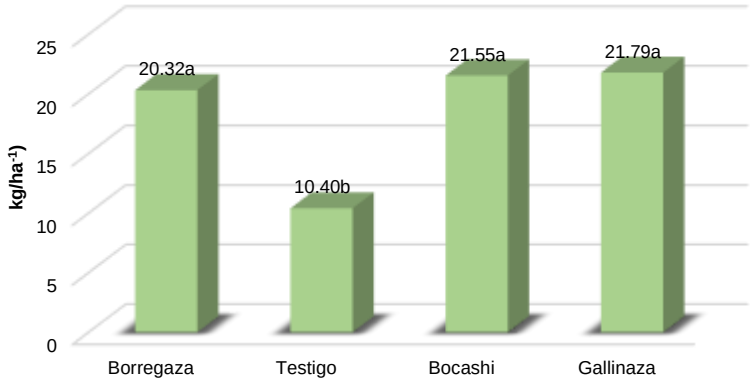


Figura 1. Rendimiento al primer corte (65 ddt) de *Stevia rebaudiana*.

En base a los resultados experimentales, se determinó que las fuentes de abonos orgánicos influyeron significativamente sobre el rendimiento en hoja de *Stevia rebaudiana*. Los rendimientos de *Stevia* estuvieron en un rango de 21.79 a 10.40 kg ha^{-1}, con diferencias significativas entre los tratamientos, donde el tratamiento con Gallinaza fue la de mayor rendimiento (21.79 kg ha^{-1}), durante la primera cosecha de hoja (Figura 1), seguido del tratamiento con Bocashi (21.55 kg ha^{-1}). Por lo contrario, los tratamientos de Borregaza y el Testigo, presentaron los rendimientos más bajos. La diferencia entre el tratamiento con gallinazo y testigo evidencia el efecto favorable de los materiales orgánicos, no solo aportando nutrimentos, sino, además en las características físicas y biológicas de los suelos como se mencionó anteriormente, lo que ratifica la necesidad de emplear estos productos de manera complementaria en los sistemas integrales de nutrición vegetal (Huanca y Valle, 2005; Soto, 2003) ya que, no solo incrementan la producción, sino que, además, bajan los costos generando la mejor relación beneficio/costo, Zamora, *et al*., (2008).

CONCLUSIONES

Se encontró un efecto positivo con el tratamiento de Borregaza y Bocashi, tanto en el crecimiento como en el peso fresco del follaje de las plantas de estevia.

La aplicación de abonos, influye sobre rendimiento de *Stevia rebaudiana* (Bertoni).

Se recomienda seguir estudiando la influencia de otros abonos orgánicos en el cultivo de estevia.

REFERENCIAS

Cruz, Y. P. K., Alayón, J. A. G., Morón, A. R. (2017). Efecto de la fertilización orgánica y de síntesis química en tomate verde (*Physalis ixocarpa* Brot. Ex Horn) en Calakmul, Campeche (México). Avances en Investigación Agropecuaria. 21(2): 41-53.

De la Cruz, L. E., Osorio, O. R., Martínez, M. E., Lozano del Rio, A. J., Gómez, V. A., Sánchez, H. R. (2010). Uso de compostas y vermi compostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. Interciencia. 35(5): 363-368.

Hernández Rodríguez, O. A., Ojeda Barrioas, D. L., López Díaz, J. C. y Arras Vota, A. M. (2010). Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. El científico frente a la Sociedad. 4(1):1-6.

Huanca, M. y G. Valle. (2005). Evaluación de la calidad de los abonos orgánicos producidos en la Universidad EARTH. Trabajo de Grado para optar al Título de Licenciado en Ingeniería Agronómica. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda. Guásimo. Costa Rica

Liu, X., Ren, G., Shi, Y. (2011). The effect of organic manure and chemical fertilizer on growth and development of Stevia *rebaudiana* Bertoni. Energy Procedia. 5: 1200–1204.

López, D. y Llorente, M. (2010). La agroecología: hacia un nuevo modelo agrario. Sistema agroalimentario y consumo responsable. 1ra Ed. Marquéz de Legañés, Madrid. Editorial Ecologistas en acción. 17-22 pp.

Parra-Delgado, J. M., T. J. Velázquez-Alcaraz, E. Quero-Gutiérrez, L. Partida-Ruvalcaba, T. Díaz-Valdés, B. Galván-Piña y F. Ayala-Tafoya. (2014). Uso de composta, minerales primarios amorfos y microrganismos para la producción y calidad de tomate. Revista Intropica. (9): 102–110.

Plenecassange, A.; Romero-Fierro, E. y López-Borrego, C. (1999). Manual de laboratorio para análisis de suelo, planta y agua. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias- ORSTOM. Gómez Palacio, Durango, México.

Restrepo Rivera, Jairo (2007). El ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas. 1 ed. Managua: SIMAS. 262 p.

Romero-Lima, R., Trinidad-Santos, A., García-Espinoza, R., Ferrera-Cerrato, R. (2000). Producción de papa y biomasa microbiana en suelos con abonos orgánicos y minerales. Agrociencia. 34: 261-269.

Soto, G. (2003). Abonos orgánicos: el proceso de compostaje. En: Gloria Meléndez y Gabriela Soto (eds). Taller de abonos orgánicos. Centro de Investigaciones Agronòmicas de la Universidad de Costa Rica., San José. Costa Rica. 30-57 pp.

Tejera, N. Lluch, C., Martínez-Toledo, M. V., González-López, J. (2005). Isolation and characterization of Azotobacter and *Azospirillum* strains from the sugarcane rhizosfera. Plant Soil. 270:223–232.

Umesha, S., Divya, M., Prasanna, K. S., Lakshmipathi, R. N., Sreeramulu, K. R. (2014). Comparative Effect of Organics and Biofertilizers on Growth and Yield of Maize (*Zea mays* L.). Current Agriculture Research Journal. 2(1): 55-62.

Uribe, V. G., Dzib, E., R. (2006). Micorriza arbuscular (*Glomus intraradices*), *Azospirillum brasilense* y *Brassinoesteroide* en la producción de maíz en suelo luvisol. Agricultura técnica en México. 32(1): 67-76.

Vega Ronquillo, E., Rodríguez Guzmán, R. y Serrano González, N. (2009). Sustratos orgánicos usados para la producción de ají chay (*Capsicum annuum* L.) en un huerto orgánico intensivo del trópico. UDO Agrícola. 9(3): 522-529.

Velázquez Duarte, J. A., Rodríguez Espínola, H. N., Ferreira Agüero, M. A., Vega Britez, G. D., Lesmo Duarte, N. D., Alvarenga Serafini, J. D. (2016). Efecto de diferentes dosis de estiércol bovino en el cultivo orgánico de *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni bajo sistema de riego por goteo. Investigación Agraria. 18(2):101-110.

Vieira, M.C., Rodrigues, W.B., Zárate, N.A.H., Ramos, D.D., Luciano, A.T., Gonçalves, W.V., Carnevali, T.O. (2012). Produção da fáfia [*Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen] com cama-de-frango e fósforo incorporados ao solo. Revista Brasileira de Plantas Medicinais. (14): 235-241.

Zamora, F., Tua, D. y D. Torres. (2008). Evaluación de cinco fuentes orgánicas sobre el desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo de papa. Agronomía Tropical. 58(3):233-243.

RECUBRIMIENTO DE ESPORAS DE *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill. CON PROTECTORES SOLARES

De Lira-Ramos, Karla Vanessa[1*]; González-Gaona, Ernesto[1]; Luna-Silva, Alejandra[2]; Barajas-Gómez, Héctor Antonio[1]; Hernández-Reyes, Lizbeth[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental
Pabellón. Carretera Aguascalientes–Zacateca, km. 32.5. Pabellón de Arteaga, Ags. México. C.P.
20678.
[2]Universidad Tecnológica Metropolitana de Aguascalientes. Av. Gerónimo de la Cueva s/n, Villas del Río, Aguascalientes, Ags. C.P. 20126
****ramos.vanessa@inifap.gob.mx***

RESUMEN

En la actualidad, el control biológico es una alternativa al uso de plaguicidas de síntesis química, ya que se empieza a tomar conciencia del cuidado al medio ambiente, por lo que se buscan alternativas con menos impacto ambiental, especialmente mediante la utilización de organismos como los hongos entomopatógenos, en especial *Beauveria bassiana*. Sin embargo, una de las desventajas de este hongo es que es sensible a los rayos UV. La protección de las esporas de *B. bassiana* se puede lograr utilizando fotoprotectores. Estos fotoprotectores son químicos o compuestos que ayudan a reflejar, absorber o refractar a los rayos del sol. Por lo anterior, se ha buscado una metodología que permitan mejorar la efectividad del uso de hongos entomopatógenos protegiéndoles de la degradación por exposición a rayos UV con el uso de fotoprotectores. En condiciones de laboratorio, se evaluaron dos fotoprotectores, ácido aminobenzoico y ácido 4,4-diamino-estilbeno-2,2disulfonico al 1% (p/v), como recubrimiento de esporas de *B. bassiana* (BbC20). Las esporas fueron expuestas a dosis crecientes de luz ultravioleta (290 nm) con su respectivo control. Sin el protector solar, la exposición de las esporas durante 50 s, redujo su germinación de 90-93% a 30%. Usando el protector solar acido 4,4-diamino-estilbeno-2,2disulfonico 1% p/v, la germinación de las esporas, tras 50 s de exposición, se redujo desde 58% a 31% y usando el fotoprotector ácido aminobenzoico, se redujo de un 40% a 30%. Los resultados demuestran que el uso de fotoprotectores aumenta la viabilidad de las esporas conforme aumenta la exposición a los rayos UV-B.

ABSTRACT

At present, biological control is an alternative to the use of chemical synthesis pesticides, since it is beginning to become aware of caring for the environment, which is why alternatives are sought with less environmental impact, especially through the use of organisms such as entomopathogenic fungi, especially Beauveria bassiana. However, one of the disadvantages of this fungus is that it is sensitive to UV rays. Protection of B. bassiana spores can be achieved using photoresist. These sunscreens are chemicals or compounds that help reflect, absorb or refract the sun's rays. Therefore, a methodology has been sought that will improve the effectiveness of the use of entomopathogenic fungi, protecting them from degradation by exposure to UV rays with the use of photoprotectors. Under laboratory

conditions, two photoprotectants, aminobenzoic acid and 4,4-diamino-stilbene-2,2-disulfonic acid at 1% (w / v), were evaluated as spore coating of B. bassiana (BbC20). The spores were exposed to increasing doses of ultraviolet light (290 nm) with their respective control. Without sunscreen, exposure of the spores for 50 s reduced their germination from 90-93% to 30%. Using the 4,4-diamino-stilbene-2,2-disulfonic acid sunscreen 1% w / v, the germination of the spores, after 50 s of exposure, was reduced from 58% to 31% and using the aminobenzoic acid photoprotector, reduced from 40% to 30%. The results show that the use of photoresist increases the viability of the spores as exposure to UV-B rays increases.

INTRODUCCION

Los hongos entomopatógenos tienen un gran potencial como agentes de control biológico (Pucheta Diaz et al., 2006). En este sentido, *Beauveria bassiana* es considerado como un controlador biológico, debido a su gran actividad entomopatógena (Valdes et al., 2011), sin embargo, la eficacia de este microorganismo depende de su persistencia en el campo, la cual se ve afectada por la radiación solar (Smits et al., 2004). Particularmente las longitudes de ondas UV-A y UV-B, es la principal causa de una baja efectividad del hongo. De acuerdo con los estudios realizados por Devotto y Gerding (2003), la germinación de conidias de dos aislamientos de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorok expuestos a la radiación solar disminuyó su viabilidad en la germinación.

La región del espectro solar que comprende los 100-400 nm es conocida como radiación ultravioleta (UV). Ésta se divide en tres tipos: UV-A (400-320 nm), UV-B (320-290) y UV-C (290-100 nm). La radiación solar, incluyendo la luz UV, reduce la sobrevivencia de las esporas de diversos hongos entomopatógenos (Inglis et al.,1995).

El efecto de la luz UV se debe a que las longitudes de onda cortan, retardan o suprimen la germinación de las esporas de los entomopatógenos, debido a daños directos o indirectos en el ADN. Ambos tipos de daño interfieren en la replicación normal del ADN, y finalmente producen mutaciones o la muerte de la célula, dependiendo de la cantidad de energía recibida por los rayos UV (Escobar, 2011; Nicholson et al., 2005).

Se han utilizado varias estrategias para la conservar la eficacia de los microorganismos empleados en el control de plagas bajo condiciones de campo. Una de ellas es el empleo de cepas tolerantes a la radiación ultravioleta (Hullo et al., 2001; Saxene et al., 2002) o la reparación de los daños del ADN (Setlow, 1988). Aplicación de los microorganismos entomopatógenos en épocas del año y horas del día con menor radiación solar, uso de cubiertas, incorporación al suelo, encapsulación, adición de anti-oxidantes y uso de adyuvantes (Shah et al., 1998; Ragaei, 1999).

En el caso del uso de adyuvantes que actúan como protectores solares, dispersan o reflejan la radiación (pantallas solares), entre los que se destacan el óxido de zinc (ZnO) y el dióxido de titanio (TiO_2) (Mulero, 2004), aceites (Bateman et al., 1993), además de protectores solares de la industria cosmética, blanqueadores de pulpa de papel y realzantes del color de la ropa (Argauer y Shapiro, 1997).

Devotto y Gerding (2003) evaluaron el efecto del protector solar, ácido 4,4-diaminoestilbeno-2,2-disulfónico, sobre dos aislamientos de *M. anisopliae* expuestos a la luz ultravioleta. A demás, este protector solar incrementó la eficacia del Baculovirus de la polilla gitana (*Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae)), disminuyendo la inactivación del virus por la luz solar (Argauer y Shapiro, 1997).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la capacidad fotoprotectora y compatibilidad del ácido 4,4-diaminoestilbeno-2,2-disulfónico y ácido aminobenzoico sobre esporas de *B. bassiana* (BbC20) expuestas a los rayos UV.

MATERIALES Y METODOS

Se hicieron incrementos de *B. bassiana* (BbC20) en cajas Petri con medio PDA (Agar Papa Dextrosa) a partir del hongo original. Las cajas se mantuvieron a 25°C hasta que el hongo cubrió completamente la caja.

Se realizaron tres suspensiones de esporas de $1X10^{-7}$ esporas/mL y se agregó Tween 20 al 0,05% como dispersante. A una suspensión se le agrego ácido aminobenzoico, a otra suspensión se le agrego ácido 4,4-diamino-estilbeno-2,2disulfonico, ambas al 1% peso/volumen (p/v), mientras que la otra suspensión no recibió ninguna sustancia.

De cada suspensión, se tomó 1000 µL y se esparció sobre el medio PDA. La exposición a la radiación UV y se realizó en una cabina de rayos UV modelo mini V/PCR con una longitud de onda de 290 nm (UV-B), en una distancia de 60 cm respecto a la lámpara. El tiempo de exposición a los que se sometieron los tratamientos fue a los 0s, 10s, 20s, 30s, 40s, 50s, 60s, 80s, 100s, 120, 160s y 180s. Una vez transcurrido el tiempo, las cajas Petri se sellaron y se colocaron en una cámara bioclimática Binder 720 KBW E5.1 con temperatura controlada, a una temperatura de 26 ±2 ºC, con un fotoperiodo de 14:10 luz y oscuridad respectivamente.

La viabilidad se determinó a partir de las 24 h hasta las 72 h después de la exposición. De la zona media de cada placa se extrajo una faja de agar de 3 mm de ancho y de igual longitud que el diámetro de la placa. Este trozo de agar se puso en un portaobjeto y se examinó a 100X bajo un microscopio compuesto. Se consideró que una conidia había germinado cuando había emitido un tubo germinativo de igual o mayor longitud que el largo máximo de la espora. La germinación se calculó como 100 (número esporas germinadas/ número total de esporas examinadas) y se examinó un total de 60 esporas por repetición.

Los resultados de germinación de cada tratamiento fueron transformados para crear una nueva variable llamada “Actividad Original Remanente”. Esta variable expresa la germinación de cada uno de los tratamientos como un porcentaje de la germinación alcanzada por su respectivo control. Dado que la de cada control no se le añadió fotoprotector y estuvieron expuestos a los efectos de la radiación UV. Para calcular esta variable se aplicó la siguiente formula:

AOR=(Gi/G0) x100

Donde AOR = actividad original remanente

G0 =germinación (%) de las esporas al tiempo 0 encimo; Gi = germinación (%) de las esporas del tratamiento control respectivo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Compatibilidad entre esporas y protector solar

La germinación de las esporas no fue afectada por los fotoprotectores, en el caso del ácido estilbeno redujo un 9% su germinación con respecto a su control. El ácido aminobenzoico redujo solo el 1% la germinación. Lo cual, indica que ambos fotoprotectores muestran buena compatibilidad, a pesar de ambos compuestos son ácidos. Según Rojas (2004), *B. bassiana* se le clasifica, de acuerdo a su tolerancia hacia gradientes de pH, como un hongo alcalofílico, que se desarrolla solamente a pH 9-10. Por su parte, Kuc (1994), menciona el efecto fungicida de las fitoalexinas, compuesto que contiene el estilbeno. Sin embargo, dichos parámetros, no afectaron la germinación de las esporas.

Efecto de la radiación UV en la germinación de las esporas

La germinación de las esporas muestra susceptibilidad al ser expuestas a los rayos UV-B sin protector solar, ya que disminuyó significativamente mientras aumento el tiempo de exposición. La exposición de 10 s no afectó la germinación, sin embargo, a partir de los 40 s se observó una disminución del 40%. Al llegar a la máxima exposición (180 s) se observó una disminución muy marca en la germinación de las esporas (70%).

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Grijalba et al. (2009), donde la germinación de *B. bassiana* es afectada al ser expuesta a la radiación UV-C, en diferentes tiempos de exposición, aunque Cerda-Olmedo et al. (1996) señalan que la radiación UV-C es 10 veces más letal que la radiación UV-B. La disminución en la germinación de esporas de los hongos entomopatógenos, al ser expuestos a esta longitud de onda, puede ser debido a que la replicación normal del ADN, superó los mecanismos de reparación de la célula y produjo mutaciones o la muerte celular dependiendo de la cantidad de energía recibida.

Efecto de los protectores solares

Los protectores solares disminuyeron el efecto negativo de la radiación UV-B en la germinación de esporas de *B. bassiana*. Sin embargo, la adición del ácido estilbeno mostró mayor protección, ya que permitió que la germinación fuera mayor respecto a su control en todos los tiempos de exposición a los rayos UV-B (Cuadro 1). Al comparar las esporas con protector con las que no tienen protector, las primeras germinaron 2.5 y 5.1 veces más que las segundas, para 100 y 180 s, respectivamente. El estilbeno, tiene dos máximos de absorción (220 y 294 nm) (Du et al., 1998) y esto explica el efecto de este protector solar.

Cuadro 1. Actividad Original Remanente (%) de esporas de *Beauveria Bassiana* expuestas a luz UV-B.

Tiempo de exposición (s)	Ácido estilbeno		Ácido aminobenzoico	
	Con protector	Sin protector	Con protector	Sin protector
10	87%	85%	82%	85%
20	77%	72%	79%	72%

30	71%	64%	74%	64%
40	71%	42%	52%	42%
50	58%	31%	40%	31%
60	78%	48%	58%	48%
80	74%	40%	46%	40%
100	66%	26%	12%	26%
120	74%	14%	11%	14%
160	73%	14%	4%	14%
180	77%	15%	6%	15%

Para el caso del ácido aminobenzoico, el efecto positivo fue parcial y sólo ocurrió en los primeros tiempos de exposición (de los 10 s a los 80 s) y a partir de los 100 s disminuyó la germinación de esporas. Lo anterior, sugiere una degradación del ácido aminobenzoico y conforme se prolonga la exposición a los rayos UV-B, deja de proteger a la espora del hongo. Los derivados del ácido aminobenzoico tiene un rango de protección de 290-320 nm (Saéz-de Ocariz & Orozco-Covarrubias, 2015), y se necesita una concentración del 15% del protector para dar una mayor protección (283 nm) (Moreno y Moreno, 2010). En este estudio se utilizó el ácido aminobenzoico al 1%.

Aunque los tiempos de exposición evaluados en este estudio bajos, se muestran resultados sobre el efecto positivo del uso de fotoprotectores en el empleo de hongos entomopatogenos para el control de plagas.

CONCLUSIONES

El protector solar, ácido 4,4-diamino-estilbeno-2,2disulfonico, mostró una mayor protección a las esporas de *B. bassiana* (BbC20). La germinación de las esporas se comportó de manera estable en los diferentes tiempos de exposición a los rayos UV-B.

El ácido aminobenzoico muestra una alta compatibilidad con las esporas del hongo, sin embargo, sufre una degradación conforme aumenta el tiempo de exposición a los rayos UV-B, dejando a la espora expuesta, lo cual provoca que éstas mueran y reduzcas su capacidad germinativa.

REFERENCIAS

Argauer, R., and M. Shapiro. 1997. Fluorescence and relative activities of stilbene optical brighteners as enhancers for the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) baculovirus. J. Econ. Entomol. 90:416-420.

Bateman, R.P., M. Carey, D. Moore, and C. Prior. 1993. The enhanced infectivity of *Metarhizium flavoviride* in oil formulations to desert locust at low temperatures. Ann. Appl. Biol. 122:145-152.

Cerda-Olmedo, E., V. Martín-Rojas, and B. Cubero. 1996. Causes of cell death following ultraviolet B and C exposures and the role of carotenes. Photochem. Photobiol. 64:547-551.

Devotto, L., & Gerding, M. 2003. Respuesta de dos aislamientos chilenos *de Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin a la adición de un protector solar. Agricultura Técnica, 63(4), 339-346.

Du, H., R.A. Fuh, J. Li, A. Corkan, and J.S. Lindsey. 1998. PhotochemCAD: A computer-aided design and research tool in photochemistry. Photochem. Photobiol. 68:141-142.

Grijalba, B., VILLAZAR, E., & Cotes, A. M. 2009. Evaluación de la estabilidad de *Paecilomyces* sp. y *Beauveria bassiana* frente a la radiación ultravioleta. Revista Colombiana de Entomología, 35(1), 1-6.

Hullo, M., Moszer, I., Dachin, A., Martin, I. 2001. CotA of *Bacillus subtilis* is a copper - dependent laccase. Journal of Bacteriology 183: 5426-5430.

Inglis, G. D., Goettel, M. S., & Johnson, D. L. 1995. Influence of ultraviolet light protectants on persistence of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana*. Biological control, 5(4), 581-590.

Kuc, J. 1994. Relevance of phytoalexins - a critical review. Acta Hortic. 381:526-539.

Moreno, M. I., & Moreno, L. H. 2010. Fotoprotección. Revista de la Asociación Colombiana de Dermatología y Cirugía Dermatológica, 18(1), 31-39.

Mulero, M. 2004. Efecto de la radiación ultravioleta (RUV) sobre los procesos de estrés oxidativo e inmunosupresión cutánea. Efecto protector de los filtros solares. Tesis doctoral. Facultad de Medicina. Universidad Rovira I Virgili. 174 p.

Nicholson, W. L., Schuerger, A. C., & Setlow, P. 2005. The solar UV environment and bacterial spore UV resistance: considerations for Earth-to-Mars transport by natural processes and human spaceflight. Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 571(1-2), 249-264.

Pucheta Díaz, M., Flores Macías, A., Rodríguez Navarro, S., & De La Torre, M. 2006. Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. Interciencia, 31(12), 856-860.

Ragaei, M. 1999. Radiation protection of microbial pesticides. J. Appl. Entomol. 123:381-384.

Rojas, L. 2004. Hongos alcalino-tolerantes como potencial fuente de enzimas de interés biotecnológico. Trabajo Especial de Grado para Licenciado en Biotecnología, Universidad Nacional de Quilmas, Bernal, Argentina, 52 p

Saéz-de Ocariz, M., & Orozco-Covarrubias, M. 2015. Protección solar en el paciente pediátrico. Acta pediátrica de México, 36(4), 364-368.

Saxene, D., Ben-Dov, E., Mansherob, R., Barak, Z., Boussiba, S., Zaritsky, A. 2002. A UV tolerant mutant of *Bacillus thuringiensis* spp. Kurstaki producing melanin. Microbiology, 44: 25-32.

Shah, P.A., O.K. Douro-Kpindou, A. Sidibe, C.O. Daffe, H.V.D. Pauuw, and C.J. Lomer. 1998. Effects of the sunscreen oxybenzone on field efficacy and persistence of *Metarhizium flavoviride* conidia against *Kraussella amabile* (Orthoptera: Acrididae) in Mali, West Africa. Biocontrol Sci. Tech. 8: 357-364.

Setlow, P. 1988. Resistance of bacterial spores to ultraviolet light. Comments Molecular Cell Biology Biophysics 5: 253-264.

Smits, N., & Sinoquet, H. 2004. Fungal bioinsecticide survival in response to UVB in 3D digitized grapevine canopies: a simulation study. In Proceedings of the 4th International workshop on functional-structural plant models (pp. 7-11).

Valdes, S., Escobar, L. M., Córdoba, L. A., & Góngora, C. E. 2014. Efecto de la luz ultravioleta sobre Beauveria bassiana y su virulencia a la broca. Revista Cenicafé 62(2): 58-68. 2011.

RENDIMIENTO DE BALLICO ANUAL CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN EL VALLE DEL GUADIANA

Nava-Berumen, Cynthia Adriana[1], Gamero-Posada*, Erika Cecilia[1*], Alaníz-Villanueva, Oscar Gilberto[1], Estala-Nájera, José Ángel[1], Rosales-Serna, Rigoberto [2].

Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana, Carretera Durango – México km 22.5. Villa Montemorelos, Dgo., México. C. P. 34371. [2]INIFAP – Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango – El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170.

Autor de correspondencia: erika.gp@vguadiana.tecnm.mx

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de la fertilización en el rendimiento de ballico anual (*Lolium multiflorum*) var. Oregón cultivado en el Valle del Guadiana, en tres momentos de su desarrollo. La siembra se realizó en el Campo Experimental del Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana en Durango, Dgo. el día 04 de enero de 2021. Se utilizó un diseño en bloques al azar, con cinco bloques y se aplicaron cinco tratamientos (T), T1 testigo sin fertilización, T2 fertilización química foliar, T3 fertilización con té de estiércol, T4 biofertilizante magro, T5 fertilización con NB Soil ®. Se realizaron tres cortes a los 100, 127 y 194 DDS. Se tomaron cinco muestras por tratamiento, cada una dentro del bloque correspondiente con un cuadro metálico de 25 x 25 cm. Se determinó el rendimiento de forraje verde (FV), forraje seco (FS) y el porcentaje de materia seca (MS). Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey (α=0.05). En FV se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos a los 100 DDS y el T4 fue el que presento el mayor rendimiento (17.26 t / ha), en los otros cortes no hubo diferencia significativa. El FS registro diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$) a los 194 DDS y el tratamiento con el mayor rendimiento de FS fue el T3. La MS no presento diferencias estadísticas, se observa que esta incrementa a medida que la planta madura, a los 100 DDS se encuentra en un rango de 16.16 a 18.68 %, a los 127 DDS va de 20.78 a 23.64 % y a los 194 DDS la MS va de 35.58 a 41.60 %. Es posible sustituir el uso de fertilizantes químicos con fertilizantes orgánicos como los estudiados en este trabajo, ya que pueden llegar a igualar o mejorar la producción de FV, FS y MS.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of fertilization on the yield of annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) var. Oregon cultivated in the Guadiana Valley, in three stages of its development. The sowing was carried out in the Experimental Field of Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana in Durango, Dgo on January 04, 2021. A randomized block design was used, with five blocks and five treatments (T) were applied, T1 control without fertilization, T2 foliar chemical fertilization, T3 fertilization with te de estiércol, T4 biofertilizante magro, T5 fertilization with NB Soil ®. Three cuts were made at 100, 127 and 194 DDS. Five samples were taken per treatment, each one within the corresponding block with a 25 x 25 cm metal square. The yield of green forage (FV), dry forage (FS) and the percentage of dry matter (MS) were determined. The data were subjected to an analysis of variance (ANOVA) and the comparison of means was carried out using the Tukey test (α =

0.05). In FV, significant statistical differences (p≤0.05) were found between treatments at 100 DDS and T4 was the one that presented the highest yield (17.26 t / ha), in the other cuts there was no significant difference. The FS registered highly significant statistical differences (p≤0.01) at 194 DDS and the treatment with the highest performance of FS was T3. The MS did not present statistical differences, it is observed that it increases as the plant matures, at 100 DDS it is in a range from 16.16 to 18.68%, at 127 DDS it goes from 20.78 to 23.64% and at 194 DDS the MS it goes from 35.58 to 41.60%. It is possible to substitute the use of chemical fertilizers with organic fertilizers such as those studied in this work using it with the appropriate doses, since they can equalize or improve the production of FV, FS and MS.

INTRODUCCION

La mayor fuente de alimentación de los rumiantes es la pastura y los forrajes, los cuales son plantas verdes que ecológicamente son un productor primario (por ejemplo, la captura de luz solar y carbono para producir biomasa (Burns, 2008). Estos forrajes deben de ser seleccionados en base en la alta producción de forraje, preferencia del ganado, alta digestibilidad y valores nutricionales altos (Ball et al., 2001).

Las variedades de pasto ballico anual toleran el frío invernal, muestran alta eficiencia en el uso del agua y el forraje que producen es de alta calidad nutricional y digestiva (López et al., 2012). El baillico anual (*Lolium multiflorum*) es unos de los pastos más importantes en los climas templados y es ampliamente usado como forraje debido a sus características deseables como la alta producción, rápido establecimiento y crecimiento, su precocidad y alto valor nutricional. En Durango, las variedades de pasto ballico anual son opciones para producir forraje de calidad durante la época seca del año (Nava et al., 2018), sin embargo la variedad Oregón no está muy estudiada y es necesario evaluar su adaptabilidad en el Estado.

El uso de fertilizantes incrementa la producción siempre y cuando se apliquen de manera adecuada para aprovechar los nutrientes (FAO, 2000). Se sabe que al aplicar fertilizantes inorgánicos el efecto es inmediato, lo que garantiza que sea aprovechado por el pasto, sin embargo existe el riesgo de contaminación por su uso excesivo (Del Pozo et al., 2001).

El uso de fertilizantes orgánicos en pastos ha mostrado efectos benéficos en la producción de forraje (Muinga et al., 2007). Existen diferentes fertilizantes orgánicos utilizados en el Estado como es el caso del fertilizante magro, el cual es biofermento enriquecido, el cual se obtiene por medio de una fermentación aerobia o anaerobia, usando estiércol bovino, agua, leche (puede sustituirse con suero de leche), minerales provenientes de materiales calcáreos (o ceniza) y melaza (Manríquez, 2015). El Té de estiércol es una preparación donde se convierte el estiércol sólido en un abono líquido extrayendo los nutrientes en el agua para hacerlos disponibles para las plantas (Quino, 2006). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización en el rendimiento de Ballico Anual var. Oregón cultivado en el Valle del Guadiana, Durango en tres momentos de su desarrollo.

MATERIALES Y METODOS

El material de prueba utilizado fue semilla de Ballico Anual (*Lolium mumltiflorum*) var. Oregón. La siembra se realizó en el Campo Experimental del Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana (ITVG) ubicado en Villa Montemorelos, Dgo., (24°0’37.3” N y 104°26’39.7”

O). La siembra se llevó a cabo el 04 de enero de 2021. Por la técnica de boleo con una sembradora agrícola en cono en donde la semilla fue lanzada y posteriormente se dio un paso de rastra para cubrirla, se realizaron franjas de 8 m de ancho x 40 m de largo (320 m^2), cada franja correspondió a un tratamiento. Se utilizó un diseño en bloques al azar, con 5 bloques y 5 tratamientos. Los tratamientos (T) fueron: el T1 corresponde al testigo sin fertilización, el T2 fertilizante químico foliar (Byfolan Forte®) con una dosis de 3 L/ha, el T3 fertilización con té de estiércol al 50 %, T4 fertilización con biofertilizante Magro al 50 % y T5 fertilizante orgánico NB Soil® al 20%. Las variables dependientes evaluadas fueron el rendimiento de forraje verde (FV) y forraje seco (FS) en t/ha y porcentaje de materia seca (% MS).

La toma de muestras se realizó a los 100, 127 y 194 DDS. Se tomaron cinco muestras por tratamiento, cada una dentro del bloque correspondiente, utilizando cuadro metálico de 25 cm x 25 cm y cada muestra se colocó en una bolsa de papel. Las muestras se pesaron en una balanza de precisión 0.01 g para obtener de forraje fresco, posteriormente se metieron a una estufa de aire forzado a 60 °C durante 48-72 horas, después de este tiempo, se dejaron enfriar y se pesaron para obtener el rendimiento de forraje seco. Con los pesos del forraje inicial y final se calculó el porcentaje de materia seca (% MS).

Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey (α=0.05) utilizando el programa estadístico Infostat.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1. Se presentan los resultados del análisis estadístico realizado para el rendimiento de forraje verde, forraje seco y el porcentaje materia seca. Se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos para FV a los 194 DDS y significativas para FV a los 100 DDS, MS a los 127 DDS y FS a los 194 DDS.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza de tres cortes de Ballico Anual var. Oregón cultivado en el Valle del Guadiana con diferentes tratamientos de fertilización.

Fuente de variación	Grados de libertad	Forraje verde	Forraje seco	Materia Seca
		100 DDS		
Tratamiento	4	36.40*	$4.62^{N.S.}$	$5.95^{N.S.}$
Error	20	12.40	3.59	15.44
CV (%)		27.56	71.38	22.53
		127 DDS		
Tratamiento	4	$18.54^{N.S.}$	$1.29^{N.S.}$	8.01*
Error	20	15.90	0.91	2.52
CV (%)		22.30	23.62	7.03
		194 DDS		
Tratamiento	4	$27.64^{N.S.}$	4.59**	$44.84^{N.S.}$
Error	20	13.60	0.91	21.20
CV (%)		19.76	13.53	11.97

C.V.= coeficiente de variación, N.S. = no significativo, *significativo (p≤0.05), **altamente significativo (p≤0.01).

En el primer corte (100 DDS) el rendimiento de FV fue mayor en el T4 (17.26 t/ha) y el rendimiento más bajo en este corte fue el T1 (10.52 t/ha). En el segundo y tercer corte (127 y 194 DDS) el rendimiento de FV no presento diferencias estadísticas, sin embargo, el T3 y T4 mostraron los rendimientos más altos de FV (18.44 y 18.62 t/ha, respectivamente) y FS (20.82 y 20.82 t/ha, respectivamente) (Cuadro 2).

En el rendimiento de FS a los 100 y 127 DDS no se presentó diferencias estadísticas, a los 100 DDS se encuentra en un rango de 1.76 t/ha (T1) a 4.18 t/ha (correspondiente al T5), a los 127 DDS el rango es 3.26 a 4.56 t / ha, a los 194 DDS el mayor rendimiento lo registró el T3 (8.52 t/ha) y el menor rendimiento fue para el T1 (6.08 t/ha) y T5 (6.32 t/ha).

La MS, a los 100 DDS se encuentra en un rango que va de 16.16 a 18.68 %, a los 127 DDS, el rango es de 20.78 a 23.64 % y a los 194 DDS, de 35.48 a 41.60 %.

Cuadro 2. Rendimiento de forraje verde, forraje seco y materia seca en tres cortes de Ballico Anual var. Oregón cultivado en el Valle del Guadiana con diferentes tratamientos de fertilización.

Tratamiento	**Forraje verde (t/ha)**	**Forraje seco (t/ha)**	**Materia seca (%)**
	100 DDS		
Testigo (Sin fertilización)	10.52^{b}	1.76^{a}	16.56^{a}
Fertilizante químico	11.02^{ab}	2.04^{a}	18.68^{a}
Té de estiércol	12.92^{ab}	2.34^{a}	18.34^{a}
Biofertilizante Magro	17.26^{a}	2.96^{a}	17.46^{a}
NB Soil®	11.86^{ab}	4.18^{a}	16.16^{a}
	127 DDS		
Testigo (Sin fertilización)	17.45^{a}	4.14^{a}	23.56^{a}
Fertilizante químico	20.00^{a}	4.56^{a}	23.22^{a}
Té de estiércol	18.44^{a}	4.38^{a}	23.64^{a}
Biofertilizante Magro	18.62^{a}	3.88^{a}	20.78^{a}
NB Soil®	14.82^{a}	3.26^{a}	21.76^{a}
	194 DDS		
Testigo (Sin fertilización)	17.03^{a}	6.08^{b}	35.58^{a}
Fertilizante químico	19.02^{a}	7.18^{ab}	38.18^{a}
Té de estiércol	20.80^{a}	8.52^{a}	41.60^{a}
Biofertilizante Magro	20.82^{a}	7.18^{ab}	35.48^{a}
NB Soil®	15.36^{a}	6.32^{b}	41.42^{a}

Las letras en cada columna representan diferencias estadísticas entre tratamientos $^{(a,b)}$ de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$)

En un estudio previo, Rosales et al., 2020 reportó los resultados obtenidos aplicando el fertilizante NB Soil® en donde obtuvo 90.86 t/ha de FV acumulado con la variedad de pasto x*Festulolium* realizando siete cortes y utilizando una dosis de 160 L/ha, y en el presente trabajo se reportan tres cortes utilizando este mismo fertilizante orgánico al 20 % y obteniendo un rendimiento de FV acumulado de 42.04 t/ha. Por otro lado, se reportan los resultados obtenidos con el biofertilizante magro, obteniendo un rendimiento de FS acumulado de 13.82 t / ha durante siete cortes y en el presente trabajo se obtuvo un rendimiento de FS acumulado de 14.02 t/ha en tres cortes.

Los resultados del FS de este estudio son similares a los reportados por Cueto et al., 2003, quienes obtuvieron un rendimiento de FS de 3.79 y 4.09 t/ha con tratamiento químico y aplicando estiércol de bovino en estado seco respectivamente, en Ballico Anual var. Oregón durante el primer corte.

CONCLUSIONES

Los fertilizantes orgánicos utilizados en este estudio pueden igualar o mejorar la producción de forraje verde, forraje seco y la materia seca obtenida con fertilizantes químicos, lo cual indica que se puede sustituir el uso este tipo de fertilizantes, lo que representa disminución de costos de producción y menor daño al ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Durango (COCyTED) el apoyo económico otorgado al proyecto "Efecto del tipo de fertilización en la producción y valor nutricional de forraje para alimentación de ganado productor de leche", a través de la Convocatoria para el *Impulso a la Vinculación mediante Proyectos Academia-Empresa-Sociedad 2019-01.*

REFERENCIAS

Ball, D. M.; M. Collins; G. D. Lacefield; N. P. Martin; D. A. Merstens; K. E. Olson; D. H. Putnam; D. J. Undersander; M. W. Wolf. 2001. Understanding forage quality. American Farm Bureau Federation Publication 1-01. Park Ridge, IL. USA. 17 p.

Cueto W., J.A.; Quiroga G., H.M.; Becerra M., C.T. 2003. Nitrogeno disponible y desarrollo del ballico anual. I. Producción, calidad del forraje y acumulación de nitratos. Terra Latinoamericana. 21(2): 285-295.

Del Pozo, P. P., R. S. Herrera y M. García. 2004. Efecto de la fertilización nitrogenada en el crecimiento y desarrollo de los componentes morfológicos del pasto estrella. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 38(2): 189-195.

FAO. 2000. Estrategias en materia de fertilizantes. Disponible en http://ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertstrs.pdf.

López H., J.; R. Rosales S.; R. Jiménez O.; O. G. Núñez M.; S. Arellano A.; A. Castillo R. 2012. Potencial forrajero de cereales de grano pequeño en riego, ciclo otoño-invierno, Durango, México. In: Memoria del XXIV Congreso Nacional y IV Internacional de Fitogenética. Monterrey, N. L. México. pp: 77.

Manríquez, R., J. 2015. Supermagro: El abono orgánico del futuro. Revista Innovación Agrícola 1(1): 24-27.

Muinga, R. W., J. G. Mureithi, H. Juma and H. M. Saha. 2007. The effect of supplementing napier grass or maize stover basal diet with either Gliricidia, Clitoria or Mucuna on manure quantity and quality in jersey cows. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 7: 157-163.

Nava B., C. A., R. Rosales S., F. O. Carrete C., R. Jiménez O., P. A. Domínguez M., y O. Reyes E. 2018. Productividad y calidad de forraje de pastos cultivados durante la época seca en Durango, México. Agrociencia 52: 803-816.

Quino, E. (2006). Apuntes de clases de Fertilidad y Nutrición Vegetal. Facultad de Agronomía. UMSA. La Paz-Bolivia.pp.1-7.

RENDIMIENTO DE CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annuum*) CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA

Jared Ceniceros García[1], Miguel Ángel Gallegos Robles[1], Uriel Gonzales Salas[1], J. Guadalupe Luna Ortega[2] Priscilla Yamilhet Montes Orona[1]

[1]Facultad de Agricultura y Zootecnia-UJED, ejido Venecia, Gómez Palacio, Dgo., carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, km 35
[2]Universidad Politécnica de la Región Laguna, ejido Santa Teresa, San Pedro de las Colonias, Coahuila.
Jcega@outlook.es

RESUMEN

La agricultura es el principal sector de crecimiento económico de los países en desarrollo, entre los cuales se encuentra México. Sin embargo, en los sistemas de producción contemporáneos, la mayoría de los cultivos son muy exigentes respecto a la demanda de fertilizantes, el uso excesivo de fertilizantes químicos para aumentar la productividad de los cultivos, a menudo, tiene como consecuencia la contaminación de suelos y aguas, lo que ocasiona degradación de estos recursos naturales, de la mano se produce anualmente una cantidad considerable de residuos pero sólo una cierta parte de esto es aprovechada, dejando una gran cantidad de desechos, los cuales se convierten en un potencial de contaminación ambiental. El aprovechamiento de estos residuos como medio eficiente de reciclaje racional de nutrimentos, mediante su transformación en abonos orgánicos, ayuda al crecimiento de las plantas y contribuye a mejorar o mantener muchas propiedades del suelo. Por otro lado se considera que entre el 80 y 90% de los procesos que ocurren en los suelos, son reacciones mediadas por los microorganismos. Los microorganismos han sido descritos como el motor de los ecosistemas terrestres, dado su papel en la mineralización y transformación de la materia orgánica, además de influir directamente en el metabolismo de las plantas. Al utilizar residuos orgánicos o bien fertilización orgánica, el aporte probablemente mayor es el desarrollo y promoción de una gran actividad biológica. La presente revisión bibliográfica resume algunos aspectos relacionados con el empleo de los abonos orgánicos y el impacto de fertilización orgánica hacia los microrganismos, haciendo especial énfasis en las interacciones y beneficios que estos conllevan.

ABSTRACT

Agriculture is the main sector of economic growth in developing countries, among which is Mexico. However, in contemporary production systems, most crops are very demanding regarding the demand for fertilizers, the excessive use of chemical fertilizers to increase the productivity of crops often results in the contamination of soils and water, which causes degradation of these natural resources, a considerable amount of waste is produced annually, but only a certain part of this is used, leaving a large amount of waste, which is in potential environmental contamination. The use of these residues as an efficient means of rational recycling of nutrients, through their transformation into organic fertilizers, helps the growth of plants and contributes to improving or maintaining many properties of the soil. On the other hand, it is considered that between 80 and 90% of the processes that occur in soils are reactions mediated by microorganisms. Microorganisms have been described as the engine of terrestrial ecosystems, given their role in the mineralization and transformation of

organic matter, in addition to directly influencing the metabolism of plants. When using organic residues or organic fertilization, the greatest contribution is probably the development and promotion of a great biological activity. This bibliographic review summarizes some aspects related to the use of organic fertilizers and the impact of organic fertilization on microorganisms, with special emphasis on the interactions and benefits that this entail.

INTRODUCCIÓN

El chile es una de las hortalizas que incrementó su demanda en forma continua en los últimos años (Morón y Alayon 2014). Esto ha motivado el incremento en la producción, lo cual ha sido gracias al aumento en el rendimiento por unidad de superficie sembrada y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada (SIAP 2012). En México, el chile es una de las especies hortícolas con mayor importancia, Después de China, México es el segundo productor a escala mundial. Los principales estados productores de México están en el norte, que incluyen la Comarca Lagunera. En esta región, el cultivo de chile tiene gran importancia en la economía, especialmente el chile jalapeño, ya que es uno de los principales cultivos hortícolas que se siembra en la región después de la sandía, tomate y melón durante el ciclo primavera–verano. La superficie sembrada en los últimos años fluctúa alrededor de las 1,074 ha, con un rendimiento promedio de 15.6 Mg·ha–1 (SIAP, 2012). La superficie mundial sembrada de chiles asciende a 1.7 millones de hectáreas, con una producción de 25.1 millones de toneladas, esto genera un gran impacto ambiental por las formas de producción actuales de este cultivo, por ello el manejo orgánico, y en particular la fertilización orgánica, surge como una opción viable ya que resulta altamente sustentable, agregando valor a los productos obtenidos bajo este método.

La aplicación de abonos orgánicos tiene el potencial de ser una fuente de nutrimentos económica y eficiente en la nutrición de los cultivos. Los beneficios del uso de abonos orgánicos son muy amplios, ya que, además de aportar materia orgánica humificada y nutrimentos al suelo, se ha demostrado que pueden prevenir, controlar e influir en la severidad del ataque de patógenos del suelo (Pedroza y Samaniego, 2003).

La elección de un fertilizante orgánico es trascendental, ya que permite proporcionar las condiciones apropiadas al cultivo (Ocampo *et al*. 2005); por ello, surge la necesidad de disponer de materiales de la localidad, que sean estables, de calidad e inocuos, además de bajo costo.

Existe evidencia de que la adición de abonos orgánicos a suelos y sustratos promueve el desarrollo y productividad de diferentes cultivos hortícolas como el tomate (*Solanum lycopersicon L*.) (Gutiérrez-Miceli *et al.,* 2007; Moreno-Reséndez *et al.,* 2013), chile (*Capsicum annuum L*.) (Arancon *et al*., 2004), y otras especies de interés comercial.

El presente trabajo de investigación pretende evaluar el efecto sobre el rendimiento e inocuidad del cultivo de chile mediante el uso de fertilización orgánica e inorgánica establecidos en condiciones de campo en la región de la comarca Lagunera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El presente estudio se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia-UJED ubicada en el ejido Venecia, Durango. Carretera Gómez Palacio – Tlahualilo, km 35. Localizada a 25° 46' 56" LN y 103° 21' 02" LO; a una altura de 1 110 msnm.

Material Vegetativo y fuente de Fertilizantes

Las semillas se adquirieron de la empresa Mevi, chile jalapeño variedad jerarca (*Capsicum annuum L.*). Los fertilizantes orgánicos utilizados fueron: Estiércol solarizado que se obtuvo de los establos de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, composta hecho a base de estiércol bovino y restos vegetales, biosolidos obtenidos de planta tratadora de la Cd. Lerdo Dgo., y un fertilizantes orgánico comercial Mycoroot. Además se utilizó fertilizante químico Urea (46% N), MAP (11% N, 52% P).

Manejo de Cultivo y Diseño Experimental

La semillas se colocaron en bandejas de germinación de 200 cavidades a una profundidad aproximada de 5 mm, posteriormente se trasplantaron directamente en suelo del campo agrícola. Cada unidad experimental consto de cinco líneas regantes con emisiones cada 20 cm, donde el gasto de agua equivale a 1.2 L/s. Se aplicaron 6 tratamientos en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, donde se trazaron 18 unidades experimentales. Por unidad experimental se colocó 20 plantas con 0.8 m de distancia entre si y 1.5 m entre surco.

Variables Evaluadas

Se evaluaron las siguientes variables: longitud, diámetro, peso individual del fruto. Las muestras para las mediciones anteriormente mencionadas fueron recolectadas durante 4 cortes distintos, por cada unidad experimental se tomaron 3 plantas elegidas al azar. La longitud y el diámetro de los frutos se midieron mediante un Vernier (Surtek), el peso se obtuvo a través de una balanza granataria. Asimismo se determinó la biomasa fresca y seca foliar en el cual se extrajeron 3 plantas por cada tratamiento por separado, cada parte aérea se colocó en una balanza analítica (PF) y después fueron colocados en una estufa de secado a 65 ºC, hasta llegar a peso constante. De igual forma se sacó el volumen de raíz mediante el desplazamiento en agua con las plantas utilizadas para la biomasa.

Análisis Estadístico

A los datos obtenidos se le corrió un análisis de varianza (ANDEVA) con un modelo de bloques al azar para cada una de las variables, para probar la Hipótesis y determinar si hay diferencias significativas entre tratamientos aplicados al cultivo. Si existe diferencia significativa entre tratamientos se llevará a cabo una prueba de separación de medias Tukey con un nivel de confianza de 0.05 utilizando el software de SAS.

RESULTADOS Y DISCUSION

Calidad del fruto

Los cuadrados medios que arrojo el ANOVA muestra que existe diferencia significativa para el largo, diámetro y peso como se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1. ANOVA. Cuadrados medios para cada variable y su significancia.

FV	Largo	Diámetro	Peso
Repetición	105.323	1.919	460.798
Corte	818.913**	42.546**	17449.547**
Tratamiento	22.749**	0.638	1694.861*
Error	7.183	0.461	920.175

Por otra parte, se realizó una prueba de comparación de medias de las tres variables evaluadas. La figura 1 muestra la comparación para la variable de largo de fruto en donde se obtuvieron diferencias estadísticas entre tratamientos. Se puede observar que el tratamiento químico, biosólido y absoluto fueron estadísticamente iguales en el cual la longitud promedio se encontró entre 8.171 a 8.192 cm, asimismo el tratamiento de estiércol y biofit se encontraron iguales, no obstante la composta fue estadísticamente significativo a los anteriores mencionados con un valor de 8.508. Al respecto Ornelas-Paz y compañía en 2010 reportaron chiles con una longitud entre 7.6 cm y 9 cm, también Vazquez-Vazquez *et al.,* (2012) reportaron en su investigación que los frutos de primera calidad son mayores a 6.1 centímetros. De igual forma se realizó comparación de media para el diámetro el cual se muestra en la figura 2. Los resultados que arrojó el análisis nos indica que en ningún tratamiento hubo diferencias estadísticas significativas, el diámetro promedio de los 6 tratamientos rondo entre 2.5 y 2.6 gr. en el que el tratamiento de composta ligeramente presento mayor promedio con un valor de 2.642, comparativamente Ornales-Paz *et al.*, (2010) obtuvo resultados similares ya que en su investigación reporto valores de 3 cm. Igualmente Zayed y compañía en 2013 registraron que aumenta significativamente la longitud y diámetro de fruto con la adición de fertilizante orgánico, siendo 9 cm y 6 cm respectivamente los valores que obtuvieron.

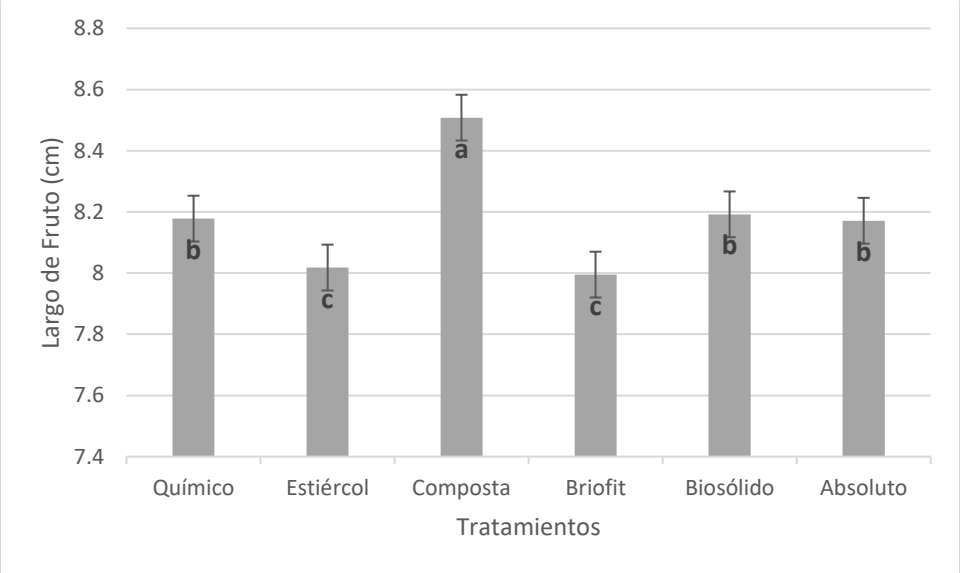


Figura 1. Prueba de comparación de medas de Tukey (0.05) para largo de fruto.

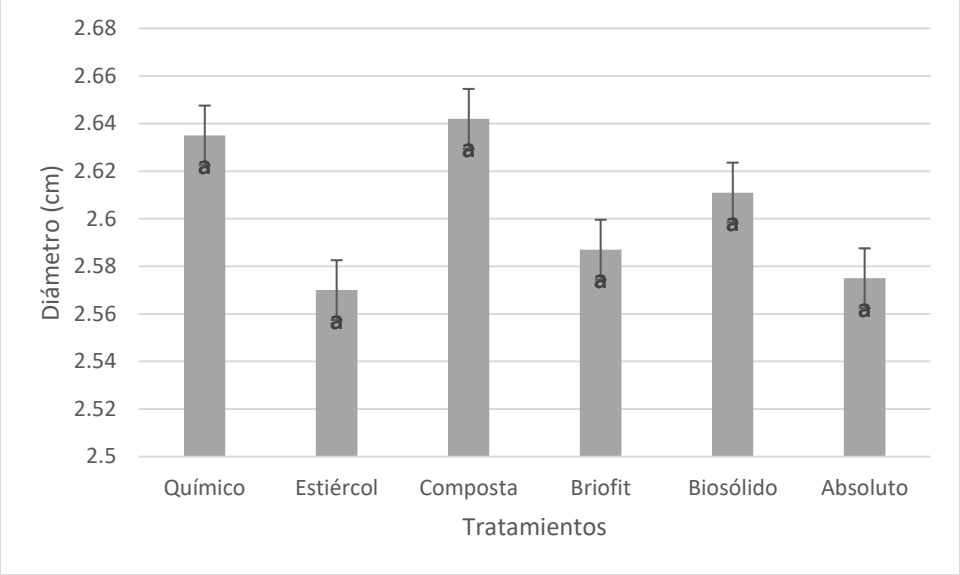


Figura 2. Comparación de medias Tukey (0.05) para el diámetro del fruto.

Asimismo, en la comparación de medias para el peso de los frutos se observa en la figura 3 que todos los tratamientos son estadísticamente iguales, excepto en el tratamiento de biosolido en el cual existe diferencia significativa con un valor de 25.86 gramos. Khandaker y compañía en 2017 registraron los mejores pesos para los tratamientos de vermicomposta y estiércol de vaca con valores cercanos a 15 gr, de esta manera expresaron que con la aplicación de fertilizantes orgánicos aumentan los valores de pesos de los frutos, lo cual en este estudio se refleja al obtener mayores medias para los tratamientos orgánicos vs el absoluto.

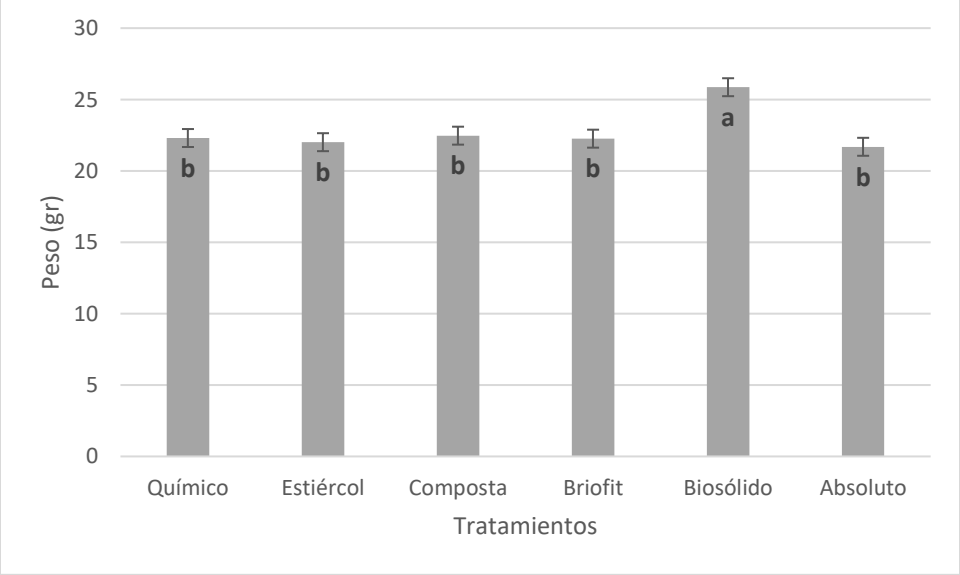


Figura 3. Comparación de medias Tukey (0.05) para los pesos de frutos.

CONCLUSIONES

EL tratamiento de composta fue el que presento mayor longitud de frutos, mientras que el biofit fue el menor valor. En cuanto el diámetro de los frutos no hubo diferencia realmente

clara, sin embargo el que obtuvo mayor valor también fue el tratamiento de composta. Respecto a la variable de peso de fruto el tratamiento con mejor resultados fue el de biosolido. Cabe resaltar que los resultados en las variables evaluadas en todos los tratamientos fueron muy similares.

Estos resultados pueden ser atribuidos al aporte nutricional de los distintos tratamientos aplicados, también por estrés de la planta por factores exógenos como las altas temperaturas que se presenta en la región.

Mediante la fertilización orgánica se desarrollaron frutos de una calidad adecuada, con la cual se puede competir con el mercado de frutos producidos intensivamente con fertilizantes químicos e inorgánicos.

Como perspectiva a futuro se planea realizar análisis nutracéuticos a los frutos para evaluar de esta forma la calidad nutrimental que presentan, también se presente realizar análisis microbiológicos para evaluar la inocuidad.

REFERENCIAS

Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Atiyeh, R., & Metzger, J. D. (2004). Effects Of Vermicomposts Produced From Food Waste On The Growth And Yields Of Greenhouse Peppers. *Bioresource Technology*, *93*(2), 139-144.

Gutiérrez-Miceli, F. A., Santiago-Borraz, J., Molina, J. A. M., Nafate, C. C., Abud-Archila, M., Llaven, M. A. O., & Dendooven, L. (2007). Vermicompost As A Soil Supplement To Improve Growth, Yield And Fruit Quality Of Tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Bioresource Technology*, *98*(15), 2781-2786.

Khandaker, M. M., Rohani, F., Dalorima, T., & Mat, N. (2017). Effects Of Different Organic Fertilizers On Growth, Yield And Quality Of *Capsicum annuum L*. Var. Kulai (Red Chilli Kulai). *Biosciences Biotechnology Research Asia*, *14*(1), 185-192.

Moreno-Reséndez, A., Rodríguez-Dimas, N., Reyes-Carrillo, J. L., Cano-Ríos, P., Vásquez-Arroyo, J., & Figueroa-Viramontes, U. (2013). Vermicompost Management: An Alternative To Meet The Water And Nutritive Demands Of Tomato Under Greenhouse Conditions. *Emirates Journal Of Food And Agriculture*, 385-393.

Morón RA Y Alayón GJA (2014) Productividad De Chile Jalapeño (*Capsicum annuum L.*) Con Manejo Orgánico O Convencional En Calakmul, Campeche, México. Revista Avances De Investigación Agropecuaria. 18: 35-40.

Ocampo M J, Caballero Mr, Tornero Cma (2005) Los Sustratos En Cultivos Hortícolas Y Ornamentales. En: Agricultura, Ganadería, Ambiente Y Desarrollo Sustentable. Pp: 55-73.

Ornelas-Paz J., M. J. Martínez-Burrola M., S. Ruíz-Cruz, V. SantanaRodríguez, V. Ibarra-Junquera, I. G. Olivas, J. D. Pérez-Martínez. (2010). Effect Of Cooking On The Capsaicinoids And Phenolics Contents Of Mexican Peppers, Food Chemistry, 119:1619–1625.

Pedroza-Sandoval, A.; Samaniego-Gaxiola, J. A. (2003). Efecto Del Subsuelo, Materia Orgánica Y Diferentes Variedades En El Patosistema Del Frijol (Phaseolus Vulgaris L.) Revista Mexicana De Fitopatología 21: 272-277.

Sistema De Información Agropecuaria De Consulta (2012) Http://Www.Siap.Sagarpa.Gob.Mx/Sistemas/Siacon/SIACON.Html

Vázquez-Vázquez, C., J.L. García, E. Salazar, B. Murillo, I. Orona, R. Zúñiga, E.O. Rueda Y P. Preciado (2010). Rendimiento Y Calidad De Forraje De Alfalfa (Medicago Sativa L.) Con Diferentes Dosis De Estiércol Bovino. Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias 1: 363-37

Zayed, M. S., Hassanein, M. K. K., Esa, N. H., & Abdallah, M. M. F. (2013). Productivity Of Pepper Crop (*Capsicum annuum L*.) As Affected By Organic Fertilizer, Soil Solarization, And Endomycorrhizae. *Annals Of Agricultural Sciences*, *58*(2), 131-137.

RESPUESTA DE MEZCLA DE BACTERIAS (*Bacillus velezensis, Bacillus subtilis* y *Azospirillum brasilensis*) EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS MELÓN

Uriel González-Salas[1], Miguel Ángel Gallegos-Robles[1], Ana Alejandra Valenzuela-García[1], Tomás Juan Álvaro Cervantes-Vázquez[1] y María Gabriela Cervantes-Vázquez[1].

[1]Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 32, Venecia. 35000 Gómez Palacio, Durango, México.

RESUMEN

La demanda de alimentos en la actualidad hace que, en los sistemas productivos hortícolas, se utilicen grandes cantidades de fertilizantes químicos, dejando a largo plazo suelos deteriorados con poca fertilidad. El objetivo de esta investigación fue evaluar fuentes de nutrición orgánicas e inorgánicas combinadas con biofertilizantes en su capacidad de aportar elementos nutrimentales al cultivo de melón y su respuesta en rendimiento y calidad comparado con fertilización química. Los tratamientos evaluados fueron T1 = 140 UNE; T2 = 120 UNE; T3 = 80 UNE+B; T4 = 60 UNE+B; T5 = 80 UNQ+B; T6 = 60 UNQ+B y T7 = 120-80-00 a base de fertilizante químico. El diseño utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones. Los resultados mostraron que los T3 y T5, redujeron un 33% la aplicación de fertilizante químico con respecto a la dosis utilizada recomendada en la Comarca Lagunera, y mejoraron el rendimiento en un 11 y 9%, respectivamente. Por lo que se concluye que los fertilizantes orgánicos o químicos mezclados con biofertilizantes pueden ser una alternativa viable para mantener o incrementar el rendimiento en melón y al mismo tiempo reducir el uso de fertilizantes químicos en los sistemas productivos de hortalizas.

SUMMARY

The current demand for food means that large quantities of chemical fertilizers are used in horticultural production systems, leaving soils deteriorated with little fertility in the long term. Thus, the objective of this research was to evaluate organic and inorganic sources of nutrition combined with biofertilizers in their ability to provide nutritional elements to melon crop and in yield and quality responses compared to chemical fertilization. The evaluated treatments were T1 = 140 UNE; T2 = 120 UNE; T3 = 80 UNE+B; T4 = 60 UNE+B; T5 = 80 UNQ+B; T6 = 60 UNQ+B and T7 = 120-80-00 based on chemical fertilizer. A completely randomized blocks design with three repetitions was used, finding that T3 and T5 reduced the application of chemical fertilizer by 33% with respect to the recommended dose used in the Lagunera Region and improved yield by 11 and 9% respectively. Therefore, organic or chemical fertilizers mixed with biofertilizers can be a viable alternative to maintain and/or increase melon yield and reduce the use of chemical fertilizers in vegetable production systems at the same time.

INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la revolución verde, se ha hecho un uso y abuso de los fertilizantes de síntesis química en los sistemas productivos agrícolas de la comarca lagunera, con el consecuente deterioro ambiental (Sutton *et al.*, 2013). Los fertilizantes a base de nitrógeno más usados a nivel mundial son urea, amonio y nitrato, y son las principales fuentes de

emisión de óxido nitroso, amoniaco y óxido nítrico (Song *et al*., 2020). Otra desventaja de los fertilizantes químicos es la baja eficiencia de recuperación del nitrógeno ocurriendo perdidas por volatilización en forma de amoniaco del 50% en suelos alcalinos y hasta el 80% en suelos con alta humedad, lo que representa que menos del 50% del nitrógeno aplicado se transforme en biomasa vegetal (Crews y Peoples, 2004). Bonelli *et al.* (2018) reportan una eficiencia de recuperación de nitrógeno del 37 al 53%, usando urea y nitrato de amonio. Las tecnologías de última generación deben enfocarse en el mantenimiento sostenible de un sistema, de tal manera que la utilización y aplicación de los recursos deben pensarse para conservar el ambiente (Grageda-Cabrera *et al*., 2012). El uso combinado de abonos orgánicos y de microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPR, por sus siglas en inglés) son dos estrategias que contribuyen a la biodiversidad del suelo (Raja, 2013). Existen trabajos en los que se han incorporado microorganismos con propiedades de promover el crecimiento vegetal en los sustratos utilizados como fertilizantes con resultados satisfactorios. Cisse *et al.* (2019) reportaron resultados superiores en trigo al usar biofertilizantes y estiércol juntos que usando solamente fertilizantes químicos. De igual manera Gao *et al.* (2020) mencionan efectos sobresalientes en el crecimiento y productividad del cultivo de maíz, al utilizar biofertilizantes, reduciendo significativamente el uso de fertilizantes químicos. El biofertilizante ha sido identificado como una alternativa para minimizar o desplazar el uso de fertilizante químico, y aumentar la fertilidad del suelo y la producción de cultivos en la agricultura sostenible (Itelima *et al*., 2018). El objetivo de esta investigación fue evaluar fuentes de nutrición orgánicas e inorgánicas combinadas con biofertilizantes en su capacidad de aportar elementos nutrimentales al cultivo de melón y su respuesta en rendimiento y calidad comparado con la fertilización química.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó acabo en el ciclo primavera-verano 2019, en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ), localizada en el ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango, ubicada en la Comarca Lagunera (25° 46’ 59.96” N y 103° 21’02.63” O). Esta región tiene una precipitación media anual de 235 mm, tiene una altitud de 1100 m y su temperatura media anual es de 18.6 °C. El suelo donde se llevó acabo el experimento es un aridosol, tipo aluvión, textura migajón limosa, bajo en materia orgánica (1%), pH (8.32), conductividad eléctrica (CE) (0.90 mS cm^{-1}) y contenido de nitratos (15.17 mg kg^{-1}).

Tratamientos Evaluados

Se evaluaron siete tratamientos, T1 = 140 unidades de nitrógeno base estiércol solarizado (UNE); T2 = 120 UNE; T3 = 80 unidades de nitrógeno base estiércol solarizado más mezcla de bacterias (UNE+B); T4 = 60 UNE+B; T5 = 80 unidades de nitrógeno base fertilizante químico (urea) más mezcla de bacterias (UNQ+B); T6 = 60 UNQ+B y T7 = 120-80-00 base fertilizante químico (urea y MAP). La mezcla de bacterias (*Bacillus velezensis, Bacillus subtilis* y *Azospirillum brasilensis*) utilizada fue en una concentración de 1×10^7 de cada una de las bacterias.

Fuentes de Nutrición Utilizados

Para el sustrato orgánico se utilizó estiércol bovino lechero solarizado el cual presentó los siguientes valores: nitrógeno (1.40%), fósforo (0.66%), potasio (3.40%) (NMX-FF-109-SCFI-2008). La solarización consistió en pilas de estiércol de un metro de ancho y 10 metros de largo, las cuales fueron cubiertas con plástico de 300 micras de espesor sin albedo, durante seis meses. Las fuentes de nitrógeno y fósforo para los tratamientos químicos fueron urea y fosfato monoamónico (MAP). Como biofertilizante se utilizó una mezcla de bacterias identificadas molecularmente como *Bacillus velezensis, Bacillus subtilis* y

Azospirillum brasilensis. Las cepas se multiplicaron en medio de enriquecimiento YPG por 36 horas y las soluciones de bacterias se prepararon en el laboratorio un día antes del trasplante en campo.

Conducción del Experimento

El material vegetal utilizado fue el híbrido de melón (*Cucumis melo* L.) Cantaloupe cv Cruiser (Harrison Moran); las plántulas se produjeron en malla sombra en charolas de 200 cavidades, se utilizó como sustrato una mezcla de vermiculita con peat moss. Las plántulas se trasplantaron el día 09 de abril de 2019, 30 días después de la siembra en charolas. En campo se trasplantaron en camas a doble hilera, a una distancia entre plantas de 0.40 m, y una distancia entre hileras de 2.5 m. La unidad experimental fue de 17.5 m^2 (7 × 2.5 m). Cada unidad experimental constó con 34 plantas. La incorporación del estiércol solarizado al suelo, en los tratamientos que llevaban estiércol, se realizó 30 días antes del trasplante. La incorporación del fertilizante químico al suelo se realizó una semana después del trasplante. En los tratamientos que llevaban la mezcla de las bacterias, el sistema radicular de las plántulas se sumergió en la solución durante 5 segundos antes de trasplantarlas.

Diseño Experimental y Variables Evaluadas

El experimento se estableció en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones; las variables evaluadas fueron diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), grosor de la pulpa (GP), cavidad de las semillas (CS), solidos solubles totales (SST), peso del fruto (PF), rendimiento (REND), longitud de la guía (LG), número de hojas (NH), número de guías (NG) y materia seca de la raíz (MSR) a los 110 ddt. Las variables GP y CS se midieron con vernier de la marca PRETUL, la variable SST se midió con un refractómetro digital de la marca ATAGO, la variable PF se midió con una báscula digital de 5 kg (Truper), la variable REND se midió con una báscula colgante de la marca NUEVO LEON con capacidad para 100 kg. Las variables DP, DE y LG se midieron con un flexómetro y la MSR se llevó a secado en estufa a 80 ºC durante 24 h y posteriormente se pesó en bascula digital. Los datos obtenidos para cada variable se sometieron a un análisis de varianza, comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$) con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System V 9.22) (SAS, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en los tratamientos para el diámetro polar (DP), grosor de la pulpa (GP), cavidad de las semillas (CS), solidos solubles totales (SST), número de guías (NG), peso de fruto (PF), rendimiento (REND), y altamente significativas ($P \leq 0.01$) en materia seca de raíz (MSR) (Cuadro 1). No se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en diámetro ecuatorial (DE), longitud de la guía (LG) y número de hojas (NH). La comparación de medias para tratamientos muestra en la variable DP que todos los tratamientos a excepción del tratamiento uno (140 UNE), fueron estadísticamente iguales destacando numéricamente el tratamiento dos (120 UNE), con un valor de 16.45 cm. Estos resultados son similares a los encontrados por Moreno-Reséndez *et al*. (2014) quienes en su experimento con vermicomposta y arena en producción de melón, obtuvieron valores de hasta 16.82 cm, asimismo similares a los reportados por Abraham-Juárez *et al*. (2018) en melón bajo condiciones de invernadero y solución Steiner, utilizando cepas de *Bacillus subtilis*, y superiores a los reportados por García-Villela *et al*. (2020) quienes encontraron valores de 10.87 cm usando solución Steiner bajo condiciones de invernadero. También se encontró que los tratamientos que tenían una cantidad menor de nitrógeno pero que además llevaban la mezcla de bacterias registraron valores similares a los producidos por el tratamiento siete (120-80-00). Con esto se asume que las bacterias tienen la capacidad de hacer disponible para la planta una cantidad importante de nutrientes para la

formación de frutos de buen tamaño, siempre que existan en el suelo fuentes disponibles de fósforo inorgánico y orgánico, de los cuales se pueda realizar la liberación del nutriente fosfato (Restrepo-Franco *et al*., 2015). El GP es una característica del fruto de suma importancia, ya que representa la parte comestible**.** Los tratamientos dos (120 UNE), tres (80 UNE+B), cuatro (60 UNE+B), seis (60 UNQ+B) y siete (120-80-00), son estadísticamente iguales, sin embargo, el tratamiento tres (80 UNE+B) registro un valor de 4.59 cm ($P \leq 0.05$) y mostró valores superiores a los encontrados por Sánchez-Hernández *et al*. (2016) en su experimento con vermicomposta y arena, quienes encontraron valores máximos de 3.14 cm. De igual manera superaron los resultados encontrados por Moreno-Reséndez *et al*. (2014) con valores de 3.76 cm bajo condiciones de invernadero y 3.94 cm a campo abierto, ambos tratados con abonos orgánicos de diferentes especies. Ferreira *et al*. (2020) encontraron valores bajos de grosor de pulpa para varias especies de melón, usando 10 Mg ha^{-1} de estiércol bovino con riego por goteo. El efecto favorable observado en este trabajo puede deberse al aporte de nutrientes que conjuntamente incrementaron el estiércol más la incorporación de bacterias nativas de la región (Joshi *et al*., 2019). En este estudio se encontraron frutos con cavidades ligeramente mayores al grosor de la pulpa, lo que indica que probablemente la variable se encuentre relacionada con la genética del híbrido. Los mejores tratamientos (menor CS) fueron el uno (140 UNE), dos (120 UNE), tres (80 UNE+B), cuatro (60 UNE+B) y cinco (80 UNQ+B) ($P \leq 0.05$), destacando los tratamientos tres (80 UNE+B) y cinco (80 UNQ+B) con un valor de 5.64 cm.

Cuadro 1. Comparación de medias para tratamientos en las variables agronómicas evaluadas en melón cultivar Cruiser con aplicación de fertilización química, orgánica y biofertilizante.

TRAT	DP	GP	CS	SST	NG	MSR	PF	REND
140 UNE	15.51 b	4.11 b	5.86 ab	11.08 b	3.61 ab	19.16 c	1.58 a	29.07 ab
120 UNE	16.45 a	4.29 ab	5.80 ab	11.60 ab	3.50 ab	19.88 c	1.37 ab	35.23 ab
80 UNE+B	15.96 ab	4.59 a	5.64 a	11.18 ab	3.37 ab	33.14 a	1.36 ab	38.67 a
60 UNE+B	16.14 ab	4.24 ab	6.05 ab	12.07 a	3.87 a	25.52 b	1.67 a	25.63 ab
80 UNQ+B	15.60 ab	4.16 b	5.64 a	11.52 ab	3.50 ab	35.61 a	1.36 ab	37.83 a
60 UNQ+B	15.73 ab	4.18 ab	6.10 b	10.93 b	3.16 b	28.00 b	1.53 a	35.07 ab
120-80-00	15.65 ab	4.28 ab	6.13 b	12.23 a	3.15 b	20.40 c	1.03 b	21.83 b
DHS	0.9197	0.4036	0.4589	0.9221	0.631	5.011	0.4872	14.613
CV (%)	4.09	11.71	4.90	6.36	10.26	10.84	16.18	25.74

Letras diferentes dentro de columnas indican valores estadísticamente diferentes de acuerdo a Tukey ($P \leq 0.05$), TRAT= tratamientos; DP= diámetro polar (cm); GP= grosor de pulpa (cm); CS= cavidad de las semillas (cm); SST= solidos solubles totales (°brix); NG= número de guías; MSR= materia seca de raíz (g); PF= peso de fruto (kg); REND= rendimiento (t ha^{-1}). DHS= Diferencia Honesta Significativa; CV= Coeficiente de variación

Por su parte García *et al.* (2009) sostienen que los frutos con mayor grosor de pulpa, soportan más el manejo rústico de traslado. Con excepción de los tratamientos uno y seis, todos fueron estadísticamente iguales en concentración de SST en fruto, sobresaliendo los tratamientos cuatro (60 UNE+B) y siete (120-80-00) con valores de 12.07 y 12.23 °Brix respectivamente. El rango de valores de los SST observados en este trabajo está acorde con lo reportado por Chien *et al*. (2009) quienes mencionan que es posible aumentar la dulzura de frutos. El NG es importante porque determina, entre otros aspectos, mayor NH, más área foliar y más floración, lo cual se reflejó en un mayor rendimiento. Los metabolitos sintetizados en las hojas, acumulados en los órganos que se cosechan, tiene una influencia significativa en el rendimiento del cultivo (Tekalign y Hammes, 2005). El tratamiento cuatro (60 UNE+B) mostró un valor de 3.87 en la variable NG, sin embargo, fue estadísticamente igual que los tratamientos uno, dos, tres y cinco ($P \leq 0.05$). En general para el NG los tratamientos a base de fertilización orgánica más la adición de bacterias fueron mejores que

el tratamiento químico. Lok y Suárez (2014) afirman que la aplicación de diferentes abonos y biofertilizantes contribuye favorablemente a la producción de biomasa. El sistema radicular es la parte más importante de una planta, ya que de éste depende la entrada de nutrientes del suelo a esta. Los tratamientos tres y cinco fueron los que más MSR acumularon ($P \leq 0.05$) con valores de 33.14 y 35.61 g, respectivamente. Estos tratamientos tenían la misma dosis de N pero de diferente fuente y en común la mezcla de bacterias (*Bacillus subtilis*, *Bacillus velesenzis* y *Azospirillum brasilensis*). El género *Azospirillum* tiene la capacidad de incrementar en algunos cultivos el peso seco del sistema radicular, las partes aéreas de la planta y en consecuencia el desarrollo y la floración, mientras que el género *Bacillus* favorece la elongación celular y la actividad ACC desaminasa, enzima que favorece a los cultivos en ambientes áridos o salinos (Joshi *et al*., 2019). De este último aspecto resalta la importancia de los aislados nativos adaptados a la región donde serán usados. Da Silva *et al*. (2019) reportan incremento en la materia seca de raíz en plantas de melón, usando solo 15 Mg ha^{-1} de estiércol bovino y flora nativa del suelo. Un aumento en la materia seca de raíz se debe, entre otros factores, a la cantidad de fósforo en la solución del suelo. Hye-Ji y Xinxin (2016) mencionan que en ausencia de fósforo disponible en la solución del suelo la materia seca de la raíz disminuye. Eso explicaría la materia seca acumulada en raíces en los tratamientos que llevaron mezcla de bacterias, ya que el género *Bacillus* sp. Se caracteriza por su capacidad de solubilizar fósforo (Zaidi *et al*., 2009). El aumento del sistema radical es también uno de los mecanismos que puede resultar en una mayor absorción de minerales y agua (Domingues-Duarte *et al*., 2020). El PF es una variable que está directamente ligada al rendimiento. En este trabajo los frutos con mejor peso promedio fueron generados por los tratamientos uno (140 UNE), cuatro (60 UNE+B) y seis (60 UNQ+B), con valores de 1.58, 1.67 y 1.53 kg respectivamente al ($P \leq 0.05$). Sin embargo, estos son estadísticamente iguales a los tratamientos dos (120 UNE), tres (80 UNE+B) y cinco (80 UNQ+B). El tratamiento con menor PF fue el tratamiento siete (químico). Se observa que es posible reducir la dosis de nitrógeno hasta en un 50% (tratamiento cuatro y seis) con la adición de bacterias promotoras de crecimiento para producir PF aceptables comercialmente. Los PF del tratamiento cuatro con respecto al tratamiento siete (químico) fueron 38% más pesados. Ferreira *et al*. (2020) reportaron valores de peso promedio de 0.92 kg en el híbrido Harper con soluciones orgánicas inferiores a los reportados en este trabajo. De igual manera Rodríguez-Mendoza *et al*. (2013) reportan valores inferiores a los encontrados en este trabajo, utilizando bacterias de los géneros, *Ochrobactrum, Microbacterium, Bacillus, Pseudomonas* y *Sphingomonas*, en el cultivo de melón. Respecto al rendimiento (REND) es importante mencionar que la producción regional media de melón en el 2018 fue de 34.7 Mg ha^{-1} (SIAP, 2018) la cual fue superada a nivel experimental por los tratamientos tres, cinco, dos y seis, en un rango del 1 al 11 por ciento. Los tratamientos tres y cinco lograron reducir hasta un 33% la aplicación de fertilizantes químicos, con respecto a la dosis recomendada para el cultivo del melón en la Comarca Lagunera, mejorando la producción en aproximadamente un 11 y 9% respectivamente. El tratamiento seis en el cual se redujo la aplicación de fertilizantes químicos en 50%, solo logró aumentar la producción 1% aproximadamente. El tratamiento dos que solamente incluyó 120 UNE, no necesito de una aportación extra de fertilizantes químicos, y superó la producción regional en 1.5%. Resultados similares encontraron Gao *et al.* (2020) quienes en su experimento lograron reducir el 50% de la fertilización química, utilizando biofertilizantes. Este efecto puede ser atribuido a la incorporación de bacterias en los tratamientos (Cisse *et al*., 2019).

CONCLUSIONES

El uso de mezcla de bacterias (*Bacillus velezensis, Bacillus subtilis* y *Azospirillum brasilensis*) a una concentración de 1×10^7 (biofertilizantes) en combinación con fuentes de nutrición orgánicas (estiércol solarizado bovino) o inorgánicas (fertilizantes químicos) en el cultivo de melón, demostraron ser una alternativa para mejorar algunos rasgos de calidad en los frutos, así como mantener un rendimiento competitivo del cultivo; también son una opción para reducir las dosis de fertilizantes químicos o de estiércoles hasta en un 33% en la producción agrícola constituyéndose en una alternativa de producción agrícola sustentable.

REFERENCIAS

Abraham-Juárez, M. R., I. Espitia-Vázquez, R. Guzmán- Mendoza, V. Olalde-Portugal, G. M. L. Ruiz-Aguilar, J. L. García-Hernández, L. Herrera-Isidrón y H. G. Núñez-Palenius. 2018. Desarrollo, rendimiento y calidad del fruto de melón (*Cucumis melo* L.) de plantas inoculadas con cepas mexicanas de *Bacillus subtilis* (ehrenberg). Agrociencia 52:91-102.

Bonelli, L. E., H. R. Sainz-Rozas, H. E. Echeverría y P. A. Barberi. 2018. Fuentes y momento de aplicación de nitrógeno en maíz bajo siembra directa en Balcarce. Cienc. Suelo (Argentina)36: 88-98.

Chien, S., C. C. Young, and C. L. Wang. 2009. Current status of bio-fertilizers development, farmer acceptance and utilization, and future perspective in Taiwan. Extension Bulletin. Food & Fertilizer Technology Center for the Asianand Pacif ic Region. Sematic scholar. Taipei, Taiwan, ROC.

Cisse, A., A. Arshad, X. Wang, F. Yattara, and Y. Hu. 2019. Contrasting impacts of long-term application of biofertilizers and organic manure on grain yield of winter wheat in North China plain. Agronomy 9: 2-25. doi: https://doi.org/10.3390/ agronomy9060312.

Crews, T. E. and M. B. Peoples. 2004. Legume versus fertilizer sources of nitrogen: Ecological tradeoffs and human needs. Agric. Ecosyst. Environ. 102: 279-297. doi: https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.018.

Da Silva-Gomes, J. W., N. Da Silva-Dias, M. A. Moreno-Pizani, K. Forunato-De Paiva, J. L. Araujo-Rocha, E. B. Goncalves-Araujo, and C. Dos Santos-Fernandes. 2019. Growth and mineral composition of the melon with different doses of phosphorus and organic matter. DYNA 86: 363-368. doi: http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v86n211.69776.

Domingues-Duarte, C. F., U. Cecato, T. T. Biserra, D. Mamédio y S. Galbeiro. 2020. *Azospirillum* spp. en gramíneas y forrajeras. Revisión. Rev. Mex. Cienc. Pec. 11: 223-240. doi: https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4951.

Ferreira, L. L., V. Ch. Nascimento-Porto, J. F. De Medeiros, U. Do Amaral, M. De Sa Fernandes, N. S. Carrijo-Dos santos y A. Bertola-Carnevale. 2020. Producción y calidad de cultivares de melón bajo riego en un sistema de producción orgánica. Trop. Subtrop. Agroecosyst. 23: 1-10.

Gao, C., A. M. El-sawah, D. F. Ismail-Ali, Y. Alhaj Hamoud, H. Shaghaleh, and M. S. Sheteiwy. 2020. The integration of bio and organic fertilizers improve plant growth, grain yield, quality and metabolism of hybrid maize (*Zea mays* L.). Agronomy 10: 2-25. doi: https://doi.org/10.3390/agronomy10030319.

García P., J. C., Z. F. Rodríguez G., J. G. Lugo G. y V. Rodríguez. 2009. Efecto del cultivar y distancia entre plantas sobre características físicoquímicas del fruto del melón (*Cucumis melo* L.). Rev. Fac. Agron. 26: 141-158.

García-Villela, K. M., P. Preciado-Rangel, E. Sifuentes-Ibarra, L. Salas-Pérez, F. Nuñez-Ramírez y J. A. González-Fuentes. 2020. Ecological nutrient solutions on yield and quality of melon fruits. Terra Latinoamericana 38: 39-44. doi: https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.527.

Grageda-Cabrera, O. A., A. Díaz-Franco, J. J. Peña-Cabriales y J. A. Vera-Nuñez. 2012. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 3: 1261-1274.

Hye-Ji, K. and L. Xinxin. 2016. Effects of phosphorus on shoot and root growth, partitioning, and phosphorus utilization efficiency in lantana. Hortscience 51: 1001-1009. doi: https://doi.org/10.21273/hortsci.51.8.1001.

Itelima, J. U., W. J. Bang, M. D. Sila, I. A. Onyimba, and O. J. Egbere. 2018. A review: Biofertilizer-A key player in enhancing soil fertility and crop productivity. J. Microbiol. Biotechnol Rep. 2: 22-28.

Joshi, A. U., K. N. Andharia, P. A. Patel, R. J. Kotadiya, and R. K. Kothari. 2019. Plant growth promoting rhizobacteria: Mechanism, application, advantages and disadvantages. pp.13-40. *In:* A. S. Tomar, B. Vijay, and V. B. Mandaliya (eds.). Green biotechnology. Day a Publishing House a Division of Astral International Pvt. Ltd. New Delhi. ISBN: 978-93-5124-964-1 (HB).

Lok, S. y Y. Suárez. 2014. Efecto de la aplicación de fertilizantes en la producción de biomasa de *Moringa oleifera* y en algunos indicadores del suelo durante el establecimiento. Rev. Cub. Cienc. Agríc. 48: 399-403.

Moreno-Reséndez, A., L. García-Gutiérrez, P. Cano-Ríos, V. Martínez-Cueto, C. Márquez-Hernández y N. Rodríguez- Dimas. 2014. Desarrollo del cultivo de melón (*Cucumis melo*) con vermicompost bajo condiciones de invernadero. Ecosist. Rec. Agropec. 1: 163-173.

Raja, N. 2013. Biopesticides and biofertilizers: Ecofriendly sources for sustainable agriculture. J. Biofertil. Biopestici. 4: e112. doi: https://doi.org/10.4172/2155-6202.1000e112.

Restrepo-Franco, G. M., S. Marulanda-Moreno, Y. de la Fe-Pérez, A. Díaz-de la Osa, V. Lucia-Baldani y A. Hernández-Rodríguez. 2015. Bacterias solubilizadoras de fosfato y sus potencialidades de uso en la promoción del crecimiento de cultivos de importancia económica. Rev. CENIC Cienc. Biol. 46: 63-76.

Rodríguez-Mendoza, M. N., R. San Miguel-Chávez, J. L. García-Cué, A. Benavides-Mendoza. 2013. Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento en el cultivo de melón (*Cucumis melo).* Interciencia 38: 857-862.

SAS Institute Inc. 2010. SAS/STAT 9.22. User´s Guide. Cary, NC. USA.

SIAP (Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera). 2018. Avance de siembras y cosechas. Resumen nacional por cultivo. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do (Consulta: octubre 01, 2020)

Song, L., J. Drewer, B. Zhu, M. Zhou, N. Cowan, P. Levy, and U. Skiba. 2020. The impact of atmospheric N deposition and N fertilizer type on soil nitric oxide and nitrous oxide fluxes from agricultural and forest Eutric Regosols. Biol. Fert. Soils 56: 1077-1090. doi: https://doi.org/10.1007/s00374-020-01485-6.

Sutton, M. A., A. Bleeker, C. M. Howard, M. Bekunda, B. Grizzetti, W. De Vries, H. J. M. van Grinsven, Y. P. Abrol, T. K. Adhya, G. Billen, E. A. Davidson, A. Datta, R. Diaz, J. W. Erisman, X. J. Liu, O. Oenema, C. Palm, N. Raghuram, S. Reis, R. W. Scholz, T. Sims, H. Westhoek, and F. S. Zhang. 2013. Our nutrient world: The challenge to produce more food and energy with less pollution. NERC/Centre for Ecology & Hydrology. Edinburgh, UK. ISBN: 9781906698409.

Tekalign, T. and P. S. Hammes. 2005. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth II. Growth analysis, tuber yield and quality. Sci. Hortic. 105: 29- 44. doi: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2005.01.021.

Zaidi, A., M. S. Khan, M. Ahemad, M. Oves, and P. A. Wani. 2009. Recent advances in plant growth promotion by phosphatesolubilizing microbes. pp. 23-50. *In*: M. Khan, A. Zaidi, and J. Musarrat (eds.). Microbial strategies for crop improvement. Springer. Heidelberg, Berlin. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-01979-1_2.

RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL EN EL RENDIMIENTO Y PROPIEDADES FENOLÓGICAS DEL MAÍZ *(ZEA MAYS)*

Priscilla Yamileth Montes Orona[1], Ignacio Orona-Castillo[1], Miguel Ángel Gallegos-Robles[1], Uriel González-Salas[1], Jared Ceniceros-Garcia[1]

1. **Universidad Juárez del Estado de Durango Facultad de Agricultura y Zootecnia División de estudios de Posgrado Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo Km. 32. Venecia, Gómez Palacio, Dgo. México.**

Pmontesorona@gmail.com

RESUMEN

La agricultura es el principal sector de crecimiento económico de los países en desarrollo, entre los cuales se encuentra México. En México el maíz es el cultivo de mayor importancia alimentaria y socioeconómica, cada año se destina para la siembra 8.5 millones de hectáreas, lo que representa el 65 % de la producción total de cereales. A pesar de su importancia socio-cultural a escala nacional, el proceso de producción fundamentado en los principios de la agricultura campesina, atraviesa desde hace algunas décadas una difícil situación, debido al uso excesivo de fertilizantes químicos para aumentar la productividad de diversos cultivos como el maíz, a menudo, trae como consecuencia la contaminación de suelos y aguas, lo que ocasiona degradación de estos recursos naturales. Debido a esto ha surgido la necesidad de implementar métodos que permitan, entre otras cosas, mejorar la eficiencia de los cultivos, mitigar efectos adversos sobre el suelo. El uso de fertilizantes biológicos que permitan mejorar la producción de grano de maíz es una de las opciones más factibles, la biofertilización constituye un componente tecnológico importante que ayuda a que la producción agrícola sea más sostenible, por otro lado se considera que entre el 80 y 90% de los procesos que ocurren en los suelos, son reacciones mediadas por los microorganismos. Los microorganismos han sido descritos como el motor de los ecosistemas terrestres, dado su papel en la mineralización y transformación de la materia orgánica, además de influir directamente en el metabolismo de las plantas. La presente revisión bibliográfica resume algunos aspectos relacionados con el empleo de bacterias promotoras del crecimiento vegetal, haciendo especial énfasis en las interacciones y beneficios que estos conllevan.

ABSTRACT

Agriculture is the main sector of economic growth in developing countries, among which is Mexico. In Mexico, corn is the crop of greatest food and socioeconomic importance, each year 8.5 million hectares are used for planting, which represents 65% of total cereal production. Despite its socio-cultural importance on a national scale, the production process based on the principles of peasant agriculture has been going through a difficult situation for some decades, due to the excessive use of chemical fertilizers to increase the productivity of various crops such as Corn often results in soil and water contamination, which causes degradation of these natural resources. Due to this, the need has arisen to implement methods that allow, among other things, to improve the efficiency of crops, mitigate adverse effects on the soil. The use of biological fertilizers that allow improving the production of corn grain is one of the most feasible options, biofertilization constitutes an important

technological component that helps make agricultural production more sustainable, on the other hand it is considered that between 80 and 90% of the processes that occur in soils are reactions mediated by microorganisms. Microorganisms have been described as the engine of terrestrial ecosystems, given their role in the mineralization and transformation of organic matter, in addition to directly influencing the metabolism of plants. This bibliographic review summarizes some aspects related to the use of plant growth promoting bacteria, with special emphasis on the interactions and benefits that the seen tail.

INTRODUCCIÓN

La agricultura es el principal sector de crecimiento económico de los países en desarrollo, entre los cuales se encuentra México (Moreno-Resendez *et al*., 2018). En México el maíz es el cultivo de mayor importancia alimentaria y socioeconómica, cada año se destina para la siembra 8.5 millones de hectáreas, lo que representa el 65 % de la producción total de cereales (SAGARPA, 2010). El uso excesivo de fertilizantes químicos para aumentar la productividad de los cultivos como el maíz, a menudo, tiene como consecuencia la contaminación de suelos y aguas, lo que ocasiona degradación de estos recursos naturales (Quiñones-Aguilar *et al*., 2012). Por lo que es necesario implementar métodos que permitan mejorar la eficiencia de los cultivos así como minimizar efectos adversos al suelo. El uso de fertilizantes biológicos que permitan mejorar la producción de grano de maíz es una de las opciones más factibles, la biofertilización constituye un componente tecnológico importante que coadyuva a que la producción agrícola sea más sostenible, promueve la sanidad y la nutrición de los cultivos y reduce el uso de fertilizantes químicos (Ferrera y Alarcón, 2008; Olalde y Serratos, 2008; Holguín et al., 2003). La fertilización biológica se basa en la utilización de insumos naturales en este caso, el uso de bacterias PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria), que se percibe como una de las herramientas más importantes para la consecución de una agricultura sostenible así como para la recuperación de ecosistemas degradados. Las bacterias promotoras de crecimiento en plantas conocidas por sus siglas PGPR son un grupo de diferentes géneros de bacterias que pueden incrementar el crecimiento y la productividad vegetal. (Peña y Reyes, 2007)., ya que ayudan a mejorar la fijación de nutrientes en la rizosfera, producir estimulantes de crecimiento para las plantas, mejorar la estabilidad del suelo, facilitar el control biológico, biodegradar sustancias, reciclar nutrientes, favorecer la simbiosis micorrizal, desarrollar procesos de biorremediación en suelos contaminados con sustancias tóxicas, xenobióticas, recalcitrantes. Lo anterior se ve reflejado en beneficios económicos para los agricultores por efecto de los menores costos asociados al proceso de fertilización y obtención de mayores rendimientos en los cultivos (Fundases 2005, Gonzales *et al*., 2002). El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el rendimiento y crecimiento de un cultivo de maíz hibrido 4082w biofertilizado con 12 diferentes tratamientos de bacterias

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevará a cabo en campo de la Universidad Juárez del Estado de Durango; Facultad de Agricultura y Zootecnia ubicada en el ejido Venecia localizado en el Municipio Gomez Palacio del Estado de Durango México Carretera Gómez Palacio – Tlahualilo, km 35 y se encuentra en las coordenadas GPS: a 25° 46' 56" LN y 103° 21' 02" LO. Se evaluaron 12 tratamientos en un diseño experimental de bloques completamente al azar. El análisis de varianza y comparación de medias se efectuó haciendo uso del procedimiento GLM del Software StatisticalAnalysisSystem (SAS 2010). Los tratamientos con bacterias se aplicaron en las semillas en concentración $1X10^8$. T1= *Azospirillum brasilense,* T2= *Bacillus subtilis*, T3= *Bacillus atrophaeus* , T4= *Bacillus velezensis*, T5= *Bacillus sp* , T6= Mycorroot , T7= Blanco , T8= *Azospirillum brasilense* + *Bacillus subtilis* , T9= *Azospirillum brasilense* + *Bacillus atrophaeus*, T10= *Azospirillum brasilense* + *Bacillus*

velezensis , T11= *Azospirillum brasilense* + *Bacillus sp.* y T12= *Azospirillum brasilense* + Micorroot. Se evaluaron distintas variables fenológicas de la planta para corroborar si hubo promoción del crecimiento, además de estimar el rendimiento del cultivo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables fenológicas

El análisis de ANOVA para las diferentes variables evaluadas muestra que no existe diferencia significativa excepto para la variable de altura inicial como se puede observar en la tabla 1 en el cual se encuentra altamente significativo.

Tabla 1. ANOVA. Cuadrados medios para cada variable y su nivel de significancia.

FV	Altura inicial	Diámetro	Peso V	Peso S	Rend V	Rend S	Vol raíz	Peso S raíz
Repetición	2.1011	0.0226	0.0290	65.514	5.221	3.054	1972.382	382.806*
Tratamiento	6.105**	0.0181	0.2877	315.614	51.047	6.465	2381.857	160.750
Error	1.3435	0.0174	0.4346	382.694	76.925	10.238	1055.258	85.093

Para el diámetro del tallo, peso verde, peso seco, rendimiento verde y seco, volumen de raíz y peso seco de raíz el análisis de varianza (ANOVA) demostró que no existe diferencia significativa tal como se muestra en la tabla 1, posteriormente los datos obtenidos fueron sometidos a la prueba de comparación de medias por el método de Tukey (Pr≤0.05) en donde se corroboro que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados (tabla 2), sin embargo, para el diámetro del tallo el T8 demostró el mayor diámetro de tallo (1.7 cm), y los valores medios rondaron entre 1.4 y 1.7 cm, lo cual indica son valores desfavorables para la planta, debido a la inestabilidad que puede presentar según un estudio hecho por Rodríguez *et al.,* 2016.

En el rendimiento verde el T3 fue el que obtuvo el valor más alto (83.8 ton/ha), como ya se menciono y se observa en la tabla 2 no hubo diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo los 12 tratamientos incluido el testigo mostraron valores superiores a la media para el rendimiento verde expuesto por el SIAP en 2020 para la comarca lagunera (41.1 ton/ha). Por lo que la similitud entre los datos obtenidos los podemos atribuir a las propiedades fisicoquímicas del suelo inicial, ya que contaba con valores muy altos de materia orgánica (3.16%) así como de Nitrógeno (216.32ppm), Fosforo (40.35 ppm) y Potasio (2103.88 ppm) lo que trae como resultado la proliferación optima de las BPCV y por consiguiente una mayor promoción del crecimiento tal como lo menciona Aslantas *et al.,* 2007. En el rendimiento seco el T4 demostró el mayor rendimiento (20.7 ton/ha) y el rendimiento promedio de materia seca obtenido en este experimento oscilo entre los 15 y 21 ton/ha lo que coincide con el promedio registrado en la región de Durango, donde la producción de MS promedio de maíz forrajero es de 20 t MS ha-1 , similar a la que obtuvieron Núñez *et al.,* 2006.

Las variables de volumen de raíz y peso seco de raíz de igual manera no reflejaron diferencia significativa y los datos medios obtenidos para el peso seco de raíz esta dentro de un rango favorable según estudios realizados por De Araujo *et al.,* 2012. Para el volumen

de raíz, fue el tratamiento 1 el que obtuvo el mayor volumen (213.8 cm3) y en peso seco de raíz fue el tratamiento 2 el de mayor valor (53.1 g).

Para complementar los resultados obtenidos para la variable que mostro tener diferencia significativa de la tabla 1, se llevó a cabo una prueba de comparación de medias por el método de Tukey (0.05) en donde muestra el comportamiento de las variables fenológicas evaluadas en el cultivo.

Tabla 2. Influencia de las cepas inoculadas, sobre algunas variables fenológicas y el rendimiento del maíz (Zea mays).

La figura 1 muestra a detalle la comparación de medias de la variable de altura inicial en el cual los tratamientos no tienen diferencia estadística significativa ya que las medias ronda entre 10 cm y 15 cm, excepto el tratamiento 4 donde este resulto desigual ya que obtuvo un valor menor a 10 cm, a diferencia de los demás.

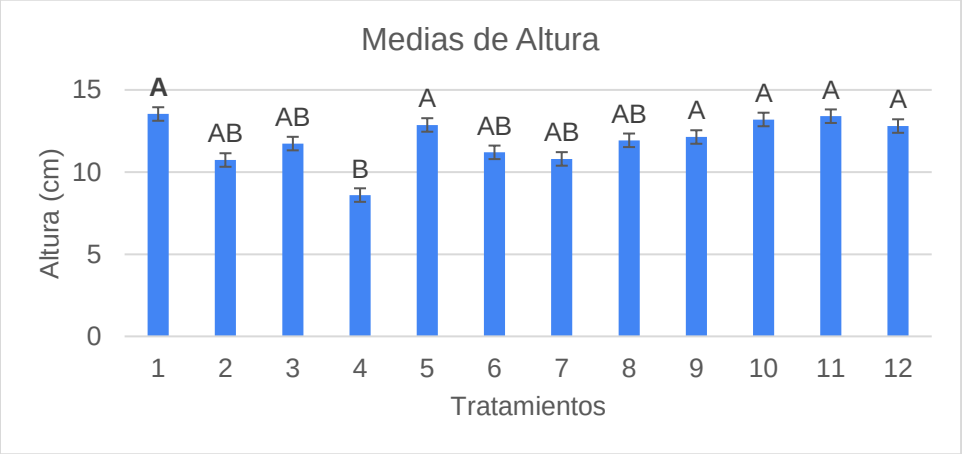


Figura 4. Prueba de comparación de medias de Tukey (Pr≤0.05) para altura inicial de la planta.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos para ninguna de las variables a excepción de la altura inicial. Sin embargo, los rendimientos obtenidos en todos los tratamientos fueron óptimos en comparación con el valor medio indicado por el SIAP para 2020 en la comarca lagunera, lo que nos permite deducir gracias a otros estudios realizados que, los resultados pudieran estar asociados a una simbiosis exitosa (bacteria-planta), todo esto aunado a un suelo con las condiciones tan favorables para las BPCV que se mencionaron anteriormente

REFERENCIAS

Aslantas, R., R. Cakmakci, and F. Sahin. 2007. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. Sci. Hortic. 111: 371-377

De Araujo, F.F.; Souza, E.C.; Guerreiro, R.T.; Guaberto, L.M. y De Araujo, A.S.F. 2012. Diversity and growth-promoting activities of Bacillus sp. in maize. Revista Caatinga, Mossoro. 25(1): 1-7

Ferrera, C.R. y Alarcón, A 2008. Biotecnología de los hongos micorrízicos arbusculares. In: Díaz, F.A. Mayek, P.N. (eds.). La Biofertilización Como Tecnología Sostenible. Plaza y Valdés, CONACYT. México. Pp:25-38.

Gonzales, U. 1995 (reimp.2009). El maíz y su conservación. Gonzales U. 1ed. México. Rotodiseño y color, S.A. de C.V. 399. Pp.

Gonzales, U. 1995 (reimp.2009). El maíz y su conservación. Gonzales U. 1ed. México. Rotodiseño y color, S.A. de C.V. 399. Pp.

González–Chávez, M. C., Ferrera–Cerrato, R., Villegas–Monter, A., Oropeza, J. L. 2000. Selección De Sustratos De Crecimiento En Microplántulas De Cítricos Inoculadas Con Glomus Sp. Zac–19. Terra 18: 369–378

Peña, H. y Reyes, I. 2007. Aislamiento y evaluación de bacterias fijadoras de nitrógeno y disolventes de fosfatos en la promoción del crecimiento de la lechuga (Lactuca sativa l.) Interciencia vol. 32 n.8.

Quiñones-Aguilar, E. E., Hernández-Acosta, E., Rincón-Enríquez, G., & Ferrera-Cerrato, R. 2012. Interacción De Hongos Micorrízicos Arbusculares Y Fertilización Fosfatada En Papaya. Terra Latinoamericana, 30(2), 165-176.

Rezendez, A., Mendoza, V., Carrillo, J. L., V. Arroyo, J., & C. Rios, P. (2018). Rizobacterias Promotoras Del Crecimiento Vegetal: Una Alternativa De biofertilizacion Para La Agricultura Sustentable. Revista Colombiana De Biotecnologia, 20(1), 68-83.

Rodríguez *et al.,* Crecimiento e Índice De Cosecha De Variedades Locales De Maiz (Zea mays L.) En Comunidades De La Región Frailesca De Chiapas, Mexico Cultivos Tropicales, vol. 37, núm. 3, 2016, pp. 137-145

SAGARPA. 2010. Impacto de la Biofertilización del Maíz en el Norte de México.

Cuadros y Tablas

Tabla 1. ANOVA. Cuadrados medios para cada variable y su nivel de significancia

Tabla 2. Influencia de las cepas inoculadas, sobre algunas variables fenológicas y el rendimiento del maíz (Zea mays).

Figuras

Figura 5. Prueba de comparación de medias de Tukey (Pr≤0.05) para altura inicial de la planta.

Unidades de medida

Cm= Centímetros
Cm3= Centímetros cúbicos
G= gramos
Ton/ha= Toneladas por hectárea

USO DE FERTILIZANTE ORGÁNICO COMO MEDIO DE CULTIVO EN LA PROPAGACIÓN *In vitro* DE *Agave durangensis* Gentry

Ortiz-Sánchez, Ixchel Abby, Gamero-Posada, Erika Cecilia*, Valdez-Ortega, Sonia, Nava-Berumen, Cynthia Adriana, Carvajal-Hernández, Blanca Rubí

Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana
Carretera Durango – México km 22.5. Villa Montemorelos, Dgo., México. C. P. 34371
****Autor de correspondencia: erika.gp@vguadiana.tecnm.mx***

RESUMEN

La producción de *Agave durangensis* es de gran importancia, ya que a partir de él se generan diversos productos y subproductos comerciales de gran importancia económica y cultural regional. Es un cultivo que crece muy lento ya que tarda de 8 a 10 años, así que su propagación silvestre se vuelve lenta en contraste con su uso. Hoy en día la biotecnología como es el cultivo de tejidos vegetales (CTV) es una herramienta invaluable para la resolución de problemas básicos y aplicados en la biología vegetal. El objetivo de la presente investigación fue comparar dos medios de cultivo: medio de cultivo químico Murashige y Skoog (MS) al 50 % y el medio de cultivo orgánico a base de fertilizante magro (FM) al 5 %, ambos sin reguladores de crecimiento en la propagación *in vitro* de *Agave durangensis*. Se estableció un diseño completamente al azar con 10 repeticiones por tratamiento. Las variables dependientes fueron el porcentaje de germinación y contaminación a los 8, 15, 22, 29 y 36 día después de la siembra (DDS). Los resultaron muestran que el medio de cultivo orgánico (FM al 5 %) favorece el porcentaje de germinación a partir de los 8 DDS y hasta los 36 DDS, en comparación con el medio de cultivo químico (MS al 50 %), siendo de 82 % y 68 %, respectivamente; el porcentaje de contaminación de semillas se mantiene sin diferencia estadística a lo largo de toda la incubación, entre las sembradas en medio de cultivo orgánico y químico. El medio de cultivo a base de fertilizante magro en la producción *in vitro* de la especie *Agave* es de gran utilidad, ya que permite hacer más eficiente la producción de plantas mediante esta técnica al reducir los costos de producción.

ABSTRACT

The production of *Agave durangensis* is of great importance, since various commercial products and by-products of great regional economic and cultural importance are generated from it. It is a very slow growing crop since it takes 8 to 10 years, so its wild propagation becomes slow in contrast to its use. Today biotechnology such as plant tissue culture (CTV) is an invaluable tool for solving basic and applied problems in plant biology. The objective of the present investigation was to compare two culture media: Murashige and Skoog (MS) chemical culture medium at 50% and the organic culture medium based on lean fertilizer (FM) at 5%, both without growth regulators in the *in vitro* propagation of *Agave durangensis*. A completely randomized design was established with 10 repetitions per treatment. The dependent variables were the percentage of germination and contamination at 8, 15, 22, 29 and 36 days after sowing (DDS). The results show that the organic culture medium (FM at 5%) favors the germination percentage from 8 DDS and up to 36 DDS, compared to the chemical culture medium (MS at 50%), being 82 % and 68%, respectively; the percentage of seed contamination is maintained without statistical difference throughout the entire incubation, between those sown in organic and chemical culture medium. The culture medium based on lean fertilizer in the in vitro production of the Agave species is very useful,

since it allows to make the production of plants more efficient by means of this technique by reducing production costs.

INTRODUCCIÓN

El género *Agave* habita en América, con aproximadamente 200 especies registradas (García, 2007), el 75% se encuentran en México con alto porcentaje de endemismo, razón por la cual es el país con mayor riqueza y diversidad biológica de este género (García et al., 2010). El *Agave durangensis* Gentry conocido como maguey cenizo es originario de una región pequeña de la Sierra Madre Occidental ubicada en los estados de Durango y Zacatecas (González y Núñez, 2015). En el estado de Durango se produce y consume mezcal por tradición, con un incremento en los últimos años, por lo que existe una creciente demanda de materia prima (González y Quintos, 2006). Una problemática que enfrenta el Agave es el crecimiento lento y la maduración que toma de 8 a 10 años y florece solo una vez durante su ciclo de vida, al cabo del cual la planta muere (Nobel, 1998); así como sus bajas tasas de reproducción asexual y reproducción sexual limitada por problemas de polinización y viabilidad de las semillas, son factores que hacen a los Agaves difíciles de multiplicar masivamente por métodos convencionales y limitan las posibilidades de mejoramiento de las especies cultivadas. El cultivo *in vitro* es una herramienta alternativa de la biotecnología que permite producir plantas en menor tiempo y espacio coadyuvando en la conservación genética y ecológica de diversas especies (Guerrero et al., 2010). En esta técnica se utiliza medios de cultivo de origen químico compuestos por sales inorgánicas como suministro de nutrientes, pero representa una importante inversión en la producción de plantas. Estos medios se pueden adquirir con proveedores especializados en materiales de laboratorios, ya sea preparados o en reactivos por separado; no obstante, el costo es alto y variable dependiendo de su tipo y composición (Martínez et al., 2020). El uso de fertilizantes orgánicos como medio de cultivo es una alternativa sustentable y de bajo costo, ya que contienen macro y microelementos necesarios que demandan las plantas para su desarrollo. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue evaluar el uso de fertilizante magro como medio de cultivo orgánico basal en la reproducción *in vitro* de *A. durangensis*.

MATERIALES Y METODOS

Sito experimental

El experimento se realizó en el laboratorio de Biotecnología Vegetal del Tecnológico Nacional de México campus Valle del Guadiana, en la ciudad de Durango, México. El material vegetal que se utilizó fue semillas de *Agave durangensis* Gentry.

Preparación y caracterización de fertilizante orgánico

La preparación del fertilizante orgánico (fertilizante magro=FM) se realizó a base de contenido ruminal como fuente de inóculo, ceniza de leña como fuente de minerales, melaza como fuente de carbohidratos, suero de leche como fuente de aminoácidos, levadura de panificación como catalizador del inicio de la reacción y microorganismos nativos de la región del Valle del Guadiana los cuales fueron reproducidos en el laboratorio (*Azospirillum spp.* y *Trichoderma spp*.) como inóculo para favorecer el desarrollo de benéficos. El biofertilizante se dejó fermentar en condiciones anaerobias por 90 días en invernadero, en un tanque de plástico de 200 L con válvula adaptada para liberación de gases, con agitación ocasional; luego se almacenó en refrigeración hasta su uso. Posteriormente se realizó la caracterización del FM donde se determinaron las siguientes

determinaciones: pH, fosforo, potasio, nitrógeno total, carbón orgánico, calcio, magnesio, sodio, fierro, cobre, zinc, manganeso, nitratos, amonio y ácidos húmicos y fúlvicos.

Tratamientos y preparación de medios de cultivos

Los tratamientos que se evaluaron fueron: medio de cultivo químico Murashige y Skoog (MS) al 50% y el medio de cultivo orgánico a base de fertilizante magro (FM) al 5% ambos sin reguladores de crecimiento.

Para la preparación del medio de cultivo químico (MS) se utilizó las concentraciones descritas por Murashige y Skoog (1962) al 50%. En el caso del medio de cultivo FM al 5% se utilizó 5 mL de fertilizante en 950 mL de agua destilada.

Para el medio de cultivo MS, en un matraz volumétrico de un litro se midieron y agregaron las soluciones madre, se adicionaron los nitratos y los 30 g de sacarosa y se aforó a un litro con agua destilada. Posteriormente se ajustó el pH a 5.7 +/- 0.01, con ayuda del HCl 2% y NaOH 4%. En seguida de agregó 5.7 de Phytagel al medio y se puso en ebullición y agitación constante. El medio de cultivo MS se distribuyó en frascos de 4 Oz, vertiendo 20 mL en cada uno de ellos, etiquetándolos y dejándolos enfriar. Por último, los frascos se esterilizaron en autoclave a 121° C, 15 lb por 15 min y posteriormente se dejan enfriar, para poder realizar la siembra. En el caso del medio de cultivo FM para preparar un litro de se agregó 5 mL de FM en un matraz volumétrico de un litro y 950 mL de agua destilada. Posteriormente se siguió la misma metodología de la preparación del medio MS (Figura 1).

Figura 1. Preparación de medios de cultivos.

Asepsia de semilla

Se seleccionaron las semillas de *A. durangensis* Gentry en base a su apariencia, las semillas que tenían alguna anomalía se descartaron. Posteriormente, en condiciones de asepsia en campana de flujo laminar, las semillas se lavaron tres veces con una solución estéril al 1% de jabón comercial Axión®, en agitación constante durante 2 min., con enjuagues de agua destilada estéril entre cada uno. Enseguida se llevó a cabo un lavado con una solución del antifúngico Captan® (5 g/L) durante 5 min. en agitación constante y su posterior enjuague con agua destilada estéril. Seguido de ello se llevó a cabo un lavado con etanol al 70% durante 3 min. en agitación constante y se realizaron enseguida 3 enjuagues con agua destilada estéril. Luego se realizó un lavado con hipoclorito de sodio (Cloralex®) al 10% en agitación constante por 10 min. y finalmente se realizaron 3 enjuagues con agua destilada estéril. Todo el líquido restante se decantó y luego se hizo pasar por un colador para retener las semillas, que luego fueron colocadas dentro de una placa de Petri para su posterior siembra.

Siembra de semillas de *A. durangensis* y aplicación de tratamientos

La siembra se llevó a cabo bajo condiciones de esterilidad dentro de la campana de flujo laminar, la cual fue desinfestada con hipoclorito de sodio al 5 % durante 10 min., y luego con etanol al 70%. Los materiales estériles tales como bisturí, pinzas de precisión rectas, mecheros y cajas Petri se introdujeron en la campana y posteriormente se encendió la luz UV durante 10 minutos para su desinfección. Para la siembra se tomaron las semillas con ayuda de las pinzas y se coloca hasta la mitad de la misma dentro de los medios de cultivo (químico y orgánico) procurando que la abertura que contienen sea la que quede en contacto con el medio. Se colocaron dos semillas por frasco (Figura 2). Después de establecer el cultivo *in vitro* en los medios MS al 50 % y FM al 5 %, los recipientes se incubaron en un cuarto de incubación a 25 ° C ± 2 y un fotoperiodo de 16 h de luz y 8 h de oscuridad.

Figura 2. Siembra *in vitro* de *Agave durangensis.*

Variables dependientes y diseño experimental

Las variables dependientes evaluadas fueron: germinación y contaminación. Se monitorearon a los 8,15, 22, 29 y 36 días después de la siembra (DDS). El diseño fue un completamente al azar con 10 repeticiones por tratamiento, cabe mencionar que cada repetición estuvo compuesta por 5 frascos con 2 semillas sembradas en cada uno. A los datos obtenidos se les realizó un ANOVA y la comparación de medias de Tukey (alfa = 0.05) entre tratamientos, los cuales se analizaron en el paquete estadístico InfoStat.

RESULTADOS Y DISCUSION

Caracterización del fertilizante magro (FM)

En el Cuadro 1 se muestran las propiedades físico-químicas del fertilizante magro, utilizado para elaborar el medio de cultivo orgánico, el cual presenta un pH cercano a la neutralidad, ligeramente básico. El contenido de macroelementos (Ca, Mg, K, Na, P y N), microelementos (Fe, Zn y Mn), así como de materia orgánica, ácidos húmicos y fúlvicos, es relativamente bajo, en comparación con el extracto líquido de estiércol bovino analizado por Capulín et al. (2001); pero sin embargo algunos elementos tales como Mg, K, Na, P, se encuentran en cantidades similares en el FM con respecto al lixiviado de compost, utilizado como medio de cultivo orgánico por Martínez et al. (2020) para germinar semillas de *A. duranguensis in vitro*. Lo anterior se atribuye a que tanto el extracto líquido de estiércol bovino, como el lixiviado de compost, se tratan de la fracción líquida de estiércol y compost, respectivamente, sin pasar por algún proceso de dilución en agua o de fermentación, tal y como ocurre con el FM, el cuál es un súper abono con mucha energía equilibrada y armonía mineral, preparado a base de contenido ruminal de bovino, disuelto en agua y enriquecido

con suero de leche, melaza y ceniza, que se coloca a fermentar anaerobiamente por varios días en toneles o tanques de plástico (Restrepo, 2007).

Cuadro 1. Caracterización del fertilizante Magro (FM).

Determinación	Resultado	Determinación	Resultado	Determinación	Resultado
pH	7.73	Potasio (%)	0.188	Zinc (ppm)	0.81
Materia Orgánica (%)	0.48	Calcio (%)	0.117	Manganeso (ppm)	1.48
Nitrógeno Total (%)	0.017	Magnesio (%)	0.04	Material Húmico (%)	0.14
Fosforo (%)	0.028	Cobre (ppm)	ND	Ácidos Húmicos (%)	0.03
Sodio (%)	0.038	Fierro (ppm)	10.32	Ácidos Fúlvicos (%)	0.07

Germinación y contaminación del cultivo *in vitro* de *Agave durangensis* G.

El porcentaje de germinación de semillas de *A. duranguensis in vitro* (Cuadro 2 y Figura 3), fue mayor en el medio de cultivo orgánico (FM al 5 %) que en el medio de cultivo químico (MS al 50 %), en todos los tiempos de incubación analizados, presentándose diferencia estadística entre los dos tratamientos, a los 8, 29 y 36 DDS. A los 8 DDS germinó el 24 % de las semillas en el medio orgánico, mientras que en el medio químico germinó el 4%; a los 36 DDS germinó el 82 % de las semillas sembradas en medio orgánico y el 68 % las sembradas en el medio químico. Martínez et al. (2020) observaron que la germinación de este *Agave* fue mayor al utilizar un medio de cultivo orgánico elaborado a base de lixiviado de compost al 20 % a los 5 DDS (53.33 %); mientras que en MS al 50 % germinó el 48.33 %. Estas observaciones permiten sugerir la utilización de sustratos nutritivos orgánicos, como lo es el Fertilizante Magro elaborado a base de contenido ruminal, como medio de cultivo para la germinación *in vitro* se semillas de *A. duranguensis*, lo que incide directamente en la reducción de costos de producción.

A lo largo de la incubación de las semillas, el porcentaje de contaminación de las mismas se mantuvo más bajo siempre en el medio de cultivo orgánico, salvo a los 36 DDS, pero sin diferencia estadística con la contaminación presentada en el medio de cultivo químico (Cuadro 2 y Figura 3).

Cuadro 2. Porcentaje de Germinación y de Contaminación de semillas de *A. duranguensis* en cultivo *in vitro*.

Tratamiento	Tiempo de Incubación	Germinación (%)	Contaminación (%)
FM al 5 %	8 DDS	24 a	26 a
	15 DDS	78 a	26 a
	22 DDS	79 a	31 a
	29 DDS	81 a	38 a
	36 DDS	82 a	45 a

MS al 50 %	8 DDS	4 b	12 a
	15 DDS	63 a	34.5 a
	22 DDS	64 a	36.5 a
	29 DDS	66 b	41.5 a
	36 DDS	68 b	42.5 a

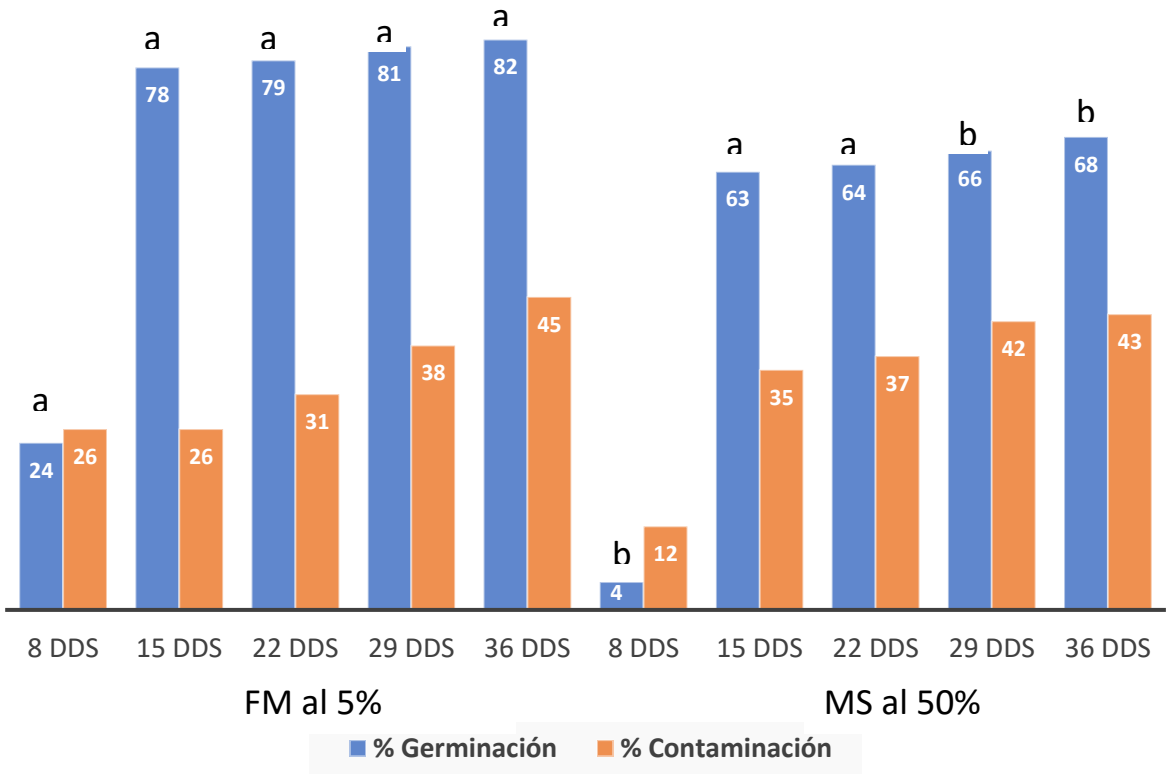


Figura 3. Porcentaje de Germinación y Contaminación de semillas de *A. duranguensis* sembradas en medio de cultivo orgánico (FM al 5%) y medio de cultivo químico (MS al 50%).

CONCLUSIONES

La utilización de sustratos orgánicos producidos a base de desechos de la agricultura o de la ganadería, representan una alternativa sustentable, que permiten reducir los impactos negativos sobre el medio ambiente, pero también sobre los costos de producción de plantas *in vitro*; tal es el caso de fertilizante magro, que se fabrica a base de contenido ruminal, enriquecido con melaza, suero de leche y cenizas de leña. Éste abono orgánico preparado al 5 % y gelificado, mostró una eficiencia de hasta el 82 % sobre la germinación *in vitro* de semillas de *Agave durangensis*, en contraste con el medio más comúnmente utilizado para este fin, el MS al 50%, que mostró un 63 % de germinación de semillas. El medio de cultivo orgánico no eleva el porcentaje de contaminación de las semillas establecidas, si no que se mantienen estadísticamente igual que en el medio de cultivo químico. El medio de cultivo a base de fertilizante magro en la producción *in vitro* de la especie *Agave* es de gran utilidad, ya que permite hacer más eficiente la producción de plantas mediante esta técnica y reduce los costos de producción.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango (COCyTED) el apoyo económico otorgado al proyecto “Comparación de medios basales químico y orgánico para la obtención de vitro plantas”, a través de la Convocatoria para el Impulso a la Vinculación mediante Proyectos Academia-Empresa-Sociedad 2019-01.

REFERENCIAS

Capulín, G., J., R. Núñez, E., J. D. Etchevers, B. y G. A. Baca, C. 2001. Evaluación del extracto líquido de estiércol bovino como insumo de nutrición vegetal en hidroponía. Agrociencia 35: 287-299.

García, H. E. J., Méndez, G. S. J., Talavera, M. D. 2010. El género *Agave* spp. en México: Principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica. Revista Salud Pública y Nutrición, Edición Especial. 5: 109-129.

García, M. A. J. 2007. Los agaves de México. 2007. Ciencias. México, DF. 14-23 pp. García-Mendoza, A. 2002. Distribution of the genus *Agave* (*Agavaceae*) and its endemic species in México. In: Cactus and Succulent J. 74(4):177-187.

González, C. M. P., Quintos, E. M. 2006. Insectos asociados al *Agave* en el estado de Durango. VidSupra 1: 10-12.

González, D. B. M., Núñez, P. G. 2015. Micropropagación de *Agave durangensis* en un Sistema de Inmersión Temporal (SIT). Jóvenes en la Ciencia 1: 8-13.

Guerrero, D. R., Mroginski, L. A., Krivenky M. A. y Domínguez, M. C. 2010. Micropropagación de portainjertos de vid de interés para la provincia de Misiones. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias 42: 143-159. ISSN: 0370-4661. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382837647013

Martínez, E. A. G, Díaz, Ortega, D. Y., Ortiz, S. I. A., Gamero, P. E. C., Valdez, O. S., González, C. G. 2020. Evaluación del porcentaje de germinación y contaminación en medio de cultivo químico y orgánico en la propagación *in vitro* de dos especies de Agave. Miscelánea Científica en México. Centro de Investigaciones en óptica A.C. Guanajuato, México. Tomo II p. 313-322.

Murashige T, Skoog F (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physiologia Plantarum 15: 473-497.

Nobel, P. S. 1998. Los incomparables *Agaves* y Cactos. p. 211. Trillas. México.

Restrepo R. J. 2007. Manual Práctico. ABC de la Agricultura Orgánica y Panes de Piedra. Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca. Primera edición. Cali, Colombia.

VERMICOMPOST COMO COMPONENTE DEL SUSTRATO EN EL DESARROLLO DEL CULTIVO DE LILIUM (LILIUM SPP.) PARA CORTE EN INVERNADERO

VERMICOMPOST AS A COMPONENT OF THE SUBSTRATE IN THE DEVELOPMENT OF THE CULTURE OF LILIUM (LILIUM SPP.) FOR CUTTING IN GREENHOUSE

Juan Manuel Nava Santos[1], Francisca Sánchez Bernal[1], Aridaid Gutierrez Huerta[1]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Periférico. Raúl López Sánchez, Col. Valle Verde. CP. 27054. Torreón, Coahuila, México.
****Autor para correspondencia:** juan_manuelnava@hotmail.com*

RESUMEN

El vermicopost es un abono de alta calidad muy rico en nutrientes. El objetivo del presente trabajo fue determinar la proporción óptima de vermicompost como componente del sustrato en la producción de *Lilium spp.* de corte desarrollado en condiciones de invernadero. Se evaluaron cinco tratamientos con los siguientes porcentajes de vermicompost; arena-perlita;testigo 0 (perlita-arena 100%), 10:90), 15:85, 20;80 y T4 25;75. En la cosecha, se cuantificó la calidad y productividad de la flor. La fertilización orgánica con vermicompost modifico positivamente la calidad y productividad de la flor. La incorporación de vermicompost a en el medio de de desarrollo de Lilium es una alternativa viable para incrementar el crecimiento y vida de florero.

ABSTRACT

Vermicopost is a high quality compost very rich in nutrients. The objective of this work was to determine the optimal proportion of vermicompost as a component of the substrate in the production of Lilium spp. cutting developed under greenhouse conditions. Five treatments were evaluated with the following vermicompost percentages; sand-pearlite; control 0 (perlite-sand 100%), 10:90), 15:85, 20; 80 and T4 25; 75. At harvest, the quality and productivity of the flower was quantified. The organic fertilization with vermicompost positively modified the quality and productivity of the flower. The incorporation of vermicompost into the Lilium growing medium is a viable alternative to increase growth and vase life.

INTRODUCCIÓN

Él vermicompost es un abono de alta calidad y rico en nutrientes, actualmente, la fertilización orgánica se presenta como una opción viable para la obtención de productos de alta calidad y como una oportunidad para promover el uso de insumos de origen nacional y coadyuvar al mejoramiento y la recuperación de los ecosistemas a largo plazo; sin comprometer la salud humana ni la integridad del ambiente (Gómez, 2004).

Por otro lado, las plantas ornamentales de lirios (*Lilium spp*.), son parte de los cultivos ornamentales más producidos en México y en el mundo desde los últimos diez años. Destacada por la variedad y belleza de sus flores. Dichos atributos dependen, fundamentalmente, del tipode sustrato que se utilice para cultivarlas y, en particular, de sus características físico-químicas (García *et al.,* 2001), por lo que estudios relacionados con el incremento de la productividad y calidad a través de la fertilización orgánica son importancia mundial.

Debido a lo anterior se considera necesario emplear un sustrato que ademásde servir como sostén para las plantas también satisfagan la demanda nutricional de los cultivos, por lo que, en este contexto, el uso de vermicompost como componente en el sustrato se presenta como una alternativa sustentable y de bajo costo para la producción de plantas ornamentales de corte.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y condiciones de crecimiento

El estudio se realizó en un invernadero ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL, México a 24º 22´ 00´´ de latitud norte, con una altura de 1120 msnm.

Tratamientos y diseño experimental

Se utilizo un diseño experimental por bloques, los tratamientos evaluados consistieron en una mezcla de sustratos de vermicompost:arena:perlita en diferentes porcentajes; testigo To (0 vermicompost), que consistió en 50-50 % de arena y perlita, el cual se rego con té de vermicompost durante el periodo de cultivo, T1 (10%), T2 (15%), T3 (20%) T4 (25%) el resto del sustrato una mezcla de arena perlita en partes iguales, los tratamientos a base de vermicompost fueron regados regaron con agua de buena calidad durante todo el periodo del cultivo. Para realizar la mezcla de los sustratos de cada tratamiento se tomó como unidad de referencia una maceta de plástico con capacidad de 2 kg.

Análisis estadístico

Los diferentes tratamientos fueron evaluados bajo un diseño experimental completamente al azar y el análisis de los resultados obtenidos, se llevó a cabo mediante un análisis de varianza. La prueba de comparación de medias de los tratamientos se realizó por el método de Tukey a una probabilidad del 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad floral

La incorporación de los porcentajes de vermicompost al sustrato, no presentaron diferencia estadística significativa entre los tratamientos (diámetro floral, número de botones florales, número de flores) (Figura 1a-1d), obteniendo los mayores valores de calidad floral el tratamiento T3 (20% de vermicompost), superando el tratamiento testigo en 12.98%,17.55%, 17.74%, respectivamente, mientras que el número de flores el tratamiento

testigo supero al T3 en un 6.7%. Macias *et al*. (2017), menciona que al evaluar concentraciones adecuadas de vermicompost en el sustrato aumenta la calidad floral, al aumentar el calibre del bulbo, el número de botones y el número de flores por planta. Además, la vermicompost es un sustrato bien fertilizado, lo que les permite a los brotes y a las flores una apariencia agradable a la vista.

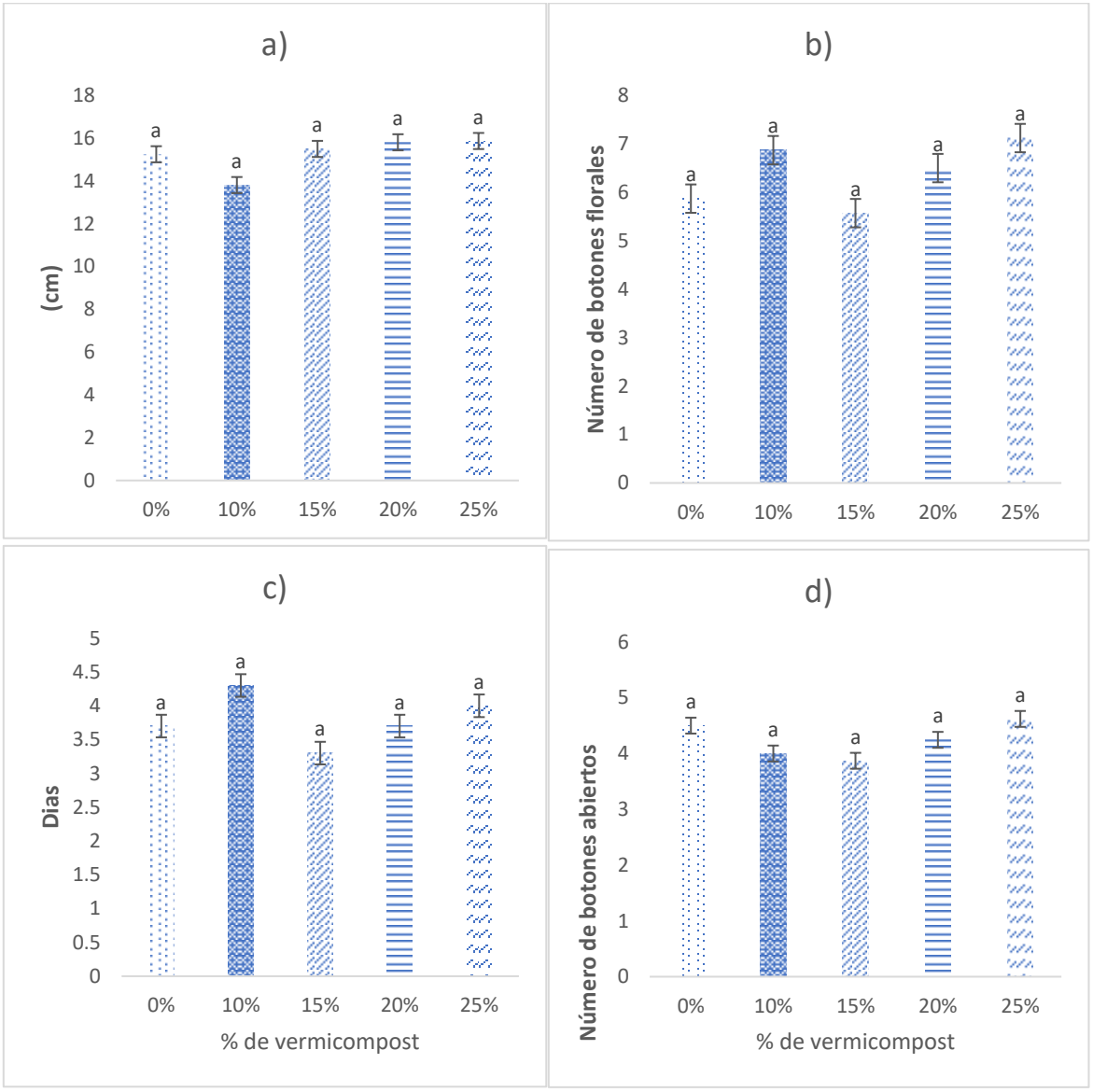


Figura 1. Efecto del porcentaje de vermicompost sobre la calidad floral; diámetro flora (a), numero de botones florales (b), numero de flores (C) y numero de floreo (d) en flores de lirios. Los datos se muestran como media ± desviación estándar (DE) (n = 50) Las columnas con letras diferentes fueron significativamente diferentes según la prueba HSD de Tukey ($p < 0,05$).

Productividad floral

El porcentaje de vermicompost en los sustratos, permitió una mayor biomasa en el T3 (20% Vermicompost) con 8.0 g, mientras que el tratamiento que obtuvo menor biomasa fue el tratamiento testigo (téde Vermicompost), con 4.33 g, como se puede observar en la Figura 2. El rendimiento floral por la incorporación de vermicompost al sustrato para el manejo de las plantas depende de que el vermicompost este estable, maduro y rico en nutrientes, así como su incorporación y de la especie vegetal utilizada (Alvarez *et al*., 2016). Auzaque, (2008) reporta una mayor producción de biomasa floral, mostrando una mayor cantidad de biomasa seca en los tejidos florales que mantiene conservan una buena cantidad de agua que mantiene turgente a las flores, además, que existe mayor sustrato respiratorio que garantiza una mayor vida de poscosecha.

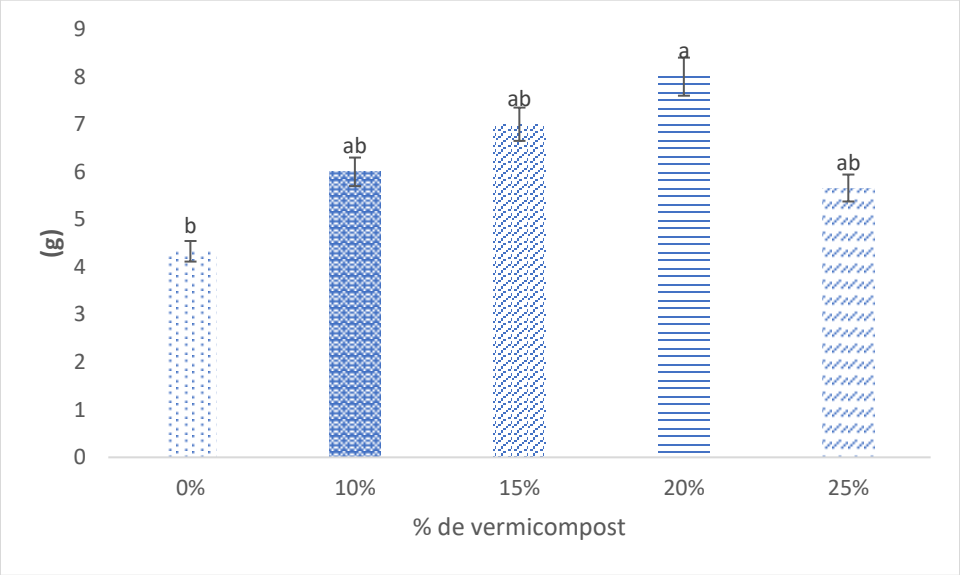


Figura 2. Efecto del porcentaje de vermicompost sobre la productividad floral de los lirios. Los datos se muestran como media ± desviación estándar (DE) (n = 50) Las columnas con letras diferentes fueron significativamente diferentes según la prueba HSD de Tukey ($p < 0,05$).

CONCLUSIONES

La incorporación de vermicompost al sustrato aumento la calidad y productividad floral en los lirios. La fertilización orgánica con vermicompost en una alternativa sustentable y de bajo costo para la producción de lirios.

REFERENCIAS

Alberto Valencia Aurora. 2012. Efecto del suministro de calcio en el desarrollo de la planta y calidad de flor de *Lilium spp.* tipo asiático, cultivado en hidroponía. Tesis.

Licenciatura, UAAAN, Torreon Coahuila, México. 55 p

Arancon QN, Edwards CA, Bierman P, Metzger JD, Luchtd Ch. 2005. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of pepper in the field. Pedobiology 49: 297-306

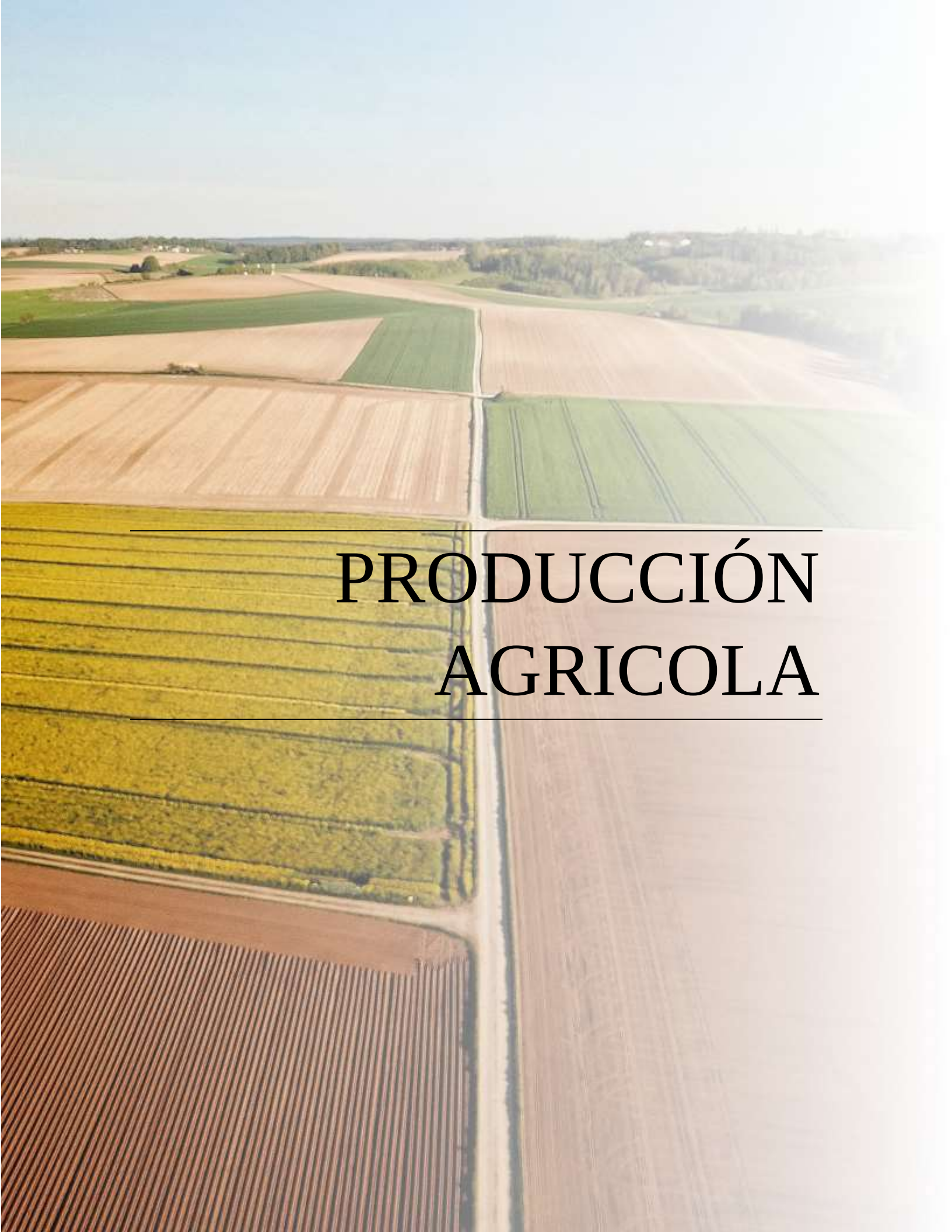
Ballester-Olmos, J.F. 1993. Sustratos para el cultivo de plantas ornamentales. Ministerio de Agricultura Pesca y alimentación. Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario. I.G. Saljen. Madrid. 44 p.

Bañon S., Cifuentes D., Fernández J., y González A. 1993. Gerbera, Lilium, Tulipán y Rosas. Madrid, Mundi Prensa. España. 250p.

Chanin A., M.A. 2006. cultivo de Lilium. Instituto de investigación agropecuaria, centro regional de investigación INIA, ministerio de agricultura. (N° 15). Temuco, Chile

Chahín M., Montesino A., Márquez F., Ferrada S., y Ibáñez M. 2007. "Manuales FIA de Apoyo a la Formación de Recursos Humanos para la Innovación Agraria" Para Pequeños Productores. Manual Producción de flores cortadas IX Región. Fundaciónpara la Innovación agraria - Instituto de Investigaciones agropecuarias. Santiago Chile.

Colque, H. N. 2016. Efecto de tres tipos de sustrato en dos variedades de Lilium (*Lilium spp*). Tesis de Grado, Universidad Mayor de san Andrés Facultad de Agronomía. La Paz Bolivia.



PRODUCCIÓN AGRICOLA

ACTIVIDAD ANTAGÓNICA DE *TRICHODERMA HARZIANUM* SOBRE FUSARIUM SPP. EN AJONJOLÍ (*SESAMUM INDICUM* L.) EN EL NORTE DE SINALOA

Víctor Hugo Aguilar Pérez[1*], Elizabeth García León[2], Alma Rosa Solano Báez[1], Hugo Beltrán Peña[1] y Guillermo Márquez Licona[3]

[1] Maestría en Fitopatología y Medio ambiente, Universidad Autónoma de Occidente, Los Mochis, Sinaloa, México. [2]Campo experimental valle del Fuerte- INIFAP, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México. [3]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. *Autor de correspondencia: hugoapp1804@gmail.com

RESUMEN

Sinaloa es el principal productor de ajonjolí en México, en la región ha sido frecuente observar síntomas y signos de marchitez. Sin embargo, no se cuenta con información sobre el patosistema y el manejo de biológico de la enfermedad. El objetivo de esta investigación fue determinar la morfología y patogenicidad los hongos asociados a la sintomatología de pudrición de raíz en el cultivo de ajonjolí y evaluar la actividad antagónica de aislados nativos de *Trichoderma* spp*.* contra el agente casual de la pudrición de raíz. La morfología de los aislados puros se determinó con claves taxonómicas especializadas, mientras que las pruebas de patogenicidad se realizaron inoculando plantas de tres variedades regionales vía inyección al sustrato estéril (1×10^6 y 1×10^7 conidios mL^{-1}). El análisis de antagonismo se realizó con la técnica de cultivo dual, se obtuvieron aislados nativos en medio de cultivo selectivo para *Trichoderma* spp. además de usaron cepas con antagonismo probado en otros hongos filamentosos que funcionaron como testigos. A los datos obtenidos se les realizó un ANOVA de una vía y comparación de medias Tukey. Los resultados de la caracterización morfológica mostraron estructuras reproductivas asociadas a *Fusarium* spp. con diferencias entre aislados, por lo que se seleccionaron cinco representantes. Los Postulados de Koch indicaron que los cinco aislados seleccionados dentro de los grupos fueron patogénicos, con diferencias en virulencia. De acuerdo con el porcentaje de inhibición micelial y la comparación de medias Tukey, se encontró que los aislamientos endémicos de *Trichoderma* denominados L1 y L2, inhibieron hasta en un 81.5% al aislamiento F1 con origen Villa Gustavo Díaz Ordaz, Ahome, un 74.7% al F4 con origen Jahuara, El Fuerte, 69% y 67% al F6 y F8 respectivamente con origen El Fuerte y un 69% al F14 con origen Mocorito, por lo que se determinó que los aislados nativos de *Trichoderma* tienen potencial para el manejo preventivo de la enfermedad en campo.

Palabras clave: *Sesamum indicum, Fusarium*-ajonjoli**,** patogenicidad, antagonismo,

ABSTRACT

Sinaloa is the main producer of sesame in Mexico, in the region it has been frequent to observe symptoms and signs of wilt. However, there is no information on the pathosystem and the biological management of the disease. The objective of this research was to determine the morphology and pathogenicity of the fungi associated with root rot symptoms

in sesame crops and to evaluate the antagonistic activity of native species of *Trichoderma* spp. against the causal agent of root rot. The morphology of the pure isolates was determined with specialized taxonomic keys, while pathogenicity tests were carried out by inoculating plants of three regional varieties via injection into the sterile substrate (1×10^6 and 1×10^7 conidia mL^{-1}). The antagonism analysis was performed with the dual culture technique, native isolates were obtained in selective culture medium for *Trichoderma* spp. In addition to using strains with antagonism tested in other filamentous fungi that functioned as controls. To the data obtained were analyzed with one-way ANOVA and comparison of Tukey means. The results of the morphological characterization showed reproductive structures associated with *Fusarium* spp. with differences between isolates, for which five representatives were selected. Koch's postulates indicated that the five selected isolates within the groups, were pathogenic with differences in virulence. According to the percentage of mycelial inhibition and the comparison of Tukey means, it was found that the endemic isolates of *Trichoderma* called L1 and L2, inhibited up to 81.5% the isolation of F1 originating from Villa Gustavo Díaz Ordáz, Ahome, 74.7% to F4 with origin Jahuara, El Fuerte, 69% and 67% to F6 and F8 respectively with origin El Fuerte and 69% to F14 with origin Mocorito, for which it was determined that the native isolates of *Trichoderma* are feasible for use in the field.

Key words: *Sesamum indicum, Fusarium*-sesame**,** pathogenicity, antagonism.

INTRODUCCIÓN

El ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) es una planta que pertenece a la familia Pedaliaceae, originaria de Etiopia (Carreño *et al*., 2009). La importancia de este cultivo se debe a su adaptación a condiciones climáticas adversas y a su alto contenido de aceite que va del 45 al 50% (ATS, 2015). El aceite producido del primer prensado en frío se encuentra entre los aceites comestibles más caros del mundo debido a su bajo contenido en colesterol y alto contenido de ácidos grasos poli-insaturados, con cerca del 47% de ácido oleico y 39% de ácido linoleico (Falasca *et al.*, 2010).

Los principales países productores de ajonjolí son Irán, China, India y Etiopia. Por su parte, los países importadores más importantes son Brasil, Holanda, Japón, Uruguay y Estados Unidos. Sin embargo, en México se reportó para el año 2019 una superficie sembrada de 83, 559 ha a nivel nacional, donde los principales estados productores del cultivo fueron Sinaloa (35,928 ha), Guerrero (15,814 ha), Michoacán (10,733 ha), Chiapas (7,957 ha) y Oaxaca (7,977 ha) en los cuales se concentra más del 93 % de la superficie nacional (SIAP, 2019).

El cultivo de ajonjolí se desarrolla bajo condiciones de temperatura de entre 20º - 35°C, y prospera en todos los tipos de suelo. El requerimiento hídrico del cultivo va de los 2000 a los 700 mm (Langham, 2008). Su ciclo es corto va de los 120 a 155 días a la cosecha, lo que, permite realizar rotación con trigo o maíz que se establecen en el ciclo otoño-invierno.

Dentro de las principales limitantes bióticas de producción del cultivo en Sinaloa se encuentran las plagas como el gusano telarañero (*Antigastra catalaunalis*, el gusano trozador (*Agrotis* spp.) y la mosquita blanca (*Bemisia argentifolii*). Con relación a las enfermedades se han reportado la mancha de la hoja (*Alternaria sesami*) y la pudrición del

pie y de la raíz (*Macrophomina phaseolina*) (INTA, 1998; Martínez y Laurentin, 2012; ATS, 2015; Abo-Ghazala *et al*., 2019).

El manejo de los problemas fitosanitarios en ajonjolí se realiza en su mayoría con moléculas sintéticas. La demanda en la producción a generado un abuso de plaguicidas, dando lugar a plagas más resistentes, nuevos brotes, aumento de riesgos para la salud y el medio ambiente (Devindroppa *et al.,* 2018). Por tal razón es frecuente la búsqueda de alternativas menos nocivas a la salud humana y de menor impacto al ambiente.

El ajonjolí en los últimos años se ha convertido en una opción de cultivo rentable debido a su bajo costo de producción, su adaptación a la baja disponibilidad de agua en la región, la incorporación de variedades de trilla directa y los precios del grano en el mercado. Sin embargo, en el ciclo primavera-verano 2020, en las zonas productoras de Sinaloa en los municipios de Ahome, El Fuerte, y Mocorito, se presentó una alta incidencia con síntomas de pudrición de la raíz y del tallo con porcentajes del 30 al 100% en parcelas comerciales, lo que causó pérdidas económicas para los productores. Debido a lo anterior se plantearon los objetivos de determinar la morfología y patogenicidad los hongos asociados a la sintomatología de pudrición de raíz en el cultivo de ajonjolí y evaluar la actividad antagónica de *T. harzianum* contra el agente casual de la pudrición de raíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el ciclo primavera-verano 2020 se recolectaron muestras de plantas de ajonjolí con síntomas de pudrición de tallo y raíz, en las zonas productoras de Ahome, El Fuerte y Mocorito, en el estado de Sinaloa. Las muestras se trasladaron al Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Autónoma de Occidente y se procesaron para determinar los hongos asociados a la enfermedad. Se realizaron cortes de raíz y tallo de aproximadamente 5 mm^2 en la zona de avance de la pudrición, considerando tejido sano y enfermo, se desinfestaron con NaClO al 2% durante dos minutos y se eliminó el exceso de con tres lavados de agua destilada estéril y se sembraron en placas Petri con medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) BIOXON®, se incubaron por 72 horas a 28 °C. Las colonias se transfirieron a nuevas placas Petri con PDA. Los cultivos se purificaron por la técnica de transferencia de puntas de hifas desarrolladas en medio de cultivo agua-agar (AA) a placas Petri con PDA. Finalmente, la caracterización cultural y morfológica preliminar se realizó sembrando cultivos puros en medio cultivo PDA, hojas de clavel agar (CLA) y Spezieller Nährstoffarmer Agar (SNA) y su morfología se determinó con claves taxonómicas especializadas (Leslie y Summerell; Crous at el., 2009).

Para probar la patogenicidad de los aislados obtenidos se realizaron los postulados de Koch, se sembraron semillas de ajonjolí de las variedades regionales; breve doble, pequeño y dormilón, en suelo estéril. Se realizaron grupos de 10 plantas por grupo de aislado obtenido, las plantas fueron inoculadas vía inyección al suelo con una suspensión de conidios a una concentración de 1×10^6 y 1×10^7 conidios mL^{-1}, 50 días después de la siembra. Para mantener la humedad relativa alta, las plantas fueron cubiertas con una bolsa transparente de polietileno y se monitorearon diariamente. Un grupo de cinco plantas fungieron como testigos, solo se regaron con agua y también se usaron bolsas transparentes de polietileno para mantener la humedad relativa.

Por otro lado, *Trichoderma* spp. se aisló de suelos donde se presentaron problemas de marchitez, en el Medio Selectivo de *Trichoderma* (TSM). De los sitios muestreados en el cultivo de ajonjolí, se tomó una muestra compuesta de suelo de 500 g, utilizando un muestreo en cinco de oros a una profundidad de entre 10 y 15 cm. Se mezclaron 25 g de suelo durante 30 minutos en un matraz con 250 mL de agua destilada estéril, se realizaron diluciones seriadas de las que se tomaron 30 µL, se transfirieron a placas Petri con medio de cultivo TSM y se incubaron a 26 °C por 72 horas. (Samuels y Hebbar, 2015). Los cultivos se purificaron por la técnica de transferencia de puntas de hifas desarrolladas en medio de cultivo agua-agar (AA) a placas Petri con PDA. Adicionalmente se incorporaron al experimento 3 cepas previamente caracterizadas como *T. harzianum.*

La evaluación antagónica se realizó *in vitro* se empleó la técnica de cultivo dual en placas Petri de 90 mm con PDA. En un extremo de la placa Petri se colocó un disco de agar de 4mm de diámetro con micelio de *Fusarium* spp. y en el extremo opuesto otro disco de 4 mm con micelio del antagonista (*Trichoderma spp.*) con 7 cm de separación entre ellos, se realizaron 6 repeticiones por aislado (Howell, 2003). Los controles consintieron de cajas Petri con medio de cultivo PDA y la siembra de *Fusarium* spp. por analizar, se realizaron 6 repeticiones por aislado. Las cajas se incubaron a 25 ºC con fotoperiodo de 12/12 (Luz/oscuridad).

El crecimiento micelial del *Fusarium* spp. se marco cada 24 h en la base de las cajas Petri y se tomaron fotografías. Los crecimientos miceliales se evaluaron hasta que los cultivos control cubrieron el 95% de la superficie del medio de cultivo. El porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (PICM) se calculó por la diferencia entre el crecimiento del *Fusarium* spp. confrontado con *Trichoderma spp* y el crecimiento de *Fusarium* spp. sin antagonista, de acuerdo con la formula: PICM=(C-T)*100/C, donde C= crecimiento en cm^2 de *Fusarium* spp. sin confrontación, T= crecimiento en cm^2 de *Fusarium* spp. en confrontación con *Trichoderma spp*. La tasa de crecimiento micelial de *Fusarium* spp. se analizó con un ANOVA de una vía y la comparación de medias se realizó a través de la prueba Tukey (alfa=0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los aislados obtenidos de los muestreos, se agruparon por similitud en características culturales y morfología de las estructuras reproductivas, y se obtuvieron 5 grupos y se eligió un aislado por grupo: F1 con origen Villa Gustavo Díaz Ordaz, Ahome, F4 con origen Jahuara, El Fuerte, F6 y F8 con origen El Fuerte, F14 con origen Mocorito. Los aislados exhibieron características asociadas al género *Fusarium* spp. ya que las colonias presentaron micelio abundante, al inicio blanco y con el tiempo formo pigmentos de naranja a café, se observaron abundante macronocidios en medio CLA y SNA, con una curvatura dorsoventral pronunciada, rara vez se observaron microconidios o en algunos casos fueron ausentes, las características morfológicas no fueron concluyentes para asociarlos a una especie por lo que se realizaran estudios de biología molecular (Leslie y Summerell; Crous et al., 2009). Sin embargo, las pruebas de Koch indicaron que los cinco aislados fueron patogénicos, ya que las plantas inoculadas mostraron síntomas de marchitez inicial 12 días después de la inoculación en las dos concentraciones utilizadas y en las variedades inoculadas; breve doble, pequeño y dormilón.

En el ensayo de cultivo dual se encontró que los aislados de *Trichoderma* spp. inhiben más del 60% del crecimiento micelial de los aislados de *Fusarium* spp. con diferencias significativas de P>0.05 (Cuadro 1.) Los aislamientos endémicos de *Trichoderma* denominados L1 y L2, inhibieron hasta un 81.5% al aislamiento de F1 con origen Villa Gustavo Díaz Ordaz, Ahome, un 74.7% al F4 con origen Jahuara, El Fuerte, un 69% y 67% al F6 y F8 respectivamente con origen El Fuerte, y un 69 % F14 con origen Mocorito. Mientras que las cepas de *T. harzianum* H7, H21 y H27, con antagonismo, micoparasitismo y antibiosis previamente probada indujeron una inhibición del crecimiento micelial a los aislados de *Fusarium* spp. de entre 69.7 al 84%. Un organismo que suprime a otro esta asociado a más de un mecanismo de antagonismo, como el parasitismo, la antibiosis y competencia características que fueron observadas durante los enfrentamientos. Dentro del control biológico el uso de antagónicos es una de las opciones de protección de plantas mas eficientes, ya que consiste en la supresión de poblaciones patógenas por organismo vivos (Kohl *et al*., 2019). Los resultados encontrados indican que los aislados nativos de *Trichoderma* spp. L1 y L2 tienen potencial como controladores biológicos.

Cuadro 1. Actividad antagónica de *Trichoderma* contra aislados de *Fusarium*

*Medias con la misma letra no presentan diferencia significativa (P>0.05) de a cuerdo con la prueba Tukey.

Dentro de los antagónicos biológicos más importantes se encuentran el genero *Trichoderma* spp. la razón por la que se realizan estudios de manera continua sobre este genero, es debido a que las cepas tienen variación en cuanto al rango de hospedantes

Aislado	**Tasa de crecimiento micelial (mm/ día)**	**Inhibición (%) ***
Testigo (F1)	2.04	0.00
F1 v L1	0.32	81.50 ABC
F1 v L2	0.23	81.20 ABC
F1 v H7	0.11	84.46 A
F1 v H21	0.15	82.30 AB
F1 v H27	0.16	82.94 AB
Testigo (F4)	3.03	0.00
F4 v L1	0.47	73.32 EFG
F4 vL2	0.43	74.70 DEF
F4 v H7	0.34	78.55 BCDE
F4 v H21	0.36	76.64 CDE
F4 v H27	0.30	80.17 ABC
Testigo (F6)	3.62	0.00
F6 v L1	0.52	69.06 GH
F6 v L2	0.45	68.33 GH
F6 v H7	0.35	69.49 FGH
F6 v H21	0.65	70.07 FGH
F6 v H27	0.37	70.81 FGH
Testigo (F8)	3.81	0.00
F8 v L1	0.77	67.86 H
F8 v L2	0.59	66.15 H
F8 v H7	0.46	68.81 GH
F8 v H21	0.53	68.09 GH
F8 v H27	0.56	69.74 FGH
Testigo(F14)	2.79	0.00
F14 v L1	0.28	81.83 ABC
F14 v L2	0.39	78.14 BCDE
F14 v H7	0.25	81.73 ABC
F14 v H21	0.32	79.93 ABCD
F14 v H27	0.24	84.52 A

fitopatógenos, y para el manejo de un fitopatógeno se recomienda utilizar antagónicos endémicos (Devindroppa *et al.,* 2018). Otros beneficios para el cultivo con el uso de *Trichoderma* spp. como biocontrolador, son la manifestación en el aumento del crecimiento de las raíces y brotes, y que les confiere a las plantas cierta resistencia a factores abióticos, así como, la mejora en la absorción de nutrientes (Howell, 2003).

En la actualidad es necesario buscar alternativas de manejo que tengan un menor impacto a la salud humana y ambiental, debido a que el consumo de plaguicidas en la agricultura representa el 85% de los costos de la producción mundial para mantener un control sobre las plagas que afectan los cultivos. La contaminación por plaguicidas se puede dar por aire, suelo y agua (Devindroppa *et al.,* 2018). La exposición a los plaguicidas se puede ser de forma directa cuando el agricultor aplica el producto o indirecta para residentes de la región y durante el consumo de los productos (Del Puerto *et al*., 2014).

CONCLUSIONES

Se deben se realizar estudios de biología molecular para caracterizar las especies de *Fusarium* spp. encontradas y determinar con precisión su ciclo biológico. Los aislados endémicos de *Trichoderma* spp. mostraron un porcentaje de inhibición micelial diferente en los *Fusarium* de los municipios de Ahome, El fuerte y Mocorito aceptable para su uso en campo. Las cepas de *T. harzianum* previamente caracterizadas tuvieron un porcentaje de inhibición micelial muy eficiente para el biocontrol preventivo de la marchitez del ajonjolí causada por *Fusarium* spp.

REFERENCIAS

Askew DJ, Lang MD, 1993. An adapted selective medium for the quantitative isolation of *Trichoderma* species. Plant Pathology 42, 686–90.

Crous PW, Verkley GJ, Groenewald JZ, Samson R, 2009. Fungal biodiversity. CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, the Netherlands. 425 p.

Del Puerto A, Suarez S, Palacio D. 2014. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y lamSalud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiologia.* 52(3):372 – 387.

Falasca S, Anschau A, Galvani, G. 2010. Las potenciales áreas productivas de sésamo (*Sesamum indicum* L) en Argentina, materia prima para biodiesel. Avances en EnergíasRenovables y Medio Ambiente, 14, 11-63.

Howell C. 2003. Mechanisms employed by Trichoderma species in the biological control of plant diseases the history and evolution of current concepts. Plant diseases, 87(1), 4 – 10.

Kohl J, Kolnaur R, Revensberg W. 2019. Mode of Action of Microbial Biological Control Agents Against Plant Diseases: Relevance Beyond Efficacy. frontiers in Plant Science, 10(845):1 – 18.

Langham DR. 2008. Growth and development of sesame. SesacoCorp, 329.

Leslie JF, Summerell BA. 2006. The *Fusarium* Laboratory Manual. Blackwell, Iowa. 369 p.

Martinez-Hilders Andrea, Laurentin H. 2012. Caracterización fenotípica y molecular de *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. Proveniente de la zona de producción de ajonjolí en Venezuela. Bioagro, 24(3): 187-196.

Samuels GJ, and Hebbar PK. 2015. Trichoderma identification and agricultural applications. APS Press. Minnesota, U.S.A 185 p.

SIAP. 2019. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola 2019 en México. El cultivo de ajonjolí (consultado en julio del 2021).

ACUMULACIÓN DE AZÚCARES EN JUVENILES DE MAGUEY CENIZO EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Julio César Ríos Saucedo[1], Rigoberto Rosales Serna[1], Jesús Humberto Rodríguez Vargas[2], Cinthya Adriana Nava Berumen[2] y Donají Sierra Zurita[1]

[1]INIFAP – Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango – El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. [2]Tecnológico Nacional de México – Campus Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana. Carretera Durango – México km 22.5. Villa Montemorelos, Dgo., México. C. P. 34371. *e-mail: rios.julio@inifap.gob.mx

RESUMEN

El maguey cenizo (*Agave durangensis*) es apreciado por la acumulación de azúcares en el tallo y base de las hojas, lo que hace necesaria la selección de individuos sobresalientes para ese atributo. El objetivo fue establecer la variación en el contenido de azúcares en plantas jóvenes de maguey cenizo cultivadas en diferentes sistemas de producción. Se utilizaron plantaciones comerciales de maguey cenizo, en lotes con riego por cintilla, establecidas a cielo abierto (CA) e invernadero (I) en Durango. El trasplante se realizó en noviembre de 2018, en camas de 1.20 m de ancho y longitud entre 20 (I) y 74 m (CA). Las hileras de plantas en cada una de las camas se establecieron a 18 cm y su número fluctuó entre 4 (I) y de 5 a 7 en CA. En todos lo casos se utilizaron 21 cm de separación entre plantas (28 a 49 plantas/m^2). Se utilizó un diseño en bloques completos al azar, para evaluar densidades de plantación (CA) y el efecto de ubicación de las cuatro naves (I). Como parcela útil se usaron dos hileras centrales de plantas en cada cama, con un metro de longitud y de seis (I) a 10 (CA) repeticiones. El registro de datos, para contenido de azúcares, se realizó entre el 7 y 12 de junio de 2021. En I y CA, se cortaron cuatro plantas por cada repetición para registrar la cantidad de azúcares (ºBx) en el tallo (piña) y base foliar del maguey cenizo, mediante el uso del refractrómetro. El jugo de los tejidos se obtuvo en crudo y luego de la cocción durante 8 h en autoclave (110 ºC y 0.05 Mpa de presión). Los datos obtenidos se utilizaron en el análisis estadístico y comparación de medias (Tukey; $p \leq 0.05$). El contenido de azúcares mostró igualdad estadística en maguey cenizo cultivado en tres densidades de población a cielo abierto (CA). Los valores en tejido crudo mostraron variación entre 8.2 ºBx en seis hileras por cama y 8.9 ºBx en 7 hileras/cama. Para los tejidos cocidos el contenido fluctuó entre 7.8 ºBx (6 hileras/cama) y 9.6 ºBx (7 hileras/cama). En invernadero se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre naves para el contenido de azúcares (ºBx) en maguey crudo y altamente significativas ($p \leq 0.01$) después de la cocción. Los valores más altos en tejidos crudos de maguey cenizo se registraron en las naves del lado Norte (8.0 a 8.3 ºBx), mientras que la Nave 4 (lado Sur) mostró un nivel significativamente inferior (6.7 ºBx). En tejidos cocidos se observaron valores altos en las Naves 2 (8.1 ºBx) y 3 (7.5 ºBx), situadas en la parte central del invernadero. La orientación de las naves mostró influencia sobre la acumulación de azúcares en maguey cenizo cultivado en invernadero. Es recomendable la medición de los azúcares en tallos crudos, con lo cual se evita el uso de equipo adicional y aumenta la presición. La selección individual de plantas sobresalientes en edades tempranas puede realizarse inicialmente con base en altura de planta y diámetro de roseta, para luego incluir la acumulación de azúcares.

ABSTRACT

The maguey cenizo plant (*Agave durangensis*) is appreciated for the accumulation of sugars in the stem and leaf base, making necessary the selection of outstanding

individuals for that attribute. The objective was to establish the variation for the sugar content in young maguey cenizo plants grown under different production systems. Commercial plots of maguey cenizo established under drip irrigation were used at the Open Sky (OS) and Greenhouse (G) systems used in Durango. Seedling transplant was carried out in November 2018, in beds 1.20 m wide and 20 m (G) to 74 m (OS) in length. The rows of plants in each bed were established at 18 cm and their number fluctuated between 4 (G) to 5 or 7 in OS. In all cases, 21 cm of plant separation was used (28 to 49 plants/m^2). A randomized complete block design was used to evaluate plant population densities (OS) and the effect of location of the four greenhouse spans (G). Experimental unit consisted of two central rows of plants in each sampled bed, one meter in length and six (G) to ten (OS) replications. Sugar content was determined between June 7th to 12th, 2021. In G and OS systems, evaluation was carried out in four plants for each replication to determinate the amount of sugars (ºBx) in the stem (piña) and foliar base of maguey cenizo by using the refractometer. The juice was obtained from the raw tissues and after cooking a small tissue sample for 8 h in an autoclave (110 ºC and 0.05 MPa pressure). The data obtained were used in the statistical analysis and means comparisons (Tukey; $p \leq 0.05$). The sugar content resulted statistically similar in maguey cenizo cultivated at three population densities (OS). The values in raw tissues showed variation between 8.2 ºBx in six rows per bed and 8.9 ºBx in 7 rows/bed. For the cooked tissues, the content fluctuated between 7.8 ºBx (6 rows/bed) to 9.6 ºBx (7 rows/bed). In greenhouse, significant differences ($p \leq 0.05$) between spans were observed for the sugar content (ºBx) in raw maguey and highly significant ($p \leq 0.01$) after tissue cooking. The highest values in raw maguey cenizo tissues were recorded in the Northern spans (8.0 to 8.3 ºBx), while Southern Span 4 showed a significantly lower level (6.7 ºBx). In cooked tissues, higher values were observed in Spans 2 (8.1 ºBx) and 3 (7.5 ºBx), located in the central part of the greenhouse. The orientation of the spans showed influence on the accumulation of sugars in raw tissues of maguey cenizo cultivated under greenhouse conditions. It is recommended to measure sugars in raw stems of maguey cenizo, avoiding the use of additional equipment and the precision is also increased. The individual selection of outstanding plants at early growth stages could be performed initially based on plant height and rosette diameter, and then sugars accumulation need to be included.

INTRODUCCIÓN

El maguey cenizo (*Agave durangensis* L.) es apreciado en Durango por los azúcares contenidos en tallos y bases foliares, lo cual es útil para la elaboración de mezcal, que es un destilado con aceptación creciente en el mercado nacional y de exportación (AGRARED, 2017). Con base en lo anterior, se ha propuesto la obtención de individuos y variedades clonales sobresalientes mediante el uso del crecimiento rápido y contenido de azúcares como criterios principales para la selección. El uso del refractómetro es un método rápido y eficiente para la evaluación del contenido de azúcares en savia de tejidos vegetales de maguey cenizo. Se considera que en prefloración es la etapa fenológica más apropiada para la evaluación del contenido de azúcares en plantas de maguey cenizo, es decir antes de que emerja el escapo floral (quiote). En trabajos recientes, se demostró que los individuos sobresalientes muestran niveles altos de azúcares desde etapas tempranas del crecimiento y desarrollo (July, Sergio, Leo?).

Es recomendable evaluar individuos de maguey cenizo con edad fenológica y características morfológicas similares, para obtener resultados comparables entre localidades y años. Lo anterior, es importante debido a que se ha observado variación considerable en el contenido de azúcares, tamaño de la piña, y tiempo de maduración de las plantas de maguey. Lo anterior, dificulta la evaluación y estandarización del volumen y

calidad del mezcal obtenido entre lotes de producción (IPN, 2006). Además, se considera que la cocción de las piñas de maguey cenizo promueve la hidrolización de los azúcares contenidos en los tejidos primarios y secundarios del tallo; así como, en las bases de las hojas. La cocción de los tejidos de maguey cenizo genera costos, es un método necesariamente destructivo y tiene otras implicaciones que dificultan su realización en un número alto de individuos. Con base en lo anterior, se ha buscado establecer la correlación entre el contenido de azúcares en la savia extraída de tejidos crudos, de ser posible *in vivo*, y aquel obtenido de tejidos que han pasado por el proceso de cocción.

La selección temprana de plantas que muestran acumulación alta de azúcares en sus tejidos contribuirá al incremento en la eficiencia para la producción de mezcal en Durango, en especial si se relacionan con la fracción de Azúcares Reductores Totales (ART) (IPN, 2006). Lo anterior, podrá aplicarse al mejoramiento genético de la especie encaminado a la selección de individuos y variedades clonales de crecimiento rápido y acumulación alta de azúcares en sus tejidos. Las plantas seleccionadas podrán utilizarse en el establecimiento de plantaciones comerciales de maguey cenizo, con plantas de calidad provenientes de individuos sobresalientes por su crecimiento rápido y acumulación alta de azúcares. Una de las tecnologías más eficientes para la producción de plantas de maguey cenizo es el sistema de raíz desnuda (Rosales *et al*., 2018), el cual tiene como característica principal el uso de camas de crecimiento elaboradas directamente en el suelo. En la actualidad, se ha facilitado la instalación de riego presurizado por goteo, con lo que se incrementó la eficiencia en el uso del agua.

Se considera necesario evaluar el crecimiento y acumulación de azúcares en condiciones diferentes de exposición a las temperaturas invernales. Con ello, se establecerá la influencia de la temperatura sobre el crecimiento y contenido de azúcares en maguey cenizo, al mismo tiempo que se determinan los efectos del adelantamiento de la producción de planta que será utilizada en la temporada de lluvias, la cual en Durango se inicia entre junio y julio. Las cubiertas de polietileno (invernadero) protegen a las plantas de maguey de las temperaturas bajas y con ello, es posible adelantar la producción en condiciones de vivero. *El estudio de diferentes sistemas de producción permitirá el establecimiento de las posibilidades de acelerar el proceso de selección de plantas y variedades clonales de maguey sobresalientes en crecimiento y acumulación de azúcares, para favorecer la producción de materia prima de calidad para la industria destiladora en Durango*. El objetivo fue establecer la variación en el contenido de azúcares en plantas jóvenes de maguey cenizo cultivadas en diferentes sistemas de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Sitio. El presente proyecto se desarrolló en el Campo Experimental Valle del Guadiana, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Dicho Campo Experimental está situado en la carretera Durango-El Mezquital km 4.5 y se ubica en las coordenadas 23° 59’ 21” N, 104° 37’ 33” O y una altitud de 1 877 m. El suelo predominante del sitio es de tipo franco-arcilloso, el cual tiene capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 4%, pH de 7.9 y es pobre en contenido de materia orgánica, fósforo y nitrógeno. El clima predominante en la región es templado semiárido [BS_1 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).

Planta. Se utilizaron plantas jóvenes de maguey cenizo, provenientes de plántulas obtenidas a partir de semillas colectadas en poblaciones naturales de maguey cenizo en

Durango. Las semillas se germinaron en almácigo y cuando alcanzaron una altura entre 1.6 a 2.4 cm fueron extraídas del suelo y transportadas para su trasplante en invernadero (I) y cielo abierto (CA). En invernadero la planta se mantuvo cubierta con una película de polietileno de 180 micras de espesor (Calibre 720); mientras que, en cielo abierto el maguey se plantó en camas formadas en terreno de cultivo.

Plantación. En el lote a cielo abierto (CA) e invernadero (I), la plantación se realizó en noviembre de 2018 y se aplicó fertilizante con la dosis 35-50-00 (N_2, P_2O_5 y K_2O), incorporado al suelo, 30 días después de la plantación (DDP) y luego de evaluar la supervivencia de las plantas. Además, se aplicaron algunas de las recomendaciones del INIFAP para el cultivo de maguey cenizo en condiciones de raíz desnuda (Rosales *et al*., 2018). Se utilizaron camas de 1.20 m de ancho y longitud variable, entre 20 (Invernadero) y 74 m (Cielo Abierto). Las hileras se establecieron a 18 cm y su número fue variable, con fluctuaciones entre 4 (invernadero) y de 5 a 7 hileras por cama en la plantación a cielo abierto. En todos lo casos se utilizaron 21 cm de separación entre plantas. Se aplicó riego por cintilla (dos líneas por cama), para evitar el estrés severo de humedad en las plantas de maguey cenizo. En invernadero, se utilizó un diseño en bloques completos al azar, para evaluar el efecto de cada una de las cuatro naves del invernadero. La parcela experimental consistió en una cama con cuatro hileras de plantas y 20 m de longitud. En cielo abierto (CA) se utilizó un diseño en bloques completos al azar, para evaluar el efecto de tres densidades de plantación (5, 6 y 7 hileras por cama) y 10 repeticiones. La parcela experimental consistió en una cama con 5 a 7 hileras de plantas y 74 m de longitud. Como parcela útil se usaron las dos hileras centrales de cada cama, con un metro de longitud, en las cuales se tomaron al azar cuatro plantas para hacer las determinaciones de ºBx.

Registro de Datos. Los registros del contenido de azúcares (ºBx), se realizaron entre el 15 de mayo y 11 de junio de 2021. En los sistemas de producción de invernadero y cielo abierto, se realizaron evaluaciones en 4 plantas por cada repetición para determinar la cantidad de azúcares (fructosa) en el tallo (piña) del maguey cenizo, mediante el uso del refractrómetro (Alla France® 950.032B-ATC; 0-32 ºBx). Se utilizó el método destructivo, que consitió en el corte de la planta, eliminación de las hojas, para separar las bases foliares y tejidos internos del tallo que serían utilizados en la evaluación del contenido de azúcares. En cada lectura se utilizaron dos gotas de savia, las cuales fueron extraídas en crudo con pinzas mecánicas y luego colocadas en la pantalla del refractómetro con la pipeta. Después, se cerró la tapa traslúcida y se tomó la lectura con base en las indicaciones del fabricante. Las muestras de campo se almacenaron en frascos de vidrio de 30 mL, con tapa “twist off”, colocados en cajas de cartón que se introdujeron al refrigerador antes del procesamiento de los tejidos en autoclave. La cocción se realizó por 8 h en autoclave, con una temperatura de procesamiento de 113 ºC y 0.05 Mpa de presión (IPN, 2006). Luego de la cocción, se dejaron enfriar las muestras y se refrigeraron, hasta que se realizaron las lecturas en el refractómetro después de atemperar las muestras del tejido cocido y refrigerado. La muestra se recolectó del líquido liberado por el tejido en el fondo del frasco, tomado con un hisopo de algodón y colocado en el refractómetro. El hisopo fue dehechado después de cada lectura, para evitar contaminación entre muestras.

Análisis Estadístico. Los datos obtenidos para el nivel de ºBx se utilizaron en el análisis estadístico (ANOVA), bajo un diseño en bloques completos al azar, con tres densidades de población y diez repeticiones en el lote a cielo abierto. En invernadero se utilizó un diseño en bloques al azar, con cuatro secciones (ambientes) y seis repeticiones. La comparación de medias se realizó con base en la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). El análisis de varianza y la comparación de medias se realizaron con el programa de cómputo SAS Ver. 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Azúcares en Lote de Maguey Cenizo a Cielo Abierto. Se detectó igualdad estadística entre densidades de población en maguey cenizo cultivado en tres densidades de población y condiciones de campo a cielo abierto (Cuadros 1 y 2). Los valores en tejido crudo mostraron variación entre 8.2 ºBx en seis hileras por cama; mientras que, el nivel más alto se observó en 7 hileras/cama (8.9 ºBx). En tejidos cocidos los valores fluctuaron entre 7.8 ºBx (6 hileras/cama) y 9.6 ºBx (7 hileras/cama). Los niveles de azúcares obtenidos fueron bajos en comparación con los reportados en otros estudios, en los que se obtuvieron valores entre 6.4-15.1 ºBx en maguey sacatoro, 18.9 ºBx en maguey espadín y 17.7 ºBx en maguey papalote; además se detectó contenido mayor en los tallos o piñas, en comparación con las hojas (pencas) (Barrientos, 2020). Los resultados se relacionaron con la etapa de desarrollo de las plantas y el sistema de producción, lo anterior debido a que se ha demostrado que las piñas de *Agave tequilana* Weber tienen un contenido mayor de azúcares en la época seca del año, debido a la proporción menor de agua en el jugo (Barrientos, 2020; Bautista, 2001). En el presente estudio, pudo influir el riego proporcionado durante la época seca del año. La cocción influyó de manera limitada sobre el contenido de azúcares en el tejido de maguey cenizo cultivado en condiciones de cielo abierto, por lo que se puede determinar esta variable en piñas crudas y con ello, evitar el uso de equipo especializado que genera costos adicionales.

Cuadro 1. Análisis de varianza para el contenido de azúcares en plantas de maguey cenizo cultivadas en diferentes densidades de plantación a cielo abierto y dos condiciones de cocción.

Fuente de Variación	[1]gl	ºBx Crudo	ºBx Cocido
Densidades	2	1.2 N. S.	7.7 N. S.
Repetición	9	3.7	1.6
Error	18	2.5	3.7
Promedio		8.6	8.8
[2]C. V. (%)		18.3	21.9

[1]gl = grados de libertad, N. S. = no significativo, [2]C. V. = coeficiente de variación.

Cuadro 2. Contenido de azúcares promedio en plantas de maguey cenizo cultivadas en diferentes densidades de plantación a cielo abierto y dos condiciones de cocción.

Ambiente	ºBx Crudo	ºBx Cocido
5 hileras/cama	8.5 ± 2.2	8.9 ± 2.5
6 hileras/cama	8.2 ± 0.8	7.8 ± 0.5
7 hileras/cama	8.9 ± 1.5	9.5 ± 1.2
Promedio	8.6	8.8
[1]C. V. (%)	18.3	21.9

[1]C. V. = coeficiente de variación.

La densidad de plantación mostró influencia reducida sobre el contenido de azúcares, hasta el momento de la evaluación, que se realizó entre 30 y 31 meses después del trasplante. Lo anterior, se relacionó con los niveles bajos de competencia registrado entre plantas de maguey cenizo, lo que facilita la selección de individuos sobresalientes con base en variables morfológicas (altura de planta, diámetro de roseta y número de hojas), que se miden de forma relativamente fácil y no requieren de equipo costoso.

Azúcares en Maguey Cultivado en Invernadero. Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre naves para el contenido de azúcares (ºBx) en tejido crudo de maguey cenizo. Mientras que en el caso de tejido cocido las diferencias entre naves resultaron altamente significativas ($p \leq 0.01$). Los valores más altos para el contenido de azúcares, en tejidos crudos de maguey cenizo, fueron registrados en las Naves 1 a 3 (lado Norte), con valores entre 8.0 a 8.3 ºBx, mientras que la Nave 4 (lado Sur) mostró un nivel significativamente inferior (6.7 ºBx). En los tejidos cocidos se observaron valores altos en las Naves 2 (8.1 ºBx) y 3 (7.5 ºBx), situadas en la parte central del invernadero. La orientación de las naves del invernadero mostró influencia sobre la acumulación de azúcares en las plantas de maguey cenizo cultivadas bajo esa condición. La orientación hacia el norte favoreció la acumulación de azúcares, mientras que hacia el sur se registró el nivel más bajo de glúcidos en los tejidos crudos y cocidos de los tallos de esta especie. La orientación del invernadero (este-oeste) del invernadero redujo la radiación solar, en ciertas horas del día, en las naves situadas al sur, lo que influyó en acumulación menor de azúcares y crecimiento mayor en altura, por alargamiento de los entrenudos (Fischer y Pérez, 2012).

Cuadro 3. Análisis de varianza para el contenido de azúcares en plantas de maguey cenizo cultivadas en invernadero con dos condiciones de cocción.

Fuente de Variación	[1]gl	ºBx Crudo	ºBx Cocido
Nave	3	2.2*	2.1**
Repetición	3	0.5	0.5
Error	9	0.4	0.3
Promedio		7.8	7.2
[2]C. V. (%)		8.4	7.3

[1]gl = grados de libertad, N. S. = no significativo, [2]C. V. = coeficiente de variación.

Cuadro 4. Contenido de azúcares promedio en plantas de maguey cenizo cultivadas en invernadero con dos condiciones de cocción.

Ambiente	ºBx Crudo	ºBx Cocido
Nave 1	8.0 ± 0.53^{ab}	6.8 ± 0.20^{b}
Nave 2	8.3 ± 0.90^{a}	8.1 ± 0.74^{a}
Nave 3	8.1 ± 0.28^{a}	7.4 ± 0.44^{ab}
Nave 4	6.6 ± 0.41^{b}	6.4 ± 0.39^{b}
Promedio	7.8	7.2
[1]C. V. (%)	8.4	7.3

[1]C. V. = coeficiente de variación.

CONCLUSIONES

- Se observó variación en el contenido de azúcares en tallos y bases foliares de hojas de maguey cenizo cultivadas en diferentes sistemas de producción.
- La proporción de azúcares en tejidos de maguey cenizo fue estadísticamente igual en tejidos crudos y cocidos, por lo que se recomienda la evaluación en tallo crudo, que evita el uso de tiempo y equipo adicional para la cocción.

- Es recomendable establecer la eficiencia de la selección individual de plantas sobresalientes por la acumulación de azúcares en edades tempranas.

REFERENCIAS

AGRARED (Red Temática Mexicana Aprovechamiento Integral Sustentable y Biotecnología de los Agaves). 2017. Panorama del aprovechamiento de los agaves en México. CONACYT-CIATEJ-AGRARED. Guadalajara, Jal., México. 300 p.

Barrientos R., G. 2020. Programa de manejo para la conservación de los Agaves angustifolia y cupreata en el estado de Guerrero. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Guerrero. Acapulco, Gro., México. 151 p.

Bautista J., M., L. García O., R. Salcedo H., y L. A. Parra N. 2001. Azúcares en agaves (*Agave tequilana* Weber) cultivados en el estado de Guanajuato. Acta Universitaria 11(001): 33-38.

Fischer, G. y C. P. Pérez. 2012. Efecto de la radiación solar en la calidad de productos hortícolas. *In*: Memorias congreso Internacional de Hortalizas en el Trópico: La olericultura Colombiana, Nuevos Retos para Enfrentar los Tratados de Libre Comercio. Bogotá, Colombia. pp. 1-14.

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.

IPN (Instituto Politécnico Nacional). 2006. Evaluación del contenido de azúcares en piñas de agave mezcalero producido en la región SE del estado de Durango. Informe Técnico Final. (Proyecto SIP No. 20060256). México. 14 p. Consultado en línea 25/07/2021. http://www.sappi.ipn.mx/cgpi/archivos_anexo/20060256_2900.pdf

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.

Rosales M., S., J. C. Ríos S., J. L. García R., M. Martínez F., G. Quiñonez B., y R. Rosales S. 2018. Establecimiento de plantaciones de maguey cenizo. Folleto Técnico Núm. 109. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Méx. 28 p.

ADAPTABILIDAD Y ESTABILIDAD DE RENDIMIENTO DE GRANO DE HÍBRIDOS DE SORGO EN EL BAJÍO, MÉXICO.

Lourdes Icxel Cornejo Méndez[1], Ulises Aranda Lara[2], Ricardo Yáñez López[3], Jorge Covarrubias Prieto[1], Alfredo Josué Gámez Vázquez[2]

[1]Tecnológico Nacional de México- Roque, km 8 carretera Celaya-Juventino Rosas; [2]INIFAP-Campo Experimental Río Bravo. Carretera Matamoros-Reynosa, km 61.
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, km 6.5 carretera Celaya-San Miguel.
Autor de correspondencia: icxelcm@hotmail.com

RESUMEN

El mejoramiento genético de sorgo, y tecnologías de manejo han contribuido a la seguridad alimentaria, sin embargo, a la fecha se requieren nuevos híbridos que toleren las plagas y enfermedades que se presentan actualmente, las que han evolucionado, debido al cambio climático. Por esta razón se requiere elevar la producción de este grano, en condiciones de riego y temporal. En la producción de sorgo, la semilla empleada para la siembra es principalmente importada, lo que eleva el costo de producción y reduce la rentabilidad del cultivo. Es necesario realizar investigación para la generación de nuevos híbridos nacionales, con altos rendimientos, estabilidad y adaptabilidad a diferentes zonas, con bajos costos, competitivos y buena rentabilidad. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la adaptación y estabilidad de 25 híbridos de sorgo. Para el análisis de los datos, se realizó un análisis de varianza combinado, prueba de medias (Tukey, $P \leq 0.05$), análisis de componentes principales y un análisis biplot para el rendimiento, además de un análisis factorial multivariado. Los híbridos 22, 15, y 13, fueron los de mayor adaptación a Acámbaro (12.8, 12.5 y 11.8 t ha^{-1}, respectivamente) y en Celaya el mejor adaptado fue el 16 (15.3 t ha^{-1}). Los de mayor adaptabilidad y estabilidad fueron 13 y 14, este último con más estabilidad, pero con menor rendimiento; esta variable presentó interdependencia con peso de cien semillas, peso volumétrico y diámetro de panícula.

ABSTRACT

The genetic improvement of sorghum, and management technologies have contributed to food security, however, to date new hybrids are required that tolerate the pests and diseases that are currently present, those that have evolved, due to climate change. For this reason, it is necessary to increase the production of this grain, under irrigated and seasonal conditions. In sorghum production, the seed used for sowing is mainly imported, which raises the cost of production and reduces the profitability of the crop. It is necessary to carry out research for the generation of new national hybrids, with high yields, stability and

adaptability to different areas, with low, competitive costs and good profitability. The objective of the present work was to evaluate the adaptation and stability of 25 sorghum hybrids. For data analysis, a combined analysis of variance, test of means (Tukey, $P \leq 0.05$), principal component analysis, and a biplot analysis for performance were performed, as well as a multivariate factor analysis. Hybrids 22, 15, and 13 were the most adapted to Acámbaro (12.8, 12.5 and 11.8 t ha^{-1}, respectively) and in Celaya the best adapted was 16 (15.3 t ha^{-1}). Those with the greatest adaptability and stability were 13 and 14, the latter with more stability, but with lower performance; this variable presented interdependence with the weight of one hundred seeds, volumetric weight and panicle diameter.

INTRODUCCIÓN

En México, el sorgo ocupa el cuarto lugar en producción, es la base de la alimentación del ganado y se emplea principalmente en la industria para formular de alimentos balanceados. Por su superficie sembrada, valor de la producción, Guanajuato destaca como estado productor; sin embargo, se estima que más del 98 % de la semilla de sorgo es de importación, y se considera como semilla habilitada, sin garantías de calidad que pueden dar lugar a bajas en la rentabilidad del cultivo, lo anterior obliga a generar y evaluar genotipos nacionales que tengan buen rendimiento, estabilidad y adaptabilidad, para incrementar la competitividad de los productores y así reducir las importaciones de semilla. Para lograr lo anterior se requiere identificar genotipos sobresalientes en diferentes zonas agroecológicas, en función del Genotipo (G), ambiente (A) y su interacción (GXA). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la adaptación y estabilidad de 25 híbridos de sorgo en el estado de Guanajuato, con la finalidad de brindar a los productores de la región una alternativa tecnológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se establecieron en el Instituto Tecnológico de Roque, municipio de Celaya, con las coordenadas geográficas de longitud -100.825417 y latitud 20.582683, con una altitud de 1760 m. En la localidad de Acámbaro, ambas en Guanajuato con longitud -100.754044, latitud 20.017527 y altitud de 1884 m.

En ambos experimentos se preparó el suelo con un barbecho, un paso de rastra, nivelación y surcado. La siembra se realizó el 25 de julio en Acámbaro y el 27 de julio en Roque, ambas en 2020. La siembra se hizo a una densidad de 8 kg $ha^{-1,}$ con una unidad experimental de 3 surcos de 5 m de longitud y un ancho de surco de 0.75 m. En ambas localidades y con base en el muestreo de suelo, se llevó a cabo la estimación de dosis de

fertilización (39-26-08-24S) con respecto a una meta de rendimiento, con base en la fuente requerida, (Fórmula 18-26-08 +MIC y Sulfato de Amonio (21-0-0-24S), su aplicación se dividió en tres etapas, a los 0, 45 días después de la emergencia y una última aplicación antes de floración, simultáneamente se aplicó un fertilizante foliar 20-30-10 para cubrir las necesidades totales del cultivo. Se evaluaron 25 híbridos de sorgo del INIFAP – Campo Experimental Río Bravo, donde los tres primero fueron testigos.

Las variables de campo evaluadas fueron diámetro del tallo se midió en cm, en la base del tallo a dos cm del suelo, altura de planta se midió en m, desde la base del tallo hasta el punto superior de crecimiento apical, longitud de panoja (cm) medida desde la base de esta hasta la última florecilla de la parte terminal, diámetro de la panoja, evaluado en su parte central en cm, número de hijos por planta, número total de hojas y rendimiento de grano (t ha^{-1}), ajustado al 14 % de humedad. En laboratorio fueron el peso de 100 semillas (g).

Se realizó un análisis de varianza combinado para identificar la importancia de la interacción genotipo – ambiente (GA), la prueba múltiple de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), un análisis biplot para evaluar la interacción GA (McDermott y Coe, 2012), un análisis factorial (Spearman, 1904), para identificar la interdependencia de las variables evaluadas y un análisis de componentes principales (Pearson, 1901; Hotelling 1933), para identificar las variables de mayor importancia y la posible existencia de patrones de respuesta entre los genotipos. Los análisis se realizaron con SAS, versión 9.3 (SAS, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis combinado no detectó diferencias significativas entre localidades, mientras los genotipos de sorgo presentaron diferencias estadísticas en la expresión de todas las variables ($P \leq 0.01$) con excepción del número de hojas. En la interacción GA, también se observaron diferencias en todas las variables, con excepción en altura de planta y número de hojas (datos no presentados).

Como resultado del modelo de efectos GGE-biplot, se generó la Figura 1, donde se puede clasificar la respuesta del rendimiento de los 25 híbridos de sorgo evaluados, de tal forma que los híbridos ubicados en el cuadrante I, en la parte superior del eje de las ordenadas, fueron aquellos con mayor adaptación a la localidad de Acámbaro, estos fueron los híbridos 22, 15, y 13, cuyos rendimientos fueron de 12.8, 12.5 y 11.8 t ha^{-1}respectivamente; mientras que para la localidad de Celaya el mejor adaptado fue el híbrido 16 (15.3 t ha^{-1}), ubicado en el cuadrante I del biplot.

Lo híbridos con rendimientos bajos o con menor adaptación a la localidad de Acámbaro fueron los híbridos testigos 1 y 2 (con 4.1 y 4.3 t ha^{-1}, respectivamente), además del híbrido 6 (5.4 t ha^{-1}) al presentar el vector con mayor longitud, considerado este, a partir del origen del biplot y hasta el punto de referencia de ambos, ya que en el origen del biplot, se ubicó el rendimiento promedio (8.1 t ha^{-1}) de dicha localidad. El híbrido testigo 3, fue el que menor adaptación y rendimiento (1.6 t ha^{-1}) en la localidad de Celaya, ubicado en el extremo izquierdo del eje de las abscisas (cuadrante III).

Los híbridos con mayor adaptabilidad y estabilidad fueron 14 y 18, al presentar reducidas desviaciones de regresión, lo que los convierte en genotipos predecibles y con buen rendimiento al presentar vectores por arriba del origen del biplot tanto en el eje de las ordenadas como el de las abscisas. Los híbridos con mayor rendimiento, pero inestables o menos predecibles, por presentar mayores desviaciones de la recta de regresión fueron 16 y 13 cuyos rendimientos medios fueron de 12.4 y 11.2 t ha^{-1}, respectivamente. Los híbridos más inestables fueron el 22, 15, 19 y 12, con rendimientos promedio de 10.5, 10.6, 7.2 y 7.4 t ha^{-1}, respectivamente.

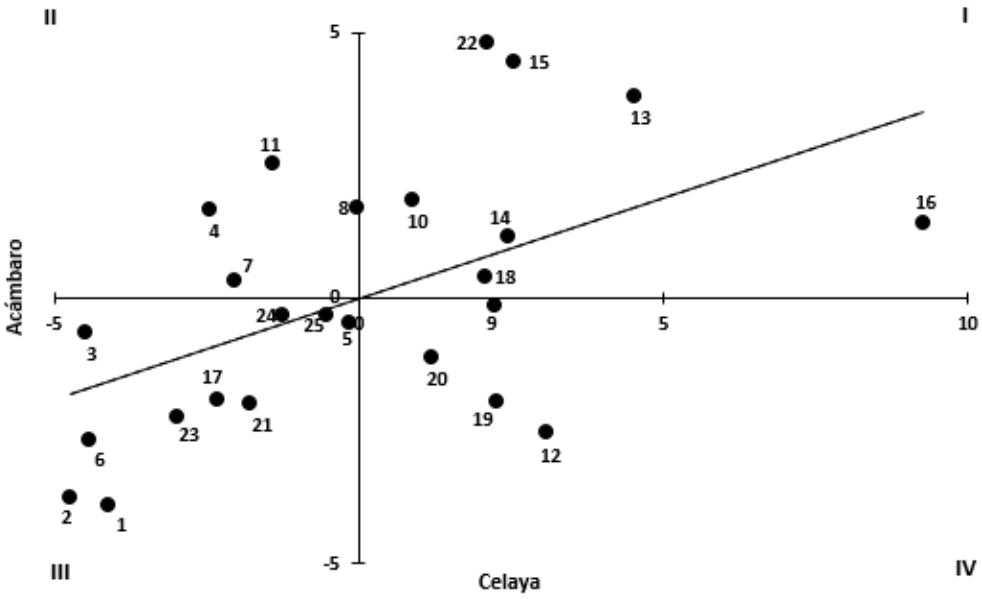
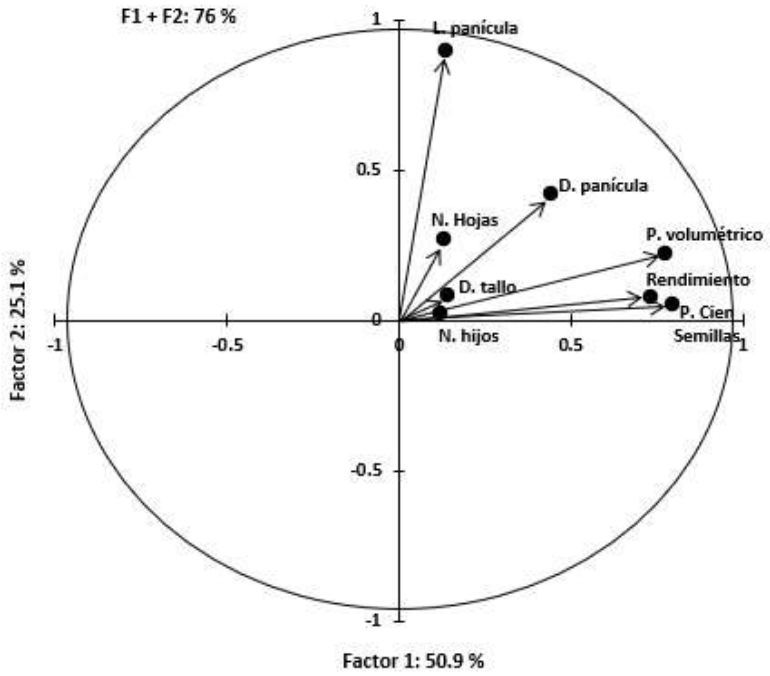


Figura 1. Rendimiento estandarizado y estabilidad de 25 híbridos de sorgo.

En la Figura 2, se observa la relación existente entre las variables evaluadas en todo el experimento, por lo que el rendimiento presentó una interdependencia directa con el peso de cien semillas, con el peso volumétrico y en menor medida con el diámetro de panícula, que además fueron las que mayor variabilidad presentaron en su expresión, lo que

contrastó con el número de hijos, diámetro de tallos y número de hojas. La variable longitud de panícula, aunque fue la que mayor variabilidad presentó en su expresión, también fue la



que menor relación o dependencia presentó con el rendimiento y el resto de sus componentes. Es importante decir que este análisis explicó con sus dos factores subyacentes, el 76 % de variabilidad total detectada en el presente trabajo. El primer factor subyacente (FS1) es el mejor resumen de la combinación lineal de variables originales ya que explica el 50.9 % de la variación y el segundo factor le sigue en importancia, que además es ortogonal al primero (FS1) por que explica parte de la varianza residual con respecto al FS1 (25.1 %).

Figura 2. Análisis factorial de las variables evaluadas de 25 genotipos en las localidades de Acámbaro y Roque, Guanajuato, primavera verano 2020.

Como resultado del análisis de componentes principales (Figura 3) se determinó que los dos primeros componentes explicaron el 72.8 % de la varianza total de las variables originales, las variables de mayor importancia fueron el rendimiento, explicado por el peso volumétrico, y de cien semillas, seguidos por el diámetro de panícula y de tallo, y los genotipos de sorgo con mayor rendimiento de grano fueron 14, 15 y 16, dicha respuesta

con base en un mayor peso de cien granos y mayor peso volumétrico, estos genotipos contrastaron con los testigos 1 y 2; el primero con el menor rendimiento y el segundo, ubicado en el grupo de genotipos con mayor diámetro de tallo y menor diámetro de panícula y con un rendimiento medio con respecto al resto de los genotipos. Los híbridos con respuesta similar por su bajo rendimiento fueron 9 y 10; los de menor diámetro de panícula y tallo fueron 21, 25, 23, 22 y 13.

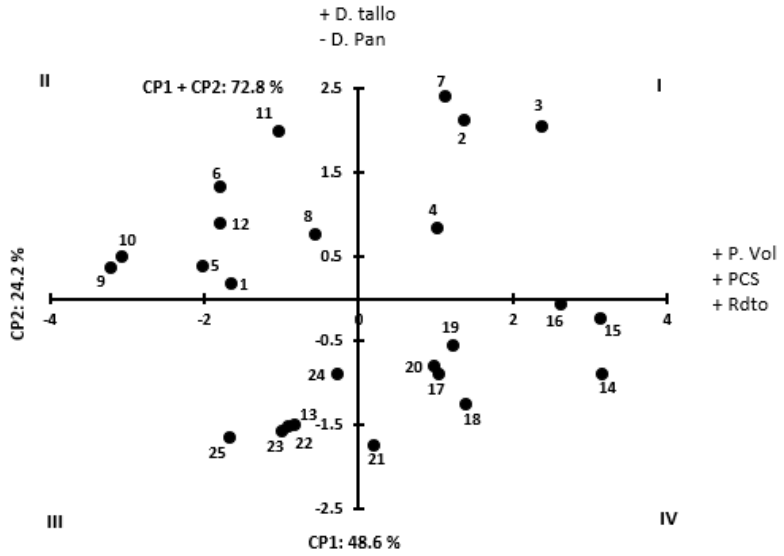


Figura 3. Distribución de híbridos de sorgo en dos localidades del estado de Guanajuato con base en los dos primeros componentes principales.

CONCLUSIONES

Los híbridos 22, 15, y 13, fueron aquellos con mayor adaptación a la localidad de Acámbaro, cuyos rendimientos fueron de 12.8, 12.5 y 11.8 t ha^{-1}, respectivamente; mientras que en la localidad de Celaya el mejor adaptado fue el híbrido 16 (15.3 t ha^{-1}). Los testigos 1 y 2 se presentaron con los rendimientos más bajos y con menor adaptación a la localidad de Acámbaro (con 4.1 y 4.3 t ha^{-1}, respectivamente). El testigo 3, fue el que menor adaptación y rendimiento (1.6 t ha^{-1}) tuvo en la localidad de Celaya. Los híbridos con mayor adaptabilidad y estabilidad fueron 14 y 18, al presentar reducidas desviaciones de regresión, lo que los convierte en genotipos predecibles y con buen rendimiento al presentar vectores por arriba del origen del biplot tanto en el eje de las ordenadas como el de las abscisas.

El rendimiento presentó una interdependencia directa con el peso de cien semillas, con el peso volumétrico y en menor medida con el diámetro de panícula, y la proporción de cada componente principal (CP) se mostró en descenso a partir del primero (CP1), el cual con su regresión lineal múltiple aporta 48.64 % per se, seguido con 24.2 % del CP2 lo que explicó un 72.84% del modelo y brinda la confiabilidad de los datos.

REFERENCIAS

Bartkowiak, A. and A. Szustalewicz. 1995. The augmented biplot and some examples of its use. Machine Graphics & Vision 4:161-186.

Gámez V. A. J., Avila P. M. A., de la O. Olan M., Gámez V. F. P., García R. J. J., Zamora D. M., Huerta Z. R., Virgen V. J., Teliz T. R. y Palemón A. F. 2020. La interacción genotipo ambiente en la investigación agrícola. Libro técnico No. 1. Imagen Digital Edición e Impresión, INIFAP, Celaya, Guanajuato, México. 218 p.

González G. N. y Tabordaa L. A. 2015. Análisis de componentes principales Sparse, formulación, algoritmos e implicaciones en análisis de datos. Tesis de Maestría. Departamento de estadística, Universidad de Salamanca. 107 p.

Jackson, J. E. 1991. A user's guide to principal components. John Wiley & Sons, New York, 575 p.

Kroonenberg, P. M. 1995. Introduction to biplots for G × E tables. Dep. of Mathematics, Res. Rep. 51. University of Queensland, Australia.

Montes, N., Williams, H., Arcos, G., Pecina, V., De la Garza, M., Moreno, T., y otros. (2014). *RB-Huasteco, sorgo de grano para áreas de riego y temporal.* Texcoco: Revista Mexicana de ciencias agrícolas.

Stephens, J., & Holland, R. (1954). "Cytoplasmic Male Sterility for Hybrid Sorghum Seed Production,". *Agronomy Journal, Vol. 46, No. 1*, 20-23.

Yan, W. and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science* 42:11-20.

ALTERACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DEL SUELO BAJO DIFERENTES MÉTODOS DE LABRANZA EN EL ALTIPLANO POTOSINO

Erika Nava-Reyna[1], Miguel Angel Martínez-Gamiño[2], Vicenta Constante-García[1], Kassandra Santellanez-Arreola[3], Jesús Arreola-Ávila[3]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera. Canal del Sacramento km. 6.5, C.P. 35140, Gómez Palacio, Durango, México. [2]INIFAP, CIRNE, Campo Experimental San Luis. Carretera San Luis Potosí-Matehuala km 14.5, Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, C.P. 78431, San Luis Potosí, San Luis Potosí. [3]Universidad Autónoma Chapingo, URUZA, km 40 Ctra Gómez Palacio - Cd. Juárez, Chih., C. P. 35230, Bermejillo, Dgo.
nava.erika@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los procesos biológicos determinan la productividad y fertilidad del suelo, y están primariamente asociados con los microorganismos y sus enzimas, por lo cual son comúnmente empleadas como indicadores biológicos que permiten evaluar cambios en el suelo bajo la influencia de distintas prácticas de manejo, incluidos métodos de labranza y manejo de residuos de la cosecha. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto a largo plazo de diferentes métodos de labranza sobre la actividad β-galactosidasa (β-gal), polifenoloxidasa (PPO) y peroxidasa (POX), todas relacionadas con el ciclo biogeoquímico del carbono. Se evaluaron 7 distintos métodos de labranza: T1 – barbecho+rastra; T2 – rastra; T3 – Multiarado; T4 – Labranza cero (LC)+0% de cobertura con residuos de la cosecha; T5 – LC+33% de cobertura; T6 – LC+66% de cobertura y T7 – LC+100% de cobertura. Los resultados demostraron un incremento en la actividad β-gal y POX en el T7, pero una disminución de la actividad PPO. Por lo tanto, la reducción en la intensidad de la labranza y la incorporación de residuos puede aumentar sustancialmente la actividad enzimática en el suelo, lo que es un indicador de una mejor calidad del suelo y la sostenibilidad de cualquier sistema de cultivo.

ABSTRACT

Biological processes determine the productivity and fertility of the soil, and they are primarily associated with microorganisms and their enzymes, thus, enzymes are exclusively used as biological indicators that allow evaluating changes in soils under the influence of different management practices, including tillage methods and crop residue management. Therefore, this study aimed was to evaluate the long-term effect of different tillage methods on the activity β-galactosidase (β-gal), polyphenoloxidase (PPO), and peroxidase (POX), all associated with the carbon biogeochemical cycle. 7 different tillage methods were evaluated: T1 - fallow + harrow; T2 - harrow; T3 – Multi-plow; T4 – no tillage (NT) + 0% residue surface cover; T5 - LC + 33% coverage; T6 - LC + 66% coverage, and T7 - LC + 100% coverage. Results showed an increase in β-gal and POX activity in T7, but a decrease in PPO activity. Therefore, reduction in tillage intensity and the incorporation of residues can substantially increase the enzymatic activity in the soil, which is an indicator of better soil quality and the sustainability of any cropping system.

INTRODUCCION

El empleo de la labranza convencional ha contribuido en el deterioro de las propiedades del suelo, entre los cuales, se encuentran la erosión, la perdida de materia orgánica del suelo (MOS) y nutrientes, la degradación de la estructura del suelo y el impacto en la existencia de microorganismos del suelo, entre otros (Abdalla et al., 2016; Zuber & Villamil, 2016). Al romper el suelo, se produce una aceleración en los procesos de descomposición del C orgánico, por oxidación prematura de la MOS. En cambio, el empleo de agricultura de conservación puede resultar beneficioso para la distribución de la MOS dentro del perfil del suelo, que posteriormente da como resultado un alto C disponible y mejora la agregación del suelo y las funciones del ecosistema (Jat et al., 2018). Por lo tanto, los cambios en la composición del agregado del suelo fracciones podrían conducir a cambios reflejados por el tamaño, la diversidad y actividad enzimática de la comunidad microbiana (García R. et al., 2018). Mas aún, los microorganismos, plantas y animales producen las enzimas de suelo y pueden estar presentes en células muertas y restos celulares que son absorbidos por arcillas e incorporados en sustancias húmicas (Uribe et al., 2014). Las enzimas intervienen en la mayoría de los procesos que tienen lugar en el suelo y las funciones que realizan son de gran importancia. Son responsables de la formación de moléculas orgánicas y particularmente tienen una participación vital en los ciclos biogeoquímicos, cumpliendo un papel vital en procesos tales como la mineralización, inmovilización de nutrientes y fijación biológica de nitrógeno, entre otros (Guerrero et al., 2012; Hernández-Vigoa et al., 2018). Por lo tanto, dado que los procesos biológicos determinan la productividad y fertilidad del suelo, y están primariamente asociados con los microorganismos y sus enzimas, por lo cual son comúnmente empleadas como indicadores biológicos que permiten evaluar cambios en el suelo bajo la influencia de distintas prácticas de manejo (Cid & Carmona, 2014).
Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto a largo plazo de distintos métodos de labranza sobre diferentes actividades enzimáticas del suelo.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio. El estudio se llevó a cabo en el lote experimental en el Campo Experimental INIFAP, ubicado en Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí. Se evaluaron siete tratamientos distribuidos en un diseño de bloques al azar y dos repeticiones. Cada tratamiento se estableció en parcelas de 10 surcos a 0.80 m entre sí o cinco camas de 1.60 m por 30.0 m de largo. (Tabla 1), los cuales han estado bajo los distintos manejos por 25 años. Los tratamientos se realizaron antes de la siembra de maíz (Ceres XR-45, 69,000 plantas/ha), avena (Cuauhtémoc, 60 kg/ha) y triticale forrajero (Arne, 60 kg/ha) asociado con chícharo (20 kg/ha). Para maíz, se fertilizó con la fórmula 200-100 00, mientras que para avena y triticale forrajero se empleó el tratamiento de fertilización 90-40-00. En todos los cultivos se aplicó el 50% del nitrógeno y 100% del fósforo en la siembra y el 50% restante de nitrógeno en la primera escarda.
Tabla 1. Descripción de tratamientos.

Tratamiento	Descripción
T1. Barbecho+ rastra.	Es el tratamiento tradicional de preparación del suelo (25 a 30 cm de profundidad).
T2. Rastra.	Rastra (12 cm de profundidad).
T3. Multiarado.	De 1995 a 2018 se trabajó con rastra y labranza vertical. Su manejo actual es de labranza cero.
T4. Labranza cero + 0% cobertura.	Labranza cero (LC) sin cobertura de rastrojo. Siembra directa.

T5. LC + 33% cobertura.	LC+ 33% de cobertura (1.3 t/ha de rastrojo anual).
T6. LC + 66% cobertura.	LC+ 66% de cobertura (2.6 t/ha de rastrojo anual).
T7. LC + 100% cobertura.	LC+ 100% de cobertura (4 t/ha de rastrojo anual).

Muestreo y disposición de la muestra. Se tomaron 4 muestras de suelo al azar de 0-10 cm de cada tratamiento, y se formó una muestra compuesta del suelo.

Actividad enzimática. Se determinaron tres distintas actividades enzimáticas relacionadas con el ciclo del carbono en el suelo:

- *B-Galactosidasa.* La determinación de la actividad enzimática se realizó según la metodología de (Eivazi & Tabatabai, 1988), el resultado se expresó en mg p-nitro phenol (p-NP) g soil-1 h-1.
- *Polifenoloxidasa y peroxidasa*. Ambas actividades enzimáticas se determinaron mediante el protocolo de Saiy-Cork y Sinsabaugh (2002), utilizando L-DOPA como sustrato. Las muestras se leyeron espectrofotométricamente a 460 nm. La actividad se expresó como µmol DOPA h^{-1} g^{-1}.

Análisis estadístico. Se evaluó la normalidad de cada base de datos utilizando la prueba de Shapiro-Wilk al 95% de confianza y la homogeneidad de varianza. Al ser normales, los resultados fueron analizados mediante una prueba One-Way ANOVA para muestras independientes pruebas de Tukey al 95% de confianza en el programa IBM SPSS Statistics 25 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

RESULTADOS Y DISCUSION

Actividad β-galactosidasa. La agricultura de conservación con 100% de cobertura con residuos de la cosecha (T7) presentó la mayor actividad β-galactosidasa (Figura 1), mientras que en T4, T5 y T6 no hubo diferencia significativa y la rastra (T2) tuvo la menor actividad (F=61.402, p=0.000). Debido a que esta enzima está relacionada al ciclo del C, y cataliza la hidrólisis de lactosa, juegan un papel importante en la degradación de carbohidratos en suelos. Se estima que los productos de hidrólisis de estas enzimas son importantes fuentes de energía para los microorganismos del suelo (Das et al., 2015), lo que parece indicar que los niveles enzimáticos pueden estar relacionados al C orgánico disponible en el suelo, y por lo tanto, siguiendo este supuesto, la degradación de las enmiendas vegetales empleadas como cobertura de suelo propician dicha disponibilidad de C en el T7, mientras que el T2 tiene menor disponibilidad a causa del empleo de rastra superficial y sin alguna adición de MOS externa. Diversos estudios han demostrado que la composición de la comunidad microbiana del suelo cambia a causa de la incorporación de enmiendas orgánicas y que estos cambios están relacionados con el contenido de C del suelo (Lazcano et al., 2013; Willekens et al., 2014). De esta manera es estimulado el crecimiento de microorganismos en el suelo (Shi et al., 2015).

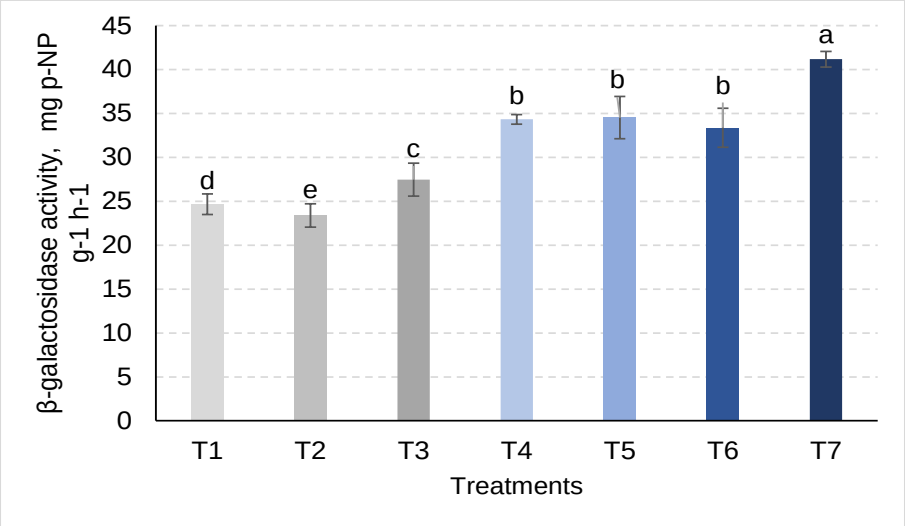


Figura 1. Actividad β-galactosidasa (β-gal) de suelos bajo diferentes métodos de labranza. Las letras indican diferencias significativas (p≤0.05).

Actividad polifenoloxidasa. En los ensayos de actividad Polifenoloxidasa, el tratamiento 4 (labranza cero y 0% de cobertura) fue el que presentó un nivel mayor, seguido del resto de tratamientos que no presentaron diferencia significativa entre ellos, a excepción del T7 que fue el menor (Figura 2). El estudio realizado por Mangalassery et al. (2015) demostró que la actividad polifenoloxidasa fue mayor en su tratamiento de labranza cero a comparación con labranza convencional, lo que concuerda con los resultados obtenidos. La polifenoloxidasa participa en la degradación de la lignina, y tiene un rol importante en la estabilización del C del suelo al favorecer la formación de sustancias húmicas a través de la catálisis de reacciones de oxidación de polifenoles (Ponce et al., 2012), y se ha encontrado que su actividad es el paso limitante de la velocidad para la descomposición general de los residuos y el humus (Waldrop et al., 2004). El caso del T7 puede deberse a una disminución en la enzima oxidativa y una mayor proporción de otras enzimas de hongos y bacterias como resultado de la enmienda del abono verde, lo que refleja menos disponibilidad de nutrientes para enzimas como la polifenoloxidasa, hecho que concuerda con los resultados obtenidos por Khan et al. (2019)**.**

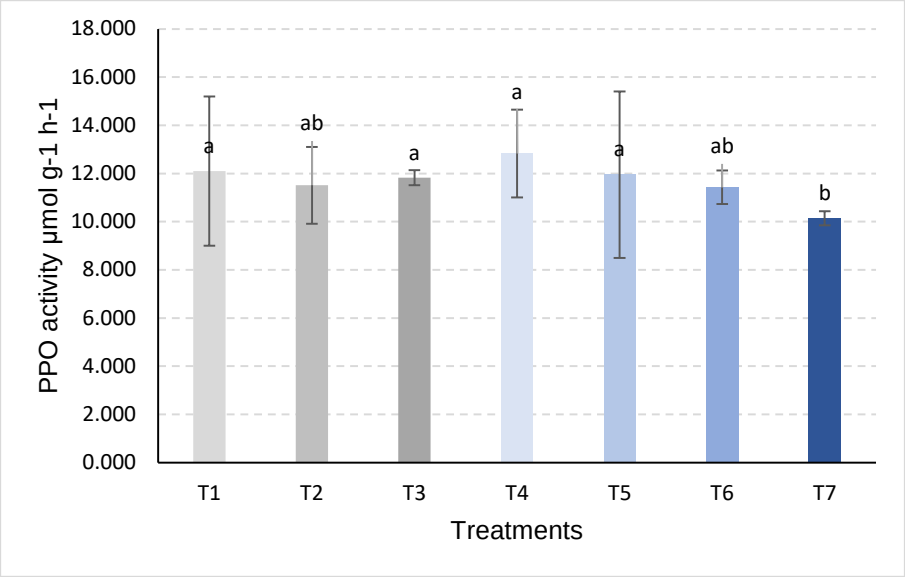


Figura 2. Actividad polifenol oxidasa (PPO) de suelos bajo diferentes métodos de labranza. Las letras indican diferencias significativas (p≤0.05).

Actividad peroxidasa. El ensayo de actividad peroxidasa mostró que no existió diferencia significativa entre los tratamientos, a excepción de la labranza cero con 100% de cobertura con residuos de la cosecha (T7) que presentó la mayor actividad enzimática. El estudio de Yang et al. (2020), demostró que el mayor nivel de actividad peroxidasa fue en un tratamiento de labranza de conservación con cobertura vegetal, lo cual coincide con los resultados obtenidos en esta investigación, ya que una mayor cobertura con abonos verdes permitió un incremento en la actividad POX. La actividad peroxidasa es importante, ya que es una enzima que cataliza la oxidación de ciertos compuestos dadores de hidrógeno, como fenoles (guayacol, pirogalol) y aminas aromáticas (o-fenilendiamina) por medio de peróxidos (Chávez-Sifontes, M., & Domine, 2013), lo cual permite incorporar al suelo compuestos complejos de C más recalcitrantes que perduran en el suelo durante periodos de tiempo más prolongados.

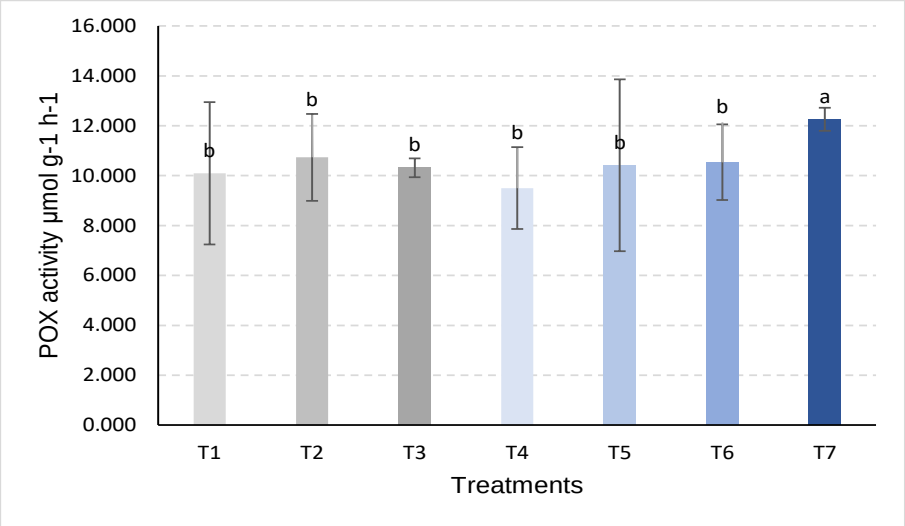


Figura 3. Actividad peroxidasa (POX) de suelos bajo diferentes métodos de labranza. Las letras indican diferencias significativas (p≤0.05).

CONCLUSIONES

La reducción en la intensidad de la labranza y la incorporación de residuos puede aumentar sustancialmente la actividad enzimática en el suelo, lo que es un indicador de una mejor calidad del suelo y la sostenibilidad de cualquier sistema de cultivo. En conjunto, esto muestra que el funcionamiento de la comunidad microbiana es altamente sensible a los distintos métodos de labranza, donde la labranza cero puede desempeñar un papel importante para el secuestro de C en suelos agrícolas, ya que las prácticas de labranza y manejo de residuos alteran significativamente la actividad enzimática en el suelo en diversos sistemas de cultivo.

REFERENCIAS

Abdalla, K., Chivenge, P., Ciais, P., & Chaplot, V. (2016). No-tillage lessens soil CO_2 emissions the most under arid and sandy soil conditions: Results from a meta-analysis. *Biogeosciences*, *13*(12), 3619–3633. https://doi.org/10.5194/bg-13-3619-2016

Chávez-Sifontes, M., & Domine, M. E. (2013). Lignina, estructura y aplicaciones: métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial. In *Avances en Ciencias e Ingeniería* (Vol. 4, Issue 4).

Cid, P., & Carmona, I. (2014). *Claves para la viabilidad de la agricultura de conservación en la producción de maíz en regadío Las técnicas de agricultura de conservación se presentan como*. 32–37.

Das, B., Roy, A. P., Bhattacharjee, S., Chakraborty, S., & Bhattacharjee, C. (2015). Lactose hydrolysis by β-galactosidase enzyme: Optimization using response surface methodology. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *121*, 244–252. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.03.024

Eivazi, F., & Tabatabai, M. A. (1988). Glucosidases and galactosidases in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, *20*(5), 601–606. https://doi.org/10.1016/0038-0717(88)90141-1

García R., D. Y., Cárdenas H., J. F., & Silva Parra, A. (2018). Evaluación de sistemas de labranza sobre propiedades físico-químicas y microbiológicas en un Inceptisol. *Revista de Ciencias Agrícolas*, *35*(1), 16. https://doi.org/10.22267/rcia.183501.79

Graciela Ponce Andrade, G. I., Vázquez Duhalt, R., Rodríguez Vázquez, R., Medina Ramírez, I. E., Lozano Álvarez, J. A., & Jáuregui Rincón, J. (2012). *Evidencia De La Biodegradación De Resinas Fenólicas Con Hongos Ligninolíticos Por Microscopía Electrónica De Barrido*. *28*(2), 167–181.

Guerrero, P., Quintero, R., Espinoza, V., Benedicto, G., & Sanchez, M. (2012). Respiración de CO_2 como indicador de la actividad microbiana en abonos orgánicos de lupinus. *Terra Latinoamericana*, 355–362.

Hernández-Vigoa, G., De La, G., Cabrera-Dávila, C., Izquierdo-Brito, I., Socarrás-Rivero, A. A., Hernández-Martínez, L., & Alberto Sánchez-Rendón, J. (2018). Indicadores edáficos después de la conversión de un pastizal a sistemas agroecológicos edaphic indicators after the conversion of a grassland area into agroecological systems. *Pastos y Forrajes*, *41*(1), 3–12.

Jat, H. S., Datta, A., Sharma, P. C., Kumar, V., Yadav, A. K., Choudhary, M., Choudhary, V., Gathala, M. K., Sharma, D. K., Jat, M. L., Yaduvanshi, N. P. S., Singh, G., & McDonald, A. (2018). Assessing soil properties and nutrient availability under conservation agriculture practices in a reclaimed sodic soil in cereal-based systems of North-West India. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *64*(4), 531–545. https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1359415

Khan, M. I., Gwon, H. S., Alam, M. A., Song, H. J., Das, S., & Kim, P. J. (2019). Short term effects of different green manure amendments on the composition of main microbial groups and microbial activity of a submerged rice cropping system. *Applied Soil Ecology*, *April*, 103400. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.103400

Lazcano, C., Gómez-Brandón, M., Revilla, P., & Domínguez, J. (2013). Short-term effects of organic and inorganic fertilizers on soil microbial community structure and function: A field study with sweet corn. *Biology and Fertility of Soils*, *49*(6), 723–733. https://doi.org/10.1007/s00374-012-0761-7

Mangalassery, S., Mooney, S. J., Sparkes, D. L., Fraser, W. T., & Sjögersten, S. (2015). Impacts of zero tillage on soil enzyme activities, microbial characteristics and organic matter functional chemistry in temperate soils. *European Journal of Soil Biology*, *68*, 9–17. https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2015.03.001

Saiy-Cork K. R, Sinsabaugh R. L, Z. D. R. (2002). The effects of long term nitrogen deposition on extracellular enzyme activity in an Acer saccharum forest soil. *Soil Biology and Biochemistry*, *34*(9), 1309–1315. https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00074-3

Shi, P., Wang, S., Jia, S., & Gao, Q. (2015). Effect of 25-year fertilization on soil microbial biomass and community structure in a continuous corn cropping system. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *61*(9), 1303–1317. https://doi.org/10.1080/03650340.2014.996136

Uribe, L., Valenciano, A., & Nogales, R. (2014). Actividad enzimática del suelo - Deshidrogenasa , -ß Glucosidasa , Fosfatasa y Ureasa - bajo diferentes cultivos. *Agronomia Costarricense*, *38*(1), 43–54.

Waldrop, M. P., Zak, D. R., & Sinsabaugh, R. L. (2004). Microbial community response to nitrogen deposition in northern forest ecosystems. *Soil Biology and Biochemistry*, *36*(9), 1443–1451. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.04.023

Willekens, K., Vandecasteele, B., Buchan, D., & De Neve, S. (2014). Soil quality is positively affected by reduced tillage and compost in an intensive vegetable cropping system. *Applied Soil Ecology*, *82*, 61–71. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.05.009

Yang, H., Li, Y., Zhai, S., Fang, C., Liu, J., & Zhang, Q. (2020). Long term ditch-buried straw return affects soil fungal community structure and carbon-degrading enzymatic activities in a rice-wheat rotation system. *Applied Soil Ecology*, *155*(December 2019), 103660. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103660

Zuber, S. M., & Villamil, M. B. (2016). Meta-analysis approach to assess effect of tillage on microbial biomass and enzyme activities. *Soil Biology and Biochemistry*, *97*, 176–187. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.03.011

ANÁLISIS DE HORAS FRÍO Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO DEL TRIGO DURANTE EL CICLO OTOÑO-INVIERNO 2020-2021 EN EL SUR DE SONORA, MÉXICO

ANALYSIS OF COLD UNITS AND ITS RELATIONSHIP WITH WHEAT GRAIN YIELD DURING THE 2020-2021 FALL-WINTER SEASON IN SOUTHER SONORA, MEXICO

Torres-Cruz, María Monserrat*, Fuentes-Dávila, Guillermo y Félix-Valencia, Pedro

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora 85000. *tcmonserrat90@gmail.com

RESUMEN

Cada una de las etapas fenológicas del trigo son sensibles a la oscilación de la temperatura del aire; 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. Por el contrario, el trigo requiere acumular un total de horas frío, para alargar el ciclo biológico, y por lo general se genera un mayor rendimiento de grano. El objetivo fue analizar las horas frío que prevalecieron en el Valle del Yaqui y Valle del Mayo durante el ciclo agrícola 2020-2021. Los datos de temperatura se obtuvieron de la red de estaciones meteorológicas automatizadas en Sonora, que comprende 21 estaciones en el Valle del Yaqui y 11 estaciones en el Valle del Mayo. Los datos se recolectaron con una frecuencia horaria, de la temporada de cultivo otoño-invierno que abarcó del 15 de noviembre, 2020, al 30 de abril, 2021. Se calculó el promedio de cada estación meteorológica, tomando en consideración la temperatura máxima, mínima y las horas frío. Los datos se capturaron en Excel con los registros diarios-horarios de todas las estaciones. En el Valle del Yaqui se registraron 769 horas frío y 826 en el Valle del Mayo. A pesar de que en el Valle del Mayo se registró una mayor cantidad de horas frio el rendimiento fue menor, ya que cuenta con una restricción de agua y esto afecta al cultivo.

ABSTRACT

Each of the phenological stages of wheat is sensitive to the oscillation of the air temperature; high temperatures favor a greater metabolic activity of the plant, as well as the acceleration

of the physiological processes that determine its growth and development. On the contrary, the wheat plant requires the accumulation of a quantity of cold units in order to extend its biological cycle, which in general generates greater grain yield. The objective of this work was to analyze the cold units that prevailed during the crop season 2020-2021 in the Yaqui and Mayo Valleys. Temperature data were obtained from the automated weather station in Sonora, which comprises 21 stations in the Yaqui Valley and 11 in the Mayo Valley. Data were collected with and hourly frequency covering the fall-winter crop season from November 15, 2020, to April 30, 2021. The average of each weather station was calculated, taking into consideration the maximum and minimum temperatures and the cold units. Data were captured in Excel with the daily-hourly records from all the weather stations. In the Yaqui Valley 769 cold units were recorded, while 826 in the Mayo Valley. Despite that in the latter more cold units were recorded, wheat grain yield was lower since there is a restriction in the use of water in that area which affects the crop.

INTRODUCCIÓN

El trigo se cultiva en prácticamente todas las regiones del planeta bajo diversas condiciones climáticas. Las variedades de trigo que se cultivan en Sonora, muestran una expresión favorable entre la acumulación bien distribuida de horas frío durante el ciclo de cultivo y el rendimiento de grano (Félix Valencia *et al*., 2009). El cultivo se efectúa en el sur del estado, en especial en el Valle del Yaqui (Distrito de Desarrollo Rural (DDR) Cajeme) y en el Valle del Mayo (DDR Navojoa), que aportan, de manera conjunta, 90% de la producción estatal de esta gramínea (Moreno Dena *et al.*, 2018). En el 2021, el rendimiento promedio de grano fue de 7.28 t ha^{-1}, el área de trigo cosechada en Sonora fue de 236,467.08 ha, de las cuales 141, 614.28 ha fueron del DDR-Cajeme (Valle del Yaqui) y 76,908 ha del DDR-Navojoa, para un total de 218,522.28 ha para esta región del estado (SIAP, 2021). La temporada de cultivo del trigo (noviembre-abril) es característicamente seca y los agricultores suelen aplicar tres riegos de auxilio durante toda la temporada de cultivo en el Valle del Yaqui, mientras que en el Valle del Mayo aplican dos riegos, debido a la escasez de agua que se presenta en dicho valle. Cada una de las etapas fenológicas del trigo son sensibles a la oscilación de la temperatura del aire; 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 Dena *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). Una hora

frío es denominada período de vernalización y ésta ocurre entre los 0° y 12° centígrados, dependiendo de la planta (Miralles, 2004). En el caso del trigo, una hora frío efectiva es la temperatura igual o menor a 10ºC que registra la estación climatológica durante una hora (Félix-Valencia *et al.*, 2009). Dado que las HF son un factor que tiene un gran impacto en el desarrollo del cultivo de trigo, el objetivo de este trabajo fue analizar las HF que prevalecieron en el Valle del Yaqui y en el Valle del Mayo y su relación con el rendimiento durante el ciclo agrícola 2020-2021.

MATERIALES Y MÉTODOS

La base de datos de temperatura fue suministrada por la Red Estaciones Meteorológicas Automatizadas en Sonora (REMAS, 2021) que comprende 21 estaciones en el Valle del Yaqui y 11 estaciones en el Valle del Mayo. La memoria digital de cada estación meteorológica registra lecturas cada 10 min y proporciona datos integrados por hora y día. El conjunto de datos comprende la temporada de cosecha otoño-invierno 2020-2021, que cubren del 15 de noviembre al 30 de abril. Se calculó la temperatura promedio de cada estación meteorológica, tomando en consideración la temperatura máxima y mínima y las HF. Los datos se capturaron en Excel con los registros diarios-horarios de todas las estaciones, y los gráficos se construyeron con la información obtenida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Valle del Mayo tuvo una mayor acumulación de HF durante el ciclo de trigo que el Valle del Yaqui, en el cual se registró un promedio de 769, y en mayor medida en el Valle del Mayo con 826 con una diferencia mayor de 57 HF, siendo más evidente en el mes de marzo y diciembre (Cuadro 1).

Cuadro 1. Registro mensual de horas frío del ciclo 2020-2021.

Región	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
V. Yaqui	16	207	236	160	145	5	769
V. Mayo	23	219	245	166	166	7	826

Se tuvo una temperatura estable en los dos valles y por debajo del umbral de daños (Figura 1); el número de HF fueron favorables para el amacollamiento y para el crecimiento normal, y las noches en su mayoría frescas en todos los meses principalmente en el llenado de grano. Las estaciones meteorológicas del Valle del Yaqui con mayor número de HF fueron

el bloque 1730, bloque 609 y Estación Corral con 1084, 954 y 950 HF, respectivamente (Figura 2), mientras que en el Valle del Mayo sobresale Tesia y La Regla con 958 y 922, respectivamente (Figura 3). Las estaciones meteorológicas con menor número de HF fueron el bloque 1423 y 720 con 495 y 554, respectivamente, en el Valle del Yaqui, y en el Valle del Mayo fueron las estaciones de Pueblo Mayo y Juliantabampo con 637 y 674, respectivamente (Figuras 2 y 3).

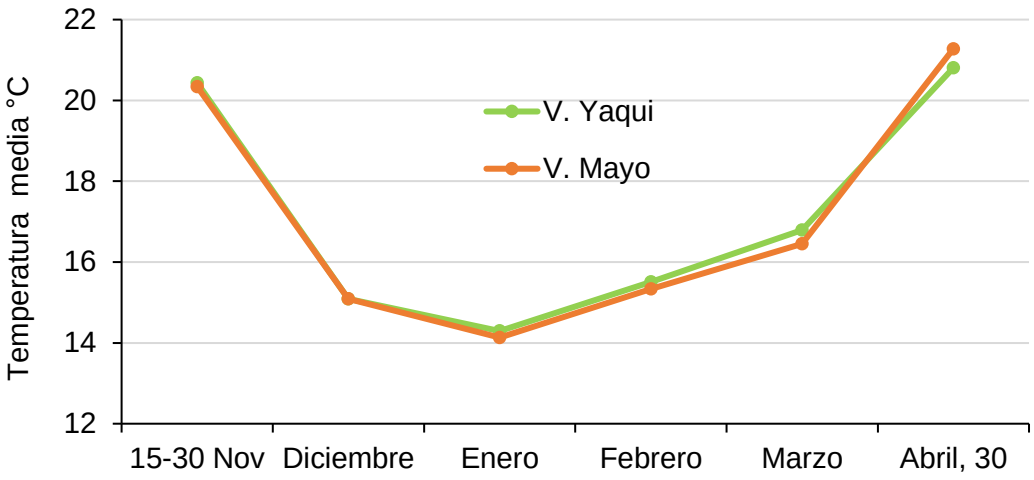


Figura 1. Temperatura media mensual, ciclo de trigo 2020-2021.

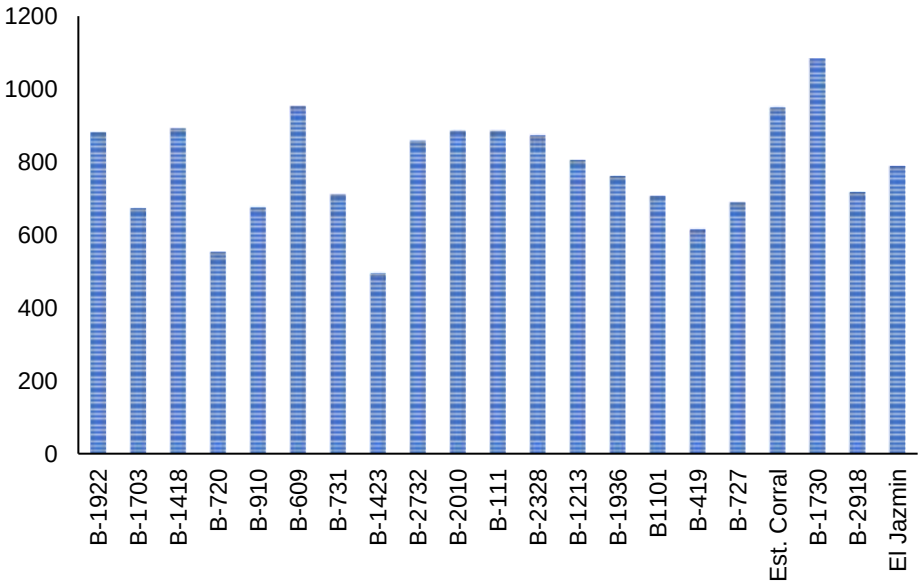


Figura 2. Horas frío por estación meteorológica del Valle del Yaqui.

A pesar de que el número de HF en el Valle del Mayo fue mayor, eso no incidió a que el rendimiento de dicho valle fuera mayor al del Valle del Yaqui, ya que se observaron de manera más clara los efectos del manejo del cultivo, como es el caso de la aplicación del agua de riego; en el Valle del Mayo se aplicaron 2.3 riegos de auxilio, mientras que en el Valle del Yaqui se aplicaron 3.1 riegos de auxilio. Por lo tanto, esta restricción del agua de riego dado por la capacidad de reservas en las presas que son diferentes, causó una reducción del rendimiento en el Valle del Mayo, donde se obtuvo un promedio de 7.1 t ha^{-1}, mientras que en el Valle del Yaqui fue de 7.42 t ha^{-1} (SIAP, 2021), lo cual coincide con lo reportado por Valenzuela Antelo *et al*., 2018 y Martínez Cruz *et al*., 2020.

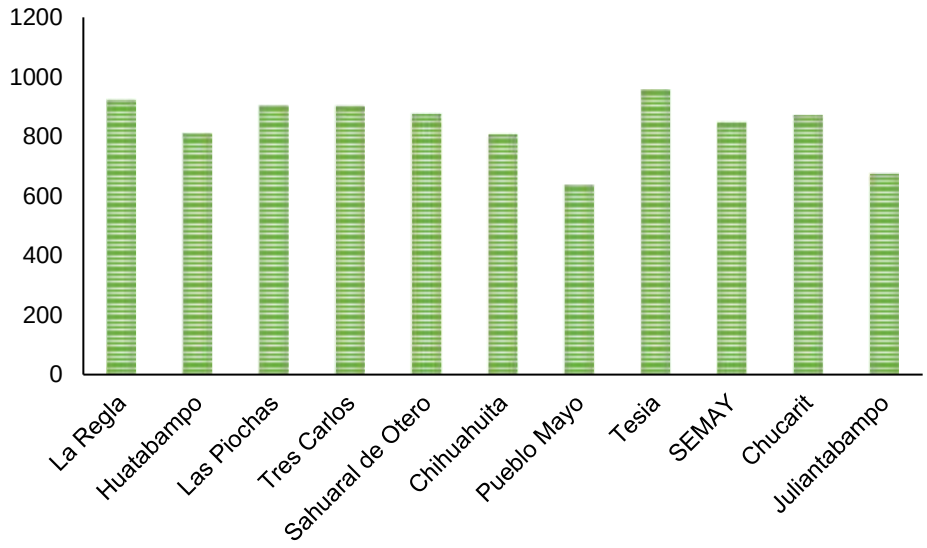


Figura 3. Horas frío por estación meteorológica del Valle del Mayo.

El análisis de los datos de temperatura del presente ciclo de trigo, muestra que los registros señalan una tendencia en la acumulación de HF semejante al ciclo 2011-2012 que fue record en la producción. La diferencia en los registros de HF, así como los rendimientos productivos obtenidos, ponen de manifiesto la trascendencia de esta variable climática para la producción de trigo, pero también se deben de considerar otros factores como la fecha de siembra, riegos oportunos y suficientes, deficiencias nutricionales, salinidad, tipos de suelo y control oportuno de plagas y malezas (Moreno Dena *et al.*, 2018; Félix-Valencia *et al.*, 2009).

CONCLUSIONES

Durante el ciclo agrícola de trigo otoño-invierno 2020-2021, en el Valle del Yaqui se registraron 769 horas frío y 826 en el Valle del Mayo. La mayoría de las estaciones en el Valle del Mayo tuvieron un patrón similar de ocurrencia de horas frío que fueron alrededor de 800 y 900, a excepción de Pueblo Mayo y Juliantabampo que tuvieron abajo de 700. En cambio, en el Valle del Yaqui hubo siete estaciones con alrededor de las 800 horas frío, dos estaciones con más de 900 y solo una estación con más de 1000. A pesar de que en el Valle del Mayo se registró una mayor cantidad de horas frío, el rendimiento fue menor ya que cuenta con una restricción de agua lo cual afecta al cultivo.

REFERENCIAS

Félix-Valencia P, Ortíz-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.

Martínez Cruz, E., Espitia Rangel, E., Villaseñor Mir, H.E., Hortelano SantaRosa, R. 2020. La productividad del trigo harinero bajo diferentes condiciones de riego. Revista Mexicana Ciencias Agrícolas 11(6):1349-1360.

Miralles, D.J. 2004. Consideraciones sobre ecofisiología y manejo de Trigo. Información técnica de trigo. Campaña 2004. Publicación Miscelánea 101:1-7.

Moreno Dena, J.M., Salazar Solano, V., Rojas Rodríguez, I.S. 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.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2021. Avance de siembras y cosechas. Resumen nacional por estado. Trigo grano. Ciclo otoño-invierno. Riego + temporal. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/. Consultado el 20 de julio, 2021.

REMAS (Red de Estaciones Metereológicas Automáticas de Sonora). 2021. Descargar datos. http://www.siafeson.com/remas/. Consultado el 15 de mayo, 2021.

Valenzuela Antelo, J.L., Bénitez Riquelme, I., Villaseñor Mir, H.E., Huerta Espino, J., Lobato Ortiz, R., Bueno Aguilar, G., y Vargas Hernández, M. 2018. Comparación del rendimiento de trigos harineros y cristalinos a través de diferentes ambientes de riego. Revista Fitotecnia Mexicana 41(2):159-166. https://doi.org/10.35196/rfm.2018.2.159-166.

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE EL PESO VERDE DE *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. Y DATOS ESPECTRALES DE SENTINEL-2b

Adrián Hernández-Ramos[1]*, Antonio Cano-Pineda[1], Jonathan Hernández-Ramos[2], Juan Carlos Tamarit-Urias[3] y Xavier García-Cuevas[2].

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Saltillo; [2]INIFAP-Campo Experimental Chetumal; [3]INIFAP-Campo Experimental San Martinito. *Autor de correspondencia. hernandez.adrian@inifap.gob.mx

RESUMEN

Euphorbia antisyphilitica Zucc. (Candelilla) es una especie de importancia comercial no maderable en el norte de México. El inventario forestal de esta especie representa altos costos e inversión de tiempo para su ejecución, por lo cual es necesario implementar alternativas tecnológicas eficientes para la cuantificación del recurso. Debido a ello, se planteó el objetivo de analizar la relación que presentan el peso verde (PV) de *E. antisyphilitica* y los datos espectrales del sensor Sentinel-2b. En 30 sitios de muestreo, de todos los individuos de *E. antisyphilitica* se midieron las variables diámetro de la base promedio (DBP), diámetro de la cobertura promedio (DCP), altura total (AT) y altura promedio (AP), después se calculó el PV por individuo (PV, kg) y se extrapolaron a hectárea (Megagramos ha^{-1}). Los valores espectrales utilizados fueron las bandas: azul (490 nm), verde (560 nm), roja (665 nm) e infrarrojo cercano (842 nm) de Sentinel-2b. Para el análisis se aplicó una correlación de Pearson (r) entre PV (Mg ha^{-1}) y las variables espectrales. El PV mostró una relación lineal inversa (negativa) con los valores de reflectancia de las cuatro bandas espectrales de la imagen satelital utilizada. La más alta correlación la presentó con la banda espectral del infrarrojo cercano (r=-0.577), seguida de la banda del espectro verde (r=-0.465). Estas bandas podrían ser de utilidad para estimar y mapear el PV a nivel de predio y con ello inferir parámetros relevantes como biomasa aérea y rendimiento de cera de candelilla.

ABSTRACT

Euphorbia antisyphilitica Zucc. (Candelilla) is a commercially important non-timber species in northern Mexico. The forest inventory of this species represents high costs and investment of time for its execution, for which it is necessary to implement efficient technological alternatives for the quantification of the resource. Due to this, the objective was to analyze the relationship between the green weight (PV) of *E. antisyphilitica* and the spectral data of the Sentinel-2b sensor. In 30 sampling sites, the variables mean base diameter (DBP), mean cover diameter (DCP), total height (AT) and average height (AP) were measured from all the individuals of *E. antisyphilitica*, calculated the PV per individual (PV, kg) and they were extrapolated to hectare (Megagrams ha^{-1}). The spectral values used were the bands: blue (490 nm), green (560 nm), red (665 nm) and near infrared (842 nm) of Sentinel-2b. For the analysis, a Pearson correlation (r) was applied between PV (Mg ha^{-1}) and the spectral variables. The PV showed an inverse (negative) linear relationship with the reflectance values of the four spectral bands of the satellite image used. The highest correlation was presented with the near infrared spectral band (r=-0.577), followed by the green spectrum band (r=-0.465). These bands could be useful to estimate and map the PV at the farm level and thereby infer relevant parameters such as aerial biomass and candelilla wax yield.

INTRODUCCION

El empleo de imágenes satelitales para estimar y evaluar los recursos forestales de una forma estática y dinámica ha ido en aumento en los últimos años (INEGI, 2016). Este método de evaluación se considera alternativo y eficiente para el seguimiento espacio temporal de las condiciones de la vegetación y útil para la caracterización espacial de las variables forestales de interés (Yepez *et al.,* 2014). La percepción remota permite obtener datos espectrales continuos relevantes en los inventarios forestales, en una mayor superficie, con un menor tiempo y a un costo bajo (Peduzzi *et al*., 2010). A pesar de la efectividad de esta tecnología, sólo se ha aplicado a bosques templados y tropicales; sin embargo, no se ha explorado su aplicación y efectividad en ecosistemas semiáridos que ayuden a la cuantificación de productos forestales no maderables.

Una especie de importancia comercial no maderable es *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. (Candelilla), cuyo inventario forestal se realiza de la forma tradicional, lo que representa altos costos e inversión de tiempo para realizarlo (Cruz-Leyva *et al.,* 2010). Por lo anterior y debido a la relación que presentan las superficies vegetales y los datos espectrales de imágenes satelitales, se planteó el objetivo de analizar la relación que presentan el peso verde de *E. antisyphilitica* y los datos espectrales del sensor Sentinel-2b.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

El estudio se desarrolló en una superficie de 183 ha localizadas en el Sitio Experimental La Sauceda del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México; en las coordenadas extremas de 25°51'21.98" y 25°51'05.30" de latitud norte y 101°23'10.40" y 101°24'33.99" de longitud oeste. La vegetación corresponde a un matorral desértico rosetófilo, el clima es tipo BWhw(x´) (muy seco semicálido), con temperatura media anual de 20 °C y precipitación anual de 200 mm (INEGI, 2016); el suelo es de tipo Litosol en la parte alta y Xerosol para la parte baja del área de estudio y una altitud promedio de 1200 m.

Variables forestales

Se estableció una red de 30 sitios cuadrados de 400 m^2, con un arreglo sistemático a una distancia de 150 m entre sitios y líneas. En cada sitio, de todos los individuos de *E. antisyphilitica* se midieron las variables diámetro de la base promedio (DBP), diámetro de la cobertura promedio (DCP), altura total (AT) y altura promedio (AP). A nivel individual, se realizó el cálculo del peso verde (PV, kg) mediante la fórmula $\mathrm{PV} = 0.003614 * (\mathrm{DBP}^{0.48315})(\mathrm{DCP}^{1.268386})$ (Hernández-Ramos *et al.,* 2019), posterior a ello, se sumaron los PV de todos los individuos para obtener valores por sitio y extrapolar a unidad de superficie (Megagramos ha^{-1}).

Datos espectrales e índices de vegetación

Se obtuvo una imagen Sentinel-2 de la página https://scihub.copernicus.eu/ (servidor de la Agencia Espacial Europea [ESA]), con un Nivel-1C de procesamiento, una resolución espacial de 10 m, espectral de 13 bandas y con fecha de captura del 11 de junio del 2020 que correspondió a la misma fecha de toma de datos en campo. La imagen fue corregida atmosféricamente mediante el procedimiento *Sen2Cor* del software SNAP® 6.0 (Sentinel Application Platform, por sus siglas en ingles) de la ESA (Casella *et al.,* 2018). Después, la imagen fue exportada del formato SENTINEL BEAM-DIMAP a Geotiff y finalmente se georreferenció al sistema UTM zona 14N Datum WGS84. Las bandas utilizadas para el análisis de correlación con el peso verde (Mg ha^{-1}) de *E. antisyphilitica* fueron: azul (490

nanómetros [nm]), verde (560 nm), roja (665 nm) e infrarrojo cercano (IC, 842 nm). Cuyos valores espectrales fueron extraídos de cada capa mediante el archivo shapefile de los sitios de muestreo, al tomar el valor central de cada sitio. Todos los procedimientos fueron realizados en el programa QGIS® 3.8.0.

Análisis estadístico

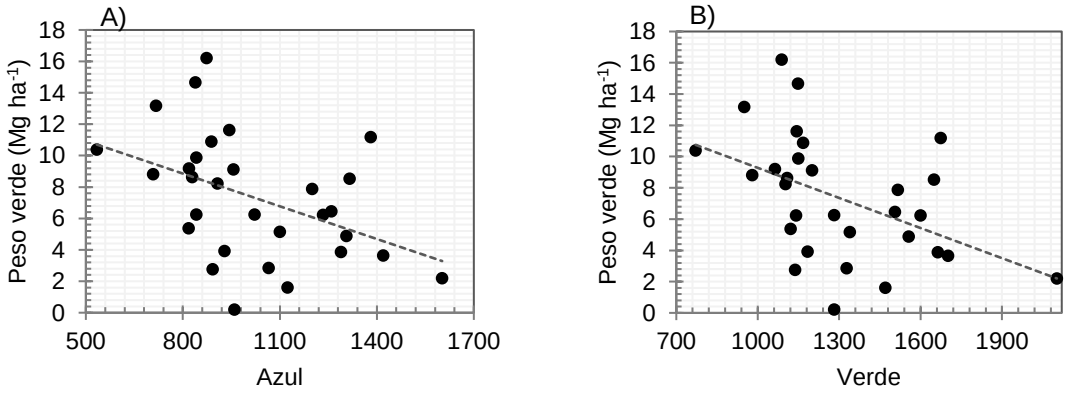
Para determinar el grado de asociación entre los valores de las bandas espectrales del sensor Sentinel-2b y la variable de peso verde (Mg ha^{-1}) de *E. antisyphilitica*, se aplicó una correlación de Pearson (*r*) (Torres-Rojas *et al.*, 2016; Pérez *et al.*, 2018). Además, se graficó para analizar el comportamiento y tendencia de cada variable espectral con la variable forestal.

RESULTADOS Y DISCUSION

El valor promedio de peso verde para *E. antisyphilitica* fue de 7.32 Mg ha^{-1}. Esta variable mostró una relación lineal inversa (negativa) la cual fue significativa (p=0.05) con los valores de reflectancia de las cuatro bandas espectrales de la imagen satelital utilizada (Cuadro 1). La mayor correlación la presentó con la banda espectral del infrarrojo cercano (r=-0.577), seguida de la banda del espectro verde (r=-0.465). La baja correlación entre variables, se debe a que en zonas áridas y semiáridas la vegetación presenta baja densidad y la reflectancia del albedo está influenciada en gran medida por el suelo (Muñoz, 2013), debido a la forma arbustiva de crecimiento de las especies. Esta tendencia negativa es congruente con la respuesta del albedo de las bandas, al disminuir la reflectancia conforme la densidad forestal aumenta, indicando mayor presencia de clorofila (Torres-Rojas *et al.,* 2016), como es el caso de este trabajo (Figura 1a, b, c y d).

Cuadro 1. Coeficientes de correlación entre peso verde (Mg ha^{-1}) y su nivel de significancia para *Euphorbia antisyphilitica Zucc.* y las bandas espectrales de la imagen satelital del sensor Sentinel-2b.

Variable	Azul	Verde	Roja	Infrarrojo Cercano
Peso verde (Mg ha^{-1})	-0.434	-0.465	-0.435	-0.577
Probabilidad de *t*	*0.0165*	*0.0096*	*0.0164*	*0.0009*



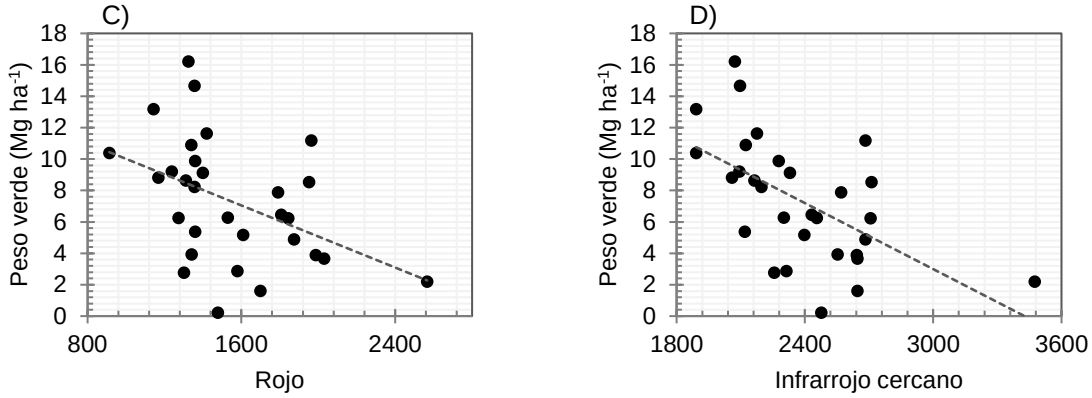


Figura 1. Tendencia de respuesta entre los valores de peso verde (Mg ha^{-1}) de *Euphorbia antisyphilitica Zucc.* y la reflectancia de las bandas azul (A), verde (B), Rojo (C) e infrarrojo cercano (D) del sensor Sentinel-2b.

Resultados similares a este trabajo se han reportado en otras investigaciones como la de Torres-Rojas *et al.* (2016), donde reportan relaciones negativas entre variables forestales de un bosque de pino y las bandas espectrales de los sensores SPOT y Quickbird, enfatizando mejores correlaciones asociadas a la banda del infrarrojo y *r* superiores a 0.5; al igual, Pérez *et al.* (2018) presenta tendencias similares entre las variables forestales de un bosque mixto en Durango y los valores espectrales del sensor Landsat ETM, con *r* superiores a 0.6.

CONCLUSIONES

El peso verde (Mg ha^{-1}) de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. y las bandas espectrales del sensor Sentinel-2b presentaron correlaciones bajas y con tendencias lineales inversas que son congruentes a la respuesta de la reflectancia a la presencia de vegetación. La mayor relación se presenta con las bandas del infrarrojo cercano y del verde, las cuales pueden ser de utilidad para estimar y mapear el peso verde a nivel de predio y con ello inferir parámetros relevantes como biomasa aérea y rendimiento de cera de candelilla.

REFERENCIAS

Casella, A., N. Barrionuevo, A. Pezzola y C. Winschel. 2018. Pre-Procesamiento de imágenes satelitales del sensor SENTINEL 2A y 2B con el software SNAP 6.0. Ministerio de Agroindustria, Buenos Aires, Argentina. 31 p.

Cruz-Leyva, I. A., J. R. Valdez-Lazalde, G. Ángeles-Pérez y H. M. de los Santos-Posadas. 2010. Modelación espacial de área basal y volumen de madera en bosques manejados de *Pinus patula* y *P. teocote* en el ejido Atopixco, Hidalgo. Madera y Bosques, 16(3): 75-97.

Hernández-Ramos, A., A. Cano-Pineda, C. Flores-López, J. Hernández-Ramos, X. García-Cuevas, M. Martínez-Salvador y L. Martínez-Ángel. 2019. Modelos para estimar biomasa de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. en seis municipios de Coahuila. Madera y Bosques, 25(2): e2521806.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2016. Carta de uso del suelo y vegetación. Disponible en internet: https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463173359. Consultado 28 de julio de 2020.

Muñoz A., P. 2013. Índices de vegetación. Centro de Información de Recursos Naturales, Chile. 15 p.

Peduzzi, A., H. Lee A., and R. H. Wynne. 2010. Leaf area of overstory and understory in pine plantations in the flatwoods. Southern Journal of Applied Forestry, 34: 154-160.

Pérez M., R., M. E. Romero. S., A. González H., L. Martínez A. y V. J. Arriola P. 2018. Estimación de atributos forestales mediante teledetección en bosques mixtos de Durango, México. Áreas Naturales Protegidas Scripta, 4(2): 49-70.

Torres-Rojas, G., M. E. Romero-Sánchez, E. Velasco-Bautista y A. González-Hernández. 2016. Estimación de parámetros forestales en bosques de coníferas con técnicas de percepción remota. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 7(36): 7- 24.

Yepez R. F. D., Lozano G. D. F., Jurado C. D. A., Manzano C. M. G., Treviño C. J. D, y S. L. Casas G. 2014. Comparación de distintas resoluciones en datos LIDAR aéreo para el mapeo de biomasa forestal. In Memorias del XVI Simposio Internacional SELPER. Medellín Colombia. 29 de septiembre al 3 de octubre.

ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO EN EL PRONÓSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE CHILE EN MÉXICO

TIME SERIES ANALYSIS IN THE PRODUCTION FORECAST OF CHILE IN MEXICO

Mercedes Borja Bravo[1], Blanca Isabel Sánchez Toledano[2], Sergio Arellano Arciniega[1] y Maihualy Fernández Martinez[3]

[1]Campo Experimental Pabellón, INIFAP. Km. 32.5 carr. Ags- Zac., Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. [2]Campo Experimental Zacatecas, INIFAP. Kilómetro 24.5 Carretera, Zacatecas - Fresnillo, Zacatecas. [3]Campo Experimental Valle del Guadiana, INIFAP. Km. 4.5 carr. Durango-El Mezquital, Durango, Dgo. Autor responsable: borja.mercedes@inifap.gob.mx

RESUMEN

El chile es uno de los ingredientes más apreciados en la gastronomía mexicana y esto lo posiciona como una de las principales hortalizas cosechadas en México. Derivado de la importancia del chile es primordial contar con información oportuna para la toma de decisiones, es por ello que el objetivo de este trabajo fue pronosticar el comportamiento de la superficie cosechada, rendimiento y producción de chile en México. Se aplicaron diferentes métodos univariantes a las series de tiempo de las variables de estudio y se determinó el modelo con mejor poder de predicción. Los pronósticos de la superficie cosechada se obtuvieron a través de un modelo de Suavizamiento exponencial de Holt, el rendimiento mediante un ARIMA (1, 1, 1) y la producción con un ARIMA (0, 2, 1). Los valores pronosticados fueron para 6 años del periodo 2020-2025 la superficie cosechada será en promedio de 153.7 mil ha, con un rendimiento de 20.7 t ha^{-1} y una producción de 3.65 millones de toneladas; es decir, se pronostica un crecimiento de la producción de chile en México.

ABSTRACT

Chili is one of the most appreciated ingredients in Mexican gastronomy and this positions it as one of the main vegetables harvested in Mexico. Derived from the importance of chili, it is essential to have timely information for decision-making which is why the objective of this work was to forecast the behavior of the harvested area, yield and production of chili in Mexico. Different univariate methods were applied to the time series of the study variables and the model with the best predictive power was determined. The forecasts of the harvested area were obtained through a Holt exponential smoothing model, the yield

through an ARIMA (1, 1, 1) and the production with an ARIMA (0, 2, 1). The predicted values were for 6 years of the 2020-2025 period, the harvested area will be an average of 153.7 thousand ha, with a yield of 20.7 t ha-1 and a production of 3.65 million tons; In other words, a growth in the production of chili is forecast in Mexico.

INTRODUCCIÓN

Los pronósticos se utilizan en el sector agrícola para decidir qué y dónde producir un producto, para predecir el comportamiento de los precios, el consumo de productos y la disponibilidad de insumos en el futuro (Delgadillo-Ruiz *et al*., 2016). Además, otra de sus aplicaciones es la formulación e implementación de políticas sectoriales para la mejora de prácticas agrícolas, cupos de importaciones, entre otras.

Una serie temporal es una sucesión de observaciones de una variable tomadas en varios instantes de tiempo. El enfoque de series de tiempo es uno de los más utilizados para pronosticar en el ámbito agrícola. Existe evidencia de su utilización para predecir tendencias en rendimiento, superficie y producción de cultivos agrícolas anuales y frutales (Delgadillo-Ruiz *et al*., 2016; Amir-Hamjah, 2014; Badmus y Ariyo, 2011).

Para México, el chile es uno de los ingredientes representativos y populares en la gastronomía mexicana, tiene una diversidad de usos y se consume en fresco o industrializado. En el país, el chile es un producto estratégico por la importancia que tiene en la alimentación de la población, por la alta tradición productiva del cultivo, la importancia socioeconómica que posee en el sector agrícola como generador de empleos en el sector rural y por su amplia aceptación en el mercado nacional e internacional.

Durante el periodo2017-2019, la superficie sembrada de chile en México fue de 155.6 mil hectáreas que representaron el 27.3 % del total de la superficie nacional hortícola, con un rendimiento promedio de 21.25 toneladas por hectárea. En el año 2019, en México se produjeron 3.23 millones de toneladas de chile con un valor de producción de $32,761.55 millones de pesos (SIAP, 2021).

Debido a la importancia socioeconómica y comercial del chile en México, se destaca la relevancia de generar información que permita decidir a productores, comercializadores y tomadores de decisiones en el ámbito gubernamental. Es por esta razón que el objetivo de este trabajo fue pronosticar el comportamiento de la superficie cosechada, rendimiento y producción de chile en México, mediante el uso de diversos modelos de predicción de series

de tiempo. Con la finalidad de generar información oportuna y veraz para la toma de decisiones de los actores que participan en la cadena agroalimentaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Datos

Se utilizaron series de tiempo de superficie cosechada, rendimiento y volumen de producción de chile en México de los años 1961 a 2019, los cuales fueron obtenidos de la base de datos FAOSTAT website de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO, 2019).

Metodología

Para cumplir con el objetivo planteado, primero se realizó un análisis estadístico descriptivo de las series de tiempo consideradas en el estudio, con la finalidad de observar su comportamiento en el periodo de análisis. Como segundo paso, se aplicaron diferentes métodos univariantes a las series de tiempo para determinar cuáles serían los mejores predictores. Para la selección de los modelos ARIMA (Autorregresivo integrado de media móvil) se consideró el valor del error cuadrático medio (ECM) y el Criterio de Información de Akaike (AIC). En el caso de los modelos de suavizamiento exponencial se utilizó el comparativo entre las medidas de exactitud como fue el Error Porcentual medio (MAPE) que expresa la exactitud como un porcentaje del error.

El análisis estadístico descriptivo y la estimación de los pronósticos se realizaron en el programa Minitab 15 versión para Windows (2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presenta un resumen de los estadísticos descriptivos de las series de las variables de estudio. En las figuras 1, 2 y 3 se observa el patrón de comportamiento de las series de tiempo de las variables de superficie cosechada, rendimiento y producción de chile en México de 1961 a 2019. Se observó que la superficie cosechada, el rendimiento y producción tuvieron una tendencia creciente durante el periodo de estudio. Durante el periodo de 2009 a 2019, la superficie cosechada de chile en México mostró una Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) de 0.9 %, el rendimiento de 3.5 % y la producción de 4.5 %.

Cuadro 1. Estadísticos de la superficie cosechada, rendimiento y producción de chile en México, 1961-2019

Variable	n	Valor mínimo	Valor medio	Valor máximo	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
Superficie cosechada (ha)	59	34,117	87,437	170,135	43,827	50.12
Rendimiento (t ha-1)	59	2.837	10.882	21.649	5.057	46.47
Producción (t)	59	96,798	1,120,243	3,379,289	922,352	82.33

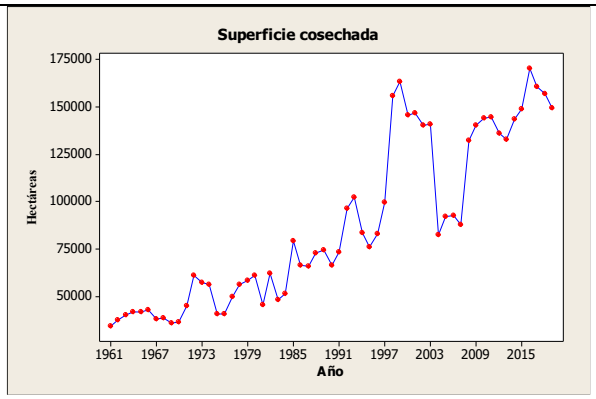


Figura 1. Comportamiento de la superficie cosechada de chile en México, 1961-2019.
Fuente: elaborado en Minitab con datos de FAOSTAT (FAO, 2019).

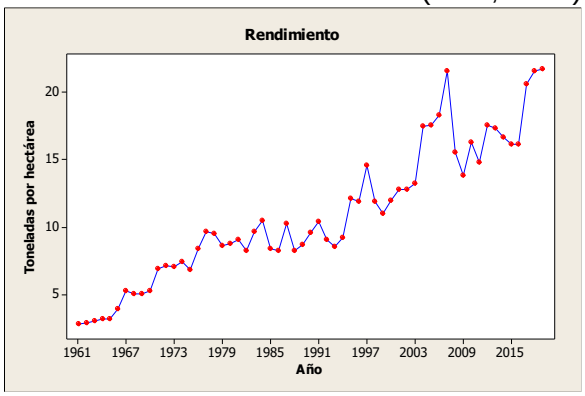


Figura 2. Comportamiento del rendimiento de chile en México, 1961-2019.
Fuente: elaborado en Minitab con datos de FAOSTAT (FAO, 2019).

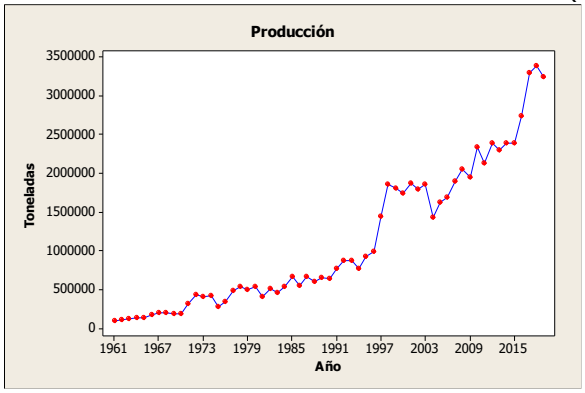


Figura 3. Comportamiento de la producción de chile en México, 1961-2019.
Fuente: elaborado en Minitab con datos de FAOSTAT (FAO, 2019).

El mejor modelo para estimar los pronósticos de la serie de tiempo de la superficie cosechada fue el de Suavizamiento exponencial de Holt con α= 1.124 y ɣ= 0.027, el MAPE obtenido fue de 9, que significa que, en promedio, el pronóstico esta errado 9 %. El modelo seleccionado para pronosticar el rendimiento fue rendimiento fue el ARIMA (1, 1, 1) y para la producción un ARIMA (0, 2, 1) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Modelos de pronóstico estimados para las series de tiempo de chile en México.

Variable	Modelo pronóstico	Parámetro	Estimado	Error estándar	t	EMC	AIC
Superficie cosechada	Suavización exponencial de Holt	α y ɣ	α=1.124 ɣ=0.027	-	-	-	-
Rendimiento	ARIMA (1,1,1)	AR (1)	0.557	0.1314	4.24*	2.29	218.67
		MA (1)	0.966	0.0738	13.11*		
Producción	ARIMA (0,2,1)	MA (1)	0.9925	0.0116	85.2*	27.48	1537

**t*= valores estadísticamente significativos con un nivel de confianza del 95%.

Los valores pronosticados para 6 años se observan en el Cuadro 3, según los resultados obtenidos en el periodo 2020-2025 la superficie cosechada será en promedio de 153.7 mil ha, con un rendimiento de 20.7 t ha^{-1} y una producción de 3.65 millones de toneladas. Durante los 6 años la superficie cosechada incrementará en un 0.97 % promedio anual, el rendimiento permanecerá sin cambios importantes y la producción aumentará a una tasa media anual de 3.3 %. La producción de chile en México mostró en la última década un crecimiento importante y el 77.9 % del volumen nacional corresponde a cuatro tipos, el chile jalapeño (31.2 %), morrón (21.7 %), poblano (13.7 %) y serrano (11.3 %). México se posicionó en 2019 como el segundo país productor de chile en el mundo y como líder en el mercado internacional al exportar 1.13 millones de toneladas al año a países como Estados Unidos, Canadá y España, entre otros (SIAP, 2020). La demanda interna ante el incremento de la población y la demanda creciente a nivel internacional de chile contribuyen al crecimiento de la producción de esta hortaliza en el país.

Cuadro 3. Valor de los pronósticos de las series de chile en México para el periodo 2020-2030.

Año	**Superficie cosechada**	**Rendimiento**	**Producción**
	Ha	t ha $^{-1}$	t
2020	149,997	20.9	3,353,209
2021	151,474	20.5	3,470,159
2022	152,951	20.4	3,589,096
2023	154,428	20.5	3,710,019
2024	155,906	20.7	3,832,929
2025	157,383	20.9	3,957,825
Promedio	153,690	20.7	3,652,206
TMCA (%)	0.97	0.10	3.37

A partir de los resultados obtenidos, se observa un crecimiento de la producción asociado a un crecimiento de la superficie cosechada; sin embargo, es de suma importancia incentivar el rendimiento, ya que es más factible lograr un incremento en el rendimiento del cultivo que expandir la superficie cultivada (Delgadillo-Ruiz *et al*., 2016). No obstante, actualmente existen problemas como la escasez de agua, la erosión de suelos y el cambio climático (Carrillo *et al.,* 2017). que afectan la producción de cultivos y que marcan la necesidad de realizar estudios estratégicos que permitan orientar la producción del cultivo de chile de forma sustentable y en convivencia con el cambio climático.

CONCLUSIONES

Durante las últimas décadas la superficie cosechada, el rendimiento y la producción de chile en México mostraron una tendencia creciente. A través de los modelos univariantes para series de tiempo se pronosticó que durante el periodo de años de 2020 a 2025, dichas variables mostraron un crecimiento ascendente en 1%, 0.10 % y 3.37 %, respectivamente.

La información obtenida en este trabajo puede ser utilizada para la toma de decisiones, tanto en el ámbito productivo como en la planeación y definición de estudios de prospectiva sobre oferta y comercio internacional del producto.

REFERENCIAS

Amir-Hamjah, M. 2014. Forecasting Major Fruit Crops Productions in Bangladesh using Box & Jenkins ARIMA Model. Journal of Economics and Sustainable Development. 5(7):96-108.

Badmus M.A. and Ariyo O. S. 2011. Forecasting Cultivated Areas and Production of Maize in Nigerian using ARIMA Model. Asian Journal of Agricultural Sciences. (383): 171-176.

Carrillo, C. J.; Álvarez, G.; Aguilar, G.; García, J. C., y Contreras, C. 2019. Rentabilidad de la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), maíz (*Zea mays* L.) y chile (*Capsicum annuum*.) en el municipio de Morelos, Zacatecas. Acta universitaria. (29):1-16. https://doi.org/10.15174/au.2019.1984

Delgadillo-Ruiz, O.; Ramirez-Moreno, P.; Leos-Rodríguez, J. A.; Salas-Gonzalez, J. M. y Valdez-Cepeda, R. D. 2016. Pronósticos y series de tiempo de rendimientos de grano básicos en México. Acta Universitaria. 26(3): 23-32.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2019. FAOSTAT: datos. Disponible en: http://www.fao.org/faostat/es/. Consultado el 04 de agosto de 2021.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Panorama Agroalimentario 2020. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2020/Atlas-groalimentario-2020. Consultado el 18 de agosto de 2021.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021. Cierre de la producción agrícola 1980-2020. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/. Consultado el 1 de agosto de 2021.

APLICACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE COBRE (NPs Cu) Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD NUTRACEUTICA EN FRUTOS DE MELÓN HIDRÓPONICO

Fortis-Hernández, Manuel[1]; Ortiz-López, Jaime Alfredo[2]; Trejo-Valencia, Radames[3]; Preciado-Rangel, Pablo[1]; Ruíz-Ortega, Francisco J.[1]; Zermeño-González, Héctor[1];

[1]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. [2]Maestría en Ciencias en Suelos. Tecnológico Nacional de México – Campus Instituto Tecnológico de Torreón. [3]Tecnologico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Minatitlán, Blvd. Institutos Tecnológicos S/N, Col. Buena Vista Norte, Minatitlán, Veracruz 96848, México.

***Autor para correspondencia: fortismanuel@hotmail.com**

RESUMEN

El trabajo consistió en evaluar el efecto de la aplicación foliar de cinco concentraciones de nanopartículas de cobre (NPs Cu), sobre el peso del fruto, calidad nutraceútica y concentración de cobre en pulpa de frutos de melón cantaloupe (*Cucumis melo L.*) cv cruzier, cultivados en canaletas hidropónicas en malla sombra. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones. Las concentraciones evaluadas fueron de 1.8, 3.6, 5.4, 7.2 y 9.0 mg L^{-1} de NPs Cu. Fueron realizadas cuatro aplicaciones de forma foliar. Las variables evaluadas fueron peso del fruto, diámetro polar y ecuatorial, firmeza, solidos solubles totales, compuestos bioactivos y contenido de cobre en pulpa de melón. Los resultados indican que el mayor peso del fruto se obtuvo con la aplicación de 9 mg L^{-1} NPs Cu, obteniendo 1.269 kg. Esta misma concentración presento la mayor capacidad antioxidante con un valor de 117.713 mg equiv. Trolox*100 mg^{-1} PF, y mayor contenido de Fenoles con 243.68 mg Ac. Gálico/100 g FP, superando en un 39 % a la concentración de 1.8 mg L^{-1}. Los tratamientos de 3.6 y 5.4 mg L^{-1}, obtuvieron la mayor cantidad de flavonoides con valores de 149.903 y 148.29 mg QE/100 g^{-1} PF, respectivamente. Con respecto a la concentración de cobre en la pulpa del fruto de melón el tratamiento de 9.0 mg L^{-1}, presento la mayor concentración con un valor de 5.39 mg kg^{-1} PS. En este sentido, la utilización de nanopartículas de cobre podrían ser una manera eficaz de enriquecer a los frutos de melón, y podría ayudar a solucionar la deficiencia de cobre en la dieta de la población.

Palabras clave: *Cucumis melo L.*, antioxidantes, cobre.

ABSTRACT

The work consisted of evaluating the effect of the foliar application of five concentrations of copper nanoparticles (NPs Cu), on the weight of the fruit, nutraceutical quality and concentration of copper in pulp of cantaloupe melon fruits (*Cucumis melo* L.) cv cruzier, grown in hydroponic gutters in shade mesh. A completely randomized experimental design with five treatments and five replications was used. The concentrations evaluated were 1.8, 3.6, 5.4, 7.2 and 9.0 mg L^{-1} of NPs Cu. Four foliar applications were made. The variables evaluated were fruit weight, polar and equatorial diameter, firmness, total soluble solids, bioactive compounds and copper content in melon pulp. The results indicate that the highest yield was obtained with the application of 9 mg L^{-1} NPs Cu, obtaining 1.77 kg $plant^{-1}$. This same concentration presented the highest antioxidant capacity with a value of 117,713 mg equiv. Trolox * 100 mg^{-1} PF, and higher content of phenols with 243.68 mg Ac. Gallic / 100 g FP, exceeding the concentration of 1.8 mg L^{-1} by 39%. The 3.6 and 5.4 mg L^{-1} treatments obtained the highest amount of flavonoids with values of 149.903 and 148.29 mg QE / 100

g^{-1} PF, respectively. Regarding the copper concentration in the melon fruit pulp, the 9.0 mg L^{-1} treatment presented the highest concentration with a value of 5.39 mg kg^{-1} PS. In this sense, the use of copper nanoparticles could be an effective way to enrich melon fruits, and could help solve the copper deficiency in the diet of the population.
Keywords: *Cucumis melo* L., antioxidants, cooper content.

INTRODUCCIÓN

Las nanopartículas han sido utilizadas como nanofertilizantes y nanoplaguicidas, para el manejo de nutrientes, mejora genética, tratamiento de enfermedades de las plantas y promoción del crecimiento. Cuando se aplican en pequeñas cantidades, son capaces de promover crecimiento de la planta ya que pueden considerarse bioestimulantes (Juárez-Maldonado *et al.*, 2018) o nanofertilizantes. Se ha observado la modificación de la composición y la calidad nutraceútica de los alimentos cultivados, así como la tolerancia al estrés (Juárez-Maldonado *et al*., 2016). A través de la nanotecnología se están biofortificando los cultivos, técnica prometedora la cual consiste en aplicar nanopartículas (NPs) de cualquier elemento en frutos, con resultados optimista positivos (Elemike *et al*., 2019). Ha sido posible biofortificar los tejidos vegetales comestibles en diferentes cultivos como en tomate, papa, pimiento, lechuga, arroz, chile jalapeño, etc. Con esto se pretende fortificar con elementos minerales de fácil asimilación y que comúnmente faltan en la dieta humana como el hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu), calcio (Ca), magnesio (Mg), yodo (I) y selenio (Se), e incrementar su concentración, sin generar una posible toxicidad (White, 2009). Sin embargo, existen pocos estudios sobre el efecto de estos nanomateriales metálicos en el cultivo de melón, siendo que este cultivo aporta una cantidad apreciable de vitaminas y minerales (300 g sin corteza), proporciona el 75% (36.7 mg) de la ingesta diaria recomendada de vitamina C. Aporta una gran cantidad de antioxidantes, los cuales juegan un papel importante en la salud humana, pues ayudan a prevenir el cáncer, enfermedades cardiovasculares y otras enfermedades crónicas (Lester, 1997). Con relación al cobre, estudios señalan que es un metal esencial para el crecimiento o desenvolvimiento normal de las plantas, siendo cofactor esencial para muchas metaloproteinas y de diversas enzimas. Participa en varios procesos fisiológicos y celulares como en las reacciones de oxidación y reducción que implica la enzima oxidasa. El cobre induce la actividad peroxidasa en plantas como frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) o ajo (*Allium sativum*). Por ser un metal de transición cataliza la formación de H_2O_2, un aumento en concentración de esta sustancia tiene como consecuencia el aumento de la actividad peroxidasa. Para el ser humano participa en el crecimiento y fortalecimiento de los huesos, en el transporte y asimilación del hierro en el intestino, la producción de melanina, la regeneración de los tejidos del cuerpo, la estabilidad del sistema inmunitario y la salud de los vasos sanguíneos. En los órganos donde mayormente se encuentra es en el hígado, cerebro, riñones y corazón. Por todo lo anterior, esta investigación tiene el objetivo identificar y determinar la concentración más eficiente de nanopartículas de cobre (NPs Cu) que repercutan en el rendimiento y la calidad fitoquímica en el cultivo de melón producido en canaletas hidropónicas bajo condiciones de malla sombra.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en malla-sombra en el Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), utilizando canaletas hidropónicas usando un sustrato de arena:perlita (80:20). La aplicación de los nutrientes y el agua se hizo por medio de un sistema de riego presurizado automatizado. Los tratamientos consistieron en la aplicación vía foliar de las concentraciones 1.8, 3.6, 5.4, 7.2 y 9.0 mg L^{-1} de nanopartículas de cobre (NPs Cu) a plantas de melón (*Cucumis melo* L.) tipo cantaloupe. El tamaño de las nanopartículas fue de 20 a 60 nm, con una pureza del 97%, de color blanco y de formas

estructurales esféricas y poligonales. Fueron sintetizadas por el método de Ramírez-Barrón *et al*. (2019) en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), Saltillo, Coah., México y proporcionadas por la Dra. Hortensia Ortega Ortiz. Se realizaron cuatro aplicaciones utilizando para ello atomizadores cilíndricos con una salida de 0.14 mL y para una mejor adherencia se le agrego un acidificante - adherente no iónico (AF-OPTIMUS®) a una dosis de 1 - 2 ml / 1 L de agua de aspersión. Las aplicaciones foliares fueron realizadas por la mañana y sin presencia de viento. Se utilizó un diseño experimental Completamente al zar, considerando cinco tratamientos y cinco repeticiones.

Se utilizaron semillas de melón (*Cucumis melo*. L) tipo cantaloupe del hibrido Cruiser de la compañía Harris Moran®. La siembra se realizó en charolas germinadoras de polietileno de 200 cavidades y a los 15 días después de la siembra (dds), y cuando las plántulas presentaron una altura de 10-15 cm de altura y entre tres y cinco hojas verdaderas fueron trasplantadas a canaletas hidropónicas. Estas son de polipropileno color negro con 5.0 x 0.30 x 0.30 m de largo, ancho y alto, de una capacidad de 0.45 m^3. El sustrato utilizado en las canaletas fue a base de arena de río y perlita, con una relación de 80:20 v/v (arena:perlita). La arena fue lavada y esterilizada con una solución de ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 5% dejándose reposar 24 horas para posteriormente ser lavada con agua. Una vez preparadas las canaletas, las plántulas fueron colocadas con una separación de 30 cm (3 plantas por metro lineal) en hileras sencillas. Las necesidades hídricas del melón se cubrieron aplicando el agua a través de un sistema automatizado de riego por cintilla calibre 8 mil con emisores cada 15 cm, de la marca T-tape®. Se utilizó un manómetro para monitorear la presión constante de 15 lb. Para definir cuando aplicar el riego se usaron sensores de humedad del substrato marca Soonhua modelo 1434700 (Three-way meter®), los cuales midieron el contenido volumétrico de agua que había en el sustrato. Y dependiendo de la etapa fenológica del cultivo se aplicaron los riegos con una concentración determinada (35, 50, 70 y 100%) de la solución nutritiva Steiner. Esta se mantuvo a un pH de 6.5 y una conductividad eléctrica (CE) de 2 dS m^{-1}.

El cultivo se condujo a un solo tallo, tutorado con hilo de rafia agrícola de polipropileno, el cual se sujetó a la base de la planta y se sujetó verticalmente a la estructura de la malla sombra, de manera similar los frutos se colocaron en bolsas de malla de plástico y se ataron a la estructura para evitar su desprendimiento. Para la polinización se utilizó una colmena de abejas. Fueron controladas las plagas pulgón verde (*Aphis gucipi)* y mosca blanca (*Bemisia tabaci)*, aplicando jabón potásico, repelentes orgánicos y bioinsecticidas (Pirecris®). Los primeros frutos se cosecharon a los 90 ddt cuando alcanzaron su madurez comercial, presentando la red bien formada y cuando se desprendía el pedúnculo con facilidad de la rama principal.

Las variables evaluadas fueron peso del fruto, diámetro polar y ecuatorial, sólidos solubles totales (°Brix), Firmeza, Flavonoides, Fenoles totals, Capacidad antioxidante y contenido de cobre en fruto determinado por espectrofotometría de absorción atómica (AOAC, 1995). Los datos de las variables fueron analizados mediante análisis de varianza y prueba de comparación de media utilizando la prueba de Tukey (P≤0.05) con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System Institute) versión 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza para peso del fruto mostró diferencias significativas (*P*≤0.05) por efecto de las distintas concentraciones de nanopartículas de cobre (NPsCu) aplicadas. El peso del fruto resulto ser mayor en el tratamiento de 9 mg L^{-1}, superando en 114 gramos al tratamiento de 1.8 mg L^{-1}, además se observa que a medida que se incrementa la concentración de NPsCu aplicadas se incrementa el peso del fruto (Cuadro 1).

En este experimento el impacto de las nanopartículas en el peso del fruto puede ser explicado debido al efecto positivo que tienen éstas sobre la reactividad de fitohormonas, ocasionando una mayor producción de ácido indolacético (AIA) (Dimpka *et al*., 2012), mayor elongación y división celular. Además, las nanopartículas incrementaron la actividad de ciertas enzimas como la fitasa, fosfatasa ácida y alcalina, las que pueden estar contribuyendo a la solubilización de algún nutriente, como el fósforo orgánico, y su absorción por la planta propiciando un mayor peso del fruto.

Cuadro 1. Comparación de medias del peso del fruto, diámetro polar y ecuatorial, firmeza y solidos solubles totales de frutos de melón con aplicaciones foliares de nanopartículas de cobre (NPsCu).

Tratamientos (mgL^{-1} NPsCu)		Peso del fruto	Diámetro		Firmeza (F)	Sólidos solubles totales (SST)
			Polar	Ecuatorial		
		kg	------ cm -------		Newton	°Brix
T1 =	1.8	0.899 c	12.613 c	10.920 c	11.28	10.00
T2 =	3.6	0.998 c	12.763 c	11.586 bc	11.98	10.66
T3 =	5.4	1.147 bc	15.520 a	13.293 a	10.71	11.33
T4 =	7.2	1.165 b	14.280 b	12.533 ab	11.04	9.33
T5 =	9.0	1.269 a	14.433 ab	11.796 bc	11.51	11.33

*Los valores con letras diferentes dentro de cada columna son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Para las variables diámetro polar y ecuatorial, el tamaño más grande se obtuvo con el tratamiento de 5.4 mg L^{-1}, con valores de 15.5 cm y 13.2 cm, respectivamente. Aunque este tratamiento fue estadísticamente igual para diámetro polar al T6 (9 mg L^{-1}), y al Tratamiento 4 (7.2 mg L^{-1}), para el caso de diámetro ecuatorial (Cuadro 1). García-Mendoza *et al*. (2019), reportan valores para melón cantaloupe de 15.19 cm y 14.69 cm, para diámetro polar y ecuatorial, respectivamente. Estos parámetros de calidad son deseables ya que están relacionados al manejo postcosecha y a la calidad del fruto.

Para las variables Firmeza y Solidos Solubles Totales (SST), no se presentaron diferencias estadísticas significativas. Resultados contrarios fueron reportados por López *et al.* (2018), quienes con mayor dosis de aplicación de nanoparticulas en tomate obtuvieron mayor firmeza. Mientras Juárez-Maldonado (2016) reporta que la aplicación de NPsCu+quitosano incrementaron la firmeza de los frutos de tomate un 9%. A pesar de no haber encontrado diferencia significativa para SST, los valores se encuentran dentro de los rangos reportados para este cultivo en la Comarca Lagunera (6.5 a 11°Brix). Valores de 9 °Brix son los óptimos para la calidad interna óptima del melón y de acuerdo a estándares internacionales melones con contenidos de azúcar 12 – 14 °Brix son los adecuados para el mercado internacional (Bower *et al*., 2002).

En el caso de la calidad nutraceútica de los frutos de melón, el análisis de varianza mostro diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para la capacidad antioxidante. Esto significa que las aplicaciones de NPsCu tuvieron efecto en este componente, siendo la concentración de 3.6 mg L^{-1} donde se logró la mayor capacidad antioxidante con un valor de 117.713 mg equiv. Trolox*100 mg^{-1} PF. Esta concentración supero en un 20 y 17 % a los tratamientos T1 (1.8) y T5 (9.0), ya que presentaron los valores más bajos con 93.79 y 98.56 mg equiv Trolox*100 mg^{-1} PF, respectivamente (Cuadro 2). Estos resultados pueden estar asociados a que la aplicación foliar de NPs tienen un mayor potencial de transporte, mayor biodisponibilidad y

absorción que les permite interactuar con estructuras intracelulares que estimulan la formación de ROS (Ghosh *et al*., 2016).

Para compuestos fenológicos, el tratamiento que obtuvo el mayor contenido fue la concentración de 3.6 mg L^{-1} NPsCu (243.68 mg Ac. Gálico/100 g FP) superando en un 39 % a la menor concentración aplicada de 1.8 mg L^{-1}. En el Cuadro 2, se aprecia una clara tendencia decreciente en los valores de los compuestos fenológicos al incrementar las concentraciones de las NPs Cu. Esto sucedió al pasar de la concentración de 3.6 mg L^{-1} a 5.4 y así sucesivamente. El tratamiento 5 (9.0 mg L^{-1}), disminuyo la cantidad de compuestos fenológicos un 24.50 % con respecto al tratamiento 2 (3.6 mg L^{-1}). En el caso de flavonoides los tratamientos de 3.6 y 5.4 mg L^{-1} NPsCu fueron los que obtuvieron la mayor cantidad con valores de 149.903 y 148.29 mg QE/100 g^{-1} PF, respectivamente. Superaron al primer tratamiento en un 14.7 % (Cuadro 2). La cantidad de flavonoides presentes en el melón dependen del genotipo, maduración del fruto y la fecha de cosecha. Tienen diversas funciones, actúa como un excelente agente antioxidante, tiene compuestos antimicrobianos, protectores UV, protectores de insectos, etc.

Cuadro 2. Comparación de medias de Capacidad antioxidante, compuestos fenológicos y Flavonoides en frutos de melón con aplicaciones foliares de nanopartículas de cobre (NPsCu).

Tratamientos		Capacidad antioxidante	Compuestos fenólicos	Flavonoides
(mgL^{-1} NPsCu)		mg equiv Trolox*100mg^{-1}PF	mg Ac. Gálico/100g PF	Mg QE/100 g PF
T1 =	1.8	93.79 c	148.26 e	127.80 c
T2 =	3.6	117.71 a	243.68 a	149.90 a
T3 =	5.4	106.68 b	227.32 b	148.29 a
T4 =	7.2	104.67 b	213.93 c	142.49 b
T5 =	9.0	98.56 c	183.96 d	139.69 b

*Los valores con letras diferentes dentro de cada columna son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

El análisis de varianza para la concentración de cobre en la pulpa de los frutos de melón, mostro diferencias significativas ($P \leq 0.05$) por efecto de las NPs de cobre. Siendo el tratamiento de 9.0 mg L^{-1} (T5), el que presento la mayor concentración de cobre con un valor de 5.39 mg kg^{-1} PS. Mientras que el tratamiento de 1.8 mg L^{-1}, presento la menor concentración (3.14 mg kg^{-1}), siendo un 41.7% menor (Figura 1). Es importante destacar que se observa una tendencia positiva entre el incremento en la concentración de las nanopartículas aplicadas y el incremento en la concentración de cobre en la pulpa del melón. Esto es relevante ya que esto sugiere que aún se puede incrementar su valor.

Robledo *et al*. (2005), reportan para frutos de melón concentraciones de cobre de 0.22 mg/100 g. Por otra parte, López-Vargas *et al*., (2018), señalan que el cobre es fundamental para la construcción de tejido fuerte y mantener el volumen de sangre en los seres humanos, además de producir energía en sus células. Estudios señalan que se pueden encontrar valores de 0.04 miligramos de cobre por cada 100 gramos de pulpa de melón, indicando que sería el 2% de la ingesta diaria recomendada de cobre, en este estudio se superarían estos valores.

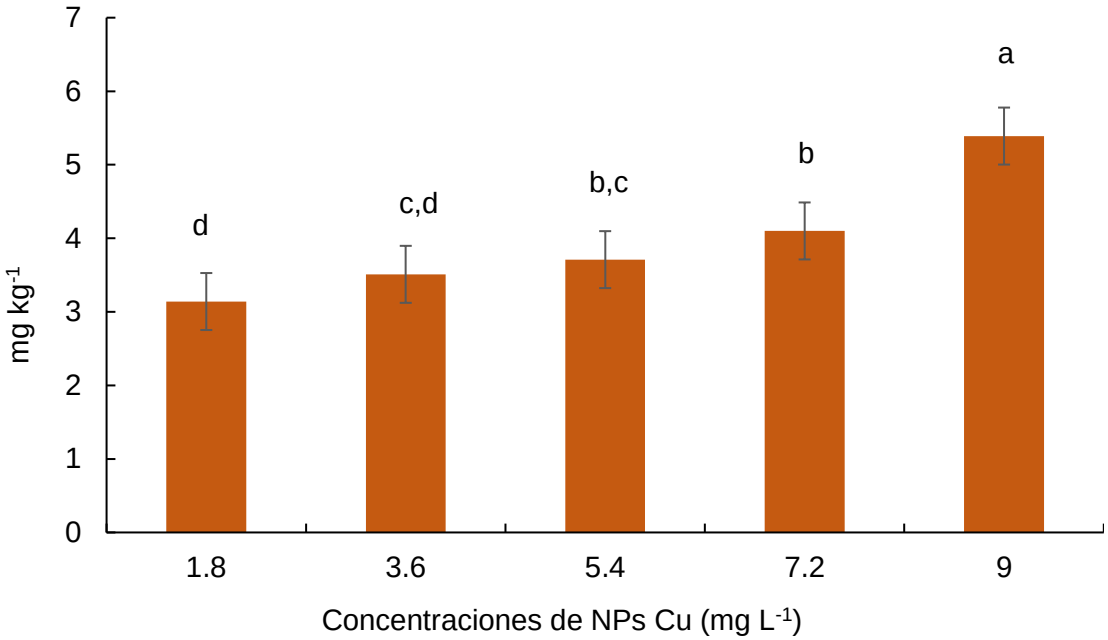


Figura 1. Contenido de cobre en pulpa de frutos de melón por efecto de la aplicación foliar de NPsCu en diferentes concentraciones. Barras con letras diferentes son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

El mayor peso del fruto se obtuvo con la aplicación de 9 mg L^{-1} NPs Cu, obteniendo 1.269 kg. La concentración de 3.6 mg L^{-1} presento la mayor capacidad antioxidante con un valor de 117.713 mg equiv. Trolox*100 mg^{-1} PF, superando un 20 y 17 % a los tratamientos de 1.8 y 9.0 mg L^{-1} NPs Cu. Esta misma concentración genero el mayor contenido de Fenoles con 243.68 mg Ac. Gálico/100 g FP, superando en un 39 % a la menor concentración aplicada de NPs Cu. Los tratamientos de 3.6 y 5.4 mg L^{-1}, obtuvieron la mayor cantidad de flavonoides con valores de 149.903 y 148.29 mg QE/100 g^{-1} PF, respectivamente. Respecto a la concentración de cobre en la pulpa del fruto de tomate el tratamiento de 9.0 mg L^{-1}, presento la mayor concentración de cobre con un valor de 5.39 mg kg^{-1} PS. Mientras que el tratamiento de 1.8 mg L^{-1}, presento la menor concentración (3.14 mg kg^{-1}). En este sentido, la utilización de nanopartículas de cobre podrían ser una manera eficaz de enriquecer a los frutos de melón, y podría ayudar a solucionar la deficiencia de cobre en la dieta de la población.

REFERENCIAS

Juárez-Maldonado, A. O.-O.-L.-P.-M. 2016. Las nanopartículas de Cu absorbidas en hidrogeles de quitosano alteran positivamente las características morfológicas, de producción y de calidad del tomate. *Revista de Bótanica Aplicada y Calidad de Alimentos, 89*, 183-189.

Juárez-Maldonado, A., Ortega-Ortíz, H., Cadenas-Pliego, G., aldés-Reyna, J., Pinedo-Espinoza, J. M., López-Palestina, C. U., y otros. 2018. Foliar Application of Cu

Nanoparticles Modified the Content of Bioactive Compounds in Moringa oleifera Lam. *agronomy, 8*(167), 1-13.

Elemike EE, Nwankwo HU, Onwudiwe DC. 2019. Synthesis and comparative study on the anti-corrosion potentials of some Schiff base compounds bearing similar backbone. J Mol Liq.,276: 233–242.

White, P. J. 2009. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets – iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist,* 182: 49-84.

Lester, G. 1997. Melon (*Cucumis melo* L.) Fruit Nutritional Quality and Health Functionality. *HorTechnology, 7*(3):222-228.

Ramírez-Barrón, S. N., Sánchez-Valdés, S., Puente-Urbina, B. A., Martínez-Montemayor, S., Esparza-González, S. C., & Betancourt-Galindo, R. 2019. Preparación de un Adhesivo Sensible a la Presión (PSA) con la Incorporación de Nanopartículas de ZnO. Estudio de sus Propiedades Fisicoquímicas y Antimicrobianas. Revista mexicana de ingeniería biomédica, 40(1):1-10.

López-Vargas, E.; Ortega-Ortiz, H.; Cadenas-Pliego, G.; Alba-Romenus, K.; Cabrera-Fuente, M.; Benavides-Mendoza, A. y Juárez-Maldonado, A. 2018. La aplicación foliar de nanopartículas de cobre aumenta la calidad de la fruta y el contenido de compuestos bioactivos en tomates. Ciencias Aplicadas. 8(7):10-20.

AOAC International. 2005. Official Methods of Analysis. 18th Ed., AOAC International, Gaithersburg, MD, USA, Official Method 2005.08.

Dimkpa, Christian & Mclean, Joan & Latta, Drew & Manangon-Perugachi, Lucia & Britt, David & Johnson, William & Boyanov, Maxim & Anderson, Anne. 2012. CuO and ZnO nanoparticles: Phytotoxicity, metal speciation, and induction of oxidative stress in sand-grown wheat. Journal of Nanoparticle Research. 14:1-15.

Garcia-Mendoza, Verónica; Cano-Rios, Pedro y Reyes-Carrillo, José Luis. 2019. Harper-type melon hybrids have higher quality and longer post-harvest life than commercial hybrids. *Rev. Chapingo Ser.Hortic.* 25(3):185-197.

López-Mora, Y., Gutiérrez-Arenas, D.A., Cuca-García, J.M. 2018. Síntesis de nanopartículas y su aplicación en la nutrición animal. Agroproductividad, 11(6):85-90.

López-Vargas, E., Ortega-Ortíz, H., Cadenas-Pliego, G., de Alba Romenus, K., Cabrera de la Fuente, M., Benavides-Mendoza, A., & Juárez-Maldonado, A. (2018). *Foliar Application of Copper Nanoparticles Increases the Fruit Quality and the Content of Bioactive Compounds in Tomatoes. Applied Sciences, 8(7),1-15.*

Bower, Jenny & Holford, Paul & Latché, Alain & Pech, Jean-Claude. (2002). Culture conditions and detachment of the fruit influence the effect of ethylene on the climateric respiration of melon. Postharvest Biology and Technology. 26. 135-146. 10.1016/S0925-5214(02)00007-8.

Ghosh, S.K., Lee, J., Godwin, A.C., Oke, A., Al-Rawi, R. and El-Hoz, M., 2016. Waste Management in USA through case studies: e-waste recycling and waste to energy plant. Journal of Solid Waste Technology & Management, 42:1-22.

Robledo Torres, V.; Hernández Dávila, J., Benavides Mendoza, A., Ramírez Gomina, F., Vázquez Badillo, M., Bacópulos Téllez, E. 2005. Modificación del contenido mineral en melón en respuesta al genotipo y uso de acolchado plástico de colores. AGROFAZ, 5(1):709-716.

López-Vargas, E.; Ortega-Ortiz, H.; Cadenas-Pliego, G.; Alba-Romenus, K.; Cabrera-Fuente, M.; Benavides-Mendoza, A. y Juárez-Maldonado, A. 2018. La aplicación foliar de nanopartículas de cobre aumenta la calidad de la fruta y el contenido de compuestos bioactivos en tomates. Ciencias Aplicadas. 8(7):10-20.

APLICACIÓN MÓVIL COMO GUÍA PARA IDENTIFICACIÓN DE PLAGAS

Carlos Rojas Santillán[1], Raúl Vidal García Hernández[1], Ernesto Martínez Reyes[1] y Alejandro Rodríguez Cortes

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Pabellón, km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20671. Correo electrónico: rojas.carlos@inifap.gob.mx

RESUMEN

Las tecnologías en la actualidad forman parte de la vida cotidiana, pero han aparecido cada vez más en las áreas agrícola, forestal y las pecuarias. Es por ello que este trabajo presenta el uso de una aplicación móvil en versión Beta basado en Android, programado con *Android Processing Development Environment* (APDE) y una máquina virtual *Bluestacks* instalado en Windows, donde se muestra que la utilización de la aplicación genera un *link* para la visualización, descripción de la plaga mosca sierra (zadiprion, neodiprion y monoctenus).

ABSTRACT

Technologies today are part of everyday life, but they have appeared more and more in the areas of agriculture, forestry and livestock. That is why this work presents the use of a mobile application in Beta version based on Android, programmed with Android Processing Development Environment (APDE) and a Bluestacks virtual machine installed on Windows, where it is shown that the use of the application generates a link for visualization, description of the sawfly pest (zadiprion, neodiprion and monoctenus).

INTRODUCCIÓN

El uso de la tecnología en las áreas forestales son herramientas útiles y eficaces para detección, evaluación y prevención de problemas fitosanitarios. En México existen dependencias como, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) e investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Encargados de controlar, identificar y mitigar plagas, como, la Mosca Sierra en modo larvario entre las cual destaca la familia Diprinidae y sus derivados de las cuales, son plagas de importancia forestal, debido a que son defoliadoras de árboles de los géneros Pinus, Juniperus, Abies, Picea y Pseudotsuga. Las cuales están en los bosques templados de Chihuahua, Durango, Jalisco, Guerrero, Oaxaca, San Luis Potosí y Aguascalientes (Gonzalez Gaona y Sánchez Martinez, 2018). A nivel internacional existen diversos trabajos de investigación tendientes a encontrar soluciones diversas para la detección y control de plagas. En España aplicaron la utilización de sensores remotos para la detección y evaluación de plagas y enfermedades en la vegetación (Sá, Antonio, y Almorox, 1999). En Colombia utilizaron un sistema de adquisición, almacenamiento y análisis de información fenológica para el manejo de plagas y enfermedades mediante tecnologías de agricultura de precisión (Jiménez, Ravelo y Gómez, 2010). En México se cuenta con información para

la identificación y manejo de moscas sierra de la familia Diprionidae presentes en el Norte Centro de México (Gonzalez Gaona y Sánchez Martinez, 2018). A pesar de los avances en investigación, no se cuenta con alguna herramienta tecnológica para identificar plagas mediante el uso de tecnologías de precisión. Es por ello, que el presente trabajo denominado, “Aplicación móvil como guía para identificación de plagas” de Mosca Sierra tiene el objetivo de proponer una solución mediante una interfaz móvil para la identificación. Está basado en cajas de almacenamiento de datos con información detallada sobre especies en modo larvario cuyo código fue programado en *Android Processing Development Environment* (APDE) (Fry, 2001) para la creación de bocetos de procesamiento en un celular o Tablet. El cual nos ayuda a almacenar cualquier tipo de *link* compartido, para que el usuario pueda acceder a la información de las especies larvarias desde cualquier cuenta Gmail.

MATERIALES Y MÉTODOS

La aplicación para identificación de plagas, se realizó mediante una app especializada para programar y crear aplicaciones, denominada APDE (*Android Processing Development Environment*, de sus siglas en inglés) (Figura 1), la cual maneja un código abierto e instalado en un celular (huawei P20) con Android. Así mismo, se instaló en una computadora con Windows 10 una máquina virtual llamada *BlueStacks* con la App APDE (Figura 2) para facilitar la programación de la aplicación para identificación.

Figura 1. Aplicación de programación Android.

Figura 2. Máquina virtual con *Bluestacks* y APDE instaladas en Windows.

La lógica de programación que se siguió se observa en el diagrama de bloques siguiente (Figura 3).

- Posteriormente y ya una vez instalados los softwares (APDE y *Bluestack*) necesarios para la programación de la aplicación.
- Se escribió un código en APDE y se establecieron las variables y constantes como estructura base de función.
- Establecido las variables y contantes para la APP se compiló.
- Se corrigieron variables.
- Se obtuvo una versión beta de prototipo.
- Y se finalizó con las pruebas de funcionalidad.

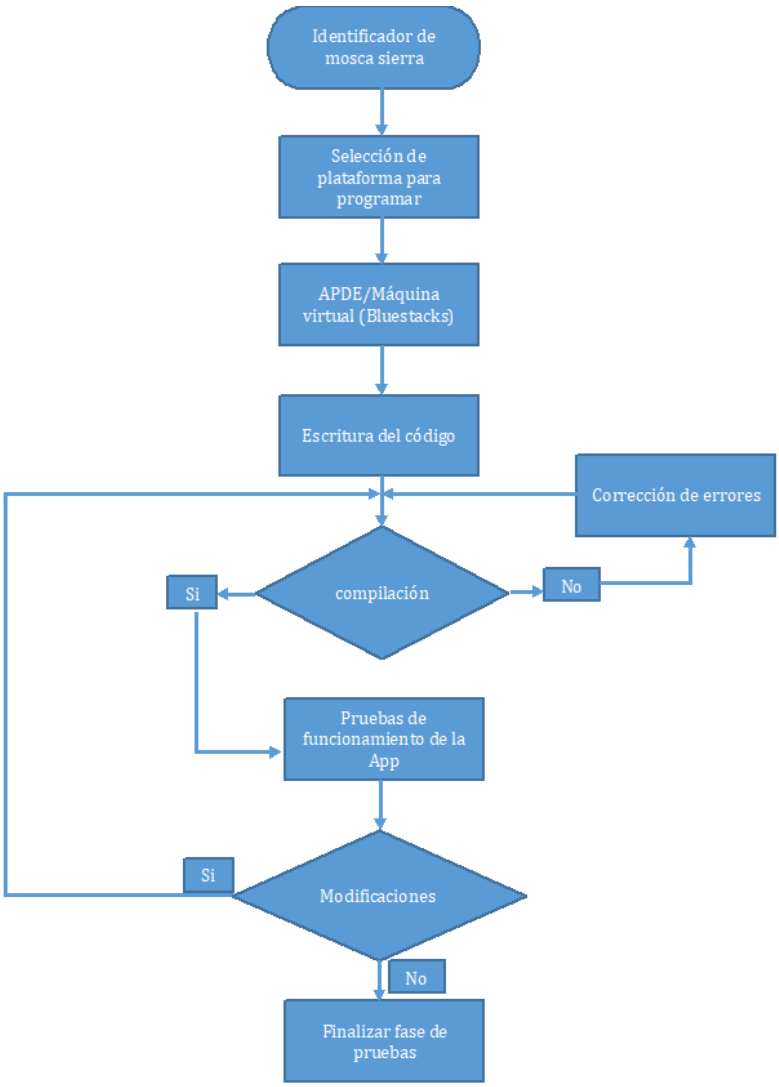


Figura 3. Diagrama de bloques establecido para la programación de la APP para identificación de plagas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos con la programación en APDE cumplieron con el objetivo de un almacenamiento de imágenes en contenedores o botones logrando de esta forma un código, el cual puede ser exportado a *Google Play* donde cualquier usuario podrá descargar está aplicación. Cabe mencionar que el mismo código creado para Android puede ser utilizando en *Processing* con lenguaje Java compatible para Windows 32 y 64 bits, *Mac* y *Linux*. En la Figura 4 se muestra la interfaz del menú de usuario. Donde en la parte superior muestra tres pestañas con los nombres de Zadiprion, Neodiprion y Monoctenus.

Figura 4. Menú de usuario con pestañas y botones de que integran la apariencia de la aplicación.

También mediante la programación de cada pestaña existen botones de navegación y donde cada botón contiene información específica enlazada a un *link* (Figura 5).

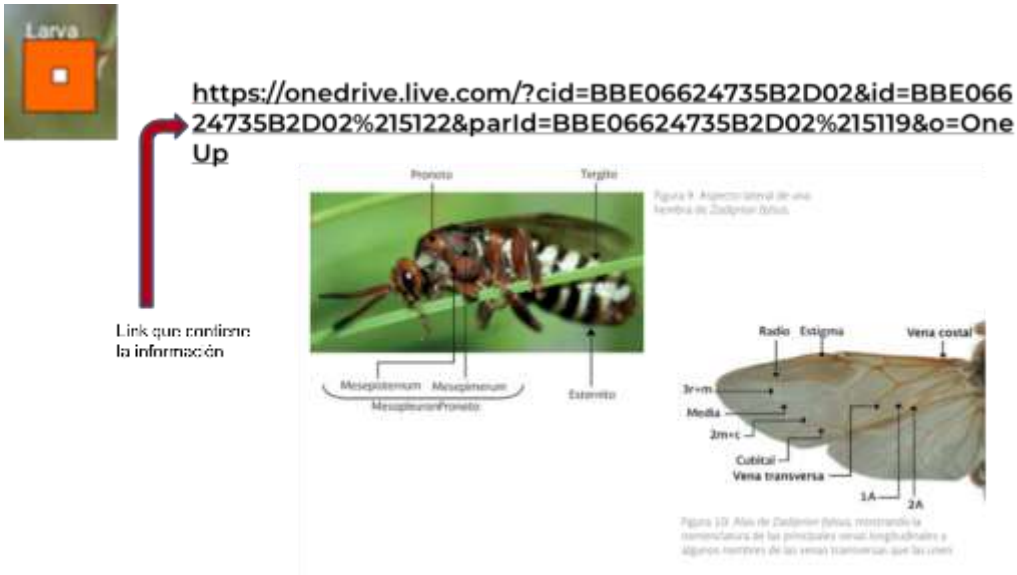


Figura 5. Botón contenedor del *link* y que envía a una página o nube con la información específica de la plaga.

CONCLUSIONES

Se logró un almacenamiento de imágenes con un total de catorce botones cuyas imágenes tienen información detallada acerca de las diferentes especies larvarias esto fue posible con APDE contando con tres apartados (*tabs*) la cual facilita los usuarios activos en campo para la detección de las diferentes especies que puedan encontrar larvarias o en insecto, se espera que esta aplicación en APDE sea de gran auxiliar para todo el personal que tenga en su teléfono celular. Dicha aplicación está beneficiando al campo experimental INIFAP a tener un menor rango de error al recibir información de plagas de la familia Diprinidae.

REFERENCIAS

Jiménez, A., Ravelo, D., & Gómez, J. (2010). Sistema de adquisición, almacenamiento y análisis de información fenológica para el manejo de plagas y enfermedades de un duraznero mediante tecnologías de agricultura de precisión. *Tecnura*, *14*(27), 41-51.

González-Gaona, E., & Sánchez-Martínez, E. G. (2018). Identificación y manejo de moscas sierra de la familia Diprionidae presentes en el centro norte de México. *Folleto Técnico. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México*, 122.

Sá, I., Antonio, R., & Almorox, J. (1999). Aplicación de sensores remotos en la detección y evaluación de plagas y enfermedades en la vegetación. Teledetección. Avances y Aplicaciones., 64–6

Fry, B. (2001). Proccesing para Android. Obtenido de Processing para Android: https://android.processing.org/

APLICACIÓN TEMPERATURA A SARMIENTOS DE VID RED GLOBE

Manuel Antonio Galindo-Reyes[1*], René Félix Domínguez-López[2], José Carlos Monárrez-González[3]

[1]INIFAP-Campo Experimental Pabellón. Km 32.5 Carretera Aguascalientes-Zacatecas. Pabellón, Ags. 20,660. [2]Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes. Av. Universidad no. 1001. Rincón de Romos, Ags. C.P. 20400. [3]INIFAP-Campo Experimental Valle de Guadiana.

***galindo.manuel@inifap.gob.mx.**

RESUMEN

Las enfermedades de la madera son causadas por patógenos que invaden el xilema de las plantas principalmente a través de heridas de poda, lo que provoca amarillamiento del follaje, pérdida de vigor, disminución de rendimiento y calidad de fruto y finalmente la muerte. Una medida de control que ha resultado exitosa en las enfermedades de la madera es la aplicación de termoterapia con agua caliente a los sarmientos. Por esta razón el objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento de los sarmientos vid Red Globe sometidos a termoterapia durante varios tiempos. Los tratamientos evaluados fueron diferentes temperaturas aplicadas a sarmientos en condiciones de letargo. Como resultados se obtuvo que los sarmientos testigo y aquellos tratados con temperatura a 50 °C durante 30 minutos presentaron el porcentaje de callo más alto. Los sarmientos testigo presentaron el mayor porcentaje de enraizamiento. Los sarmientos tratados con termoterapia de 60 °C en ambos tiempos de inmersión mostraron el menor porcentaje de encallado, enraizado y brotación.

Palabras clave: termoterapia, enfermedad de la madera, encallado.

ABSTRACT

Wood diseases are caused by pathogens that invade the xylem of plants mainly through pruning wounds, which causes yellowing of the foliage, loss of vigor, decreased yield and quality of fruit and finally death. A control measure that has been successful in wood diseases is the application of hot water thermotherapy to the shoots. For this reason, the objective of this research was to evaluate the behavior of Red Globe vine shoots subjected to thermotherapy for several times. The treatments evaluated were different temperatures applied to shoots in dormancy conditions. As results, it was obtained that the control shoots and those treated with a temperature of 50 ° C for 30 minutes presented the highest

percentage of callus. The control shoots showed the highest percentage of rooting. The shoots treated with thermotherapy of 60 ° C in both immersion times showed the lowest percentage of stranding, rooting and budbreack.

Key words: thermotherapy, wood disease, stranded.

INTRODUCCIÓN

En México se cultivan poco más de 39 mil hectáreas de vid (*Vitis vinifera* L.) para diferentes usos y destinos de la producción. Los principales estados en superficie cultivada son Sonora, Zacatecas, Baja California y Aguascalientes (SIAP, 2021).

En la región de Aguascalientes y Zacatecas, la planta de vid presenta diversas enfermedades como cenicilla, mildiu, virus, hongos en la madera, entre otras. Las enfermedades fúngicas que afectan a la madera de la vid se consideran unas de las más dañinas de este cultivo. Las plantas infectadas muestran alteraciones internas en la madera, necrosis y pudriciones que provocan un menor desarrollo de la planta y un decaimiento generalizado, que puede terminar con la muerte (Agustí-Brisach *et al*., 2013).

Las enfermedades de la madera de la vid son diversas como la yesca, la eutipiosis, la enfermedad de Petri, el decaimiento por Botryosphaeria, el pie negro, entre otras. El control de las enfermedades se basaba en la aplicación de arsenito sódico y podas sanitarias, en ocasiones, con la aplicación de otros fungicidas (García-Jiménez, 2004). Algunas prácticas en el vivero como el desyemado, el injertado, los enraizamientos en campo pueden facilitar la entrada de (Agustí-Brisach *et al*., 2013). Una de las medidas de control que proporciona buenos resultados es la incorporación de la termoterapia con agua caliente en el proceso de producción de planta (Gramaje y Armengol, 2011).

Con base en lo anterior esta investigación tuvo como propósito evaluar el comportamiento de los sarmientos vid Red Globe sometidos a termoterapia durante varios tiempos en el estado de Aguascalientes.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en un laboratorio que se ubica en el Campo Experimental Pabellón, en Aguascalientes; cuya localización es de 22° 09´ Latitud Norte y 102° 16´ Longitud Oeste y 1,920 m de altitud. La investigación se desarrolló durante todo el mes de marzo y la primera semana de abril del año 2021.

Es estudio consistió en someter a los sarmientos en letargo de vid Red Globe a tres temperaturas durante dos tiempos determinados (Cuadro 1). Inmediatamente después de

la aplicación de los tratamientos los sarmientos se sometieron al proceso del encallado tradicional.

Cuadro 1. Tratamientos de termoterapia aplicados a sarmientos de vid Red Globe.

Tratamiento	Clave	Descripción
1	Testigo	Testigo
2	40/30	Temperatura a 40 °C durante 30 minutos
3	40/60	Temperatura a 40 °C durante 60 minutos
4	50/30	Temperatura a 50 °C durante 30 minutos
5	50/60	Temperatura a 50 °C durante 60 minutos
6	60/30	Temperatura a 60 °C durante 30 minutos
7	60/60	Temperatura a 60 °C durante 60 minutos

Para determinar el efecto de la termoterapia los sarmientos se sacaron inmediatamente después de terminar el proceso de encallado. Como variables de respuesta evaluó el porcentaje de encallado, porcentaje de enraizamiento y el porcentaje de brotación de los sarmientos.

La información se analizó calculando el promedio y el error estándar de las variables para cada variedad mediante el software Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de la termoterapia es una técnica que en el cultivo de vid se ha aplicado con éxito para disminuir la presencia de varias enfermedades. En esta investigación se aplicó la termoterapia a sarmientos de vid Red Globe para determinar el efecto en el proceso de encallado en condiciones de propagación convencional.

La presencia de callo en los sarmientos de esta investigación varió ampliamente, desde 10% hasta 95% (Figura 1). Los sarmientos testigo y los sarmientos tratados con temperatura a 50 °C durante 30 minutos presentaron el porcentaje de callo más alto (>90%) y los sarmientos sometidos a temperatura de 60 °C mostraron el menor porcentaje de encallado (<20%).

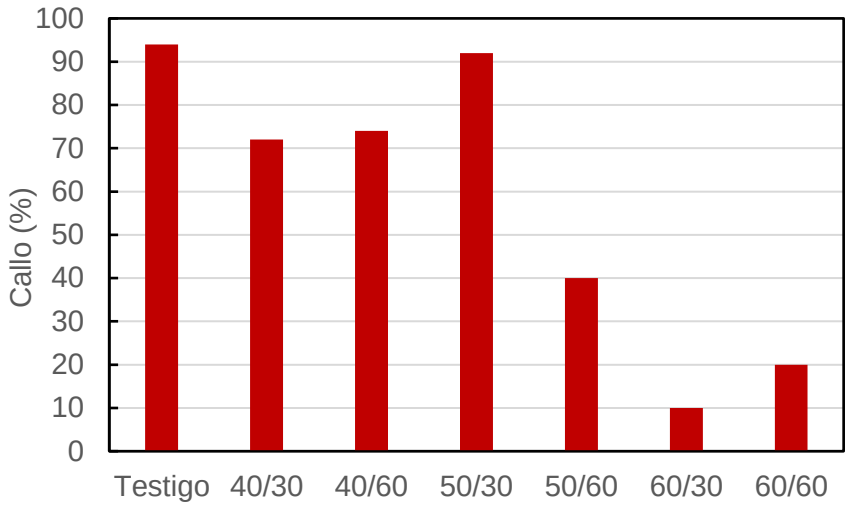


Figura 1. Porcentaje de sarmientos encallados en vid Red Globe.

El proceso de enraizamiento del sarmiento depende de varios factores tales como variedad, humedad, temperatura, reservas, entre otros. En la Figura 2 se aprecia que los sarmientos testigo presentaron el mayor porcentaje de enraizamiento, esto sugiere que la aplicación de la termoterapia puede atrasar el proceso de enraizado del sarmiento.

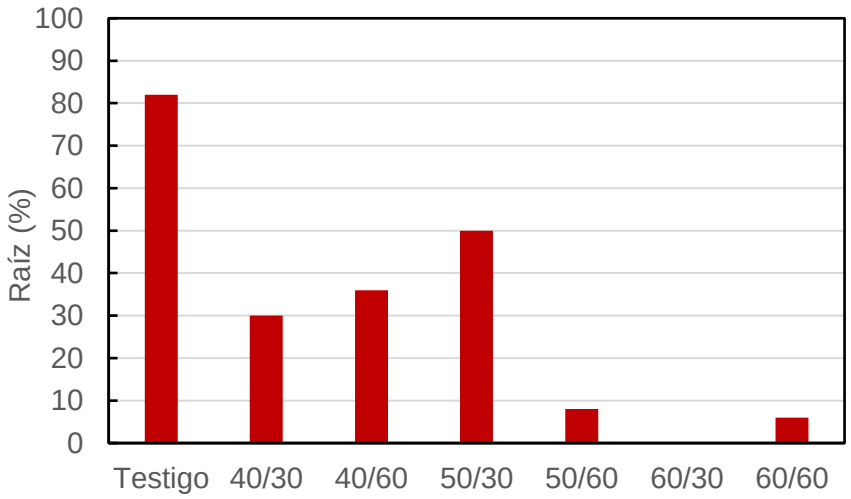


Figura 2. Porcentaje de sarmientos con presencia de raíz en vid Red Globe.

Las expresiones de los brotes en el sarmiento dependen de diversos aspectos tales como variedad, acumulación de reservas y de frio, humedad, temperatura, fertilidad de las yemas, entre otros. En esta investigación la brotación fue contrastante, ya que se detectaron porcentajes de brotación desde el 5% hasta el 100% (Figura 3); la menor brotación ocurrió

en los tratamientos con la termoterapia de 60 °C en ambos tiempos de inmersión, lo que indica que la exposición a esta temperatura probablemente se dañan las yemas y la madera del sarmiento.

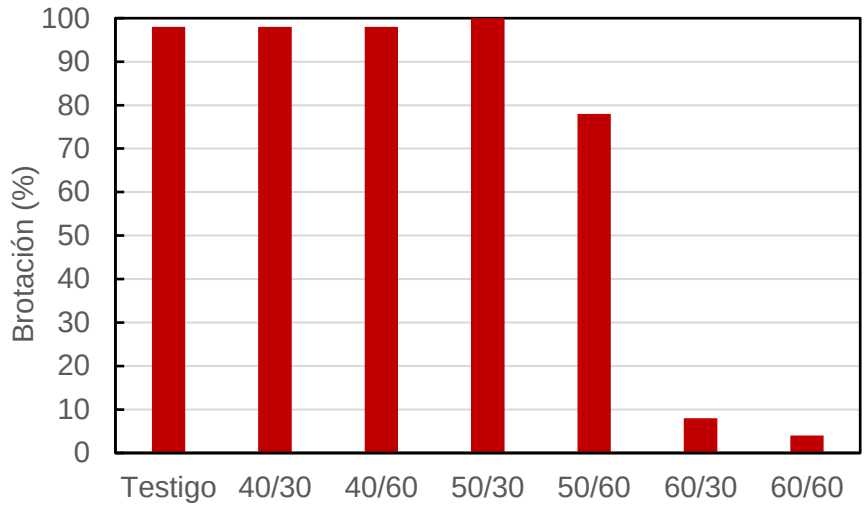


Figura 3. Porcentaje de sarmientos con presencia de brotes en vid Red Globe.

CONCLUSIONES

Los sarmientos testigo y aquellos tratados con temperatura a 50 °C durante 30 minutos presentaron el porcentaje de callo más alto (>90%).

Los sarmientos testigo presentaron el mayor porcentaje de enraizamiento.

Los sarmientos tratados con termoterapia de 60 °C en ambos tiempos de inmersión mostraron el menor porcentaje de encallado, enraizado y brotación.

REFERENCIAS

Agustí-Brisach C., Gramage D., Armengol J. y García-Jiménez J. 2013. Hongos de la madera en planta joven de vid: situación actual y estrategias para su control. Tierras 202: 108-113.

García-Jiménez, J. 2004. Enfermedades fúngicas de madera. *In*: Los parásitos de la vid. Estrategias de protección razonada. 5ª edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. Pp. 221-228.

Gramaje, D. y Armengol, J. 2011. Fungal trunk pathogens in the grapevine propagation process: potential inoculum sources, detection, identification, and management strategies. Plant Disease 95: 1040-1055.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021. Cierre de la producción agrícola por estado: uva. SAGARPA (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). In: www.siap.gob.mx. Consultado en línea el 27 julio de 2021.

APLICACIÓN WEB PARA EL CONTROL DE PLAGAS EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA

González Jasso, Luis. A.*; Chávez Sánchez, Noé; Narváez Mendoza, Mario P.*; González González, Miguel A.*; Corrales Suastegui, Arturo***

***Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Pabellón, Km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. Correo electrónico: gonzalez.luis@inifap.gob.mx**
****Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Delicias, Carretera Km 2 Delicias-Rosales, Delicias, Chihuahua. México.**

RESUMEN

Actualmente las relaciones interpersonales son dadas en condiciones virtuales. Esto tiene como consecuencia que se haga mayor uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Aunque aparentemente las TIC reducen el contacto humano, realmente permite compartir información en un grupo amplio de forma instantánea, además de servir como un instrumento de socialización que refuerza el sentimiento de pertenencia. (Cuadros and Valencia, 2016). Por esta razón, al poner a disposición de la gente (entre los que se cuentan los productores y tomadores de decisiones) herramientas que les permitan conocer más sobre su entorno es fundamental. Derivado de esto, se desarrolló una aplicación web que permite a los productores de Chihuahua dar seguimiento a la incendia de plagas en los cultivos y a las condiciones ambientales que favorecen su crecimiento y propagación.

ABSTRACT

Currently interpersonal relationships are given in virtual conditions. This has as a consequence that greater use is made of information and communication technologies (ICT). Although ICT apparently reduces human contact, it actually allows information to be shared in a large group instantly, as well as serving as a socialization tool that reinforces the feeling of belonging. (Cuadros and Valencia, 2016). For this reason, making available to people (including producers and decision makers) tools that allow them to learn more about their environment is essential. Derived from this, a web application was developed that allows Chihuahua producers to monitor the burning of pests in crops and the environmental conditions that favor their growth and spread.

INTRODUCCION

Chihuahua es el estado más grande de la República Mexicana, con una superficie territorial de 247,460 Km^2. Los contrastes climáticos que se pueden encontrar en el estado, varían según la región. Algunas regiones pueden alcanzar temperaturas de hasta 45 °C (zonas desérticas) y otras pueden llegar a los 23 °C bajo cero (zonas de la sierra Madre Occidental). La temperatura media anual en el estado, oscila en los 17°C. Las lluvias por su parte, son escasas y se presentan principalmente durante el verano, con una precipitación promedio anual de 500 mm. Esta temperatura promedio anual, favorece el

crecimiento de algunos insectos como el barrenador de la nuez y el barrenador del ruezno. Los insectos se adaptan a un rango de temperatura particular, que influye en la población y distribución de estas y otras plagas. En general, cuando la temperatura ambiental crece, las tasas de crecimiento se incrementan hasta llegar a una temperatura óptima, posteriormente el crecimiento disminuye y cesa a una temperatura máxima (Amos, Ouloussis and Oveos, 2018). Ocurre el efecto contrario al disminuir la temperatura. Los parámetros vitales de desarrollo de las plagas son determinados mediante las constantes térmicas máxima y mínima (Wagner *et al.*, 1984), que se expresa como el número de grados día de desarrollo (GDD), que es considerada como una medida alterna del tiempo fisiológico requerido para completar el proceso del evento en cada fase de desarrollo de la plaga en cuestión (Higley, Pedigo and Ostlie, 1986).

Mediante el uso de estaciones meteorológicas automatizadas (EMA), distribuidas estratégicamente en zonas cultivables del estado de Chihuahua que permiten la estimación de los grados día y al método de captura por medio de trampas con feromonas, se desarrolló un software para plataforma web que permite el manejo integrado de las plagas de barrenador de la nuez, barrenador del ruezno, gusano cogollero, palomilla de la manzana y mancha de fuego. Los modelos de desarrollo de plagas y enfermedades sirven de alertas tempranas, ya que al integrar información biológica de los organismos dañinos y de las EMAs, permite desarrollar TICs que constituyen sistemas de soporte para definir estrategias adecuadas en el sistema de gestión del manejo integrado de plagas y enfermedades, de tal forma que se haga un control efectivo y uso racional de agroquímicos, con lo cual se logra un incremento en la producción y reducción en costos e impactos ambientales.

La aplicación puede ser consultada desde http://redch.dyndns.info/alertas y a continuación se muestra en la Figura 1 la distribución de las EMA en el estado de Chihuahua.

Figura 6 Menú de la aplicación web y ubicación de las EMA en el estado de Chihuahua.

MATERIALES Y METODOS

En la elaboración de este trabajo se utilizaron los datos de temperatura de EMA ubicadas en el estado de Chihuahua. El estado se dividió en tres regiones agrícolas principales: Casas Grandes, Delicias y Cuauhtémoc. La primera zona comprende los municipios de Casas Grandes, Nuevo Casas Grandes, Janos, Ascensión, Buenaventura y Galeana, con

una temperatura máxima, mínima y media de 39.6 °C, -17.5 °C y 16.5 °C, respectivamente y una superficie agrícola de 146,497 ha. La segunda zona comprende los municipios de Rosales, Delicias, Meoqui, Julimes, San Francisco de Conchos, Camargo, Saucillo y la Cruz, con una temperatura máxima, mínima y media de 41.9 °C, -14 °C y 27 °C, respectivamente y una superficie agrícola de 101,958 ha. La tercera zona comprende los municipios de Bachiniva, Carichi, Cuauhtémoc, Cusihuiriachi, Dr. Belisario Domínguez, Gran Morelos, Nonoava, Riva Palacio y San Francisco Borja, con una temperatura máxima, mínima y media de 38.4 °C, -12.6 °C y 13 °C, respectivamente y una superficie agrícola de 276,952 ha.

Con base a la relación entre las condiciones climatológicas y el desarrollo de organismos dañinos, se desarrollaron modelos de plagas y enfermedades que atacan a los principales cultivos de Chihuahua como son manzana, maíz y nogal. La Figura 2 muestra los grados día necesarios para cada etapa de desarrollo de la plaga en cuestión.

Figura 7 Grados día necesarios para cada etapa de desarrollo de la plaga por generación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se desarrolló un portal web bajo la plataforma .NET Framework e IIS donde se programó un Sistema de Alertas Tempranas, para reducir los daños a consecuencia de plagas y enfermedades, utilizando la red de EMAs y un sistema que monitoree la dinámica de las plagas y enfermedades para los cultivos de manzana, maíz y nogal en el estado de Chihuahua. Los resultados se muestran en forma de gráficas dinámicas donde se muestra en forma continua la acumulación de GDD para cada generación de la plaga correspondiente, con una franja de diferente color para cada fase de desarrollo. Las gráficas ofrecen la opción de ubicar el cursor en un punto determinado y desplegar la fecha y GDD acumulados, para ayudar a hacer una interpretación detallada. También se muestra una gráfica donde se describe la duración en días para cada fase de desarrollo y cada generación, como se puede observar en la Figura 3.

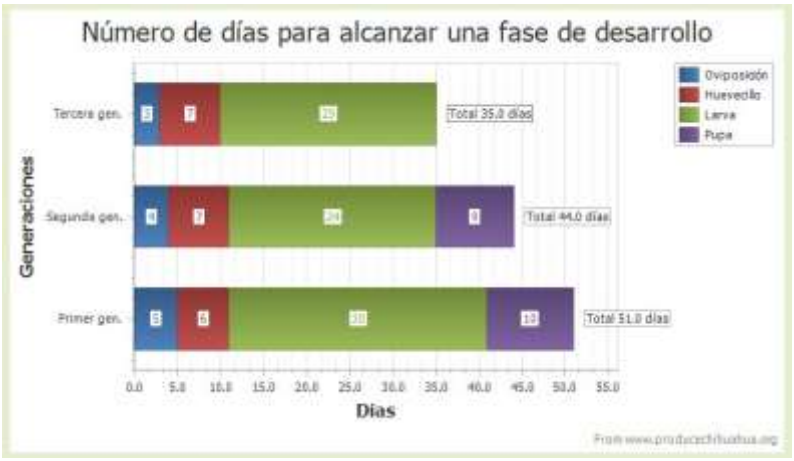


Figura 3 Pronóstico de desarrollo de la plaga en días para cada fase por generación.

CONCLUSIONES

La información climática y biológica de los organismos dañinos se integró en una base de datos que permite ser consultada en forma de modelo de pronóstico. Estos modelos se basan en los grados día de desarrollo y la dinámica de adultos atrapados en trampas de feromona. Esta herramienta web permite formular estrategias del manejo integrado de plagas. Cuando es necesario hacer aplicaciones de agroquímicos, se define el momento oportuno, según las condiciones de desarrollo de los organismos, ya que deben ser aplicados en el momento en que el producto es más eficaz según la etapa de cada organismo.

REFERENCIAS

Amos, P. T. D., Ouloussis, N. A. K. and Oveos, D. S. K. (2018) 'A degree-day phenological model for Cydia pomonella and its validation in a Mediterranean climate', *Bulletin of Insectology*, 71(1), pp. 131–142.

Cuadros, J. A. and Valencia, J. (2016) 'Las tecnologías de la información y la comunicación en entornos de aprendizaje rural como mecanismos de inclusión', (June). doi: 10.19052.

Higley, L. G., Pedigo, L. P. and Ostlie, K. R. (1986) 'Degday: A Program for Calculating Degree-days, and Assumptions Behind the Degree-day Approach', *Environmental Entomology*, 15(5), pp. 999–1016. doi: 10.1093/ee/15.5.999.

Wagner, T. L. *et al.* (1984) 'Modeling Insect Development Rates: a Literature Review and Application of a Biophysical Model', *Annals of the Entomological Society of America*, 77(2), pp. 208–220. doi: 10.1093/aesa/77.2.208.

APTITUD COMBINATORIA Y HETEROSIS PARA RENDIMIENTO EN SIETE LINEAS DE TOMATE (Solanum lycopersicum L.)

Odilon Gayosso Barragán[1*], José Ángel Marroquín Morales[2], Ulises Aranda Lara[3], Juan Samuel Guadalupe Jesús Alcalá Rico[4], Alfonso López Benítez[5]

[1]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar-INIFAP, Ojuelos de Jalisco, Jal., México. [2]Campo Experimental Norman E. Borlaung-INIFAP, Cd. Obregón, Sonora, México. [3]Campo Experimental Rio Bravo, INIFAP, Rio Bravo, Tamaulipas, México. [4]Campo Experimental Las Huastecas, INIFAP, Altamira, Tamaulipas, México. [5]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

***gayosso.odilon@inifap.gob.mx**

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue identificar y seleccionar genotipos sobresalientes en características agronómicas importantes de rendimiento y evaluar la presencia de heterosis entre siete líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) e híbridos, siguiendo la metodología del análisis II de Gardner y Eberhart (1966). Siete líneas de tomate y sus veintiún cruzas F_1 directas posibles de acuerdo con un diseño dialélico que involucró a los parentales, fueron sembrados en campo, en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se registraron las variables días a primer corte, diámetro ecuatorial, diámetro polar, número de frutos por planta, peso promedio de fruto, peso de frutos por planta y rendimiento. Diferencias altamente significativas para heterosis se observaron para todas las variables evaluadas, evidenciando la presencia de efectos de genes no aditivos para estos caracteres debido a la varianza de desviaciones de dominancia, como antecedente genético de heterosis resultante de las combinaciones hibridas entre los parentales. Para rendimiento y peso promedio de fruto los genotipos K3, R1 y D4 presentan los valores más altos de heterosis varietal, mientras que para heterosis específica las cruzas con los valores positivos más altos fueron K3xD4, R1xY53, D3xIR13 y F3xY53. Los parentales y cruzas que mostraron el mayor efecto de heterosis varietal y específica con respecto a rendimiento, podrían ser utilizadas en programas de mejoramiento genético, con el propósito de explotar de manera exitosa tanto la acción génica aditiva como de dominancia.

ABSTRACT

The objective of this study was to identify and select outstanding genotypes in important agronomic yield characteristics and to evaluate the presence of heterosis between seven tomato lines (*Solanum lycopersicum* L.) and hybrids, following the methodology of analysis II of Gardner and Eberhart (1966). Seven tomato lines and their twenty-one direct F1 crosses possible according to a diallelic design involving the parents, were planted in the field, in a randomized complete block experimental design with three replications. The variables days to first cut, equatorial diameter, polar diameter, number of fruits per plant, average fruit weight, fruit weight per plant and yield were recorded. Highly significant differences for heterosis were observed for all the variables evaluated, evidencing the presence of non-additive gene effects for these characters due to the variance of dominance deviations, as a genetic background of heterosis resulting from the hybrid combinations between the parents. For yield and average fruit weight, genotypes K3, R1 and D4 present the highest values of varietal heterosis, while for specific heterosis the crosses with the highest positive values were K3xD4, R1xY53, D3xIR13 and F3xY53. The parents and crosses that showed

the greatest effect of varietal and specific heterosis with respect to yield could be used in genetic improvement programs, in order to successfully exploit both the additive and dominance gene action.

INTRODUCCION

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la hortaliza de mayor demanda y valor económico en el mundo, su producción y comercio aumenta continuamente, es ampliamente cultivado en regiones tropicales, subtropicales y templadas, tanto para fines de consumo en fresco como de procesamiento (Meena *et al*., 2017). En México, la superficie total sembrada en 2020 fue de 45,284 hectáreas, con una producción de 3.4 millones de toneladas y rendimiento promedio por hectárea de 74.63 toneladas (SADER-SIAP, 2020).

En programas de mejoramiento genético para este y otros cultivos, la elección de parentales es una de las decisiones más importantes que debe tomar un fitomejorador. Diferentes técnicas biométricas están ahora disponibles para seleccionar líneas parentales adecuadas para la producción de semillas híbridas. La técnica de análisis dialelico desarrollada e ilustrada por Jinks y Hayman (1953) proporciona una guía para la evaluación del potencial reproductivo relativo de los parentales y se ha utilizado ampliamente para identificar genotipos sobresalientes. Con base en la información sobre la aptitud combinatoria y la acción genética, las líneas seleccionadas se pueden combinar para explotar el vigor híbrido al acumular efectos genéticos no aditivos o evolucionar cultivares al acumular efectos genéticos aditivos. Información sobre la aptitud combinatoria general (GCA) y aptitud combinatoria específica (SCA) es de gran importancia para la selección de parentales adecuados para el desarrollo de híbridos F1. La GCA indica el efecto promedio que una línea imparte a sus cruzas, medida como la desviación de la media general, es una expresión de los efectos genéticos aditivos. La SCA se refiere a la desviación del comportamiento predicho en base a las aptitudes combinatorias generales de los padres, reflejan efectos genéticos no aditivos (Sprague y Tatum, 1942).

Por su parte, la heterosis definida como la superioridad de los híbridos respecto a los parentales, es ampliamente utilizada en la agricultura. Se han propuesto tres mecanismos genéticos principales que explican la heterosis, dominancia, sobre dominancia y epistasis. La heterosis es agronómicamente importante porque el rendimiento superior puede aparecer como biomasa, rendimiento y tolerancia al estrés abiótico y biótico. El mejoramiento de cultivares híbridos F1 basado en heterosis se utiliza en muchos cultivos y hortalizas. El objetivo de este estudio fue identificar y seleccionar genotipos sobresalientes en características agronómicas importantes de rendimiento y evaluar la presencia de heterosis entre siete líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) e híbridos, siguiendo la metodología del análisis II de Gardner y Eberhart (1966).

MATERIALES Y METODOS

Material genético

Se evaluaron siete líneas de tomate de crecimiento determinado e indeterminado (K3, R1, F3, Y53, D4, D3 e IR13) y sus veintiún cruzas F1 directas posibles de acuerdo con un diseño dialélico que involucró a los progenitores (Metodo 2 de Griffing (1956)). La siembra de las semillas de los genotipos evaluados se realizó en cajas de poliestireno de 200 cavidades, rellenas con sustrato comercial Peat-Moss depositando una semilla por cavidad; 40 días después de la germinación se trasplantaron cinco plantas de cada línea en macetas de cuatro litros de capacidad bajo condiciones de invernadero, lugar donde se realizó el manejo agronómico correspondiente al cultivo del tomate. La obtención de los veintiún híbridos F1, se realizó siguiendo la metodología propuesta por Argerich y Gaviola (1995) para hibridación en tomate.

Diseño del experimento

Los veintiocho genotipos (progenitores y cruzas F1) fueron trasplantados en campo cuando las plántulas tenían de tres a cuatro hojas verdaderas y una altura de 25 cm. La unidad experimental consistió de seis plantas, en surcos de 2 m de largo con una distancia entre surco de 90 cm y 30 cm entre plantas, en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones.

Variables evaluadas

Se evaluaron cuatro plantas centrales con competencia completa por tratamiento y repetición, registrándose valores de número de días transcurridos al primer corte (DPC), diámetro ecuatorial (DE) diámetro polar (DP), número de frutos por planta (NFP), peso promedio de fruto (PPF), peso de frutos por planta (PFP) y rendimiento (REND) en t ha^{-1}.

Diseño genético

El análisis II de Gardner y Eberhart (1966) que incluye n progenitores y sus n(n-1)/2 cruzas varietales, se utilizó para estimar los efectos de heterosis. La media para la población parental o las cruzas es descrita por el modelo: Vj = Mv + Vj para progenitores y Yij´ = Mv + ½(Vj + Vj') + hij´ para la progenie de las cruzas. Dónde: Mv = Media de las variedades parentales; Vj= la desviación de la Mv asociada con el i-ésimo progenitor; Vj´= Efecto varietal de la j-ésima variedad; hij´ = efecto de la heterosis cuando la variedad j se cruza con la variedad j'.

El efecto de la heterosis (hjj') puede ser subdividido como sigue: hjj' =h + hj + hj' + sjj' dónde: h: heterosis promedio; hj: heterosis varietal contribuida por la variedad j; sjj': heterosis específica debida a al cruzamiento de las variedades j y j´.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza genético bajo el modelo II de Gardner y Eberhart (1966) para las variables evaluadas, esto permitió conocer la diferencia existente entre los progenitores y sus cruzas, así como los diferentes efectos de heterosis.

RESULTADOS Y DISCUSION

Diferencias altamente significativas para heterosis se observaron para todas las variables evaluadas (Cuadro 1), evidenciando la presencia de efectos de genes no aditivos para estos caracteres debido a la varianza de desviaciones de dominancia, como antecedente genético de heterosis resultante de las combinaciones hibridas entre los parentales.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza en siete líneas de tomate y sus 21 cruzas para características de rendimiento analizadas bajo el modelo II de Gardner y Eberhart (1956).

FV	GL	DPC	DE	DP	PPF	NFP	PFP	REND
REP	2	8.36	0.78*	0.90**	1425.95**	51.15*	0.12	131.8
GEN	27	7.85	1.87**	0.63**	707.65**	110.74**	1.85**	2024.4**
HET	21	5.861	1.704**	0.45**	586.53**	107.74**	1.61**	1750.1**
H. P.	1	20.004	0.0002	4.76**	109.81	158.73**	0.76*	825.2*
H. V.	6	5.9651	4.117**	0.31*	947.43**	25.75	1.12**	1221.6**
H. E.	14	4.8063	0.791**	0.21	465.92**	139.23**	1.87**	2042.6**
ERROR	54	11.66	0.25	0.12	169.48	15.22	0.14	160.1
CV		4.17	8.85	6.71	14.85	15.82	17.58	17.6

*, ** Significativo y altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente, [1]HET= heterosis total, H.P= heterosis promedio, H.V: heterosis varietal, H.E= heterosis especifica.

Heterosis promedio

Se determinó la heterosis promedio como la relación entre el comportamiento de cada línea parental en los cruzamientos donde intervino, y el promedio parental de cada progenitor. Valores negativos de heterosis promedio, se observaron para días a primer corte (DPC), diámetro ecuatorial (DE) y peso promedio de fruto (PPF) (Cuadro 2). Lo anterior resalta la importancia de los efectos genéticos aditivos que determinan estas características. Diferencias significativas se observaron en las variables peso de frutos por planta (PFP), rendimiento (REND) y altamente significativas en diámetro polar (DP) y número de frutos por planta (NFP). Por lo contrario para diámetro polar (DP), número de frutos por planta (NFP), peso de frutos por planta (PFP) y rendimiento (REND) se observaron diferencias significativas y valores positivos, resaltando la gran importancia de los efectos genéticos no aditivos como los determinantes para estas características. La heterosis promedio es un primer indicador de la existencia o no de heterosis en el conjunto de los híbridos F1 formados, con respecto los progenitores utilizados. La falta de heterosis promedio indica que, en general, estas líneas no son favorables para explotar el efecto de la heterosis en los híbridos.

Cuadro 2. Heterosis promedio (h), varietal (hj) y específica (sij´) para características de rendimiento en tomate analizadas con el modelo II de Gardner y Eberhart (1966).

FV	DPC	DE	DP	PPF	NFP	PFP	REND
H PROM	-1.127	-0.004	0.550	-2.641	3.175	0.220	7.239
K3	0.552	0.541	-0.105	18.569	1.024	0.650	21.494
R1	-0.048	0.427	0.043	11.801	0.491	0.323	10.656
F3	0.419	0.477	0.084	-9.648	0.257	-0.231	-7.649
Y53	-1.081	0.315	0.011	-1.644	-3.743	-0.373	-12.337
D4	-0.848	-0.307	-0.204	0.838	2.724	0.262	8.661
D3	1.619	0.212	-0.235	-16.034	-0.143	-0.416	-13.683
I3R3	-0.614	-1.663	0.407	-3.880	-0.610	-0.215	-7.143
S K3 X R1	0.622	-0.138	-0.001	-1.172	-2.356	-0.359	-11.785
S K3 X F3	-0.844	-0.029	0.013	2.505	-5.289	-0.452	-14.942
S K3 X Y53	-1.511	-0.113	-0.196	-20.804	2.044	-0.419	-13.810
S K3 X D4	1.422	0.051	0.074	5.503	10.911	1.360	44.878
S K3 X D3	0.622	0.171	0.108	15.451	0.444	0.415	13.690
S K3 X 13R3	-0.311	0.059	0.002	-1.483	-5.756	-0.545	-18.030
S R1 X F3	0.089	0.159	-0.031	6.949	0.911	0.255	8.420
S R1 X Y53	-0.911	0.213	0.150	11.921	9.911	1.288	42.486
S R1 X D4	-1.311	0.163	0.013	-10.913	-1.222	-0.429	-14.160
S R1 X D3	1.222	-0.194	-0.196	-9.321	-4.022	-0.561	-18.542
S R1 X I3R3	0.289	-0.203	0.064	2.535	-3.222	-0.194	-6.418
S F3 X Y53	0.956	0.008	-0.322	5.887	6.978	0.778	25.695
S F3 X D4	-0.778	-0.729	-0.303	5.924	-3.489	-0.133	-4.354
S F3 X D3	-1.578	-0.565	0.474	-13.867	2.711	-0.245	-8.086

S F3 X I3R3	2.156	1.156	0.168	-7.398	-1.822	-0.204	-6.732
S Y53 X D4	0.889	0.581	0.185	0.612	-8.822	-0.963	-31.864
S Y53 X D3	0.756	-0.009	-0.144	-11.666	-9.289	-0.935	-30.820
S Y53 X I3R3	-0.178	-0.681	0.326	14.050	-0.822	0.252	8.314
S D4 X D3	0.356	0.431	0.175	12.991	0.578	0.401	-7.695
S D4 X I3R3	-0.578	-0.497	-0.144	-14.117	2.044	-0.235	-7.695
S D3 X I3R3	-1.378	0.166	-0.417	6.412	9.578	0.926	30.563

Heterosis varietal

La heterosis varietal (h_j) se estimó para determinar la contribución general de una línea a su heterosis matriz. La varianza debida a la heterosis varietal fue significativa para diámetro ecuatorial (DE), diámetro polar (DP), peso promedio de fruto (PPF), peso de frutos por planta (PFP) y rendimiento (REND), indicando diferencias entre las matrices parentales para la heterosis de estos caracteres. Los genotipos K3 y R1 presentaron efectos positivos favorables de heterosis varietal, en todas las variables evaluadas excepto para diámetro polar (DP) y días a primer corte (DPC), que presento valores negativos. De acuerdo con Gardner (1967) la heterosis varietal (hj), es la contribución de heterosis por la variedad *j* en sus cruzamientos F_1, medida como una desviación del promedio de heterosis. Considerando lo anterior, para un programa de selección recíproca recurrente, en donde se aprovechan tantos los efectos genéticos aditivos como los no aditivos, los mejores genotipos para rendimiento (REND) y peso promedio de fruto (PPF) son K3, R1 y D4 ya que presentan los valores más altos de heterosis varietal.

Heterosis específica

Las variaciones debidas a la heterosis específica fueron significativas para diámetro ecuatorial (DE), peso promedio de fruto (PPF), número de frutos por planta (NFP), peso de frutos por planta (PFP) y rendimiento (REND). Los resultados relacionados con la variación de los diferentes componentes de la heterosis indicaron que cada uno contribuyó significativamente a la heterosis total de los cruzamientos. La heterosis específica permite identificar las cruzas de alto rendimiento con mejores características que la de sus parentales. Para número de frutos por planta (NFP), peso de frutos por planta (PFP) y rendimiento (REND), las cruzas con heterosis significativa y valores positivos más altos fueron K3xD4, R1xY53, D3xIR13 y F3xY53. La heterosis alta observada sugiere la utilidad de usar germoplasma genéticamente diverso en un programa de mejoramiento. Hay mayor heterosis en las cruzas, si los materiales a usar presentan características diferentes y en algunos casos hasta opuestos, esto permitirá clasificar líneas en grupos heteróticos, logrando con ello eficientar la dirección de los cruzamientos para obtener mejores combinaciones híbridas (Fehr, 1982).

CONCLUSIONES

Las líneas y cruzas que mostraron el mayor efecto de heterosis varietal y específica con respecto a rendimiento, podrían ser utilizadas en programas de mejoramiento genético, con el propósito de explotar de manera exitosa tanto la acción génica aditiva como de dominancia.

REFERENCIAS

Argerich, C.A., Gaviola, J.C. (1995). Manual of production of horticultural seeds. Tomato. Instituto Nacional de Tecnología AgropecuariaARG, 81 pp.

Fehr, R.W. (1982). Applied plant breeding. Lowa State University. Ames Iowa University Press. P. 552.

Gardner, C.O., Eberhart, S.A. (1966). Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. Biometrics 22:439-452.

Griffing, B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Australian Journal of Biological Sciences 9, 463–493.

Jinks, J.L., Hayman, B.I. (1953). The analysis of diallel crosses. Maize Genetics Coop Newsletter 27, 48–54.

Meena, R.K., Sanjay, K., Meena, M.L., Shashank, V. (2017). Genetic variability, heritability and genetic advance for yield and quality attributes in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 7, 1937–1939.

SADER-SIAP. (2020). Anuario estadístico de la producción agrícola. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

Sprague, G., Tatum, A. (1942). General vs specific combining ability in single crosses of corn. Journal American Society Agronomy 34, 923–932.

BACILLUS COMO ALTERNIVA PARA BIOFERTILIZACIÓN EN MAÍZ

Nery Cecilia García-de la Paz[1], Miguel Ángel Gallegos-Robles[2], Uriel González-Salas[2]

[1]Alumna del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Forestales. Correo: nerycecy@live.com.mx
[2]Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 32, Venecia. 35000 Gómez Palacio, Durango, México.

RESUMEN

La agricultura convencional se enfrenta a la reducción de la producción o el aumento de los costos, o ambos. Una alternativa sustentable para esta problemática es el uso de bacterias promotoras del crecimiento. Los inoculantes bacterianos pueden contribuir a aumentar la eficiencia agronómica reduciendo los costos de producción y la contaminación ambiental, una vez que el uso de fertilizantes químicos puede ser reducido o eliminado si los inoculantes son eficientes. El objetivo general del presente trabajo fue evaluar cepas de bacterias aisladas de pastos de la región como biofertilizantes aplicados al cultivo de maíz para forraje. Los resultados obtenidos demostraron que es si es viable el utilizar bacterias en combinación con una cantidad menor de fertilizante químico para mantener la producción de forraje de maíz.

ABSTRACT

Conventional agriculture is faced with reduced production or increased costs, or both. A sustainable alternative to this problem is the use of growth-promoting bacteria. Bacterial inoculants can contribute to increase agronomic efficiency by reducing production costs and environmental pollution, once the use of chemical fertilizers can be reduced or eliminated if inoculants are efficient. The general objective of the present work was to evaluate bacterial strains isolated from pastures of the region as biofertilizers applied to the cultivation of corn for forage. The results obtained showed that it is feasible to use bacteria in combination with a lower amount of chemical fertilizer to maintain corn forage production.

INTRODUCCIÓN

Debido a la limitada disponibilidad de elementos nutritivos para la producción de los cultivos se ha conllevado a un exceso en la aplicación de fertilizantes sintéticos, lo que a su vez ha generado un deterioro progresivo de los suelos agrícolas (Pimentel *et al*., 2005). Una alternativa sustentable para esta problemática es el uso de bacterias promotoras del crecimiento. Las bacterias que promueven el crecimiento de las plantas (BPCV) son bacterias que pueden aumentar el crecimiento de las plantas y proteger a las plantas de las enfermedades y el estrés abióticos a través de una amplia variedad de mecanismos (Rajeshwar *et al*., 2014). El maíz (*Zea mays*, L) es una de las gramíneas de mayor importancia a nivel mundial. Se emplea tanto en la alimentación humana, animal y como biocombustible. Como forraje, es un alimento excelente para los rumiantes debido al elevado contenido de energía que aporta el grano, a través del almidón.

En la Comarca Lagunera de México, la producción de leche de bovino es la principal actividad agropecuaria, y demanda una gran cantidad de forraje de calidad. El rendimiento promedio de forraje verde es de 49 ton ha^{-1}, teniendo un promedio de 17 ton ha^{-1} de materia seca (Cueto *et al.,* 2006). Varias características bacterianas importantes, como la fijación biológica del nitrógeno, la solubilización del fosfato, la actividad de la desaminasa ACC y la producción de sideróforos y fitohormonas, pueden evaluarse como rasgos de promoción del crecimiento de las plantas. Los inoculantes bacterianos pueden contribuir a aumentar la eficiencia agronómica reduciendo los costos de producción y la contaminación ambiental, una vez que el uso de fertilizantes químicos puede ser reducido o eliminado si los inoculantes son eficientes. (Rajeshwar *et al*., 2014).

MATERIALES Y METODOS

Aislamiento de colonias bacterianas. Se aislaron bacterias de la rizósfera de pastos característicos de la región. Las bacterias aisladas se identificaron por morfología y tinción de Gram y confirmación de género por PCR. Se confirmó la capacidad de los aislados de fijar nitrógeno y solubilizar fósforo con medios selectivos; medio Nfb, el cual es libre de nitrógeno y YPG (Extracto de levadura-Peptona-Glucosa). Los aislados se reprodujeron y aplicaron en la variedad San Lorenzo y el híbrido Galáctico para evaluar su potencial como biofertilizante.

Constitución de las fuentes de fertilización. Se seleccionaron y evaluaron de manera individual y en combinaciones dos aislados con sus combinaciones, siendo cuatro fuentes de fertilización biológica más dos químicas y un blanco como testigo, para un total de ocho fuentes de fertilización. Los fertilizantes biológicos se aplicaron de manera individual y en combinación, al igual que con la mitad de la dosis química de fertilizante recomendada. A los testigos se les aplicó la mitad, la dosis completa y un blanco, sin ningún tipo de fertilización. Las fuentes de fertilización aplicadas quedaron de la siguiente manera:

Fuente 1: *Bacillus subtilis*
Fuente 2: *Bacillus subtilis* + 50% fertilización química
Fuente 3: *Bacillus amyloliquefaciens*
Fuente 4: *Bacillus amyloquefaciens* + 50% fertilización química
Fuente 5: *Bacillus subtilis* + *Bacillus amyloquefaciens*
Fuente 6: Fertilización química 100%
Fuente 7: Fertilización química 50%
Fuente 8: Blanco

Experimento en campo. El estudio en campo se llevó a cabo en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), el cual se localiza en el Km 32 de la Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo en el Ejido Venecia, Municipio de Gómez Palacio, Durango.

Presiembra. Previo a la siembra se tomaron muestras de suelo para su análisis y así determinar el estado en que se encuentra el suelo. De igual manera, se efectuaron labores agronómicas tales como barbecho, un riego de presiembra de 20 cm de profundidad y trazo de parcelas experimentales.

Inoculación y siembra. La inoculación con las bacterias se realizó de 2 a 3 horas antes de la siembra, procediendo a esta después del tiempo transcurrido. La siembra se efectuó de manera manual el 23 de marzo del 2020, depositando la semilla a 15 cm entre planta con una distancia entre surcos de 80 cm. Después, se realizaron riegos cada 20 días, al igual que labores culturales como la eliminación de malezas y monitoreo del cultivo para prevenir el establecimiento de plagas y enfermedades. El cultivo se mantuvo hasta que el elote llegó a ½ línea de leche, que es el momento indicado para cortar el forraje.

Cosecha. Se tomaron datos de las variables número de hojas, área foliar, peso, diámetro y largo de fruto y rendimiento del forraje verde y seco.

Muestras de raíz. Se tomaron muestras de raíz para la recuperación de los aislados. Estas se tomaron después de la cosecha, una por cada tratamiento y repetición para llevarlas al laboratorio y proceder a la recuperación de las bacterias presentes en la rizósfera del cultivo.

Los datos obtenidos para cada variable se sometieron a un análisis de varianza, comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$) con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System V 9.22)

RESULTADOS Y DISCUSION

Se obtuvieron los rendimientos del forraje en verde y base seca, al igual que las variables antes mencionadas. Se realizó un análisis de varianza, en el cual se demuestra que existe una diferencia significativa en cuanto a las fuentes de fertilización para las variables de área foliar y peso del fruto, al igual que para los rendimientos entre los genotipos.

Tabla 1. ANOVA. Las variables rendimiento verde (RV) y seco (RS) están expresados en ton ha^{-1}, área foliar (AFOL) en centímetros cuadrados, peso del fruto (PF) en gramos, diámetro (DF) y largo del fruto (LF) en centímetros.

	RV	RS	NH	AFOL	PF	DF	LF
REP	204.86	20.54	14.55	1213420.3	0.0093	0.76	3.49
FTE FERT	63.06	5.65	1.60	1780254.88**	0.02**	0.30	11.65
GENOTIPO	273.08*	31.31	33.44**	64465654.82**	0.37**	30.72**	0.02
GEN*FTE	47.75	6.55	1.72	2673798.63**	0.07	0.22	19.27**
ERROR	59.04	7.91	1.07	654115.2	0.06	0.20	8.34
CV	12.14	13.19	8.34	23.5	25.06	8.96	14.67

La tabla 2 nos muestra las comparaciones de medias entre las fuentes de fertilización usadas.

Tabla 2. Comparación de medias entre las fuentes de fertilización (Tukey, $P \leq 0.05$). Las variables rendimiento verde (RV) y seco (RS) están expresados en ton ha^{-1}, área foliar (AFOL) en centímetros cuadrados, peso del fruto (PF) en gramos, diámetro (DF) y largo del fruto (LF) en centímetros.

FTE FERT	RV	RS	NH	AFOL	PF	DF	LF
1	63.5 A	21.2 A	12.2 A	3521.3 A	0.295 A	5.03 A	17.24 A
2	66.8 A	22.3 A	12.2 A	3534.3 A	0.297 A	5.18 A	17.45 A
3	59.2 A	19.9 A	11.8 A	2976.6 B	0.265 A	4.90 A	16.79 A
4	62.2 A	21.3 A	11.8 A	3437.2 AB	0.256 A	5.00 A	16.88 A
5	61.7 A	20.8 A	12.2 A	3534.9 A	0.289 A	5.14 A	16.73 A
6	69.2 A	22.9 A	11.9 A	3452.9 AB	0.304 A	5.09 A	18.23 A
7	62.6 A	21.4 A	12.2 A	3675.9 A	0.262 A	5.03 A	16.75 A
8	61.1 A	20.5 A	11.8 A	3399.7 AB	0.288 A	5.06 A	16.75 A

A pesar de que no existió diferencia significativa en cuanto a los rendimientos, la tabla de comparación de medias nos muestra que los rendimientos para las fuentes de fertilización con bacterias resultaron similares con aquellas que tuvieron fertilización química. La fuente de fertilización 2 *(B. subtillis* y 50% de fertilización química) fue la que resultó con valores más similares al químico al 100%. Esto coincide con lo reportado por Acosta y Karajallo (2018), quienes sostienen que se obtienen buenos rendimientos aplicando bacterias como biofertilizante aunado con una dosis de fertilizante química. De igual manera, Rodríguez *et al.* (2020), menciona que inocular semillas de maíz con cepas de *Bacillus* se puede mantener los rendimientos similares a los que se obtienen con la aplicación de fertilizantes convencionales, lo cual indica que esta alternativa si es viable para mantener la producción esperada.

Con respecto al peso del fruto, Reyes *et al.* (2018) reportó que sus rendimientos en grano resultaron mayores con el tratamiento de bacterias y una parte de fertilizante químico, lo cual coincide con este experimento. Como se puede observar en la tabla 2, para esta variable se tienen valores similares en la fuente de fertilización química al 100% y en la que se usó *B. subtillis* con 50% de fertilización química (6 y 2, respectivamente).

Para las variables de número de hojas y área foliar, los tratamientos que resultaron superiores corresponden a aquellos en los cuales se aplicaron bacterias. Quintal, en el 2020, también obtuvo valores superiores en cuanto a estas variables al utilizar bacterias promotoras del crecimiento en maíz.

CONCLUSIONES

Al obtener los resultados observados, se concluye que el utilizar una fuente biológica en combinación con una dosis menor de fertilizante químico, se pueden mantener los

rendimientos esperados, siendo así una posible alternativa para mantener rendimientos y r4educir la aplicación química de fertilizantes.

REFERENCIAS

Acosta Aguayo, Alejandro Inocencio; Karajallo, Julio Cesar. Efecto de la aplicación de nitrógeno, e inoculación con bacterias promotoras de crecimiento sobre el cultivo de maíz. 16- Agroalimentario. 2018. Universidad Nacional del Este, Facultad de Ingeniería Agronómica. Argentina.

Cueto Wong José Antonio, Reta Sánchez David Guadalupe, Barrientos Ríos José Luis, González Cervantes Guillermo, Salazar Sosa Enrique. 2006. Rendimiento de maíz forrajero en respuesta a fertilización nitrogenada y densidad de población. Revista fitotecnia mexicana 29(2):97-101.

Gutiérrez Calvo, Alondra Elianeth. Evaluación del efecto de *Bacillus subtilis* en la promoción del crecimiento en maíz (*Zea mays* L.) Tesis de maestría. Universidad de Ciencias y Artes De Chiapas, Instituto de Ciencias Biológicas. 2019.

Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Douds, D. y Seidel, R. 2005. Environmental, Energetic and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. BioScience. 55: 573-582. DOI: https://doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0573:EEAECO]2.0.CO;2

Quintal Vargas, Yaritza Yolanda. Bacterias rizósfericas asociadas al cultivo de maíz (*Zea mays* L.) con potencial biofertilizante en el estado de Campeche. Tesis de licenciatura. Instituto tecnológico de Chiná. Noviembre de 2020.

Rajeshwar Reddy T, Prasad VR, Vemaraju. 2014. PGPR- a potential tool for sustainable agriculture: a review. Journal of Science / Vol 4 / Issue 2 / 2014 / 117-122

Rodríguez-Hernández, M. G., M. Á. Gallegos-Robles, L. Rodríguez- Sifuentes, M. Fortis-Hernández, J. G. Luna-Ortega y U. González-Salas. 2020. Cepas nativas de *Bacillus* spp. como una alternativa sostenible en el rendimiento de forraje de maíz. Terra Latinoamericana 38: 313-321. DOI: https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.690

CALENDARIOS AGROCLIMÁTICOS QUINCENALES DE LLUVIA PARA ÁREAS AGRÍCOLAS DEL ALTIPLANO NORTE-CENTRO

González-González, Miguel Angel[1]; Ramírez-Cabral, Nadiezhda[2]; Corrales-Suastegui, Arturo[1], Narváez-Mendoza, Mario Primitivo[1]; González-Jasso, Luis Antonio[1]

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
[1]Campo Experimental Pabellón [2]Campo Experimental Zacatecas. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20660. Correo-e: gonzalez.miguelangel@inifap.gob.mx

RESUMEN

El cambio climático repercute de manera directa a las actividades agropecuarias, por lo que es de suma importancia el conocimiento de las climatologías más recientes, además de la necesidad de tener información puntual sobre áreas agrícolas en México. El presente estudio muestra de forma detallada, para cada quincena del año, el comportamiento normal de la lluvia para el desarrollo de cultivos en la región semiárida del altiplano Mexicano, la cual es altamente susceptible al cambio climático. La información presentada en este estudio es interpretada como un calendario agroclimático con cantidades y días promedio con lluvia para cada uno de los Distritos de Desarrollo Rural (DDRs) del altiplano. Se detecta que el patrón espacial y temporal de lluvias es relativamente uniforme a lo largo de la región, a excepción de las partes noreste y noroeste de la región, las cuales están altamente influidas por los sistemas climáticos de latitudes medias; mientras que en el sureste del altiplano, las lluvias se encuentran influidas por la cercanía del Golfo de México. Con base en esta herramienta, usuarios en el sector agrícola obtienen un conocimiento al día ante las condiciones atmosféricas de humedad que se han presentado en las últimas décadas.

ABSTRACT

Climate change has a direct impact on agricultural activities, which is very important to know the most recent climatologies, in addition to the need to have specific information on agricultural areas in Mexico. This study shows in detail, in each fortnight of the year, the average rainfall for the development of crops in the semi-arid region of the Mexican altiplano, which is highly susceptible to climate change. The information presented in this study is interpreted as an agroclimatic calendar with amounts and average days with rainfall for each of the Rural Development Districts (DDRs) of the altiplano. It is detected that the spatial and temporal pattern of rainfall is relatively uniform throughout the region, aside from the northeastern and northwestern parts of the region, which are highly influenced by the mid-latitude climatic systems; while in the southeast of the altiplano, the rains are influenced by the proximity of the Gulf of Mexico. Based on this tool, users in the agricultural sector obtain up-to-date knowledge of the atmospheric humidity conditions that have occurred in recent decades.

INTRODUCCIÓN

En México, la incidencia desastrosa de fenómenos naturales relacionados a eventos hidrometeorológicos, *e.g.*, sequías, lluvias torrenciales y heladas, es cada vez mayor debido al cambio del uso del suelo y al cambio climático, los cuales influyen significativamente (Laux *et al.*, 2017). Por lo tanto, es de vital importancia identificar y generar una serie de insumos para la estructura planificadora agrícola. En especial, el comportamiento de la lluvia sobre áreas agrícolas en regiones áridas y semiáridas en la

República Mexicana para identificar puntualmente las amenazas de índole biofísico (Granados-Ramírez *et al.*, 2004)

En el contexto de la reducción del impacto de desastres en México, se ha detectado la necesidad de nuevos análisis de meteoros que repercuten en el sector agrícola y por ende en el socio-económico. Esta consideración recalca la relevancia que tiene, para las instituciones encargadas del sector agrícola y de seguridad alimentaria, el conocimiento más reciente de los eventos promedio o climatologías de la lluvia, debido al cambio climático (Cuadro 1). La idea fundamental es aplicar un análisis de la construcción de los riesgos a menor escala espacial y puntual (sobre áreas agrícolas), y a menor escala temporal de un mes; esto sirve como una herramienta eficaz para dirigir esfuerzos y recursos, encausando así un proceso de prevención ante los eventos cambiantes del clima.

La CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) a través del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) es el encargado a nivel oficial en la generación de las climatologías a nivel Nacional. Las más recientes climatologías corresponden a la 1980-2010, las cuales se encuentran de manera libre para consulta (https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/mapas-de-climatologia-1981-2010). Sin embargo, existe la necesidad de obtener a mas detalle temporal y espacial de esta información, ya que la mayoría corresponde a climatologías mensuales y mapas interpolados mediante puntos de estaciones hidrometeorológicas.

Con el avance de la información satelital y los sistemas estadísticos e informáticos, se han obtenido bases climáticas a resolución espacial de 0.5°(55km) y 0.125°(13km) (Sturaro, 2003; Xia *et al.*, 2012, y Livneh, 2013) al incluir factores topográficos (Zhu & Lettenmaier, 2007). En 2015, Livneh *et al.* generó una base de datos a mayor resolución de 1/16°(~6 km), la que incluye a México, Estados Unidos y Canadá, a escala temporal diaria de 1950 a 2010. Esta última base de datos, está basada en un estricto control de calidad de la información climática para cada una de las estaciones y un modelo basado en interpolaciones y estadística espacial.

En este estudio, se desarrolló un compendio de las climatologías quincenales de lluvia en alta resolución con la información climática más reciente de las últimas tres décadas sobre las áreas agrícolas del altiplano en México (Cuadro 1). También, para dar un mayor contexto, se utilizó la división política de los Distritos de Desarrollo Rural (DDRs) del altiplano para dar una mejor interpretación. El análisis de las climatológicas a manera de calendarios agroclimáticos quincenales (de la primera quincena de enero a la segunda quincena de diciembre), muestran con mapas a gran detalle la información climática de lluvia en las áreas agrícolas y con gráficas las condiciones promedio dentro de la delimitación política de los DDRs. Por último, la finalidad de este análisis es que los usuarios interesados del sector agrícola encuentren en él una herramienta útil, además de que la información se encuentre disponible para cualquier usuario en estudios *a posteriori*.

Cuadro 1. Pros y cons de la actualización de las climatologías en forma de puntos y en mallas de alta resolución.

	Ventajas	Desventajas
1. Climatologías anteriores con puntos de estaciones: 1950-1980, 1960-1990, 1970-2000	a) Información puntual de calidad por medio de estaciones verificadas b) Clima constante, por lo que las climatologías son parecidas	a) Información espacial deficiente, ya que únicamente se tiene información en el punto de la estación, y por lo tanto puede no haber información sobre áreas agrícolas
2. Climatología 1980-2010 en alta resolución en forma de mallas	a) Información espacial a mas detalle b) Condiciones climáticas cercanas a la realidad (actualizadas) debido al cambio climático	a) Posibles errores de cálculos espaciales donde no hay estaciones, ya que se utilizan métodos de modelación espacial de la información climática

MATERIALES Y METÓDOS

En principio, se delimitaron las áreas agrícolas a nivel nacional como mascara para evitar el sesgo en la obtención de la información climática, es decir, evitar espacialmente la extracción de información de áreas no agrícolas como áreas rurales o áreas boscosas/forestales. El procedimiento fue trabajar en un ambiente de los Sistemas de Información geográfica (SIG) al recopilar el shapefile (shp) de las áreas agrícolas a nivel nacional. Para ello, se utilizó la capa (shp) de uso de suelo y vegetación generada por el INEGI (V3) a una escala de 1:25,000, y se seleccionó y delimitó en la tabla de atributos solo las áreas agrícolas. Cabe mencionar que la capa agrícola fue transformada en formato raster (.tiff) a una resolución de un 1X1km y nuevamente transformada a una capa (shp) de puntos con coordenadas geográficas decimales latitud y longitud. -Estos puntos servirán, como último paso en el ambiente SIG, para poder tener una referencia espacial de las áreas agrícolas y así, extraer la información climática de lluvia-.

A la capa (shp) de áreas agrícolas, se sobrepuso la capa (shp) biogeográfica del altiplano propuesta por Morrone (2005), y a su vez, para delimitar el área política, se sobrepuso la capa (shp) de los DDRs. El shp de los DDRs fue obtenido en la plataforma SAGARPA-SIAP de la ubicación y límites territoriales de la estructura de la SADER.

Se utilizó la base histórica de datos de clima (1950-2010) generada por Livneh *et al.* (2015), estimada por medio de puntos de estaciones hidrotermopluviométricas del SMN a lo largo del país. Esta es una base de datos con información de temperatura y precipitación diaria en forma de malla de puntos uniformes a una resolución espacial de aproximadamente 6.5km entre punto y punto (1/16°). La técnica utilizada permite obtener variables sobre puntos donde no se tiene información climática, la cual representa un gran avance en la disposición de datos climáticos históricos diarios para el país. Se realizó un post-procesamiento de esta información climática para convertirla en formato de lectura dentro de los (SIG). A partir de los archivos originales en formato NetCFD, se utilizó el script SDMtoolbox-NetCDF to Raster en ArcGIS desarrollado Brown (2014) y Brown, *et al.* (2017) para convertir los NetCDF diarios a formato Raster, y se compilaron en una base de datos en ArcGIS (Geodatabase). Posteriormente, en el ambiente de los SIG, se calcularon los

promedios temporales (1981-2010) de la cantidad y días con lluvia en el país para cada una de las 24 quincenas del año. La referencia espacial para todas las capas de información en formatos shp y raster fue en coordenadas geográficas decimales (Datum WGS 1984), sin proyección espacial. Por lo que, la intersección de las cuatro capas shp y la sobreposición, y extracción de las climatologías quincenales de lluvia en forma de rasters, dieron origen a los calendarios agroclimatológicos de lluvia requeridos sobre las áreas agrícolas del altiplano dentro de cada uno de los DDRs (Figura 1).

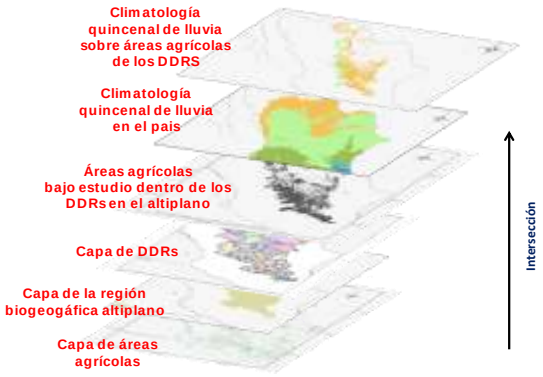


Figura 1. Intersección de capas de información para la obtención de los calendarios agroclimatológicos de la región bajo estudio.

Adicionalmente, por medio de un procesamiento en Model Builder en ArcGIS, con la herramienta de estadística zonal, se obtuvo espacialmente el promedio, el valor máximo y mínimo espacial de la cantidad y días con lluvia para cada uno de los 46 DDRs identificados en el altiplano Mexicano, desde el estado de Chihuahua hasta el estado de Puebla.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los calendarios agroclimáticos propuestos muestran a gran detalle espacial la información en las áreas agrícolas del altiplano. En general, se pueden observar que existe una diferencia, aunque sutil, en el comportamiento climático de las precipitaciones en toda la región. Es de notarse el periodo seco de la segunda quincena de octubre a la última quincena de mayo en gran parte del altiplano. Solamente se presentan algunas características climáticas de latitudes medias (tormentas invernales) en el noroeste y noreste de la región, con periodos de lluvias durante el invierno y en la primavera en el noreste, principalmente. A continuación se analiza y describe el comportamiento general de la lluvia en las quincenas a lo largo del año y sus posibles causas:

i) Las lluvias en la región durante las quincenas de diciembre y enero son escasas y poco frecuentes (0 a 25 mm y menos de 5 días con lluvia), siendo de tipo invernal, es decir, la formación de tormentas invernales en el norte de los DDRs. Este fenómeno lleva humedad en forma de lluvias y en ocasiones dan cabida a la formación de nieve o aguanieve; mientras que más hacia el sur las lluvias se presentan mayormente por la corriente en chorro subtropical que junto con frentes fríos permiten la formación de nubes que precipitan en forma de una franja extensiva de lluvias continuas en dirección suroeste a noreste debido a los vientos contraalisios. Por otro lado, en los DDRs ubicados más hacia el este pueden presentarse lluvias por influencia de humedad del Golfo de México y los frentes fríos o "nortes".

ii) Durante las quincenas de febrero, los patrones atmosféricos empiezan a cambiar hacia la "primavera Mexicana", caracterizada por la frecuencia de un tiempo atmosférico seco y ventoso. El aumento en las temperaturas del centro-sur empieza a generar un gradiente

importante de presión atmosférica alta contra el norte que todavía se encuentra en la fase invernal, esto crea un fuerte flujo de los contraalisios (Arias, 1942). El clima en el mes es por lo general mayormente despejado con lluvias menores a 25 mm y días con lluvia menores a 5.

iii) El clima en la región en las quincenas de marzo se caracteriza por patrones de alta presión en el centro-sur y algunos fenómenos de bajas presiones en el norte de la región, lo cual genera un fuerte gradiente de presión (contraalisios de tiempo ventoso). Sin embargo, en este mes al continuar el aumento en las temperaturas, especialmente en el centro-sur, llegan a ocurrir lluvias esporádicas al presentarse frentes fríos o "nortes" que chocan con las masas de aire caliente (no como norma, ya que en ocasiones las condiciones en las capas altas de la atmósfera no lo permiten). Esto ocurre con más frecuencia en el extremo noreste, este y sureste de la región que se haya más afectada por dichos frentes (Gómez-Ramírez y Reséndiz-Espinoza, 2000). La precipitación al igual que las quincenas anteriores se mantiene menor a 25 mm con días de lluvia menores a 5.

iv) Durante las quincenas de abril y mayo, el aumento de las lluvias (de hasta 50mm y días con lluvia ligeramente superior a 5) en la parte centro-sur es debida a un cambio del patrón atmosférico al llegar su máximo térmico (más altas temperaturas), lo cual ocasiona un fuerte ascenso de masas de aire caliente para producir chubascos e incluso tormentas aisladas, además de la llegada de humedad del sureste del país (inicio de la formación de ondas del este (ondas tropicales)). Entretanto, en el norte continúa la transición primaveral con un alza en las temperaturas, ambiente seco y ventoso debido a los contraalisios, y solo con algunas precipitaciones ocasionadas por frentes fríos, en especial sobre el noreste de la región donde se pueden presentar fuertes lluvias.

v) Durante las quincenas de junio, inicia el verano boreal, se considera como el comienzo del temporal de lluvias en extensas zonas en el centro y sur de la región (lluvias de iguales o cercadas a los 100 mm y días con lluvia entre 5 y 10), aunque en porciones del norte continúa el ambiente seco y con poca lluvia (menores a 50 mm y días con lluvia iguales o menores a 5), así como el alcance del máximo térmico (Capel-Molina, 2000).

vi) Durante la primer quincena de julio (Figuras 2 y 3), el temporal de lluvias es muy generalizado en la región (lluvias iguales o por arriba de los 100 mm y días con lluvia de alrededor de 10 y mayores), a excepción del noreste donde es menor la precipitación (menores a 50 mm y días con lluvia menor a 5). Las masas de aire húmedo del este y del Pacífico (ondas tropicales, tormentas tropicales y huracanes) presentan su influencia de forma más continua en el centro-sur de la región, y del mismo modo en su región noroeste comienza el llamado "monzón de Norteamérica" (Adams & Comrie, 1997).

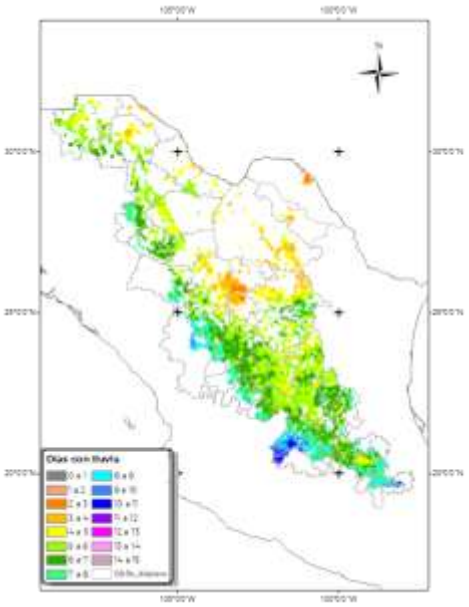


Figura 2. Climatología (1981-2010) de días con lluvia en zonas agrícolas del altiplano durante la primera quincena de julio (calendario agroclimático de días con lluvia para dicha quincena).

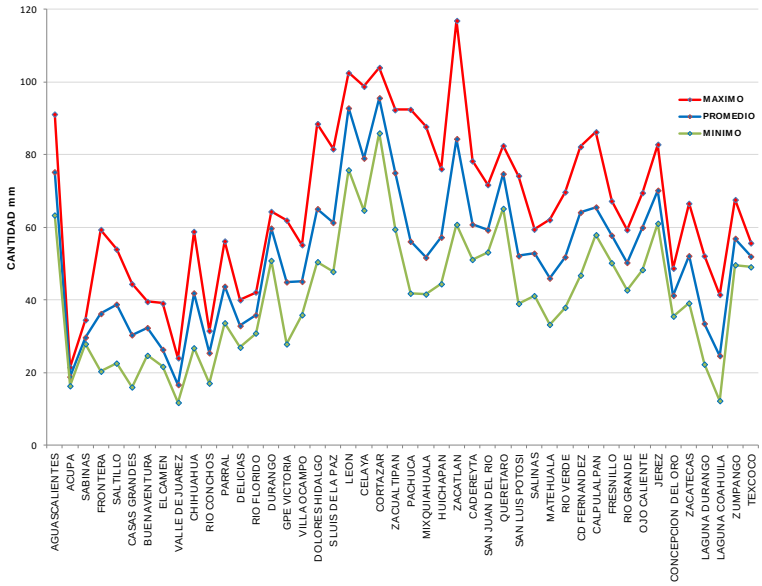


Figura 3. Climatología (1981-2010) de cantidad de lluvia en zonas agrícolas de los DDRs del altiplano durante la primera quincena de julio (calendario agroclimático de la cantidad de lluvia para dicha quincena).

vii) En la segunda quincena de julio y la primera quincena de agosto existe la influencia de la "canícula" en gran parte de la región (lluvias menores o cernadas a los 100 mm y días con lluvia menores o cercanas a 10), aunque se detecta una menor influencia del fenómeno en el noroeste de la región por la permanencia del monzón de Norteamérica.

viii) En las quincenas de septiembre, los patrones atmosféricos dan paso a las altas presiones provocados por el inicio de los frentes fríos ("nortes") en el país, al caracterizarse la región norte con días más despejados y un ligero descenso en las temperaturas en las zonas más altas, mientras que en el centro-sur se presenta todavía un patrón de lluvias ocasionadas por ondas del este y que en ocasiones en conjunción con estos frentes fríos, ocasiona días lluviosos (lluvias de más de 100 mm y días con lluvia de 10 e incluso mayores).

ix) Durante las quincenas de octubre y noviembre, aumentan la frecuencia de frentes fríos que en ocasiones interactúan con fenómenos tropicales (ondas del este) que dan paso algunas lluvias pero generalmente de menor intensidad (lluvias menores a 50 mm y días con lluvia de alrededor de 5 y menores). Cabe mencionar que empieza a presentarse algunas heladas en áreas propensas (mesetas y valles altos), en especial en las mañanas durante días despejados y afectados por las masas de aire frío (frentes fríos o "nortes").

CONCLUSIONES

Los calendarios agroclimáticos quincenales son una herramienta más que se pone a disposición de productores o usuarios del sector agrícola. No obstante, los calendarios agroclimáticos no deben de tomarse estrictamente como un pronóstico climático quincenal, y más bien debe de ser solo un referente de las condiciones promedio de lluvia en las más recientes décadas. Para ello, se sugiere consultar los pronósticos quincenales dinámicos, *e.g.*, modelos geofísicos, o los modelos de años análogos para obtener una mejor perspectiva de las condiciones de lluvia para un ciclo en el que se pretende establecer algún cultivo de interés. En el año 2022 es posible la liberación de los datos históricos diarios hasta el 31 de diciembre de 2020, para la elaboración de las nuevas climatologías 1990-2020. Sin embargo, la fecha depende del tiempo que tomará la exhaustiva revisión de la base de datos origen (estaciones hidrotermopluviométricas del SMN), lo anterior para evitar aberraciones o sesgos en la información en el post-procesamiento de la nueva base de datos climáticas en forma de malla como la presentada en este trabajo. Finalmente, como parte del compromiso de este trabajo, si algún usuario requiere la base de datos de las climatologías quincenales a gran detalle en formato de los SIG, no dude en solicitarla al autor o cualquier co-autor de la presente publicación, quienes desarrollaron los algoritmos necesarios para su uso en los SIG.

REFERENCIAS

Adams, D. K., & Comrie, A. C. (1997) The North American monsoon. Bull. Amer. Meteor. Soc., 78, 2197–2213.

Arias, A. (1942). Influencias del clima y del suelo en la Agricultura de la República Mexicana. Investigación Económica, 2(2), 137-156.

Capel-Molina, J-J. (2000) Características y ritmo anual de la temperatura en los Estados Unidos Mexicanos. Revista de Geografía 81-102.

Gómez-Ramírez, M. & Reséndiz-Espinosa, I.N. (2002) Seguimiento de nortes en el litoral del Golfo de México en la temporada 1999–2000. Revista Geográfica 131:5–19

Granados-Ramírez, R., Reyna-Trujillo, T., Gómez-Rodríguez, G., & Soria-Ruiz, J. (2004) Analysis of NOAA-AVHRR-NDVI images for crops monitoring, International Journal of Remote Sensing, 25:9, 1615-1627.

Laux, P., Nguyen, N. B. P., Cullmann, J., & Kunstmann, H. (2017) Impacts of land-use/land-cover change and climate change on the regional climate in the Central Vietnam. A. Nauditt, L. Ribbe (Eds.), Land use and climate change interactions in Central

Vietnam. Water Resources Development and Management, Springer, Singapore (2017), pp. 143-151.

Livneh, B. (2013) A Long-Term Hydrologically Based Dataset of Land Surface Fluxes and States for the Conterminous United States: Update and Extensions*. Journal of Climate 26, 9384–9392.

Livneh, B., T.J., Bohn, D.S., Pierce, F., Munoz-Ariola, B., Nijssen, D., Cayan, R., Vose, & L.D., Brekki (2015) Development of a spatially comprehensive, daily hydrometeorological data set for Mexico, the conterminous U.S., and southern Canada: 1950-2013, Nature Scientific Data, 2, 150042,doi:10.1038/sdata.2015.42.

Morrone, J.J. (2005). Hacia una síntesis biogeográfica de México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 76(2):207-252.

Sturaro, G. A. (2003) closer look at the climatological discontinuities present in the NCEP/NCAR reanalysis temperature due to the introduction of satellite data. Climate Dynamics 21, 309–316.

Xia, Y. *et al.* (2012) Continental-scale water and energy flux analysis and validation for the North American Land Data Assimilation System Project Phase 2 (NLDAS-2), part 1: intercomparison and application of model products. Journal of Geophysical Research 117.

Zhu, C. & Lettenmaier, D. P. (2007) Long-term climate and derived surface hydrology and energy flux data for Mexico: 1925-2004. Journal of Climate 20, 1936–1946.

CALIDAD FÍSICA Y CONTENIDO DE PROTEÍNA DE SEMILLA DE CEBADA EN DIFERENTES FECHAS DE SIEMBRA

PHYSICAL QUALITY AND PROTEIN CONTENT OF BARLEY SEEDS ON DIFFERENT PLANTING DATES

Miguel Angel Avila Perches[1*], Ramón Huerta Zurita[1], Alfredo Josué Gámez Vázquez[1], Mauro Refugio Zamora Díaz[2], Francisco Paúl Gámez Vázquez[1].

[1]INIFAP, Campo Experimental Bajío, km 6.5 de la carretera Celaya-San Miguel de Allende, C. P. 38010, Roque, Celaya, Gto. [2]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**

RESUMEN

Se estudiaron cinco fechas de siembra y en cada una se evaluaron 16 variedades, en condiciones de riego en Roque, Celaya, Guanajuato. Los resultados indican que el mayor rendimiento de semilla y peso volumétrico se obtuvo en los ensayos sembrados del 15 de noviembre al 15 de diciembre, además se observó que conforme se retrasó el establecimiento del cultivo, hubo una disminución del peso de mil semillas. Por último es importante resaltar que el 15 de enero, se presentó el mayor porcentaje de proteína.

ABSTRACT

Sixteen malting barley varieties were evaluated on five sowing dates. The experiment was carried out under irrigation conditions in Roque, Celaya, Guanajuato. Results indicate that the highest seed yield and test weight were obtained in trials sown in the period November 15 to December 15. It was also observed that as long as the establishment of the crop was delayed, there was a decrease in the thousand kernel weight. Finally, it is important to mention that barley seeds harvested from the last planting date evaluated (January 15) showed the highest protein content.

INTRODUCCIÓN

En nuestro país la cebada es sexto cultivo más importantes, en 2020 se cosecharon alrededor de 284,000 ha y se obtuvieron cerca de 839,000 t, que se establecen en dos épocas. En el ciclo primavera-verano en temporal, principalmente en los estados de Hidalgo, Tlaxcala, México y Puebla, se cultivaron cerca de 223,000 ha y se cosechó el 59.6 % de la producción nacional, mientras que en otoño-invierno, primordialmente en Guanajuato, Querétaro, Michoacán y Jalisco, se sembraron alrededor de 61,000 ha en riego y se obtuvo el 40.4 % del volumen nacional. En Guanajuato se cosecha más del 30 % de la producción nacional y es la principal entidad para la producción de este cereal (SIAP, 2021).

Alrededor del 81 % de la producción total de cebada en México se destina a la industria para su transformación a malta, principal insumo que demandan los grupos cerveceros, mientras que el 18 % se utiliza en la alimentación animal. Hasta hace pocos años, en nuestro país, se realizaba la producción de malta para cerveza, con cebada de seis hileras en la espiga, porque la investigación en mejoramiento genético las hicieron aptas a muchas regiones con distintas condiciones climáticas y a resistencia de plagas y enfermedades y además posee un alto potencial enzimático. No obstante en Estados Unidos, Canadá y Europa, es preferida la cebada de dos hileras para fabricar una mejor cerveza, esto, porque presentan granos más gruesos y uniformes y una cáscara más fina que la cebada de seis hileras. Diferentes prácticas de manejo agronómico pueden tener efecto en el contenido de proteína del grano, de tal modo que si este es muy elevado no es apropiado para la fabricación de malta para cerveza (Navarrete, 2015).

La fecha de siembra es una de las decisiones más importantes que el productor debe tomar en cada inicio del ciclo agrícola, sobre todo cuando se trata de producción de semilla, por lo que deberá considerar diversos factores que afectan directa e indirectamente el potencial de rendimiento de la variedad que vaya a utilizar (Noriega *et al*., 2019). 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 antesis y llenado de grano, es decir, los efectos causados por la presencia de altas temperaturas o heladas (Pérez, 2014). 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 5 fechas de siembra en el rendimiento, calidad física y contenido de proteína de semilla de 16 genotipos de cebada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se efectuó en condiciones de riego en el ciclo otoño-invierno de 2019-2020, en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) localizado 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 realizaron cinco fechas de siembra: 15 y 30 de noviembre (FS1 y FS2 respectivamente), 15 y 30 de diciembre (FS3 y FS4 respectivamente) de 2019 y 15 de enero (FS5) de 2020, en cada una se evaluaron 16 genotipos de cebada (Cuadro 1).

Cuadro 1.Genotipos de cebada evaluados en cinco fechas de siembra.

Genotipo	Número de hileras en la espiga	Origen
Adabella	Seis	INIFAP
Alina	Seis	INIFAP
Esmeralda	Seis	INIFAP
Esperanza	Seis	INIFAP
Josefa	Seis	ICAMEX[1]
Estelar	Seis	INIFAP
W103	Seis	INIFAP
W106	Seis	INIFAP
Guanajuato	Dos	INIFAP
W104	Dos	INIFAP

W105	Dos	INIFAP
Brennus	Dos	Francia
Explorer	Dos	Francia
Metcalfe	Dos	Canadá
Prunella	Dos	Francia
Voyager	Dos	USA

[1]ICAMEX: Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México.

Los genotipos en cada fecha de siembra (FS) se manejaron bajo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. La densidad de siembra fue de 100 kg de semilla por ha. La parcela experimental fue de cuatro surcos de 3 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 fueron los dos surcos centrales de 3 m. Se aplicó la fórmula de fertilización, 180-60-00 y se incorporó todo el fertilizante en la siembra. Se efectuó un riego después de la siembra para promover la germinación de semilla y emergencia de la plántula, posteriormente, se realizaron tres riegos de auxilio a los 40, 65 y 85 días. El resto del manejo agronómico se realizó de acuerdo a las recomendaciones del INIFAP para la región.

Se determinaron las siguientes variables: Rendimiento de semilla (RS), peso volumétrico (PV) y de mil semillas (PMS), así como porcentaje de proteína de semilla (PPS). Se realizaron análisis estadísticos individuales de cada fecha de siembra y combinados, se utilizó el programa SAS. La comparación de promedios se hizo con la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad. Además se efectuó un análisis de correlación de Pearson.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron diferencias significativas en todas las fuentes de variación de los cuatro 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 15 %, lo cual se considera aceptable y es indicativo

de la confiabilidad de los resultados (Cuadro 2). El Cuadro 3 muestra el contenido de proteína.

Cuadro 2. Cuadrados medios de los análisis de varianza de cuatro caracteres de 16 genotipos de cebada evaluados en cinco fechas de siembra.

Fuente de variación	Rendimiento de semilla	Peso volumétrico	Peso de mil semillas	Porcentaje de proteína de semilla
G[1]	8943139.1**	54.2**	134.2**	11.2**
FS[2]	18288599.6**	508.0**	290.1**	19.2**
G X FS	1256048.9 NS[4]	11.5**	18.6**	1.3 NS
C. V.[3] (%)	14.1	2.9	3.9	7.6

[1]G: Genotipo.

[2]FS: Fecha de siembra.

[3]C. V.: Coeficiente de variación.

[2]N. S.: No significativo.

* y **: Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Cuadro 3. Rendimiento de semilla, calidad física y contenido de proteína de 16 genotipos de cebada evaluados en cinco fechas de siembra

Factor de estudio	Rendimiento de semilla (kg ha^{-1})	Peso volumétrico (kg hL^{-1})	Peso de mil semillas (g)	Porcentaje de proteína de semilla
Fecha de siembra				
15 noviembre	6,112.9	67.4	46.2	11.1
30 noviembre	6,704.7	68.7	44.5	10.5
15 diciembre	6,570.4	66.6	43.6	11.3
30 diciembre	5,995.00	66.5	42.0	10.8
15 enero	5,137.7	60.3	39.7	12.2
DMS[1]	606.4	0.7	0.6	0.3
Genotipo				
Alina	7,696.0	67.8	43.6	10.8
W106	7,031.3	67.5	42.4	10.7
Prunella	6,973.3	66.2	45.5	9.9
W103	6,682.0	67.0	43.6	11.0
Esperanza	6,529.7	63.7	42.2	10.9

Explorer	6,437.0	65.1	44.9	10.3
Josefa	6,187.0	63.5	39.2	11.1
Guanajuato	6,154.3	67.6	45.1	11.3
Metcalfe	5,876.7	67.2	42.2	11.5
Voyager	5,843.0	66.0	43.7	11.0
Brennus	5,813.7	65.2	44.5	10.7
Estelar	5,785.0	66.1	43.8	10.4
Esmeralda	5,449.0	63.8	38.8	11.7
Adabella	5,308.3	62.0	36.6	11.6
W104	5,201.0	68.9	47.7	13.2
W105	4,699.0	67.1	47.5	12.8
DMS	603.41	1.4	1.2	0.6

[1]DMS: Diferencia mínima significativa

El mayor RS se observó en la fecha de siembra (FS) del 30 de noviembre y 15 de diciembre con 6,704.7 y 6,570.4 kg ha^{-1} respectivamente. Es importante señalar que los menores valores se presentaron en la FS 4 y 5 (30 de diciembre y 15 de enero), el más alto RS en las FS establecidas al final del otoño también fue reportado por Pérez (2014). El más alto PV se obtuvo en la FS2, además conforme se retrasó la FS disminuyó el PMS, en este aspecto Noriega *et al*. (2019) mencionan que el ambiente de producción tiene efecto en la calidad física de la semilla, ya que ambientes favorables propician mayor peso de la misma.

Es importante destacar que en la fecha de siembra del 15 de enero se observo el mayor contenido de proteína (Cuadro 3). En RS, en promedio de las cinco fechas de siembra, Alina y W106 presentaron los valores más altos con 7,996.0 y 7,031.3 kg ha^{-1} respectivamente. Estos mismos genotipos sobresalen en PV con un valor superior a 67 kg hL^{-1} y presentaron un contenido de proteína inferior al 11 %. Además, cabe resaltar que en promedio las variedades de dos hileras en la espiga presentaron mayor valor en el PMS.

CONCLUSIONES

-El mayor rendimiento de semilla se presentó en las fechas de siembra establecidas al finalizar el otoño.

-Conforme se retraso la fecha de siembra, disminuyó el peso de mil semillas.

-En la fecha de siembra más tardía (15 de enero) se observó el mayor contenido de proteína de la semilla.

-Los genotipos de seis hileras en la espiga, Alina y W106 sobresalieron por su alto rendimiento y peso volumétrico de semilla, así como por su menor contenido de proteína.

REFERENCIAS

Alam, M. Z., S. A. Haider, 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.

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.

Noriega, C. M. A., F. Cervantes O., E. Solís M., E. Andrio E., J. A. Rangel L., G. Rodríguez P., M. Mendoza E., J. G. García R. 2019. Efecto de la fecha de siembra sobre la calidad de semilla de trigo en El Bajío, México. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 42 (4): 375 – 384.

Pérez R. J. A. 2014. Rendimiento de grano, fenología y calidad de semilla en genotipos de cebada maltera. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2021. Consultado en:

www.siap.gob.mx

CALIDAD Y RENDIMIENTO DE FLOR JUNIO LEÓN EN DOS SISTEMAS DE SIEMBRA BAJO TEMPORAL

[1]Cid- Ríos J. A; [2]Aranda-Lara U.; [1]Reveles-Hernández M.; [1]Ramírez-Cabral N. Y. Z. y [1]Sanchez-Gutierrez R. A.

[1]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 82320. [2]Campo Experimental Rio Bravo Tamaulipas INIFAP. Carretera Matamoros-Reynosa km 61. Autor para correspondencia: cid.angel@inifap.gob.mx

Resumen

En la actualidad es necesario implementar nuevas innovaciones o tecnologías bajo condiciones de temporal para incrementar la productividad del frijol. El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento de la variedad de frijol Flor de Junio León en altas densidades bajo condiciones de temporal. Se utilizó un diseño de arreglo en fajas con sub muestreos completamente al azar, donde se evaluó el rendimiento de frijol en una hilera de siembra 0.76 m y en camas de 1.52 m tres hileras. Donde se aplicó la fertilización inorgánica 30-50-00 en ambos sistemas de siembra. No se encontraron diferencias significativas de la variedad para peso de cien semillas, rendimiento y biomasa total, sin embargo, en la comparación de medias mostró una superioridad la siembra de tres hileras en las variables evaluadas. Es recomendable seguir evaluando la variedad bajo temporal en los sistemas de siembra, en años y con lluvias mejor distribuidas, para seleccionar el mejor sistema de siembra.

Palabras clave: sequia, frijol, sistema de siembra y rendimiento

Abstract

At present, it is necessary to implement new innovations or technologies under storm conditions to increase bean productivity. The objective of this work was to evaluate the performance of the bean variety Flor de Junio León at high densities under rainfed conditions. A strip arrangement design with completely random sub-samplings was used, where bean yield was evaluated in a row of sowing 0.76 m and in beds of 1.52 m three rows. Where inorganic fertilization 30-50-00 was applied in both sowing systems. No significant differences were found in the variety for the weight of one hundred seeds, yield and total

biomass, however, in the comparison of means, the sowing of three rows showed a superiority in the variables evaluated. It is advisable to continue evaluating the low season variety in the sowing systems, in years and with better distributed rains, to select the best sowing system

KEYWORDS: drought, bean, seeding system and yield

INTRODUCCIÓN

El frijol es una de las leguminosas más importantes ya que juega un papel importante en la alimentación de los mexicanos. Para el año 2020, la superficie sembrada de frijol a nivel nacional fue de 1,711,962.51 hectáreas, donde la mayor superficie establecida fue en el estado de Zacatecas con 660,566.50, seguida por Durango con 242,194.70, San Luis Potosí con 128,343.34, Chiapas con 115,168.56 y Chihuahua con 105,065.0, las restantes 460,624.41 hectáreas fueron sembradas en los otros 27 estados de la república; sin embargo, es importante señalar que ese año se siniestraron un total de 144,623.09 hectáreas (SIAP, 2020).

En la actualidad es necesario implementar nuevas innovaciones o tecnologías bajo condiciones de temporal para incrementar la productividad del frijol. Así mismo existen varios factores que limitan la productividad por señalar algunos; el limitado uso de semillas mejoradas, otro aspecto importante son los factores bióticos y abióticos que limitan la producción de frijol (Acosta *et al.,* 2018). Según Téllez (2007), una alternativa para incrementar el rendimiento bajo condiciones de temporal es la siembra en camas con tres hileras de siembra, en donde se impide el desarrollo de la maleza, se incrementa la densidad de plantas por hectárea y por lo tanto se incrementa el rendimiento de frijol.

Según Osuna *et al.* (2013), la siembra de frijol en camas de tres hileras permite un mejor aprovechamiento del agua de lluvia, y también impide que prospere la maleza e incrementa el rendimiento. En la siembra de camas con tres hileras permite la rápida cubierta vegetal impide la transpiración y mayor aprovechamiento de la humedad Osuna-Ceja *et al.,* 2013. El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento de la variedad de frijol Flor de Junio León en altas densidades bajo condiciones de temporal.

Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en el Campo Experimental Zacatecas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en el kilómetro 24.5 de la carretera Zacatecas-Fresnillo, en el municipio de Calera de Víctor Rosales, cuyas coordenadas y altura son 22°54´31" de latitud norte y 102 ° 39´ 34" de longitud oeste y 2198 metros sobre el nivel del mar.

Se evaluó el rendimiento de frijol de la variedad Flor de Junio León bajo dos sistemas de producción bajo condiciones de temporal; el primero en hilera sencilla establecido en surcos de 0.76 m de ancho; el segundo en camas con tres hileras de siembra de 1.62 m de ancho. La distancia entre plantas para los dos arreglos fue de 10 cm entre plantas equivalente a 131,000 y 195,000 mil plantas por hectárea para los dos tratamientos evaluados.

Se utilizó un diseño de arreglo en fajas con sub muestreos completamente al azar, donde la unidad experimental para el primer sistema fueron cinco metros de longitud por 0.76 m de ancho de dos surcos de siembra y para el segundo sistema consto de tres metros de longitud en camas de 1.62 m de ancho. En los primeros catorce días del mes de julio del 2020 se presentaron 60 mm mismos que se aprovecharon para realizar la siembra el día 19 de julio. Para el mantenimiento del cultivo se realizó una escarda a los 15 quince días después de la siembra en donde se aplicó el fertilizante inorgánico con la dosis 30-50-00 de nitrógeno, fósforo y potasio por hectárea, la segunda escarda fue realizada a los 35 días después de la siembra. Se realizaron dos deshierbes manuales. Al llegar a la madurez fisiológica de la variedad se obtuvieron cinco muestras completamente al azar en cada sistema de siembra; las muestras se desgranaron manualmente y se determinó el peso de cien semillas, el rendimiento por hectárea.

Resultados y Discusión

Durante el desarrollo del cultivo se presentaron 302 mm de los cuales 170.1 mm se presentaron a los quince días después de la siembra (DDS), 64 mm a los 35 (DDS), en floración se presentaron 77 mm, sin embargo, en llenado de grano no se presentaron eventos de precipitación. En el Cuadro 1. Se presentan las comparaciones de medias para los parámetros evaluados en el estudio, para el peso de cien semillas resulto estáticamente igual, se puede apreciar que existe un ligero peso superior en tres hileras en la semilla.

El rendimiento de grano por hectárea resulto ser estadísticamente igual en los sistemas de siembra, sin embargo, se puede observar que existe una tendencia en altas densidad (tres hileras de plantas), a mayor producción donde mostró 1500 kg ha^{-1}, comparado con una hilera presenta solo un ocho por ciento de incremento en la producción, así mismo para la biomasa total existe la tendencia de mayor biomasa en altas densidad. No se encontró una tendencia contundente sobre la respuesta de la variedad en los sistemas de siembra por la sequía severa desde la etapa de floración, sin embargo, el comportamiento se atribuye a lo señalado por Romero-Félix *et al*. (2019), señala que la sequía en la etapa de floración puede reducir hasta un 45 % las estructuras morfológicas y fisiológicos de las variedades de frijol, así como sus componentes de rendimiento.

Cuadro 1. Comparación de medias por el método DMS, al nivel de significancia 0.05, para las variables de estudio de la variedad Flor de Junio León en los dos sistemas de siembra bajo condiciones de temporal, en Calera Zacatecas.

Sistema de Siembra	Peso de 100 semillas (g)	Peso de grano (kg ha^{-1})	Biomasa Total (kg ha^{-1})
Una hilera (0.76 m)	20.83 NS	1.263 NS	1. 157 NS
Tres hileras (1.52 cm)	27.50 NS	1.500 NS	1. 298 NS

Conclusiones

Es necesario realizar la evaluación de la variedad en los sistemas de siembra en fechas de siembra más tempranas, localidades y en años, para verificar el rendimiento de la variedad y seleccionar en cual sistema se obtiene mayor rendimiento.

Literatura Citada

Acosta G. J. A., Jiménez H. Y., Anaya L. J. L., Montero T. V. y Guerrero A. B. Z. 2018. Variedades de frijol y producción de semilla en Guanajuato. Folleto Técnico Núm. 2. Campo Experimental Bajío. CIRCINIFAP. 32 p

Osuna C., E. S.; Reyes M., L.; Martinez G., M. A.; Acosta G., J. A. y Arellano A., S. 2013. Siembra de frijol en camas a tres, cuatro y seis hileras en Aguascalientes. Centro de Investigación Regional Norte-Centro. Capo Experimental Zacatecas. Desplegable para productores Núm. 46

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. 7:51-56

Romero-Feliz C. S.; López-Castañeda C.; kohashi-Shibata J.; Miranda-Colín S.; Aguilar-Rincón V. H. y Martinez –Rueda G. 2019. Cambio en el rendimiento y sus componentes en frijol bajo riego y sequía. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 10: 351-364

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2020. Anuario estadístico de la producción agrícola. http://siap.gob.mx

Téllez, G. V. M. 2007. Siembra de frijol en camas. Experiencia exitosa en el estado de Guanajuato. Fundación Produce Guanajuato. 6 p.

CARACETRIZACIÓN DE CEPAS DE *Aschersonia* AISLADAS DE MOSCA PRIETA DE LOS CÍTRICOS, *Aleurocanthus woglumi* (Ashby), DEL ESTADO DE TAMAULIPAS

Ángel Ismael Narváez-Rodríguez[1], J. Isabel López-Arroyo[2], Raúl Rodríguez-Guerra[2*], Kenzy Ivveth Peña-Carrillo[2], Ricardo Álvarez-Ramos[3]

[1]Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. Av. Pedro de Alba y Manuel L. Barragán S/N, Ciudad Universitaria, C.P. 66450 San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.
[2]Campo Experimental General Terán, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 31 Carretera Montemorelos-China, C.P. 67400, General Terán, Nuevo León, México.
[3]Secretaría de Desarrollo Rural, Gob. del Estado de Tamaulipas. Centro de Oficinas Gubernamentales, C.P. 87083, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México

Autor de correspondencia: rodríguez.raul@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue caracterizar el crecimiento, y la forma y tipo de germinación de conidios de cepas monospóricas obtenidas a partir de estromas del tipo *Aschersonia* colectados en el estado de Tamaulipas, México. Además, se realizó un análisis de las secuencias reportadas de la subunidad grande (LSU) del nrDNA de cepas previamente colectadas en México, para determinar la posibilidad de definir las especies que se han registrado en el país por diversos autores. Durante 2019 y 2020 se obtuvieron hojas de naranjo infestadas con la mosca prieta de los cítricos *Aleurocanthus woglumi* (Ashby), la cual presentó estromas del tipo *Aschersonia* sobre sus ninfas. Nueve cepas monospóricas fueron obtenidas y de acuerdo con sus características de crecimiento, forma de conidios y tipo de germinación de éstas, cada una se consideró un morfotipo diferente. Tres cepas producen conidios tipo ventricosos y las restantes tipo fusoides; una cepa sobresale por su rápido crecimiento, cinco de crecimiento moderado y tres son de lento crecimiento. Las secuencias reportadas previamente de cepas de origen en el país fueron claramente separadas en especies distintas pertenecientes a los estados sexuales *Hypocrella* y *Moelleriella*. El conjunto de características de las nueve cepas hace suponer la presencia de al menos tres especies de hongos con estromas tipo *Aschersonia* atacando mosca prieta de los cítricos en la citricultura de Tamaulipas, México.

ABSTRACT

The objective of this research was to characterize growth, shape and type of germination of conidia of monosporic strains obtained from *Aschersonia*-type stromata collected in the state of Tamaulipas, Mexico. In addition, we performed an analysis of the sequences of the large subunit (LSU) of the nrDNA of strains previously collected in the country, the goal was to explore the possibility of defining the species that have been registered in Mexico by various authors. During 2019 and 2020, we obtained orange leaves infested with the citrus blackfly *Aleurocanthus woglumi* (Ashby), which presented stromata of the *Aschersonia* type on its nymphs. Nine monosporic strains were obtained and according to characteristics of growth, conidia shape and germination type, each one was considered as a different morphotype. Three strains produced ventricose-type conidia and the remaining fusoid-type; one strain stands out for its rapid growth, in five it was moderate and three were slow-growing.

Previously reported sequences of Mexican *Aschersonia* strains were clearly separated into different species belonging to the *Hypocrella* and *Moelleriella* sexual stage. The set of characteristics of the nine strains suggests occurrence of at least three different species with *Aschersonia*-like stromata attacking citrus blackfly in the citriculture of Tamaulipas, Mexico.

INTRODUCCIÓN

El hongo anomórfico (asexual) *Aschersonia* es un entomopatógeno de hemípteros (Coccidae, Lecaniidae y Aleyrodidae) ampliamente distribuido en áreas tropicales y subtropicales, caracterizado por formar picnidios de colores brillantes en un estroma cuyos conidios son fusoides y hialinos (Chaverri *et al*., 2008). En el sentido estricto, el estado teleomórfico (sexual) de *Aschersonia* corresponde al ascomiceto *Hypocrella*; sin embargo, estructuras asexuales semejantes a *Aschersonia* también ocurren en dos géneros de ascomicetos cuyos estados teleomórficos corresponden a *Moelleriella* y *Samuelsia* de acuerdo con Chaverri *et al*. (2008), quienes han reportado la ocurrencia en México de 6 y 4 especies de *Moelleriella* e *Hypocrella* respectivamente. Estos autores también muestran que las especies registradas en México pueden ser diferenciadas discretamente mediante el análisis de la subunidad grande (LSU) del ADN ribosomal nuclear (nrDNA). El estado anomórfico *Aschersonia* se ha encontrado en varios estados del país que incluyen a Colima, Nayarit (Gottwald, 1981), Quintana Roo (Gottwald, 1981; Torres-Barragán *et al*., 2004), San Luis Potosí (Gottwald, 1981), Tabasco (Villado, 2006) y Tamaulipas (Castrillo y Wheeler, 2017). De acuerdo con la revisión de Chaverri *et al*. (2008) de hongos que producen anomorfos similares a *Aschersonia*, especies de *Hypocrella* y *Moelleriella* han sido reportados de los estados de Chiapas, Guerreo y Veracruz. Especies nuevas con estado anomórfico de *Aschersonia* han sido reportadas en la última década (Qiu *et al*., 2010; Mongkolsamrit *et al*., 2011, 2014; Qiu *et al*., 2011; Chen *et al*., 2020), sin embargo, se desconoce la ocurrencia y estudios amplios de especies de este género anomórfico en gran parte de México. Durante 2019 y 2020 se colectaron hojas de naranjo infestadas con mosca prieta de los cítricos, *Aleurocanthus woglumi* (Ashby) (Hemiptera: Aleyrodidae), del estado de Tamaulipas, que presentaron estromas del tipo *Aschersonia* sobre sus ninfas. Las primeras observaciones de los conidios presentes en los estromas mostraron que estos varían en su forma y concuerdan con algunas morfologías descritas por Liu *et al*., (2006). El objetivo de esta investigación fue caracterizar el crecimiento de colonias, y forma y tipo de germinación de conidios de cepas monospóricas obtenidas a partir de estromas del tipo *Aschersonia* colectados en el estado de Tamaulipas, México. Además, se realizó un análisis de las secuencias reportadas de la LSU del nrDNA de cepas colectadas en México, para explorar la posibilidad de definir las especies que se han registrado en el país por diversos autores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de cepas. Durante diciembre de 2019 y 2020, se colectaron muestras de hojas de naranja Valencia infestadas de mosca prieta de los cítricos con presencia de estromas de un hongo que se identificó como perteneciente al género *Aschersonia*, de acuerdo con las claves de Barnett y Hunter (1998). A partir de las muestras colectadas de ambos años se realizaron cortes a los estromas para determinar la presencia de ascas y ascosporas. También se obtuvieron suspensiones de conidios de estromas individuales y se dispersaron en el medio papa dextros agar (PDA) acidificado (200 µL de ácido láctico L^{-1}, agregado antes de vaciar en cajas Petri). Después de 24-48 horas se transfirieron conidios germinados a nuevas cajas conteniendo PDA para desarrollar cepas monospóricas.

Crecimiento y morfología de cepas. Las cepas fueron caracterizadas en cuanto a su crecimiento radial en dos experimentos, en el primero se evaluaron ocho cepas y se utilizaron los medios de cultivo papa dextrosa agar (PDA) y suero de leche (SdL). En el segundo se evaluaron nueve cepas y se utilizaron los medios PDA e infusión de camote agar (200 gr de camote en trozos, hervidos por 30 minutos en un litro de agua y 15 gr de agar, aforado a 1 L para su esterilización. Cada cepa se inoculó con un fragmento de colonia de 0.8 cm de diámetro en el centro de cajas Petri conteniendo los medios de cultivo, y se incubaron a 26 °C por 10 y 14 días en el primero y segundo experimento, respectivamente. Se registró el crecimiento radial; los datos de crecimiento de cada experimento se sometieron a un análisis de varianza completamente al azar con dos factores (cepa y medio de cultivo) y comparación de medias (Tukey; p= 0.05) entre tratamientos, con el Programa de Diseños Experimentales ver. 1.6, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, 2015).

La caracterización morfológica de las cepas se realizó en el medio PDA de ambos experimentos, y se basó en el tamaño de las colonias, en la apariencia del crecimiento micelial y en la formación, color y distribución de las masas de conidios. Cepas que mostraron un conjunto único de estas características y diferente a otras cepas se consideraron morfotipos distintos.

Germinación de conidios. A partir de colonias crecidas en PDA y de 15 días de crecidas, se obtuvo un fragmento con masas de conidios de cada cepa y se transfirió al centro de cajas Petri con medio PDA; en seguida se agregó 20 µL de agua estéril sobre el fragmento y se confirmó la presencia de conidios bajo microscopio compuesto. Con una espátula drigalsky se realizó una dispersión de los conidios por la caja Petri y a las 24 h se registró fotográficamente (cámara digital Canon ELPH180) los conidios germinados de cada cepa.

Análisis de la subunidad grande del DNA ribosomal nuclear. Se descargaron del NCBI secuencias de la subunidad grande (LSU) del DNA ribosomal nuclear (nrDNA) de cepas colectadas en México, y consideradas en los estudios de Chaverri *et al*. (2008), Liu *et al*. (2006) y Chaverri *et al*. (2005). Con las secuencias se realizó un análisis filogenético para determinar la relación entre ellas y poder establecer si es posible usar la LSU en estudios posteriores para identificar el nivel de especie las cepas aisladas en esta investigación. Para el análisis se utilizó el método de Máxima verosimilitud en el servidor en línea IQ-tree versión 1.6.12 (Trifinopoulos *et al*. 2016, http://iqtree.cibiv.univie.ac.at/) y el modelo TN+F+I inferido con la función Model Finder (Kalyaanamoorthy *et al*. 2017). El soporte de cada nodo se obtuvo con una aproximación ultrafast bootstrap (Hoang *et al*. 2018) de 1000 réplicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los estromas presentes sobre ninfas de *A*. *woglumi* mostraron variación en cuanto a apariencia, color y distribución de las masas de conidios; en la Figura 1 se muestran estromas colectados en 2020. Todos los estromas revisados mostraron la ausencia de ascas que sugiriera la ocurrencia de un estado teleomórfico. A partir de las muestras de 2019 se obtuvieron cuatro cepas monospóricas de tres estromas, mientras que de las muestras del 2020 se obtuvieron cinco cepas monospóricas de igual número de estromas. Cada cepa se mantuvo en activo con transferencias cada 1-2 meses y se conservaron en agua estéril; se mantienen en el Campo Experimental General Terán del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

El crecimiento radial mostró diferencias ($p<0.01$) entre las ocho cepas evaluadas en los medios de cultivo PDA y SdL, y en la interacción entre ambos factores en el primer

experimento (Cuadro 1); mientras que, en el segundo experimento, con las nueve cepas, sólo se encontró diferencia ($p<0.01$) entre cepas y en la interacción de los factores (Cuadro 2). El coeficiente de variación para ambos experimentos fue de 11.7 y 1.16, respectivamente.

Figura 1. Variación de estromas de *Aschersonia* sobre ninfas de *Aleurocanthus woglumi* colectadas en Tamaulipas, México.

Cuadro 1. Promedio del crecimiento radial (mm) de ocho cepas de *Aschersonia*, en los medios de cultivo PDA y SdL y de la interacción de ambos).

	Cepa								
Medio de cultivo	1	2	3	4	5	7	8	9	Promedio
PDA	4.7 ab*	3.5 ab	7.2 cd	8.0 de	7.5 d	12.0 h	4.7 ab	9.2 def	7.1 a
SdL	4.2 ab	3.0 a	8.7 de	8.5 de	9.7 efg	11.5 gh	5.2 bc	11.2 fgh	7.8 b
Promedio	4.5 ab	3.25 a	7.96 c	8.25 c	8.63 c	11.75 e	5.0 b	10.25 d	

*Promedios de cepas (Tukey; $p < 0.05$), medio de cultivo (DMS; $p <0.05$) y de la interacción (Tukey; $p < 0.05$) seguidos con la misma letra no difieren estadísticamente.

Cuadro 2. Promedio del crecimiento radial (mm) de nueve cepas de *Aschersonia*, en los medios de cultivo PDA e ICA y de la interacción de ambos.

	Cepa									
Medio de cultivo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Promedio
PDA	1.2 a*	2.0 ab	4.5 c	5.0c	4.0 c	12.7 e	8.2 d	1.7 a	6.7 d	5.1 a
ICA	1.0 a	1.5 a	4.7 c	3.5 bc	4.2 c	22.7 f	4.2 c	1.00 a	4.2 c	5.2 a
Promedio	1.1 a	1.7 a	4.6 bc	4.2 b	4.1 b	17.7 e	6.2 d	1.4 a	5.5 cd	

*Promedios de cepas (Tukey; $p < 0.05$), medio de cultivo (DMS; $p < 0.05$) y de la interacción (Tukey; $p < 0.05$) seguidos con la misma letra no difieren estadísticamente.

En relación a las características morfológicas, en el medio de PDA utilizado en los dos experimentos en que se midió el crecimiento radial, las nueve cepas mostraron un conjunto de características únicas diferentes entre sí. También, se encontró variación en la forma de conidios y tipo de germinación, las cepas 1, 2 y 8 presentaron conidios ventricosos y su germinación es ecuatorial, formando el tubo germinativo a los lados de éstos, y las restantes presentaron conidios fusoides con germinación polar formando tubos germinativos en uno o ambos extremos del conidio (Figura 2). Por lo anterior las cepas se consideraron morfotipos distintos.

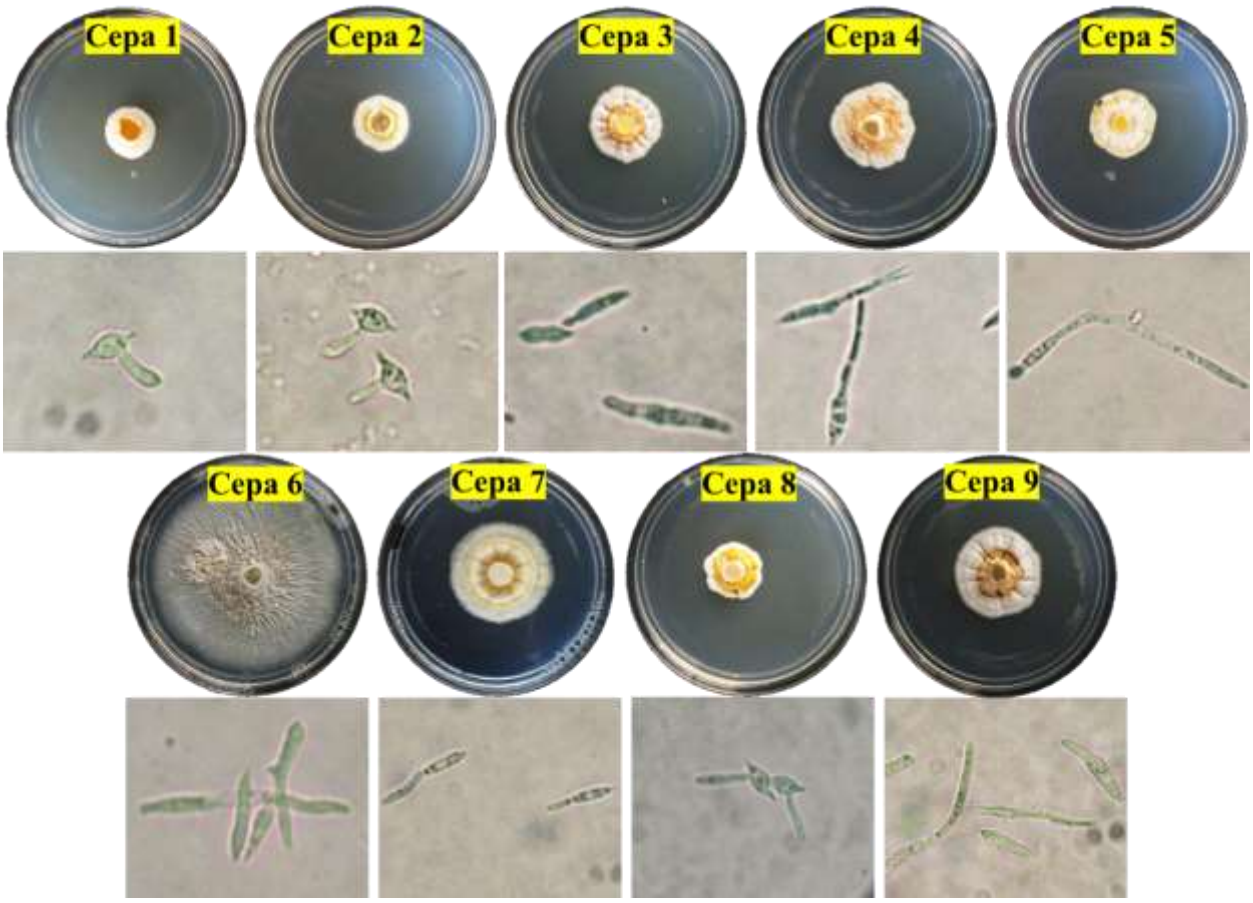


Figura 2. Características morfológicas y de crecimiento de nueve cepas en el medio de cultivo PDA, y forma y tipo de germinación de sus conidios.

El análisis de Máxima Verosimilitud agrupó secuencias pertenecientes a una misma especie, soportando así el uso de la subunidad grande (LSU) del DNA ribosomal nuclear (nrDNA) para la identificación de especies mexicanas de *Aschersonia* (Figura 3). Algunas de las especies de estudio fueron citadas por distintos autores, por lo tanto, los nombres de

las especies corresponden a la clasificación más reciente propuesta por Chaverry *et al*. (2008) para hongos relacionados que forman estromas tipo *Aschersonia*.

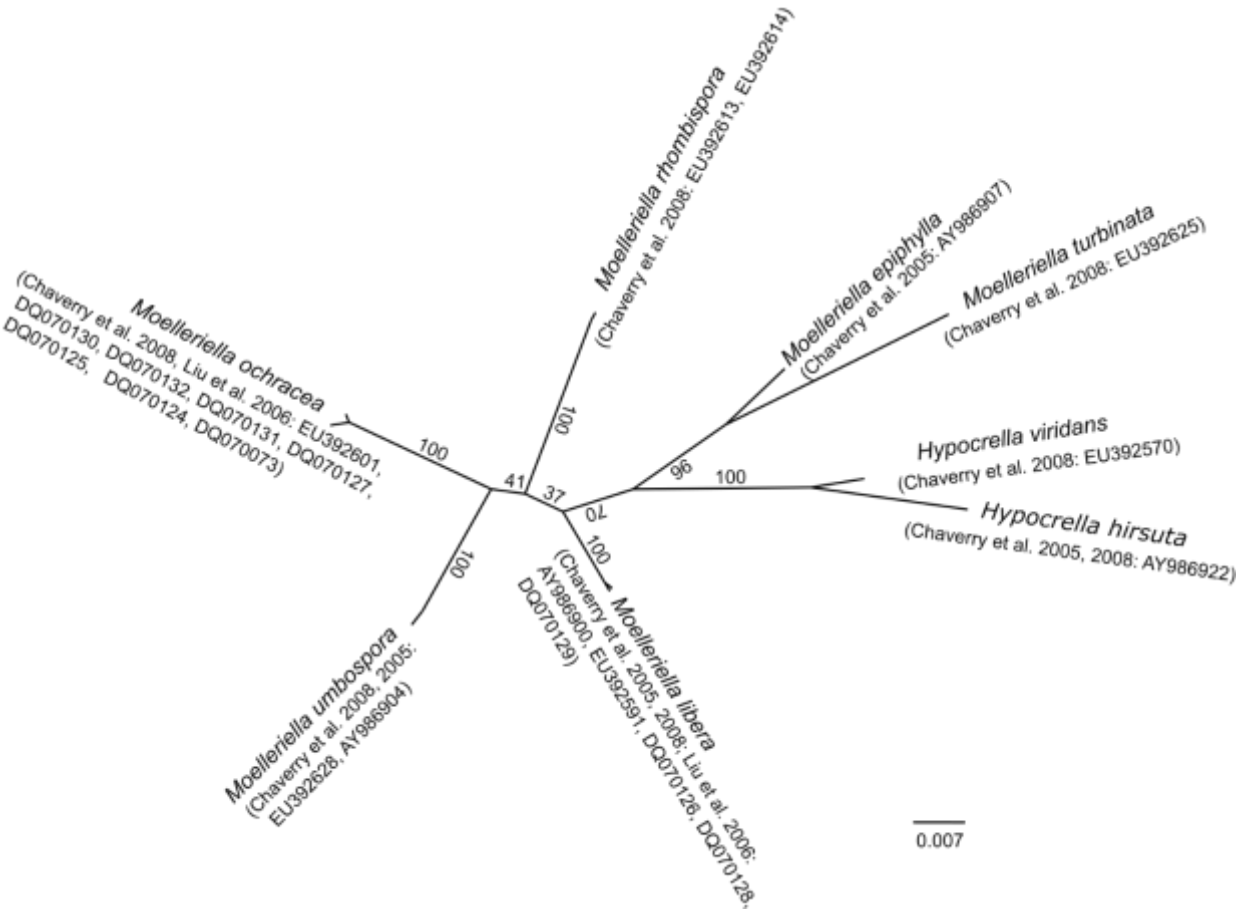


Figure 3. Red filogenética estimada por el método de Máxima Verosimilitud con secuencias mexicanas de *Aschersonia*; los números entre las ramas indican valores boostrap. Entre paréntesis se señalan los autores que han reportado cada especie y los números de acceso a GenBank.

CONCLUSIONES

Las características morfológicas de las colonias, el crecimiento radial, forma y tipo de germinación de conidios de las cepas obtenidas de estromas de *Aschersonia* presentes en ninfas de *Aleurocanthus woglumi*, demuestra que existe una gran variabilidad entre ellas. Además, sugiere que al menos tres especies pueden ser la causa de epizootias en poblaciones de *A*. *woglumi* en el estado de Tamaulipas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario (CONACOFI) los recursos financieros para el desarrollo de la presente investigación (proyecto en convenio INIFAP-9254635238).

BIBLIOGRAFÍA

Castrillo, L.A., Wheeler, M.M. 2017. *USDA-ARS* Collection of entomopathogenic fungal cultures: Catalog of strains. USDA-ARS Emerging Pests and Pathogens Research Unit, Robert W. Holley Center for Agriculture and Health. Ithaca, NY, USA.

Chaverri, P., Liu, M., Hodge, K.T. 2008. A monograph of the entomopathogenic genera *Hypocrella*, *Moelleriella*, and *Samuelsia* gen. nov. (Ascomycota, Hypocreales, Clavicipitaceae), and their aschersonia-like anamorphs in the Neotropics. Studies in Mycology, 60: 1-66.

Chaverri, P., Bischoff, J.F., Liu, M., Hodge, K.T. 2005. A new species of *Hypocrella*, *H. macrostroma*, and its phylogenetic relationships to other species with large stromata. Mycological Research, 109: 1268-1275.

Chen, Y.X., Xue, Q.L., Xie, Y.X., Keyhani, N.O., Guan, X.Y., Wei, X.Y., Zhao, J., Yan, Z., Chen, H., Qiu, J.Z., Guan, X. 2020. *Moelleriella sinensis* sp. nov. (Clavicipitaceae, Ascomycota) from southeast China. Phytotaxa, 429: 289-296.

Gottwald, de A.C. 1981. Manejo de hongos entomopatógenos en México. XI Reunión Nacional de Control Biológico. pp: 40-48. Oaxaca, Oaxaca. https://www.smcb-mx.org/memorias-congresos-iv.

Hoang, D.T. Chernomor, O., von Haeseler, A., Minh, B.Q., Vinh, L.S. 2018. UFBoot2: Improving the ultrafast bootstrap approximation. Mol. Biol. Evol. 35: 518–522. https://doi.org/10.1093/molbev/msx281.

Kalyaanamoorthy, S., Minh, B.Q., Wong, T.K.F., von Haeseler, A., Jermiin, L.S. 2017. ModelFinder: Fast Model Selection for Accurate Phylogenetic Estimates, Nature Methods, 14: 587–589. https://doi.org/10.1038/nmeth.4285.

Liu, M., Chaverri, P., Hodge, K.T. 2006. A taxonomic revision of the insect biocontrol fungus *Aschersonia aleyrodis*, its allies with white stromata and their *Hypocrella* sexual states. Mycological Research, 110: 537-554.

Mongkolsamrit, S., Khonsanit, A., Noisripoom, W., Baldorj, P., Luangsa-Ard, J.J. 2014. *Aschersonia narathiwatensis* sp. nov. from southern Thailand. Mycotaxon, 129: 33-40.

Mongkolsamrit, S., Luangsa-Ard, J.J., Hywel-Jones, N.L. 2011. *Samuelsia mundiveteris* sp. nov. from Thailand. Mycologia, 103: 921-927.

Qiu, J.Z., Su, Y.B., Weng, C.S., Guan, X. 2012. *Aschersonia conica* sp. nov. (Clavicipitaceae) from Hainan Province, China. Mycotaxon, 118: 325-329.

Qiu, J.Z, Sun, C.Y., Guan, X. 2010. A new pathogen of scale insects, *Aschersonia fusispora* sp. nov. (Clavicipitaceae) from Guangxi Province, China. Mycotaxon, 113: 81-85.

Torres-Barragán, A., Anaya, A. L., Alatorre, R., Toriello, C. 2004. Entomopathogenic fungi from 'El Eden'Ecological Reserve, Quintana Roo, Mexico. Mycopathologia, 158: 61-71.

Trifinopoulos, J., Nguyen, L.-T., von Haeseler, A., Minh B.Q. 2016. W-IQ-TREE: a fast online phylogenetic tool for maximum likelihood analysis. Nucleic Acids Res. 44: W232-W235. https://doi.org/10.1093/nar/gkw256.

Villado, R.B.A. 2006. Descripción de las plagas y enfermedades de los cítricos en Tabasco, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Tesis Licenciatura. 61p. http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/4244.

CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE VARIEDADES DE SORGO EN RÍO BRAVO, TAMAULIPAS

Ulises Aranda Lara[1*], Héctor Williams Alanis[1]

[1]INIFAP-Campo Experimental Río Bravo. Carretera Matamoros-Reynosa, Km 61. C.P. 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México. Autor de correspondencia: aranda.ulises@inifap.gob.mx

RESUMEN

El programa de mejoramiento genético de sorgo del Campo Experimental de Río Bravo del INIFAP, tiene como principales objetivos y metas la formación de híbridos y variedades de sorgo para grano, forraje y biocombustible, con adaptación para el noreste de México. El estado de Tamaulipas es el principal productor de sorgo grano en México y dentro de las actividades agropecuarias, la producción de bovinos es la segunda en importancia económica por el PIB que genera. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el potencial de producción de forraje y características agronómicas, de un grupo de variedades experimentales de sorgo y testigos, sembradas en Río Bravo, Tamaulipas. El experimento consistió de la evaluación de cinco variedades experimentales y dos comerciales en condiciones de riego, durante el ciclo agrícola OI 2020, en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las mejores variedades para producción de materia seca (t ha^{-1}) fueron: 197-1-1 (10.6), Fortuna (10.404), 197-2 (9.104) y 197-1 (8.312), las cuales fueron iguales ($p<0.05$), y superiores a RB-Paloma (3.84). Si se considera el ciclo vegetativo y la producción de materia seca, las mejores variedades fueron 197-2 y Fortuna, con 97 y 102 días a floración, respectivamente.

ABSTRACT

Within the sorghum genetic improvement program of INIFAP's Río Bravo Experimental Field, work is being done to develop sorghum hybrids and varieties for grain and forage, with adaptation for northeastern Mexico. The state of Tamaulipas is the main producer in Mexico and within the agricultural activities, cattle production is the second in economic importance due to the PIB it generates. The objective of this study was to evaluate the forage production potential and agronomic characteristics of a group of experimental and control varieties planted in Río Bravo, Tamaulipas. The experiment consisted of the evaluation of five experimental and two commercial varieties under irrigated conditions, during the OI 2020 cycle, in a randomized complete block design with three replications. The best varieties for dry matter production (t/ha-1) were: 197-1-1 (10.6), Fortuna (10.404), 197-2 (9.104) and 197-1 (8.312), which were equal ($p<0.05$), and superior to RB-Paloma (3.84). Considering the vegetative cycle and dry matter production, the best varieties were 197-2 and Fortuna, with 97 and 102 days to flowering, respectively

INTRODUCCIÓN

En México el sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] es muy importante, su producción en promedio en los últimos 10 años es de 5.87 millones de toneladas de grano (SIAP, 2020). En tanto, la producción de forraje registró cuatro millones 500 mil toneladas (INIFAP, 2018). La mayor parte del grano se utiliza en la elaboración de alimentos balanceados para los animales (SAGARPA, 2015). El estado de Tamaulipas es el principal productor de sorgo en México, obteniendo el 40 % del total, y es uno de los principales estados ganaderos en esta

actividad. Además, la red de bovino es la segunda en importancia económica y contribuye con 4044 millones de pesos al PIB agropecuario (Reyes, 2017). En comparación con el maíz, el sorgo presenta las ventajas de ser más tolerante a la sequía, requiere menos insumos y puede prosperar mejor en condiciones difíciles (Mohammed, 2009). Una opción para reducir los costos de producción del cultivo, es mediante la utilización de variedades de polinización libre, ya que su semilla es más fácil de producir, es más barata que la de los híbridos y los mismos productores pueden multiplicarla (Hernández y Moreno, 2014). Dentro del programa de mejoramiento genético de sorgo del Campo Experimental de Río Bravo (CERIB) del INIFAP, se trabaja para la formación de híbridos y variedades para la producción de grano y forraje. Como resultado se han formado y liberado variedades de sorgo para grano y forraje para Tamaulipas. Un ejemplo es la variedad Fortuna, que ha mostrado elevada producción de forraje, buena calidad nutricional, buena aceptación por el ganado, y su siembra y cosecha pueden mecanizarse (González *et al*. 2009). La variedad RB Paloma fue formada para la producción de grano y forraje (Montes *et al*. 2012). Durante los años 2013 a 2017 se evaluaron en cuatro experimentos, 14 variedades experimentales del INIFAP y testigos, en Estación Cuauhtémoc, municipio de Altamira, Tamaulipas, resultando que las variedades experimentales: 196-2, 197-2 y 206-1, presentaron las mejores características agronómicas para la región sur de Tamaulipas (Williams *et al*. 2021). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el potencial de producción de forraje y características agronómicas, de un grupo de variedades experimentales y comerciales de sorgo, sembradas en Río Bravo, Tamaulipas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el ciclo agrícola OI 2019/2020, en las instalaciones del Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. La fecha de siembra fue el 06 de febrero y la parcela experimental fue de dos surcos de 5 m de largo y 0.80 m de ancho. Después de 15 días de la siembra se aclareó hasta tener una población aproximada de 187 500 plantas ha^{-1}. El manejo agronómico fue conforme al paquete tecnológico de sorgo recomendado por el INIFAP-CERIB para condiciones de riego (INIFAP, 2017). Las variables de respuesta fueron: días a floración (se consideró al observar que 50 % de las plantas liberaban polen), altura de planta (cm), longitud de la panoja (cm), excersión (cm) y rendimiento de materia seca; para determinar esta última variable en cada parcela experimental, se cosecharon (a 15 cm sobre el suelo) las plantas presentes en el surco central. El forraje cosechado se pesó y posteriormente las plantas se separaron en cada uno de sus componentes: hoja, tallo y panícula. Cada componente se pesó en fresco y posteriormente se secaron en una estufa de aire forzado a 65 °C hasta peso constante. Cada componente morfológico se pesó después del secado para determinar el contenido de materia seca, y posteriormente se estimó el rendimiento (t ha^{-1}). Los genotipos fueron las variedades experimentales: 195-2, 196-2, 197-1, 197-2 y 197-1-1, con las variedades forrajeras Fortuna y RB-Paloma como testigos. Las variedades experimentales se formaron en el CERIB mediante selección a partir de generaciones segregantes de la cruza de RB-Paloma x Fortuna. Los análisis de varianza se hicieron con PROC GLM, y la prueba de medias con Tukey ($p<0.05$), utilizando el paquete estadístico SAS versión 9.3.1 (SAS, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados indican (Cuadro 1) que las variedades 197-1-1, Fortuna, 197-2 y 197-1 fueron las que presentaron los mayores rendimientos de materia seca (t ha^{-1}). Estas fueron superiores ($p<0.05$) a RB-Paloma (3.840 t ha^{-1}). La variedad 197-1-1 fue la de mayor altura de planta, sin embargo, fue 14 días más tardía a la floración (116 días) que Fortuna.

Los resultados en floración son similares a los presentados por Williams *et al*. (2021), al evaluar 14 variedades en cuatro experimentos sembrados en Estación Cuauhtémoc, Tamaulipas. Asimismo, Valadez *et al.* (2011) reportan que la variedad Fortuna produjo los rendimientos de materia seca más altos en la región de la Huasteca Tamaulipeca. La variedad 197-2 presentó buenas características agronómicas además de que presenta buen rendimiento de materia seca y menos días a la floración que Fortuna. Según Williams *et al*. (2021) la menor precocidad de la variedad 197-2 sobre Fortuna, le brinda una ventaja adicional.

Cuadro 1. Rendimiento de materia seca total (RMS) y Características morfológicas en variedades experimentales de sorgo. Río Bravo, Tamaulipas, México.

Variedad	RMS (t ha^{-1})	NH	Altura de planta (cm)	Longitud de Panoja (cm)	Excersión (cm)	Días a floración
197-1-1	10.600 a	11.8 a	256 a	28 ab	7 b	116 a
Fortuna	10.404 a	11.1 ab	198 b	28 ab	7 b	102 b
197-2	9.104 ab	9.2 c	199 b	25 b	18 a	97 d
197-1	8.312 ab	11.5 ab	206 b	27 ab	6 b	101 b
196-2	5.694 bc	10.2 bc	163 c	27 ab	5 b	89 e
195-2	5.230 bc	7.8 d	165 c	27 ab	14 a	98 c
RB-Paloma	3.840 c	7.6 d	179 c	29 a	6 b	80 f

NH= número total de hojas, RMS=Rendimiento de materia seca (t ha^{-1}). Literales diferentes (a, b,c) entre líneas, indican diferencia estadística significativa (Tukey; α= 0.05).

CONCLUSIÓNES

Se encontraron variedades experimentales que fueron iguales o mejores en rendimiento de materia seca (t ha^{-1}) que las variedades testigos. Las variedades experimentales 197-1-1,197-2 y 197-1 fueron iguales a Fortuna y superiores a RB-Paloma. Las mejores variedades por producción de materia seca y ciclo vegetativo fueron: 197-2 y Fortuna.

REFERENCIAS

González, A. E., Aguirre, E. A. y Hernández, J. A. A. 2009. Sorgo fortuna, una alternativa para producir forraje en la planicie Huasteca. Desplegable para productores No. 11. INIFAP, MEX. http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/1(consultado 24 ene. 2017).

Hernández Espinal, L. A., y Moreno Gallegos, T. 2014. Análisis de las generaciones F1 y F2 de híbridos experimentales y comerciales de sorgo. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 5(1): 49-59.

INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias 2018. Libera INIFAP nuevas variedades de sorgo para atender demanda del sector pecuario. https://www.gob.mx › agricultura › jalisco › galerias › l.

INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2017. Agenda Técnica Agrícola Tamaulipas. Primera edición. Paquete Tecnológico de sorgo grano para el norte de Tamaulipas 344-346.

Mohammed, M. I. 2009. Line x tester analysis across locations and years in Sudanese x exotic lines of forage sorghum. J Plant Breed Crop Sci. 1(9): 311-319.

Montes-García, N., Williams-Alanís, H., Moreno-Gallegos, T., Cisneros-López, M. y Pecina-Quintero, V. 2012. 'RB-Paloma', variedad de sorgo blanco para producción de grano y forraje. Revista fitotecnia mexicana, 35(2): 185-187.

Reyes-Rodríguez E. 2017. Productividad de la red bovino en Tamaulipas. https://www.ganaderia.com/destacado/Productividad-de-la-red-bovino-en-Tamaulipas (consultado 5 sep. 2019).

SAGARPA. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2017. Sorgo grano mexicano. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. En:https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256433/B_sico-Sorgo_Grano.pdf: www.gob.mx › B_sico-Sorgo_Grano. Fecha de consulta 10 de julio del 2020.

SAS. 2002. SAS User's Guide: Statistics (version 9.0). Cary, NC, USA: SAS Inst. Inc.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Producción Agrícola. México http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/. Fecha de consulta 21 de julio de 2021

Valadez, G. J., García, C. J., Zavala G. F. y Valle R. L. L. 2011. Producción de biomasa y concentración de azúcares de dos variedades de sorgo dulce en la región Huasteca Tamaulipeca. Revista Científica UDO Agrícola. 11(1):58-70.

Williams-Alanís, H., Aranda-Lara, U. Arcos-Cavazos, G., Zavala-García, F. Rodríguez-Vázquez, M. del C. y Olivares-Sáenz, E. 2021. Potencial productivo de variedades experimentales de sorgo blanco para el sur de Tamaulipas. Nova Scientia, 13(2):1-19. https://doi.org/10.21640/ns.v13i26.2688

CARACTERISTICAS AGORNOMICAS DE VARIEDADES DE SORGO CON FINES FORRAJEROS

CHARACTERISTICS OF SORGHUM VARIETIES FOR FORAGE PURPOSES

Héctor Williams Alanís[1]*, Ulises Aranda Lara[2], Jonathan Raúl Garay Martínez[3]

[1] Ex Investigador de INIFAP. [2]INIFAP. Campo Experimental Río Bravo; carretera Matamoros-Reynosa, km 61; CP. 88900; Río Bravo, Tam .[3]Investigador. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Huastecas
Autor de correspondencia: hectorwilliamsa@yahoo.com.mx*

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue medir la producción de biomasa fresca de cinco variedades experimentales de sorgo blanco en Río Bravo, Tamaulipas, comparadas con el testigo Fortuna, liberada por el INIFAP. En el ciclo agrícola Primavera-Verano (P-V) 2019 se estableció en el Campo Experimental Río Bravo (CERIB) un ensayo con cinco variedades experimentales y un testigo comercial. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. En la producción de biomasa la variedad 197-1-1 fue superior a los genotipos evaluados, mientras que las variedades 197-1, 197-2 y 196-2 presentaron resultados similares al testigo Fortuna.

ABSTRACT

The objective of this study was to measure the production of variable fresh biomass of five experimental varieties of white sorghum in Rio Bravo, Tamaulipas, compared to the check Fortuna, released by INIFAP. In the Spring-Summer (P-V) 2019 agricultural cycle, a trial with five experimental varieties and a commercial check was established at the Experimental Station Río Bravo (CERIB). A random full block design was used with three repetitions. In biomass production the variety 197-1-1 was superior to the genotypes evaluated, whereas varieties 197-1, 197-2 and 196-2 presented similar results to the check Fortuna.

INTRODUCCIÓN

El sorgo es una gramínea de fotosíntesis C4, tolerante a la sequía, de rápido crecimiento, que acumula grandes cantidades de azúcares fermentables en el tallo y biomasa, posee amplia adaptabilidad y tolera condiciones adversas de producción, además su siembra es factible en áreas no aptas para otros cultivos (Calviño y Messing, 2012). En la ganadería tropical y altiplanos templados intertropicales este cultivo es muy atractivo para los ganaderos por su potencial de producir más de dos cortes a intervalos de varias semanas entre ellos. Además, tiene mejor adaptación a condiciones desafiantes de producción, en comparación con otros granos y presenta tolerancia de crecimiento en altas temperaturas. El forraje puede consumirse en pastoreo, henificado o ensilado (Reyes *et al.,* 2009). La producción de sorgo forrajero en México varía de 13 a 30 t ha^{-1} de materia seca (MS) (Rocateli *et al*., 2012). El estudio tuvo como objetivo evaluar la cantidad de biomasa de variedades experimentales de sorgo blanco comparados con el testigo Fortuna.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en los terrenos del Campo Experimental Río Bravo (CERIB), Río Bravo, Tamaulipas. Los genotipos de grano blanco experimentales fueron: 195-2, 196-2, 197-1, 197-2 y 197-1-1 y como testigo la variedad forrajera Fortuna. La fecha de siembra fue el 05 de agosto en el ciclo agrícola P-V 2019, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental fue de dos surcos de 5 m de largo y 0.80 m de separación. Después de 15 días de la siembra se aclareó hasta tener una población aproximada de 165 mil plantas ha^{-1}. El manejo agronómico fue conforme al paquete tecnológico para riego recomendado por el INIFAP-CERIB en la región (INIFAP, 2017). En floración se tomaron días a antesis. La altura de planta (cm) se realizó en 15 plantas por parcela. En la etapa de grano masoso se cuantificó la biomasa fresca, pesando los componentes de la planta (tallo, hojas y panoja); el peso total fue la suma de todos los componentes/planta. Posteriormente se calculó la proporción la distribución de la biomasa por planta, los datos se expresaron en porcentaje. La biomasa fresca total en kg ha^{-1} (BT), se calculó cortando plantas enteras/parcela (BTp), después se pesó en una balanza para estimar el rendimiento kg ha^{-1} (BT). Los análisis de varianza se hicieron con PROC GLM y la prueba de medias con Tukey ($p<0.05$), utilizando el paquete estadístico SAS versión 9.3.1 (SAS, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza mostró efecto significativo del genotipo en todas las variables en estudio. En precocidad y altura de planta, el material más tardío (DA=105) y de mayor altura (240 cm) fue el 197-1-1 (Cuadro 1). En el ciclo P-V, la precocidad es un carácter de importancia agronómica, porque los materiales están sujetos al efecto de las heladas tempranas. En el caso de los materiales de sorgo con una altura de más de dos metros, se puede presentar acame, por el efecto de los vientos del norte, que se registran durante esta época del año. En el Cuadro 1 se pueden observar los resultados de las variables de estudio en donde la variedad 197-1-1 se mostró superior al testigo, en la variable peso de tallo con 455.5 g. Las variedades 197-1-1 y 197-1 fueron estadísticamente similares con 578.6 g y 541.8 g respectivamente, superando al testigo. En la variable peso de hoja la variedad 197-1 fue superior con 105.9 g, las variedades Fortuna, 197-1-1 y 197-2 se mostraron en mismo grupo estadístico con 95 g, 81.3 g y 81.1 g, respectivamente. En peso de panoja, Fortuna fue superior a las variedades experimentales con 76.4 g. Las variedades 197-1-1, 197-1 y 196-2 fueron superiores en la producción de biomasa total. Estas variedades en promedio superaron con un 11 % al testigo Fortuna (59 t ha^{-1}).

Cuadro 1. Comparación de medias en componentes de biomasa fresca en variedades experimentales de sorgo blanco. Rio Bravo, Tamaulipas. Ciclo agrícola P-V 2019.

Genotipo	DA	ALP (cm)	PTA (g)	PH (g)	PP (g)	PTO (g)	BT (t ha^{-1})	Tallo (%)	Hoja (%)	Panoja (%)
195-2	84 a	157 d	230 c	102 ab	32 c	364 c	40 c	0.63	0.28	0.09
196-2	86 a	170 d	311 bc	77 b	61 ab	450 b	61 ab	0.69	0.17	0.14
197-1	90 b	215 b	397 ab	106 a	39 c	542 a	67 ab	0.73	0.20	0.07
197-2	90 b	208 b	328 bc	81 ab	51 bc	460 b	57 ab	0.71	0.18	0.11
197-1-1	105 d	240 a	455 a	81 ab	42 bc	579 a	72 a	0.79	0.14	0.07
Fortuna (T)	94 c	189 c	305 bc	95 ab	77 a	477 b	59 c	0.64	0.20	0.16

DA: días a antesis, ALP: Altura planta, PTA: peso tallo, PH: peso de la hoja, PP: peso de la panoja, PTO: peso total y BT: biomasa total por hectárea. Valores con diferentes letras son estadísticamente diferentes. Prueba de medias con Tukey ($p<0.05$).

En el Sur de Tamaulipas la variedad Fortuna es utilizada para forraje, ya que puede producir cerca de 40 t ha-1 (Valadez Gutiérrez *et al.,* 2011), por lo cual se considera buena elección como testigo. En el Norte de Tamaulipas, en el ciclo agrícola P-V, se ha reportado rendimiento de forraje de hasta 69 t ha-1, con un peso promedio de tallo por planta de 648 gramos/planta (Montes *et al.,* 2010). resultados similares fueron reportados por Williams *et al.,* (2020) quien encontró similitud en los rendimientos de biomasa con la variedad 197-2 en localidades del Sur de Tamaulipas y además, esta variedad fue siete días más precoz que la variedad Fortuna.

CONCLUSIÓN

En la producción de biomasa la variedad 197-1-1 fue superior a los genotipos evaluados, mientras que las variedades 197-1, 197-2 y 196-2 presentaron resultados similares al testigo Fortuna y una mayor precocidad.

REFERENCIAS

Calviño M. and Messing J. 2012. Sweet sorghum as a model system for bioenergy crops. Curr. Opin. Biotechnol. 23, 323-329. DOI: 10.1016/j.copbio.2011.12.002.

INIFAP, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2017. Agenda Técnica Agrícola Tamaulipas. Primera edición. Paquete Tecnológico de sorgo grano para el norte de Tamaulipas 344-346.

Montes, G.N., Salinas, G.J.R., González, J.A., Loredo, Pérez, R., G.P. Díaz. 2010. RB Cañero: Sorgo dulce [Sorghum bicolor (L.) Moench] para la producción de etanol. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental; Río; Bravo, Tam. Folleto técnico No. 47: 36 p.

Reyes, N., Tito, F.B., Mena, N., Cardona, J. y Pezo, D. 2009. Elaboración y utilización de ensilados en la alimentación del ganado bovino. Primera edición. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Managua, Nicaragua. (Serie técnica. Manual técnico / CATIE; Nº. 91). 98 p.

Rocateli, A.C., Raper, R.L., Balkcom, K.S., Arriaga, F.J. and Bransby, D.I. 2012. Biomass sorghum production and components under different irrigation/tillage systems for the southeastern U.S. Industrial Crops and Products an international Journal 36(1):589-598.

SAS Institute. 2006. Release 9.3 ed. SAS Institute, Inc., Cary, NC.

Valadez, G.J., García J.C., Zavala F.G. y Valle, R.L.L. 2011. Producción de biomasa y concentración de azúcares de dos variedades de sorgo dulce en la región Huasteca Tamaulipeca. Revista Científica UDO Agrícola, 11(1), 58-70.

Williams A. H., Aranda L.U., Arcos C.G., Zavala G.F., Cisneros L.M.E. 2020. 197-2, Nueva variedad experimental de sorgo para grano y forraje para el sur de Tamaulipas. Memoria de la XXXII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED (1) 8-12.

CARACTERISTICAS DEL FRUTO DE VAINILLA CON DIFERENTE EDAD DE COSECHA EN LA HUASTECA POTOSINA

CHARACTERISTICS OF VANILLA FRUIT WITH DIFFERENT HARVEST AGES FROM HUASTECA POTOSINA

Vargas-Hernández, Juan[1*]; Arévalo-Galarza, Ma. de Lourdes[2]; Delgado-Alvarado, Adriana[3]; Villegas-Monter, Ángel[2]; Zavaleta-Mancera, Hilda Araceli[2].

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental San Luis. Ejido Palma de la Cruz Soledad de Graciano Sánchez, C.P. 78431.
[2]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. C.P. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México.
[3]Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Km. 125.5 carretera federal México-Puebla C.P. 72760, Puebla, Puebla, México.
***Autor de correspondencia: vargas.juan@inifap.gob.mx**

RESUMEN

La vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) es una especie perteneciente a la familia Orchidaceae, cuyo fruto beneficiado alcanza el precio de US $ 250-400/kg, sin embargo, el crecimiento y desarrollo del fruto verde es muy lento 32 semanas después de polinización (SDP). Estas condiciones provocan que los productores cosechen alrededor de las 20 SDP antes que el fruto alcance la madurez fisiológica, afectando la calidad del fruto beneficiado. Este trabajo tuvo el objetivo de evaluar las características de calidad de fruto verde y beneficiado a diferente edad (20, 24, 28 y 32 SDP) a fin de proporcionar al productor información que le ayude a tomar la mejor decisión sobre la fecha de corte del fruto verde de vainilla. Los resultados mostraron que a mayor edad del fruto mejora la relación de verde a beneficiado, siendo las 28 SDP aquella donde existe mayor acumulación de los azúcares 25.8 % (fructosa, glucosa y sacarosa).

ABSTRACT

Vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) is a species belonging to the Orchidaceae family, whose benefited fruit reaches the price of US $ 250-400 / kg, however the growth and development of the green fruit is very slow and harvest is the harvest takes place after 32 WAP (weeks after pollination). These conditions cause growers to harvest around 20 SDP before the fruit reaches physiological maturity, affecting the quality of the cured fruit. The aium of this work was to evaluate the quality characteristics of green and cured fruit at different ages (20, 24, 28 and 32 WAP) in order to provide the producer with information to help them make the best decision about the harvest age of the green vanilla fruit. The results showed that the older the fruit the relationship from green to benefited was better, the 28 SDP being the one where there is the greatest accumulation of sugars 25.8% (fructose, glucose and sucrose).

INTRODUCCIÓN

La madurez fisiológica del fruto de vainilla se alcanza entre las 32-36 semanas después de la polinización SDP (Frenkel *et al*., 2011), cuando el color del fruto se torna de verde oscuro

a verde claro; y se reduce el brillo, además de amarillamiento en la parte distal del fruto que provoca dehiscencia (Augstburger *et al*., 2000). Aunque el fruto puede permanecer en la planta hasta 43 semanas, tornándose obscuro, con dehiscencia lo que demerita la calidad perdiendo sus características organolépticas. El mayor crecimiento del fruto se presenta entre las 7 y 10 SDP (Van Dyk *et al*., 2014). Un aspecto importante en el manejo de la vainilla es determinar el momento óptimo de cosecha, frutos cosechados inmaduros, tienen alto contenido de agua, que al beneficiado pierden peso rápidamente, el aroma y color requerido no se desarrolla, además, se ha informado que son más propensos a la infección por hongos como *Penicillium* sp. y *Aspergillus* sp. (Sasikumar *et al*. 1992 citado por Sarter, 2010).

Los azúcares como fuente de carbono juegan un papel importante en la vainilla para fuente de energía y precursor de la vainillina. En fruto verde la sacarosa es más abundante con 80 % del total de los azúcares (Sánchez-Galindo *et al*. 2018). Sin embargo, durante el proceso de beneficio las proporciones cambian, ya que se presenta un descenso de hasta el 95 % del contenido de sacarosa, y un leve incremento en glucosa y fructosa. Ramachandra y Ravishankar (2000) reportan en vainilla beneficiada contenido de azúcares de 70 a 200 g kg^{-1}, siendo la glucosa y fructosa los componentes principales, y pequeñas cantidades de sacarosa, lo cual hace pensar que la proporción de estos tres azúcares dependerá del tipo de beneficiado al que se somete el fruto.

En los últimos años, los productores de la región Huasteca Potosina han optado por cosechar la vainilla de forma anticipada, entre las semanas 20 a 24 (septiembre a octubre) debido al robo del fruto, sin entender el efecto que tendrá en la calidad del fruto beneficiado. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue conocer el efecto de cuatro fechas de cosecha en frutos de vainilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó acabo en una plantación comercial de tres años ubicada en Mahuajco, Coxcatlán, San Luis Potosí, México (21° 31´ 56´´ N y 98° 56´ 21´´ W) a 306 m de altitud, con temperatura media anual de 24.5 °C. Clima semi cálido húmedo (A)C(m)(w) (García, 2004).

Se seleccionaron 40 matas de vainilla y se polinizaron 400 flores de forma manual, los cuales se marcaron a fin de cosechar los frutos en edades: 20, 24, 28 y 32 SDP. Para cada fecha de muestreo se tomaron 30 frutos, 15 para evaluar la calidad del fruto verde y 15 para fruto beneficiado. El proceso de beneficio, se realizó en la casa beneficiadora denominada “30 Soles” ubicada en la localidad Jalpilla Viejo, Axtla de Terrazas, San Luis Potosí.

Dimensión: longitud (mm), ancho (mm) y grosor (mm) de las vainas se midió con un vernier digital (Digimatic Caliper Mitutoyo/ZEROABS. CD-6C).

Análisis de azúcares: Se realizó por el método modificado de Mustafa *et al*. (2003), para lo cual se tomó 1.0 g de vainilla molida y se agregaron 60 mL de etanol (80 %), y por ebullición se concentró a volumen de 20 mL, posteriormente el extracto se filtró y refrigeró por 24 h. A continuación, se tomó 1 mL de solución y se filtró en cartuchos de limpieza (Cromabond C_{18ec}, 3 mL·500 mg^{-1}, 60Å, 45 µm) previamente acondicionados y finalmente se realizó un lavado con 3 mL de agua grado HPLC para asegurar la elución de todos los azúcares. Ambos filtrados se mezclaron y se llevaron a volumen de 5 mL; de esta muestra se filtró 1 mL en acrodisco (Titan, 0.45 µm). El filtrado fue colocado en vial y se analizó por HPLC

(High Performance Liquid Chromatography; Series 200, Perkin ElmerTM) con automuestreador y detector de índice de refracción. Se utilizó una columna Pinnacle II Amino de 5 mm 150 x 4.6 mm (RestekTM), y la fase móvil fue una solución de acetonitrilo: agua (80:20, v/v) con tiempo de corrida de 14 min. Se realizaron estándares de glucosa, fructosa y sacarosa.

Los resultados de las variables se analizaron mediante un diseño completamente al azar y la comparación de medias se calculó con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) (SAS Institute 2002). Para el contenido de azúcares se realizó una gráfica de efectos principales con Minitab (2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La longitud del fruto de vainilla no mostró diferencias significativas en las diferentes etapas de desarrollo del fruto, cuya longitud varió entre los 162 a 167 mm, mientras que, para los frutos beneficiados, debido a que ocurre un proceso de deshidratación la longitud disminuye entre un 5-6 %, sin presentar diferencias entre las fechas de corte. De acuerdo a la NOM-182-SCFI-2011, el fruto beneficiado debe ser mayor a 150 mm, considerando como fruto de calidad en el mercado. Cervantes-Castillo *et al*. (2018) reportan en frutos beneficiados procedentes de San Luis Potosí una longitud de 108 a 192 mm, mientras que, los frutos de la región de Papantla, Veracruz, son más grandes 130 a 220 mm (Enseignant *et al*., 2011; Hernández *et al.,* 2010).

Después de la polinización los frutos de vainilla crecen a diferente velocidad, Exley (2011) menciona que el crecimiento se presenta entre las 8 y 12 SDP, mientras que Van Dyk *et al*. (2014) reportan que los frutos alcanzan su tamaño final entre las 10 y 15 SDP, posteriormente no se observan cambios significativos en la apariencia de los mismos, hasta las 32-36 SDP en donde inicia el amarillamiento y dehiscencia de la parte distal (Frenkel *et al*., 2011). Al no observar cambios aparentes en los frutos, los productores toman la decisión de cosechar de forma temprana. Sin embargo, como se observa en el Cuadro 1 la relación entre fruto verde a beneficiado, notan un rendimiento muy bajo, por ejemplo, si se cosecharan 100 kg de fruto verde de 20 SDP obtendríamos 12.13 kg de vainilla beneficiada, mientras que, con frutos de 32 SDP se tendrían 17.95 kg. Esto muestra las ventajas de cosechar los frutos con mayor edad.

Cuadro 1. Medias de las variables de calidad evaluadas en fruto verde y beneficiado de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews.

Fruto verde			**Fruto beneficiado**		
SDP	**Peso (g)**	**Longitud (mm)**	**Peso (g)**	**Longitud (mm)**	**Relación V/B**
20	8.9 a	162 a	1.082 a	153 a	8.22
24	7.4 a	163 a	1.077 a	155 a	6.87
28	9.2 a	164 a	1.406 a	156 a	6.54
32	7.8 a	167 a	1.406 a	157 a	5.54
CV (%)	27.88	5.39	32.77	4.70	-
DMSH	2.84	1.08	0.49	0.89	

CV: coeficiente de variación; DMSH: diferencia mínima significativa honesta. [1]Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$). V: Fruto verde; B: Fruto beneficiado.

Al evaluar el contenido de azúcares se observó que la sacarosa es la más abundante, siendo el sustrato utilizado mayormente durante el proceso de beneficio, independientemente de la edad del fruto (Figura 1). Sánchez-Galindo *et al*. (2018), reporta una disminución del 46 % de sacarosa de verde a beneficiado en frutos de 32 semanas procedentes de Veracruz, con un aumento significativo en el contenido de fructosa y glucosa. Palama *et al*. (2009), encontraron en fruto verde cosechado a 32 semanas mayor contenido de glucovanilina, vainillina, glucósido de *p*-hidroxibenzaldehído, *p*-hidroxibenzaldehído y sacarosa. Cervantes-Castillo *et al*. (2018), reportan la misma condición en fruto beneficiado procedentes de San Luis Potosí donde fructosa y glucosa superan en 18 y 76% a sacarosa. Durante el proceso de beneficio se llevan a cabo operaciones cíclicas de exposición al sol hasta alcanzar 45 °C, y empacado en cajones para el sudado. Estos pasos permiten la activación del metabolismo anaeróbico que permite la proliferación de microorganismos anaeróbicos y la aparición de moléculas asociadas con la anaerobiosis. Además, estas condiciones por periodos cortos de hipoxia estimulan la transformación glucolítica de glucosa en piruvato, que puede formar acetaldehído y etanol. Ambos compuestos también en baja concentración son volátiles y están presentes en el aroma de la vainilla. Lo que muestra el papel tan importante de los azúcares en el proceso de beneficio.

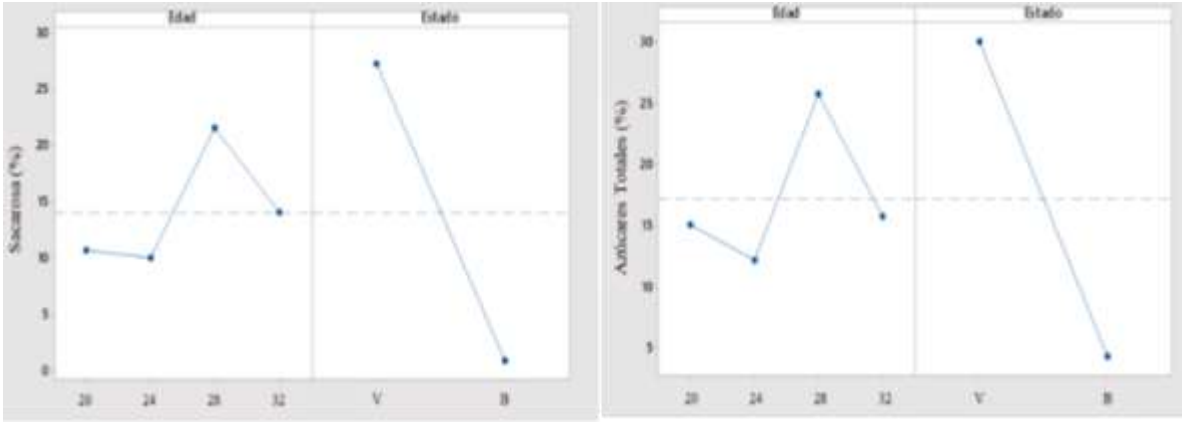


Figura 1. Efectos principales en el cambio de la concentración de sacarosa y azúcares totales en frutos de vainilla cosechados a las 20,24,28 y 32 SDP en estado verde y beneficiado. V: Fruto verde; B: Fruto beneficiado.

CONCLUSIONES

La edad es el factor más importante que determina la calidad del fruto vainilla en verde y beneficiado. Frutos jóvenes (20-24 semanas) tienen un rendimiento significativamente menor durante el beneficio. El contenido de azúcares totales se incrementa considerablemente a partir de las 28 semanas en fruto verde, sin embargo, es necesario evaluar el contenido de compuestos del aroma de estos frutos y determinar si es una fecha en la cual los productores pueden cosechar los frutos y obtener una vainilla beneficiada que reúna las características de calidad deseable.

REFERENCIAS

Augstburger, F.; Berger, J.; Censkowsky, U.; Heid, P.; Milz, J. and Streit, C. 2000. Vainilla. Agricultura orgánica en el Trópico y Subtrópico. Asociación Naturland. Gräfelfing, Alemania. 1(18):1-24.

Cervantes-Castillo, A.; Lima-Morales, M.; Delgado-Alvarado, A.; Herrera-Cabrera, B. E.; Arévalo- Galarza, G. A.; Soto-Hernández, R. M. y Arévalo Galarza M. L. 2018.

Calidad de frutos vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) procedente de la Huasteca Potosina, México. Nova Scientia. 10(21):360-378. https://doi.org/doi.org/10.21640/ns.v10i21.1586.

Enseignant, E.; Ratovoson, M. S.; Professionnel, E. and Andreas, M. C. 2011. Analyse Des Problèmes Liés À La Commercialisation De La Vanille De Madagascar Sur Le Marché International. Cas de la Région Sava. Université De Toamasina.34–41.http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdf.

Exley, R. 2011. *Vanilla production in Australia. In*: Daphna Havkin-Frenkel and Faith C. Belanger. Handbook of Vanilla science and technology.West Sussex, UK: Wiley-Blackwell. 2:147-157.

Frenkel, C.; Ranadive, A. S.; Vázquez, J. T. and Havkin-Frenkel, D. 2011. Curing of vanilla*. In*: Daphna Havkin-Frenkel and Faith C. Belanger. Handbook of Vanilla science and technology. 6:79-106.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. 5:23 -24.

Hernández, H. J.; Sánchez, M. S.; Curti, D. E. y Larios, R. H. 2010. La producción de vainilla en México. INIFAP Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Libro técnico. (25):155.

Mustafa, K.; Mustafa, E.; Mustafa K. U. and Mehmet, A. 2003. Comparison of Different Extraction and Detection Methods for Sugars Using Amino-Bonded Phase HPLC. *Journal of Chromatographic Science*. 41(6):331-333. https://doi.org/10.1093/chromsci/41.6.331.

NOM-182-SCFI-2011. Vainilla de Papantla, extractos y derivados Especificaciones, información comercial y métodos de ensayo (prueba). Diario Oficial de la Federación.

Palama, T. L.; Khatib, A.; Choi, Y. H.; Payet, B.; Fock, I.; Verpoorte, R. and Kodja, H. 2009. Metabolic changes in different developmental stages of *Vanilla planifolia* pods. Journal of Agricultural and Food Chemistry 57(17): 7651-7658. https://doi.org/10.1021/jf901508f.

Ramachandra Rao, S. and Ravishankar, G. A. 2000. Vanilla flavour: production by conventional and biotechnological routes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. *80*(3): 289-304.https://doi.org/10.1002/1097-0010(200002)80:3<289::AID-JSFA543>3.0.CO;2-2.

Sánchez-Galindo, M.; Arévalo-Galarza, M. L.; Delgado-Alvarado, A.; Herrera-Cabrera, B. E. y Osorio-García, C. 2018. Calidad de fruto verde y beneficiado de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) con relación a su edad a la cosecha. Revista Chapingo. Serie Horticultura. 24 (3): 203-213. https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2018.02.004.

Sarter, S. 2010. 14 Microbial Safety of Cured Vanilla Beans. Vanilla. En: Odoux, E. y M. Grisoni (Eds). Vanilla. Medicinal and Aromatic Plants - Industrial Profiles Vanilla. CRC Press, Boca Raton, Florida. 229-235.

SAS Institute. 2002. Statistical Analysis System. SAS/STAT user's guide version 9.0. Cary, USA.

Van Dyk, S.; Holford, P.; Subedi, P.; Walsh, K.; Williams, M. and McGlasson, W. B. 2014. Determining the harvest maturity of vanilla beans. Scientia Horticulturae. 168: 249-257. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.02.002.

CARACTERIZACIÓN DE LA BACTERIA *Candidatus* Liberibacter spp. EN DIFERENTES ESPECIES DE CÍTRICOS EN EL MUNICIPIO DE RÍO BRAVO TAMAULIPAS

CHARACTERIZATION OF THE BACTERIA *Candidatus* Liberibacter spp. IN DIFFERENT SPECIES OF CITRUS IN THE MUNICIPALITY OF RÍO BRAVO TAMAULIPAS

Karla Ivonne Pérez-Aviña[1], María Genoveva Alvarez-Ojeda[2], Isidro Humberto Almeyda-León[3]*

[1]Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán, Universidad Autónoma de Tamaulipas. [2]INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Río Bravo, km 61 Carretera Matamoros - Reynosa C.P. 88900. [3]INIFAP-CIRNE-Campo Experimental General Terán, Km 31 Carretera Montemorelos-China, General Terán, N.L., CP:67400. *halmeyda30@hotmail.com

RESUMEN

La enfermedad llamada Dragón amarillo de los cítricos o Huanglongbing (HLB), es considerada como la más destructiva para los cítricos. Se conocen tres especies de la bacteria considerada como el agente causal del HLB; *Candidatus* Liberibacter asiaticus, *Candidatus* Liberibacter americanus y *Candidatus* Liberibacter africanus. El objetivo de este trabajo fue caracterizar y determinar las posibles variantes de la bacteria *Candidatus* Liberibacter spp. en diferentes especies de cítricos en el municipio de Río Bravo, Tamaulipas. Se analizaron 22 árboles con sintomatología de infección por HLB y la detección de la bacteria se realizó mediante la técnica de PCR punto final; los fragmentos amplificados fueron secuenciados para su análisis filogenético. Se confirmó la presencia de la bacteria en tres del total de árboles muestreados, y mediante el análisis de las secuencias obtenidas, se confirmó que la bacteria asociada al HLB en el municipio de Río Bravo, Tamaulipas es *Candidatus* Liberibacter asiaticus *(Ca*Las). Además, se determinó que las tres secuencias pertenecen al haplotipo H34Y, con un 99.0 % de homología con la secuencia reportada para esta bacteria en el banco de genes. Con estos resultados podemos concluir que no existe diferenciación genética significativa que pueda establecer la presencia de variantes de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* en diferentes especies de cítricos en el municipio de Río Bravo, Tamaulipas.

ABSTRACT

The disease called yellow dragon of citrus or Huanglongbing (HLB), is considered the most destructive for citrus. There are three known species of the bacterium considered to be the causative agent of HLB; *Candidatus* Liberibacter asiaticus, *Candidatus* Liberibacter americanus, and *Candidatus* Liberibacter africanus. The objective of this work was to characterize and determine the possible variants of the bacterium *Candidatus* Liberibacter spp. in different species of citrus in the municipality of Río Bravo, Tamaulipas. Twenty-two trees with symptoms of HLB infection were analyzed and the detection of the bacterium was carried out using the end-point PCR technique; the amplified fragments were sequenced for their phylogenetic analysis. The presence of the bacteria was confirmed in three of the total trees sampled, and by analyzing the sequences obtained, it was confirmed that the bacterium associated with HLB in the municipality of Río Bravo, Tamaulipas is *Candidatus* Liberibacter asiaticus (*Ca*Las). In addition, it was determined that the three sequences belong to the H34Y haplotype, with

99.0 % homology with the sequence reported for this bacterium in the gene bank. With these results we can conclude that there is no significant genetic differentiation that can establish the presence of variants of the bacterium *Candidatus* Liberibacter asiaticus in different citrus species in the municipality of Río Bravo, Tamaulipas.

INTRODUCCIÓN

El Huanglongbing (HLB), también conocido como enverdecimiento de los cítricos, es considerada como la enfermedad más letal de los cítricos. Es causada por una bacteria no cultivable del género *Candidatus* Liberibacter (Paredes *et al*., 2015), que habita en el floema de las plantas, retarda su crecimiento y causa coloración incompleta de los frutos maduros (SONPP, 2012). Se reconocen tres especies de la bacteria causante de esta enfermedad *Candidatus* Liberibacter asiaticus (*Ca*Las), *Candidatus* Liberibacter africanus (*Ca*Laf) y *Candidatus* Liberibacter americanus (*Ca*Lam) (Teixeira *et al*., 2005). Estas bacterias son introducidas por un vector en el floema de la planta hospedera, y al moverse a través del sistema vascular la contaminan en su totalidad, y eventualmente causan su muerte después de 2 a 3 años de que se observan los primeros síntomas (Robles *et al*., 2017). En México, los escenarios epidemiológicos del HLB se han categorizado en dos regiones debido a la ocurrencia e intensidad de la enfermedad, región del Pacífico (Alta intensidad) y región de la Península de Yucatán (Baja intensidad) (Mora *et al*., 2014).

Los avances en biología molecular han permitido diseñar nuevas técnicas para la identificación de bacterias y han permitido establecer relaciones filogenéticas principalmente usando la amplificación y secuenciación de genes ribosomales. El ARN ribosómico (ARNr) 16S, es la macromolécula ampliamente utilizada en estudios de filogenia y taxonomía bacteriana. Su aplicación como cronómetro molecular fue propuesta por Carl Woese (Universidad de Illinois) a principios de la década de 1970. En microbiología, la identificación molecular basada en el ADNr 16S se utiliza fundamentalmente para bacterias cuya identificación mediante otro tipo de técnicas resulta imposible, difícil o requiere mucho tiempo (Rodicio y Mendoza, 2004). En base a esto, el objetivo de este trabajo fue realizar la caracterización molecular y determinar las posibles variantes de la bacteria *Candidatus* Liberibacter spp. en diferentes especies de cítricos en el municipio de Río Bravo, Tamaulipas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología del Campo Experimental Rio Bravo, Tamaulipas, Km 61 Carretera Matamoros-Reynosa, C.P 88900, en la Cd. Rio Bravo, localizado en las coordenadas 25° 57´ de latitud norte y 98° 01’ de longitud oeste, a una media altura de 20 metros sobre el nivel del mar.

Material vegetativo. La recolección de las muestras se llevó a cabo tomando en cuenta la sintomatología observada en las hojas de las plantas (brotes cloróticos, moteado asimétrico difuso y engrosamiento de nervadura central y en algunos casos tomando en cuenta la asimetría de los frutos). Se colectaron 22 muestras de tres especies de cítricos (naranja agria, toronja y limón mexicano), y fueron depositadas en sobres debidamente identificadas con No. de árbol, especie de cítricos y la fecha del muestreo, y fueron transportadas en hielera hasta el laboratorio para su procesamiento.

Extracción de ADN. La extracción del ADN de las muestras colectadas se realizó a partir de la metodología reportada por Almeyda *et al.* (2001) y se realizaron dos extracciones por muestra. El protocolo general de extracción del ADN utilizado fue el siguiente: Se pesaron

250 mg de muestra (nervadura central de tejido vegetal), se depositaron en un mortero y se maceraron con nitrógeno líquido. El polvo pulverizado fue puesto en tubos Eppendor de 1.5 ml con 750 µl de solución de extracción CTAB/2-ME precalentada a 65 °C (CTAB 2 % p/v, Tris – HCl pH 8.0 100 mM, EDTA pH 8.0 20 mM, NaCl 1.4 M, polivinylpyrrolidona 40,000 1 % p/v), (a la solución se le agrega 2-ME para que quede a una concentración final de 0.2 %) y se incubó durante 45 minutos a 65 °C. Posteriormente se le agregó un volumen (considerando el volumen de la muestra recuperada) de cloroformo-alcohol isoamílico 24:1 y se centrifugó a 10,000 rpm durante 10 min a temperatura ambiente. Se recuperó la fase acuosa (parte superior) y se le agregó 1 volumen de cloroformo-alcohol isoamílico 24:1 y se centrifugó a 10,000 rpm durante 10 min a temperatura ambiente. Se recuperó la fase acuosa y se le agregó 0.5 volumen de acetato de amonio (7.5 M), dejándolo 10 min en hielo y fue centrifugado por 10 min a 14,000 rpm a temperatura ambiente. Para precipitar el ADN, al volumen recuperado se le agregó 0.6 volumen de isopropanol y se dejó precipitar durante 30 min a temperatura ambiente. Posteriormente se centrifugó a 10,000 rpm durante 20 minutos y se eliminó el sobrenadante, el precipitado se lavó dos veces con etanol al 70 % frío (centrifugando a 10,000 rpm durante 15 min), el precipitado se secó a temperatura ambiente y se resuspendió en 100 µL de agua ultrapura estéril y fue almacenado a 4 °C hasta su uso. Para establecer la calidad del ADN extraído, se realizó una electroforesis utilizando agarosa grado biología molecular BIOLINE al 0.8 %, y su cuantificación se realizó en un microfotoespectrofotómetro - nanodrop (Genova Nano).

Reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Las reacciones de PCR fueron realizadas en un termociclador (BioRad Thermal Cicler), dichas reacciones fueron preparadas en un volumen final de 25 µl conteniendo: Oligonucleótidos Oi1 y Oi2c (25 pmoles por oligonucleótido), Buffer de PCR (1X), dNTPs (2.5 mM), MgCl2 (2.0 mM) y 1 unidad de MyTaq™ polimerasa (Bioline). El ADN fue diluido a una concentración de 100 ng/µl, el volumen final de 25 µl se ajustó con agua libre de nucleasas. El programa de amplificación utilizado para la amplificación se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Ciclos del programa de amplificación utilizado

Etapa	Temperatura	Tiempo	Ciclos
Desnaturalización inicial	95 °C	5:00 min	1
Desnaturalización	94 °C	0:30 seg	35
Alineamiento	62 °C	0:30 seg	
Extensión	72 °C	1:00 min	
Extensión final	72 °C	10:00 min	1
	4 °C	∞	

Electroforesis en geles de agarosa. Los fragmentos amplificados en las PCR´s se fraccionaron en geles de agarosa al 1.5 %, durante una hora treinta minutos a 100 V. Los geles fueron teñidos con el colorante GelRed® y analizados en un transiluminador de luz ultravioleta.

Purificación de ADN. La extracción y purificación de los fragmentos amplificados de aproximadamente 1160 pb, se realizó utilizando el kit de extracción PureLink™ Quick Gel Extraction Kit (invitrogen) de acuerdo a las indicaciones del fabricante.

Secuenciación del gen ribosomal 16S ADNr. La secuenciación en sentido y antisentido de los fragmentos amplificados, se realizó en el Laboratorio Nacional de Biotecnología Agrícola, Médica y Ambiental del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICyT).

Análisis de las secuencias y alineamiento. Las secuencias obtenidas fueron analizadas y comparadas con secuencias de *Candidatus* Liberibacter spp., reportadas en el GenBank del National Center Biotechology Information (NCBI) del GenBank. Con las secuencias generadas se conformaron dos grupos (sentido y antisentido), en el primer grupo se consideraron las secuencias de bajo peso molecular (± 100 pb), y en el segundo grupo las secuencias que tenían 950 pb correspondientes al antisentido. Para la edición que consistió en eliminar 10 bases de los extremos de la secuencia para lograr un mejor alineamiento, se utilizó el programa CLC Main Workbenche 7. Posteriormente las secuencias se analizaron y compararon con 25 secuencias de nucleotidos de *CLas* reportadas en la base de datos del banco de genes mediante el programa Blast.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectó la presencia de *Candidatus* Liberibacter spp en tres muestras de naranja agria mediante la técnica de PCR punto final. Se obtuvo un fragmento de aproximadamente 1160 pb que es el tamaño esperado de acuerdo a los iniciadores utilizados, de esta forma se demuestra la presencia de la bacteria *Candidatus* Liberibacter spp en el municipio de Río Bravo, Tamaulipas (Figura 1).

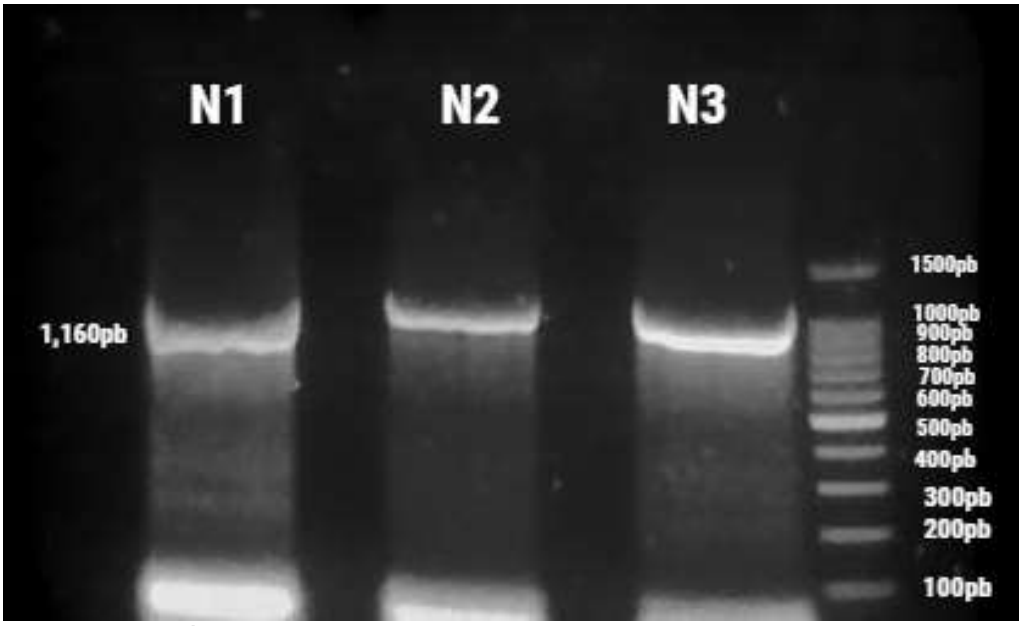


Figura 1. Amplificación de fragmentos del ADN de *Candidatus* Liberibacter spp en diferentes muestras de cítricos. Carril N1: Naranja agria 1A, Carril N2: Naranja agria 2A, Carril N3: Naranja agria 3A.

Las secuencias generadas en este trabajo muestran un porcentaje de similitud superior al 98 % con una secuencia de *Ca*Las, reportada en el GenBank con número de acceso JQ867427.1 (Tabla 2).

Tabla 2. Porcentaje de homología entre las secuencias obtenidas a partir de muestras de cítricos colectadas en el municipio de Río Bravo, Tamaulipas y una secuencia reportada en el GenBank.

Muestra	Oligonucléotido	Pares de base	% de homología	Número de acceso al GenBank
Naranja 1A	Oi1 y Oi2c	1,140	99.02 %	JQ867427.1
Naranja 2A	Oi1 y Oi2c	1,142	98.94 %	JQ867427.1
Naranja 3A	Oi1 y Oi2c	1,147	99.11 %	JQ867427.1

La comparación entre las secuencias obtenidas en este trabajo, mostró que existe un 100 % de similitud entre éstas (Figura 2). De igual forma al analizar las secuencias antisentido, se pudo constatar que concuerdan con las reportadas en el GenBank.

Con base en el dendograma generado (Figura 3), se puede observar que las secuencias obtenidas en este estudio (1, 4 y 6) son muy similares a la secuencia *Ca*Las con número de acceso KX990288.1, las cuales, se encuentran agrupadas en el mismo nodo.

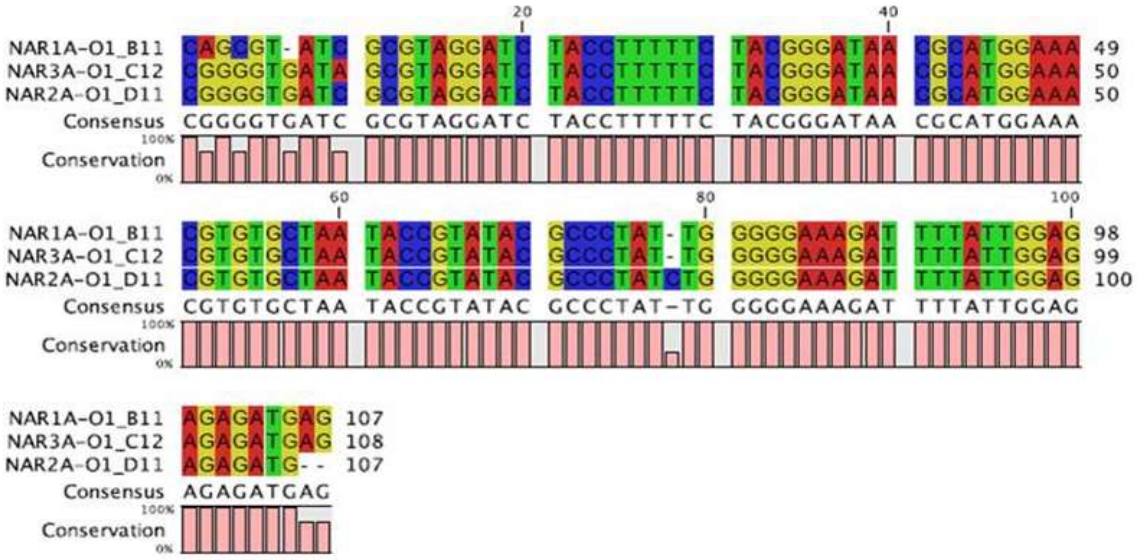


Figura 2. Secuencias obtenidas de *C*Las alineadas con el programa Clustal X. donde se observa el 100 % de similitud en los árboles de naranja agria.

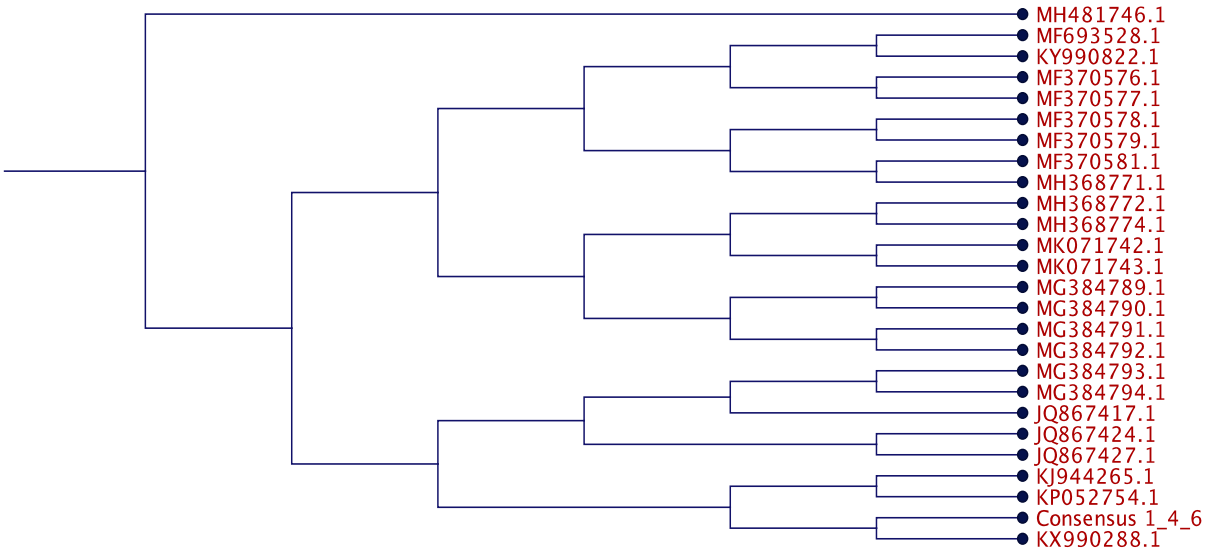


Figura 3. Dendograma generado a partir de las secuencias de *Ca*Las generadas en este estudio y secuencias reportadas en el GenBank.

La divergencia en las secuencias de nucleótidos entre las copias de los genes ribosomales 16S de la mayoría de las bacterias es menor a 1.0 %, aunque en casos extremos puede ser mayor al 11.6 % (Ninet *et al*., 1996; Klappenbach *et al*., 2001). En este estudio, el análisis del fragmento amplificado del gen ribosomal 16S de aproximadamente 1160 pb, permitió separar dos grupos, el primero conformado por secuencias de aproximadamente 100 bases y el segundo grupo integrado por 950 pb. Al comparar las secuencias obtenidas se confirmó que la bacteria presente en la naranja agria colectada en el municipio de Río Bravo, Tamaulipas corresponde a *Candidatus* Liberibacter asiaticus, ya que se comprobó que las tres secuencias generadas, tienen un porcentaje de similitud del 99.0 % con las secuencias reportadas en la base de datos del NCBI para *Ca*Las y se ubican en el mismo nodo de acuerdo al dendograma generado (Figura 3). Además, en este estudio no se detectó variabilidad genética significativa en la bacteria *Ca*Las de acuerdo a las secuencias generadas y analizadas, resultados similares fueron los obtenidos por Manzo *et al*. (2009), quienes analizaron 100 muestras de la región centro de México, por la técnica de SSR demostrando que el locus 077 amplificó 4 alelos, mientras que el locus 005 amplificó 3 alelos y el resto de los loci, solamente fue 1 alelo por locus, demostrando que existe poca variabilidad genética entre especies de *Ca*Las en nuestro país, lo anterior, debido probablemente al poco tiempo de la existencia del HLB en México.

CONCLUSIONES

La bacteria *Candidatus* Liberibacter asiaticus, es la especie asociada al Huanglongbing, enfermedad que se encuentra afectando a los cítricos en el municipio de Río Bravo, Tamaulipas y se estableció que no existe variabilidad genética en este patógeno, al menos, para esta región de México.

REFERENCIAS

Almeyda, L. I.H., Rocha, P. M.A., Piña, R. J., Martínez, S. J.P. 2001. The use of polimerase chain reaction and molecular hybridazation in different plant species in México. Revista Mexicana de Fitopatología 9 (1): 1-9.

Klappenbach, J.A., Saxman, P.R., Cole, J.R., Schmidt, T. 2001. The ribosomal RNA operon copy number database Nucleic Acid Research 29: 181-184.

Manzo, S. G., Romero, P. F., Tulio, M., Buenrostro, N, Gúzman, G. S. Velázquez, M. J.J. 2009. Diversidad genética de diferentes aislados de *Candidatus* Liberibacter asiaticus obtenidas de plantas de cítricos de la Región Centro de México. www.inifap.cirne.gob.mx.

Mora, A. G., Robles, G. P., López, A. J.I., Flores, S. J., Acevedo, S. G., Domínguez, M. S., Gutiérrez, E. A., Loeza, K. E., González, G. R. 2014. Situación actual y perspectivas del manejo del HLB de los cítricos. Revista Mexicana de Fitopatología 32 (2):108-119.

Ninet, B., Monod, M., Emler, S., Pawlowski, J., Metral, C., Rohner, P., Auckenthaler, R., Hirschel, B. 1996. Two different 16S rRNA genes in a mycobacterial strain. Journal of Clinical Microbiology; 34 (10): 2531-2536.

Paredes, T. C., Pantoja, M. L., Collazo, C. C., Peña, B. I., López, H. D., Batista, L. R.L., Hernández R. L. 2015. Diferencias en la manifestación de síntomas asociados a la enfermedad Huanglongbing (HLB) en diferentes especies cítricas en Cuba. Citri Frut Vol. 32 (2): 36-41.

Robles, G. M.M., Orozco, S. M., Manzanilla, R. M.A., Velázquez, M. J.J, Carrillo, M. S.H. 2017. Efecto del HLB sobre el rendimiento de limón mexicano en Colima, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol. 8 (5): 1101-1111.

Rodicio, M.R., Mendoza, M.C. 2004. Identificación bacteriana mediante secuenciación del ARNr 16S: fundamento, metodología y aplicaciones en microbiología clínica. Enfermedades Infecciosas Microbiología Clínica 22 (4): 238-245.

Secretaría de la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (SONPP). 2012. Protocolos de Diagnóstico de la Organización Norteamericana de protección a las plantas (NAPPO), Ottawa 15 de octubre de 2012.

Teixeira, D. C., Saillard, C., Eveillard, S. D.J., Costa, P.I., Ayres, A.J., Bove, J. 2005. *Candidatus* Liberibacter americanus, associated with citrus huanglongbing (greening disease) in São Paulo State, Brazil. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 55 (5): 1857-1862.

CARACTERIZACION PRODUCTIVA DE ALGUNAS ESPECIES DE AGAVES PRESENTES EN YUCATAN

Guerrero Medina, Rubén[1]*; Díaz Plaza, Raúl[1]

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias
Progreso no. 5 Barrio Santa Catarina, Delegación Coyoacán C.P. 09010, Cd. México. *Autor para correspondencia: guerrero.ruben@inifap.gob.mx

RESUMEN

La población endémica de los agaves de Yucatán ha sido seriamente afectada por la actividad henequenera, a principios del siglo pasado se cultivaban más de 300 mil ha, implicando la casi desaparición de otros agaves nativos en cuya diversidad puede encontrarse la oportunidad de generar alternativas a la situación que ahora presenta, ocupando tan solo el 4 % de la superficie de lo que fue hace un siglo.

De los agaves se pueden obtener fibras, azucares, alcohol e inulina; en este proyecto se inician acciones para que, mediante el uso de los recursos genéticos de los agaves en el Estado de Yucatán, se pueda contribuir a mejorar las condiciones productivas y de alternativas para la zona henequenera, además de la conservación de la diversidad. Por ahora ya se conoce el potencial reproductivo de algunos genotipos, además del henequén, como el Hibrido 11648, Agave sisalana, A. angustifolia var. Marginata y A. dementiana, para que, de haber interés en ellas, se tomen decisiones para su disponibilidad.

Durante la conquista de Yucatán por los españoles, estos seleccionaros las especies de agaves de su interés; diferentes autores citan entre cinco a diez diferentes agaves que fueron usados, con diferencias en cuanto a color, fisonomía y fenología. Algunos materiales que se describen son: la especie silvestre “chelem”, y las especies cultivadas “yaax´ki”, “sac ki”, “chucum ki”, “bab ki”, “kitam ki”, “xtuk ki” y “xix ki”. Además de algunas especies introducidas que por sus características pudieran ser cultivadas; todas ellas deben ser evaluadas en cuanto a su desarrollo agronómico y establecer su potencial.

Al muestrear se obtuvo la hoja o penca, evaluando su peso y longitud, posteriormente se desfibraron en la Hacienda San Carlos en la comunidad de Baca, Yucatán, con el procedimiento tradicional aplicado al henequén. Las muestras obtenidas fueron de Furcraea, Agave sp. (maguey), Yax-ki e Hibrido 11648.

Aunque los datos son una muestra (ya que no hay plantaciones comerciales), se puede observar una tendencia de la producción de penca y su contenido de fibra. El fique e hibrido 11648 producen una cantidad de hoja mayor que el henequén y la producción de fibra por penca también mayor, por tener una mayor longitud. Los datos que hasta ahora tenemos de estos materiales deberán ser comprobados en ensayos posteriores.

El Yax-Ki, como el henequén, son nativas de Yucatán, el fique e hibrido se cultivan en Colombia y África respectivamente, el Agave sp. es un maguey que produce fibra y es del centro del país. Para la conformación de un banco de germoplasma de agaves, la información acumulada va conformando el potencial y tendencias de las especies que lo

estarán integrando. La información colectada y evaluada corresponde a la que se tiene del henequén, como longitud de hoja, producción y longitud de fibra, ya que son los datos estandarizados que demanda la industria.

ABSTRACT

The endemic population of agaves from Yucatán has been seriously affected by the henequen activity; at the beginning of the last century more than 300 thousand ha were cultivated from henequen, implying the almost disappearance of other native agaves in whose diversity can be found the opportunity to generate alternatives to the situation that now presents; actually henequen was cultivated in only 4% of the surface occupied a century ago.

Fibers, sugars, alcohol and inulin can be obtained from agaves; In this project actions are initiated so that, through the use of the genetic resources of the agaves in the State of Yucatan, it can contribute to improve the productive conditions and alternatives for the henequen zone, in addition to the conservation of diversity. For now, the reproductive potential of some genotypes is known, as henequen, Hybrid 11648, Agave sisalana, A. angustifolia var. Marginata and A. dementiana, so that if there is interest in use some of them (in adition of henequen), we can take decisions about their availability.

During the conquerer of Yucatán by the Spanish, they selected the species of agaves of their interest; some authors cite between five to ten different agaves that were used, with differences in color, physiognomy and phenology. Some materials that are described are: the wild species "chelem", and the cultivated species "yaax'ki", "sac ki", "chucum ki", "bab ki", "kitam ki", "xtuk ki" and " xix ki ", in addition to some introduced species that due to their characteristics, could be cultivated; all of them must be evaluated in terms of their agronomic development and establish their potential.

When the samples was harvested from some of the species, the leaf was obtained to evaluating its weight and length, later they were defibrated at Hacienda San Carlos in the community of Baca, Yucatán, with the traditional procedure applied to henequen. The samples obtained were from Furcraea, Agave sp. (maguey), Yax-ki and Hybrid 11648.

Although the data is a sample (since there are no commercial crops), a trend can be observed in the production of leaves and its fiber content. The fique and hybrid 11648 produce a greater quantity of leaf than henequen and the production of fiber per leave is also greater, due to its greater length. The data that we have so far of these materials will have to be verified in subsequent tests.

The Yax-Ki, like the henequen, are native from Yucatán, the fique and hybrid are cultivated in Colombia and Africa respectively, the Agave sp. it is a maguey that produces fiber and is from the center of the country. To make form of an agave germplasm bank the accumulated information will make up the potential and trends of the species that will be integrating it. The information collected and evaluated was contrasted with that of henequen.such as leaf length, production and fiber length, since they are the standardized data demanded by the industry.

INTRODUCCION

El henequén, cultivo histórico en Yucatán y la economía misma de México ha afrontado situaciones que le afectaron al grado que se cultiva solo el 4% de la superficie que hace poco más de 100 años. Entre las situaciones críticas que afrontó, se encuentra que en su afán de crecimiento se discriminó a otros agaves endémicos, con seguridad de que el henequén representaba la planta ideal en ese momento, sin embargo desconociéndose el potencial de los otros agaves fueron desapareciendo al ampliarse las áreas de este cultivo. El henequén ha sido un cultivo de baja rentabilidad, y hemos olvidado que una opción de rescate de la economía del sector puede encontrarse en la diversidad genética de los agaves nativos, riqueza que se ha incrementado con la internación de otras especies que no han sido evaluadas y que podrían competir o complementar las acciones de campo de los agricultores henequeneros.

En busca de opciones para incrementar la productividad o diversificación de subproductos a través de colectas de la diversidad de agaves para conocer las características propias de cada especie, sabiendo que de los agaves se puede obtener además de fibras, azucares para la obtención de alcohol para uso industrial o consumo humano, inulina; razón por la que con este proyecto se iniciarán acciones que conlleven a definir a mediano plazo si la diversidad de los recursos genéticos con que se cuenta pueden contribuir a mejorar las condiciones del sector social de la zona henequenera

De las especies por rescatar pueden generarse opciones productivas además de la conservación de la diversidad, ya que el henequén puede comportarse de doble propósito o más, como ya se mencionó, de esas especies se desconocen sus propiedades y habrán de hacerse evaluaciones de adaptación y producción para definir su potencial ante las propiedades del henequén mismo.

Como primera oportunidad de saber de los agaves que se tienen en la región se ha podido conocer el potencial reproductivo de algunas de ellas como el Hibrido 11648, Agave sisalana, Agave angustifolia var. Marginata y Agave dementiana, con ello se sabe de su medio de reproducción lo que se puede esperar en cuestión de “bulbillos” y semillas medios reproductivos asexual y sexual respectivamente, para que de haber interés en ellas, conociendo lo anterior se tomen decisiones para su disponibilidad.

Se tienen referencias históricas que a la llegada de los españoles a Yucatán, en un inventario de la vegetación, se relacionaron varias especies de agave, algunas de las cuales actualmente se encuentran prácticamente extintas. Una de las razones, y posiblemente la principal fue, la siembra de amplias zonas de cultivo que se realizaron, predominando solo una especie, el henequén. El fomento de estas superficies se realizaron posterior a la Guerra de Castas, en que de una superficie mínima cubierta de agave, se llegaron a tener más de 300 mil ha (con *A. fourcroydes*), esta cobertura propicio la eliminación de la vegetación natural al grado que también se redujo o eliminó las poblaciones de algunas de las especies de agaves, reduciéndose la variabilidad de los mismos.

Orellana (1985), Señala que en la nomenclatura maya se reconocen diez agaves diferentes y la distinción se basa principalmente en el color, fisonomía y analogía, nomenclatura que hasta la fecha no ha correspondido directamente con la científica.

También menciona que Roys reporta cinco especies en tanto que Standley y Sousa-Novelo ocho especies.

Del periodo de desarrollo del henequén 1814-1914, se dispone de estadísticas y manuales en los que se detallan agronómicamente las variantes de agaves cultivados. En estos manuales (Colunga 1993) describe además de la especie silvestre o “chelem”, siete variantes cultivadas: “yaax´ki”, “sac ki”, “chucum ki”, “bab ki”, “kitam ki”, “xtuk ki” y “xix ki” todas con diferentes características morfológicas y de adaptación al medio.

Orellana (1993), Refiere respecto al henequén, que esta especie cultivada y domesticada en Yucatán desde tiempos prehispánicos, de acuerdo con documentos antiguos llego a estar constituida por al menos cuatro variedades reconocidas y manejadas para diferentes calidades de fibra y considera importante tratar de recuperar como germoplasma las otras variedades, que al parecer tienen distintos porcentajes de sapogeninas esteroidales y diferentes calidades de fibra.

El potencial y propiedades de esas otras especies se desconoce y al reducir sus poblaciones se pone en riesgo su sobrevivencia, es necesario recuperar la variabilidad de estas plantas para obtener nuevas perspectivas en el cultivo o aprovechar las de otras especies o diversidad dentro de estas. Otra oportunidad que se presenta es que se encuentran introducidas a la región especies de agaves de otros países y de otros estados de México cuyo comportamiento indica la posibilidad de ser cultivados con éxito en el estado, sin embargo a pesar de que pudieran contribuir productivamente con doble propósito como lo ha demostrado el henequén, su desarrollo debe ser evaluado agronómicamente para documentar su potencial y posterior evaluación comercial.

MATERIALES Y METODOS

Como consecuencia de estar familiarizados con ubicación de algunas especies de agaves por la evaluación de sus inflorescencias, fue posible establecer contacto con empresas o particulares posesionarias de ellas que permitieran la obtención de muestras de penca para su evaluación. Una vez concedida la oportunidad de cosecha, considerando que la planta estuviera en plena madurez se obtuvo la muestra de penca procediéndose a evaluar su peso y longitud para proceder a su posterior desfibrado. Las desfibraciones se llevaron a cabo en la Hacienda San Carlos en la comunidad de Baca, Yucatán, con el procedimiento habitual que se aplica para henequén. Las muestras obtenidas fueron de Furcraea sp., Agave sp. (maguey), Yax-ki e Hibrido 11648.

Agave sp. (maguey)	Yaax ki
Hibrido 11648	**Fourcraea sp. (fique)**
Agave fourcroydes (henequén)	

Figura 1. Ilustraciones de los agaves evaluados en caracterización de penca y producción de fibra.

RESULTADOS Y DISCUSION

De los muestreos realizados se ha tenido oportunidad de realizar repeticiones y están han tenido pequeñas diferencias en cuanto al tamaño de penca por lo que los datos que se muestran son promedios como lo es en caso de fique e hibrido. Así mismo debe quedar constancia de que los datos obtenidos aunque son de una muestra, la fenología de las plantas donde se han obtenido demuestran claramente la tendencia de la producción de penca y lo que de ella es posible obtener, por lo que no debe restársele importancia a los datos contenidos en el cuadro 1.

Y por lo que respecta a las especies evaluadas, en la figura 1 se aprecia claramente la tendencia de fique e hibrido 11648, producen una cantidad de hoja mayor que el henequén y la producción de fibra por penca también mayor por ser de un tamaño superior aun así, los rendimientos por unidad de superficie solo serán confiables hasta que las evaluaciones de comportamiento agronómico y de producción se realicen en condiciones de parcelas con dimensiones que lo permitan.

Cuadro 1 Características de hoja (penca) y contenido de fibra							
No.	**Especie**	**Largo de hoja cm**	**Espina apical**	**Espina marginal**	**Ancho de hoja cm**	**Peso de Hoja gr**	**Fibra en hoja gr**
1	Agave fourcroydes (henequén)	130	si	si	14	950	35
2	Yax-ci	135	si	si	15	1150	55
3	Fourcraea (fique)	140	si	si	16	820	51
4	Hibrido 11648	125	si	no	18	630	45
5	Agave sp. (maguey)	127	si	no	29	2900	81

CONCLUSIONES

La especie con número 2, además del henequén son nativas de Yucatán (cuadro1), en tanto que la 3 y 4 se cultivan para la producción de fibra en Colombia y África respectivamente, aunque se les puede ver con cierta normalidad en el estado.
La planta numero 5, corresponde a una variedad de maguey que a diferencia de la mayoría de ellas, esta produce fibra y aunque se le ubica en Yucatán, es común en Aguascalientes y San Luis Potosí. Este agave contiene una buena cantidad de fibra en sus pencas.

De los resultados obtenidos, nada por ahora puede ser concluyente, sin embargo para la conformación de un banco de germoplasma de agaves, la información que se va acumulando va dando idea de las tendencias de las especies que lo estarán integrando, las contenidas en esta evaluación corresponde a una parte de las que presentan similitud al henequén en cuando a longitud de hoja principalmente ya que todos los rangos caen dentro del estándar de largo de fibra que demanda la industria.

REFERENCIAS

Colunga G. P., Estrada L. E. y May P. F. 1993. Germoplasma disponible de henequén. Importancia de su conservación. En Memorias de la conferencia nacional sobre el henequén y la zona henequenera de Yucatán. Mérida Yucatán México, del 25 al 28 de octubre de 1992.

Díaz Plaza Raúl. 1987. Guía para obtener bulbillos del varejón mediante el control de plagas y enfermedades. Folleto para productores Num 14. SAGARPA-INIA. Mérida, Yucatán México.

Díaz Plaza Raúl. 1988. Principales enfermedades del henequén. Folleto técnico Num 4. SAGARPA-INIA. Mérida, Yucatán México.

Guerrero M.R. 2011. Caracterización de la inflorescencia del henequén Agave fourcroydes en función del potencial reproductivo de la especie. 2011. Reunión Nacional de Investigación e innovación Pecuaria, Agrícola, Forestal y Acuícola Pesquera. León Guanajuato México. Octubre de 2011.

Guerrero. M. R. 2009, Uso de bulbillos y vástagos provenientes de cultivo de tejidos como alternativa para producir plantas de calidad en semilleros de henequén (Agave fourcroydes Lem.) in IV Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. Saltillo, Coahuila. México.

Orellana R., Villers L., Franco V. y Ojeda L. 1985. Algunos aspectos ecológicos de los agaves de la península de Yucatán. En Biología y aprovechamiento integral del henequén y otros agaves. Centro de investigación científica de Yucatán A.C. Mérida Yucatán, México.

Orellana R. 1993. Agave, agaváceas y familias afines en la península de Yucatán. Memorias de la conferencia nacional sobre el henequén y la zona henequenera de Yucatán. Mérida Yucatán México, del 25 al 28 de octubre de 1992.

Guerrero M.R. Díaz P.R. 2020. Caracterización de inflorescencias de agaves nativos e introducidos en Yucatán *Memoria de XXXII Semana Internacional de Agronomía. Venecia, Durango México. Septiembre 2020.*

CINCO AÑOS DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN Y SU EFECTO EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO EN RÍO BRAVO, TAMAULIPAS.

Espinosa-Ramírez Martín[1*], Ortiz-Chairez Flor Elena[1]

[1]Campo Experimental Río Bravo, INIFAP, Carretera Matamoros- Reynosa km 61 Cd. Río Bravo, Tamaulipas. Autor Principal *espinosa.martin@inifap.gob.mx

RESUMEN

El estudio se inició en el ciclo agrícola O-I 2017, estableciendo el cultivo de sorgo en la segunda quincena de febrero. Se prepararon los lotes de labranza con subsoleo, rotura o arado y rastreo y se formaron las camas permanentes en los sistemas de conservación. Previo a la siembra, se aplicó en banda sobre la línea de siembra 1.2 t ha^{-1} de gallinaza procesada y en marzo se sembró el ensayo con el híbrido de sorgo DK 32, estableciendo cinco líneas por cama a una densidad de 250,000 plantas·ha^{-1}. Previo a la siembra se fertilizó con 50 kg ha^{-1} de urea (N=46 %) + 100 kg ha^{-1} de Microessentials SZ (12-40-00-10 N-P-K-S). En el ciclo P-V 2017 se sembró soya variedad Vernal y en el año 2018, se repitió el ensayo con Maíz (O-I) y Soya (P-V). En los años subsecuentes, se ha mantenido la rotación cereal-leguminosa y en los ciclos O-I y P-V 2020 se finalizó con maíz y frijol, respectivamente. El objetivo fue evaluar después de cinco años de agricultura de conservación, su efecto en las propiedades químicas del suelo. Se han observado incrementos significativos en el nitrógeno total con un aumento en las adiciones de residuos de cosecha. A inicio del ensayo no existió diferencia significativa entre tratamientos ($p>0.05$); sin embargo, después de cinco años, T1 muestra mayores contenidos de nitratos y diferente estadísticamente al resto de tratamientos. En los contenidos de fósforo, el primer año de evaluación no existió diferencia entre tratamientos. Sin embargo, después de cinco años, se observa la acumulación de fósforo en la superficie de suelos con cero labranza y T1 y T2 son diferentes estadísticamente a T5. Para el caso de potasio, el suelo con cero labranza conserva e incrementa la disponibilidad de este nutriente, cerca de la superficie del suelo donde proliferan las raíces del cultivo. Se observan mayores concentraciones de potasio extraíble en la superficie del suelo cuando disminuye la intensidad de la labranza. Para los microelementos zinc y manganeso, en el año 2021, existió diferencia significativa entre tratamientos, siendo T1 y T2 los tratamientos que mayor cantidad han mostrado e incrementado a través del tiempo. Para la acidez, no se encontró diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo, después de cinco años se ha observado una ligera reducción de la alcalinidad principalmente en los tratamientos de labranza de conservación, pasando de un pH de 7.85 (medianamente alcalino) en promedio, a un pH de 7.51 (ligeramente alcalino). El tratamiento de rotura + rastra es el que mostró menor cambio con ligero incremento.

ABSTRACT

The study began in the agricultural cycle O-I 2017, establishing the cultivation of sorghum in the second half of February. Tillage plots with subsoil, fallow and trailing were prepared and permanent beds were formed in the conservation systems. Prior to sowing, 1.2 t ha-1 of processed chicken manure was applied in a band on the sowing line and in March the

trial was sown with the sorghum hybrid DK 32, establishing five lines per bed at a density of 250,000 plants * ha $^{-1}$. Prior to sowing, it was fertilized with 50 kg ha^{-1} of urea (46%) + 100 kg ha-1 of the physical mixture (12-40-00-10). In the P-V 2017 cycle, Vernal soybeans variety was planted and in 2018, the test was repeated with corn (O-I) and soybeans (P-V). In subsequent years, the cereal-legume rotation has been maintained and in the O-I and P-V 2020 cycles it was finished with corn and common bean respectively. The objective was to evaluate after five years of conservation tillage, its effect on the chemical properties of the soil. Significant increases in total nitrogen have been observed with an increase in crop residue additions. At the beginning of the trial, there was no significant difference between treatments (p> 0.05); however, after five years, T1 shows higher nitrate contents and statistically different from the rest of the treatments. In the phosphorus contents, the first year of evaluation there was no difference between treatments. However, after five years, the accumulation of phosphorus has been observed on the surface of soils with zero tillage and T1 and T2 are statistically different from T5. In the case of potassium, the soil with zero tillage preserves and increases the availability of this nutrient, near the surface of the soil where the roots of the crop proliferate. Higher extractable potassium concentrations are observed at the soil surface when tillage intensity decreases. For the microelements zinc and manganese, in the year 2021, there was a significant difference between treatments, with T1 and T2 being the treatments that have shown the greatest amount and increased over time. For acidity, no significant difference was found between treatments, however, after five years a small reduction in alkalinity has been observed mainly in conservation tillage treatments, going from a pH of 7.85 (moderately alkaline) on average, to a pH of 7.51 (slightly alkaline). The breakage + drag treatment is the one that showed the least change with a slight increase.

INTRODUCCIÓN

En los suelos agrícolas, la perturbación ocasionada por las continuas prácticas de labranza (rotura, rastreo y surcado) implica una constante remoción del suelo y una alteración de sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Ongley, 1997). Además, el retiro de los esquilmos agrícolas y su quema, y la falta de incorporación de abonos orgánicos influyen en el deterioro de la fertilidad de los suelos (Grageda-Cabrera *et al.,* 2003). Una consecuencia es el empleo de dosis excesivas de fertilizantes químicos para la producción agrícola, lo cual causa contaminación y eleva los costos de producción. Las prácticas de agricultura de conservación fundamentadas en la mínima remoción del suelo, la continua adición de los residuos de cosecha en su superficie y la diversificación de cultivos constituyen una opción viable para solucionar este problema. Lo anterior favorece a mediano plazo la acumulación de carbono y nitrógeno (Gregorich y Carter, 1997), lo que posibilita la disminución en las dosis de fertilización nitrogenada, sin disminuir el potencial de producción en maíz y trigo. El objetivo fue evaluar después de cinco años de agricultura de conservación, su efecto en las propiedades químicas del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció un lote experimental con rotación maíz-sorgo-soya de riego en el ciclo agrícola OI-2017. Se evaluaron los siguientes tratamientos: 1) cero labranza con 100 % de residuos de cosecha (CLC100 %), 2) cero labranza con 50 % de residuos de cosecha

(CLC50 %), 3) cero labranza con 0 % de residuos de cosecha (CLC0 %), 4) subsoleo más rastra (S+R) y 5) rotura más rastra (R+R), como tratamiento testigo. El diseño en campo fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Cada parcela constó de seis camas de 1.60 m de ancho por 20 m de largo. Una densidad de población para maíz: 70,000 plantas por hectárea (25 kg ha^{-1}), sorgo: 210 mil plantas por hectárea (7 kg ha^{-1}) y 50 kg ha^{-1} de soya en siembra en surcos a doble hilera (250 000 plantas por hectérea). Para maíz, se aplicó el 50 % del nitrógeno (100 kg Urea) y 100 % del fósforo (100 kg 12-40-00-10) en la siembra y el 50 % restante del nitrógeno en la segunda escarda. En soya se empleó el tratamiento de fertilización 18-46-00 (100 kg·ha^{-1}) y se aplicó el 50 % del nitrógeno y 100 % del fósforo en la siembra y el 50 % restante de nitrógeno en la primera escarda. A inicio de cada ciclo se reconstruyeron las camas permanentes a 1.60 m entre sí, para facilitar el riego por gravedad. Al final de cada ciclo se dejó sobre la superficie del suelo el rastrojo equivalente al 0, 50 y 100 % de la biomasa producida en el tratamiento. En maíz y soya, los riegos se aplicaron cuando, de la siembra a inicio de floración se alcanzó un abatimiento de la humedad aprovechable del 40 %. En maíz, el control de la maleza, en los tratamientos con cero labranza, se realizó con la aplicación de herbicida glifosato, en dosis de 2 L ha^{-1}, aplicado antes de la siembra, para la maleza de hoja ancha se aplicó 1 kg ha^{-1} de atrazina después de la última escarda y de uno a ocho días antes del 1er. riego de auxilio. En sitios con problemas de zacates se aplicó 2.5 L ha^{-1} de pendimentalina, junto con la atrazina. Para los cultivos de sorgo y soya, cuando fue necesario se aplicó el herbicida específico (prosulfurón 30 g.i.A ha^{-1}) y fusiflex (0.75 L ha^{-1}) para hoja ancha a los 21 días después de la siembra. El control de plagas se realizó de acuerdo con las recomendaciones del INIFAP, utilizando el manejo integrado de plagas (MIP), cuidando mantener la fauna benéfica y contaminar menos el ambiente. Las variables evaluadas fueron: contenido de nitratos ($N\text{-}NO_3$), fósforo (P_2O_5), potasio extraíble (K_2O), pH, microelementos zinc, manganeso y sulfatos. Al finalizar el ciclo se realizó el muestreo de suelos de la capa superficial (0-30 cm). Para la caracterización química del suelo se siguió la metodología descrita en la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-SEMARNAT-2000). Los datos de las variables se analizaron en SAS y la comparación de medias por Tukey ($p<0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El impacto de la labranza reducida con retención de residuos sobre la mineralización del nitrógeno no es claro. El suelo con cero labranza con retención de residuos puede estar asociado con una menor disponibilidad del nitrógeno debido a una mayor inmovilización producida por los residuos dejados sobre la superficie del suelo (Langdale *et al.,* 1985).

El suelo con cero labranza y camas permanentes tiene una concentración significativamente mayor de nitrógeno total que la labranza convencional (Govaerts *et al.,* 2007). Se han observado incrementos significativos en el nitrógeno total con un aumento en las adiciones de residuos del cultivo (Figura 1). A inicio del ensayo no existió diferencia significativa entre tratamientos ($P>0.05$); sin embargo, después de cinco años, T1 muestra mayores contenidos de nitratos y diferente estadísticamente al resto de tratamientos. Los efectos de la agricultura de conservación sobre el contenido total de nitrógeno por lo general reproducen a aquellos observados para el carbón orgánico del suelo total ya que el ciclo del nitrógeno está ligado al ciclo del carbono (Al-Kaisi *et al.*, 2005).

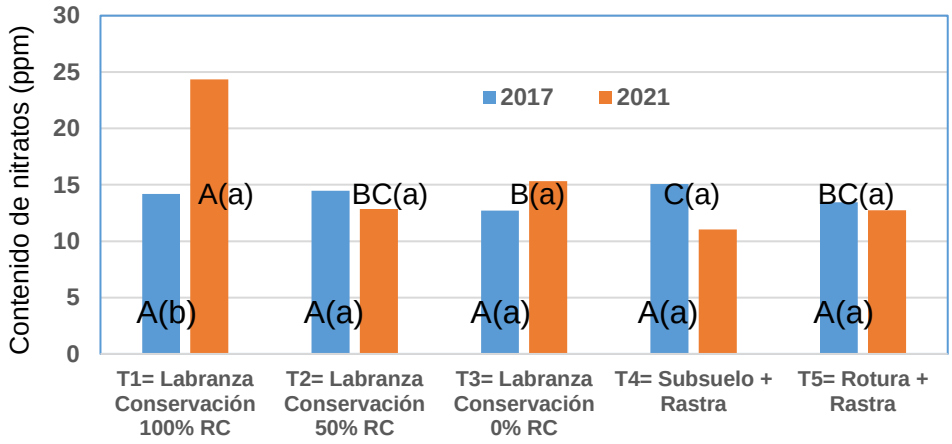


Figura 1. Contenidos de Nitratos–NO_3 entre sistema de labranza.

Letras mayúsculas corresponde a diferencia entre sistema de labranza. Letras minúsculas a diferencia entre años. Letras iguales, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

Varios estudios han registrado mayores concentraciones de fósforo extraíble en suelos con cero labranza que en suelos con labranza. Esto se debe en gran medida al mezclado reducido del fósforo del fertilizante con el suelo, lo que lleva a una menor fijación del fósforo. (Langdale *et al.,* 1985). Esto es un beneficio cuando el fósforo es un nutriente limitante, pero puede ser una amenaza cuando el fósforo es un problema ambiental debido a la posibilidad de pérdidas de fósforo soluble en el agua de escurrimiento.

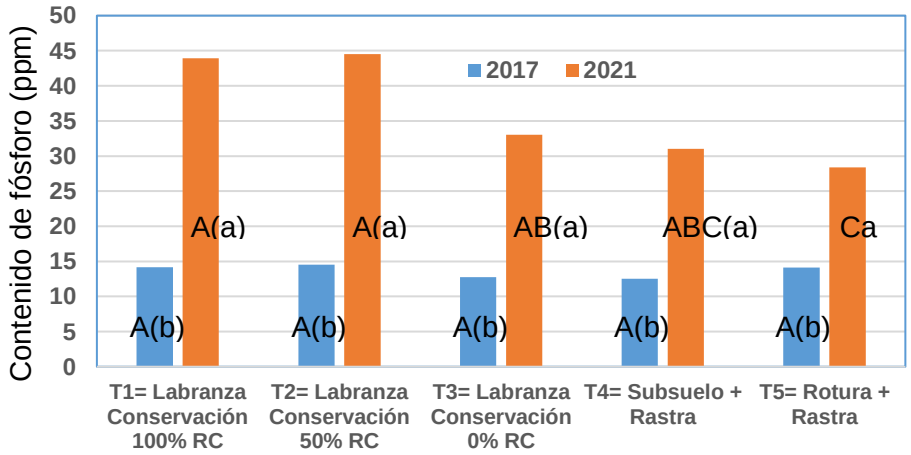


Figura 2. Contenidos de fósforo entre sistema de labranza.

Letras mayúsculas corresponde a diferencia entre sistema de labranza. Letras minúsculas a diferencia entre años. Letras iguales, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

De igual forma, el primer año de evaluación no existió diferencia entre tratamientos para el contenido de fósforo. Sin embargo, después de cinco años, se observó una acumulación

de fósforo en la superficie de suelos con cero labranza (Figura 2). T1 y T2 son diferentes estadísticamente a T5. Si el suelo superficial se seca con frecuencia durante la temporada de crecimiento, la colocación más profunda de fósforo en cero labranza puede ser una opción. Sin embargo, si hay mantillo sobre la superficie del suelo con cero labranza, es probable que el suelo superficial sea más húmedo que los suelos cultivados con labranza y probablemente no haya necesidad de una colocación más profunda del fósforo.

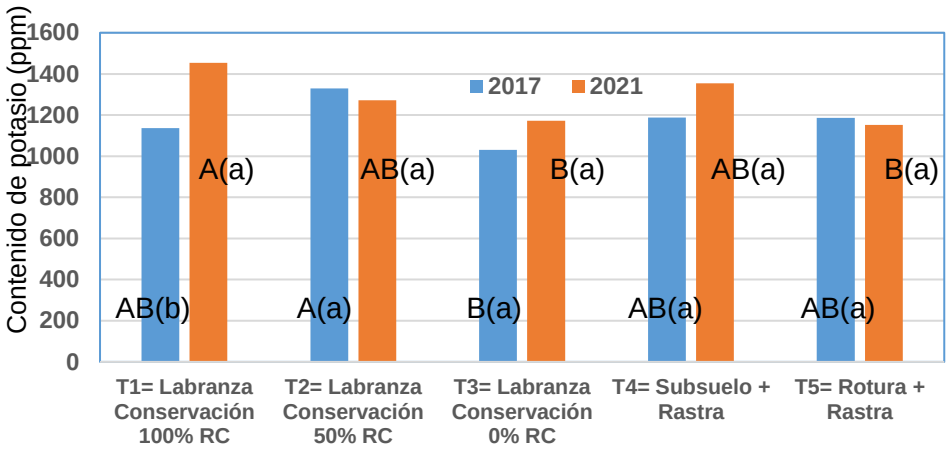


Figura 3. Contenidos de Potasio extraíble entre sistema de labranza.

Letras mayúsculas corresponde a diferencia entre sistema de labranza. Letras minúsculas a diferencia entre años. Letras iguales, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

Para el caso de potasio, el suelo con cero labranza conserva e incrementa la disponibilidad de este nutriente, cerca de la superficie del suelo donde proliferan las raíces del cultivo (Follett, 2001). Se observan mayores concentraciones de potasio extraíble en la superficie del suelo cuando disminuye la intensidad de la labranza (Figura 3). El aumento en la cantidad de residuos retenidos también puede llevar a un aumento en la concentración de potasio en la parte superficial del suelo, aunque este efecto es dependiente del cultivo. En el análisis de la varianza se encontró diferencia significativa entre tratamientos ($p<0.05$), para el año 2021 el tratamiento de cero labranza con 100% de residuos de cosecha (T1) fue diferente a labranza convencional (T5) donde se incluye rotura más rastra.

Microelementos

El aumento en el suministro de micronutrientes esenciales a cultivos alimenticios puede producir incrementos significativos en las concentraciones en productos vegetales comestibles, contribuyendo con la salud del consumidor (Coolman and Hoyt, 1993). Los micronutrientes (Zn, Fe, Cu, y Mn) tienden a estar presentes en mayores concentraciones en suelos con cero labranza con retención de residuos en comparación con la labranza convencional. Para los microelementos zinc y manganeso, en el año 2021, existió diferencia significativa entre tratamientos ($P<0.05$), siendo T1 y T2 de mayor incremento de manganeso a través del tiempo (Figura 4), mientras que, en el contenido de Zinc, T1, T2 y

T3, incrementaron su contenido y superaron a T4 y T5. Sin embargo, los informes no son concluyentes acerca de esto (Larson y Pierce, 1991).

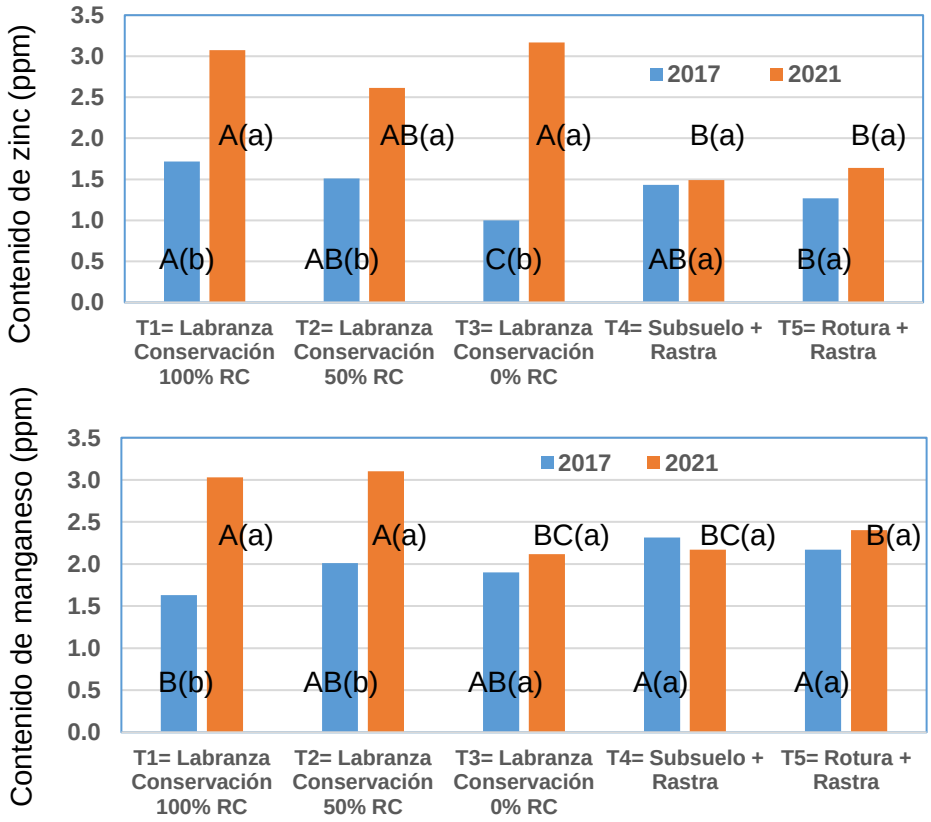


Figura 4. Contenido de zinc y manganeso (ppm) entre tratamientos en sistemas de labranza.

Letras mayúsculas corresponde a diferencia entre sistema de labranza. Letras minúsculas a diferencia entre años. Letras iguales, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

Acidez

La mayoría de los estudios encontraron que el pH de la parte superficial del suelo fue menor (más ácido) para cero labranza que para labranza convencional. Hay algunas hipótesis para esta acidificación:

a) La mayor acumulación de MOS en la capa superficial del suelo con cero labranza genera acidez por medio de la descomposición.
b) El menor pH de la capa superficial del suelo puede deberse al efecto acidificante de los fertilizantes con nitrógeno y fósforo aplicados de manera más superficial en cero labranza que con labranza convencional (Figura 5).

Para la acidez, no se encontró diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo, después de cinco años se ha observado una reducción de la alcalinidad principalmente en

los tratamientos de labranza de conservación, pasando de un pH de 7.85 (medianamente alcalino) en promedio, a un pH de 7.51 (ligeramente alcalino). El tratamiento de rotura + rastra es el que mostró menor cambio con ligero incremento.

Sin embargo, se han presentado algunos resultados contrarios, en los cuales se encontró un pH significativamente mayor en la capa superficial del suelo de camas permanentes con retención completa de residuos en comparación con camas convencionales con retención de residuos (Al-Kaisi and Yin 2005).

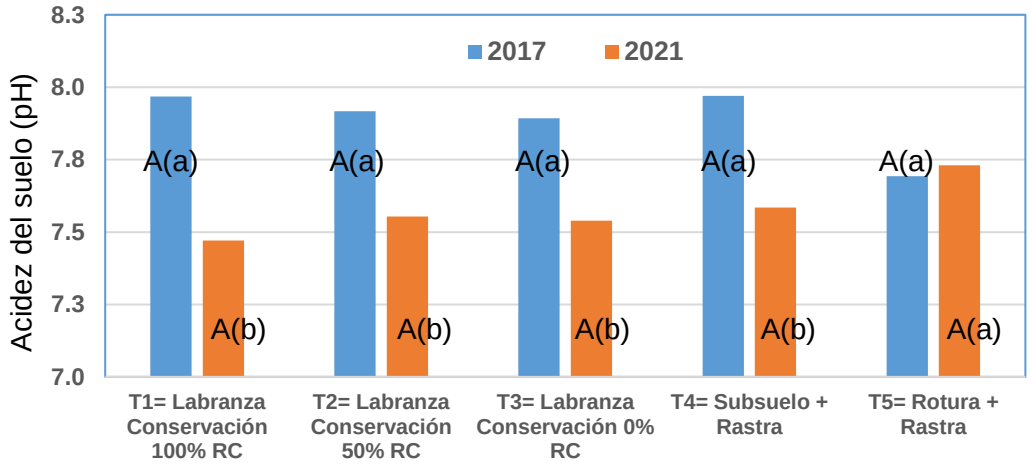


Figura 5. Acidez de la capa superficial del suelo (pH) entre sistemas de labranza.

Letras mayúsculas corresponde a diferencia entre sistema de labranza. Letras minúsculas a diferencia entre años. Letras iguales, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

CONCLUSIONES

Después de cinco años bajo el sistema de agricultura de conservación, conservando los residuos de cosecha sobre la superficie, se mejoran los indicadores químicos como nitratos, fosforo, potasio, macro-elementos y se reduce ligeramente la alcalinidad del suelo.

REFERENCIAS

Al-Kaisi, M.M., and X. Yin. 2005. Tillage and crop residue effect on soil carbon and carbon dioxide emission in corn-soybean rotations. Journal of Environmental Quality 34:437-445.

Coolman and Hoyt, 1993. Increasing sustainability by intercropping Hort Technology, 3 (1993), pp. 309-312.

Follett, R. F. 2001. Soil Management Concepts and Carbon Sequestration in Cropland Soils. Soil & Tillage Research, 64, 77-92.

Govaerts, B., Fuentes, M., Mezzalama, M., Nicol, J.M., Deckers, J., Etchevers, J.D., Figueroa S, B., and Sayre, K.D. 2007. Infiltration, soil moisture, root rot and nematode populations after 12 years of different tillage, residue and crop rotation managements. Soil Till. Res. 94 (1):209–219.

Grageda-Cabrera, O. A., Mora, M., Castellanos, R. J. Z., Follet, R. F., and Peña-Cabriales, J. J. 2003. Fertilizer nitrogen recovery under different tillage treatments and cropping sequences in a vertisol in central México. IAEA-TECDOC. 1354:39-55.

Gregorich, E. G. and Carter, M. R. 1997. Soil quality for crop production and ecosystem health. Development in Soil Science 25:125–165.

Langdale, G.W. and Shrader, W.D. 1982. Soil erosion effects on soil productivity of cultivated cropland. Determinants of soil loss tolerance. Special Publication 45. (Madison, WI: American Society of Agronomy).

Langdale, G.W., R.A. Leonard, and A.W. Thomas. 1985. Conservation practice effects on phosphorus losses from Southern Piedmont watersheds. 40-157-161.

Larson, W.E. y Pierce, F.J. 1991. Conservation and Enhancement of Soil Quality. In Evaluation for sustainable land management in the developing world. En Proc. of the Int. Work-shop on Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World, Chiang Rai. pp. 175-203. 15-21 Sept. 1991. Int. Board of Soil Res. and Manage, Bangkok, Thailand.

Ongley, E. D. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos», Estudio FAO Riego y Drenaje - 55, Caps. 1, 2 y 5.

COMPARACIÓN DE LA FERMENTACIÓN Y COMPOSICIÓN NUTRITIVA ENTRE ENSILAJES DE CANOLA Y ALFALFA

COMPARISON OF THE FERMENTATION AND NUTRIENT COMPOSITION BETWEEN CANOLA AND ALFALFA SILAGES

Juan I. Sánchez Duarte[1*], David G. Reta Sánchez[2], Karla Rodriguez Hernández[1], Esmeralda Ochoa Martínez[1], Arturo Reyes González[1]

[1]INIFAP-Campo Experimental La Laguna. Matamoros, Coahuila. C.P. 27440.
[2]INIFAP-Campo Experimental Delicias. Delicias, Chihuahua. C.P. 33000.
***correo-e: sanchez.juan@inifap.gob.mx**

RESUMEN

La canola (*Brassica napus L*) y la alfalfa (*Medicago sativa*) pueden producir ensilajes de buena composición nutritiva. El experimento fue conducido para comparar la fermentación y la composición nutritiva entre los ensilajes de canola y alfalfa con y sin inoculante microbiano. El estudio se realizó en Matamoros, Coahuila, México. Los ensilajes se prepararon en mini-silos a una densidad de 736 kg/m^3 de forraje fresco. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento en un arreglo factorial 2x2. Se observó interacción entre el forraje y la inoculación microbiana para las características fermentativas, mientras que para la composición nutritiva de los ensilajes solo fue significativa por los forrajes. La inoculación microbial no afectó los productos de la fermentación del ensilaje de canola. Sin embargo, la inoculación microbial del forraje mejoró el ensilaje de alfalfa mediante la reducción del pH y el incremento en la concentración del ácido láctico, así como el contenido de energía. Los contenidos de proteína cruda (PC), fibra neutro detergente (FDN) y la energía neta de lactancia (EN_L) en el ensilaje de canola fueron 25.9%, 23.5% y 1.48 Mcal/kg, respectivamente. Comparado con el ensilaje de alfalfa, el ensilaje de canola tuvo ligeramente concentraciones más bajas de fibra, PC (4.8%) y energía (0.9-5.3%). En general, los resultados del estudio indicaron que el ensilaje de canola presenta buena fermentación y composición nutritiva en comparación a la alfalfa y que la inoculación microbial no tiene efectos positivos en este ensilaje.

ABSTRACT

Canola (*Brassica napus* L*)* and alfalfa (*Medicago sativa*) can produce nutritious silage. An experiment was conducted to compare the fermentation and nutrient composition between canola and alfalfa silages with and withouth microbial inoculation. The trial was conducted in Matamoros, Coahuila, Mexico. Silages were made in mini-silos with a density of 736 kg/m3 of fresh forage. A randomized complete block design with four replications per treatment in 2x2 factorial arrangement of treatments was used. Interaction between forage crop and microbial inoculation for fermentative characteristics were observed, whereas for chemical composition only main effects were significant. Microbial inoculation did not affect canola silage fermentation products. However, microbial inoculation improved alfalfa silage quality by decreasing pH and increasing concentrations of lactic acid, as well as energy

content. Crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), and net energy of lactation (NE_L) content in canola silage were 259 g/kg DM, 234 g/kg DM, and 6.2 MJ/kg DM, respectively. As compared to alfalfa silage, canola silage had slightly lower concentrations of fiber, CP (4.8%), and energy (0.9-5.3%). Overall, the results indicated that canola silage shows good fermentation and nutrien composition compared to alfalfa and microbial inoculation did not have positive effects on this silage.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de canola tiene la capacidad de producir en diferentes texturas de suelo (Boyles *et al*., 1994), puede tolerar salinidad (Francois, 1994), es más eficiente en el uso del agua que la alfalfa (Reta *et al*., 2011) y su forraje es de buena calidad nutritiva. Por lo tanto, la canola podría ser un cultivo prometedor para utilizarse en la producción de forrajes en establos lecheros que se encuentren en zonas áridas y semiáridas. El valor nutritivo del forraje de canola ha sido comparado con el de alfalfa porque contiene más de 20% de proteína cruda (PC; Parker, 2006), menos de 25% de fibra detergente neutro (FDN; Neely et al., 2009) y más de 1.2 Mcal/kg de materia seca (MS) de energía neta de lactancia (EN_L; Reta *et al*., 2010). Además, la digestibilidad de la materia seca (MS) del forraje de canola es superior a la observada en alfalfa (Hall and Jung, 2008).

Tanto la canola como la alfalfa pueden almacenarse como ensilaje para ser incluidos en las dietas de las vacas; sin embargo, el forraje de estos cultivos podría tener problemas para fermentarse por su gran capacidad amortiguadora, por su alto contenido de PC y su bajo contenido de carbohidratos solubles en agua (McAllister *et al.*, 1998). Una opción práctica para mejorar el proceso de fermentación en este tipo de forrajes es utilizar la inoculación microbiana, la cual optimiza la producción de ácido láctico y, por consiguiente, la caída del pH durante la fermentación (Filya *et al.*, 2007). Esto permite que el forraje se conserve en condiciones ácidas para mantener el forraje libre de microrganismos indeseables en el silo. El objetivo de este estudio fue comparar la fermentación y la composición nutritiva del ensilaje de canola y alfalfa con y sin inoculación microbiana.

MATERIALES Y MÉTODOS

La canola y la alfalfa se produjeron en un establo lechero de Francisco I. Madero, Coahuila. Para canola se sembró el híbrido Hyola 401 y para alfalfa se utilizó el primer corte del tercer año de la variedad Camino 1010. La siembra de canola se realizó en suelo seco con una densidad de siembra de 13 kg/ha de semilla. En canola se aplicaron un riego de siembra y cuatro riegos de auxilio, mientras que en alfalfa se realizaron dos riegos antes de cada corte. La fertilización de canola fue de 129 kg de N/ha, 63 kg de P_2O_5/ha y 40 kg de S/ha. En alfalfa no se realizó ninguna fertilización previa al corte utilizado para este experimento. La cosecha en canola se realizó en floración y en alfalfa cuando el cultivo se encontraba en etapa de botón. El forraje de ambos cultivos se cortó con una cosechadora de alfalfa, se dejó deshidratar en el terreno y se picó a un tamaño de partícula teórico de 10 mm.

Se compararon las características fermentativas y de calidad nutritiva entre los ensilajes de canola y alfalfa con y sin inoculante microbiana bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones bajo un arreglo factorial 2×2. Se utilizaron mini-silos de PVC como unidades experimentales. Para la inoculación de los tratamientos se utilizó el inoculante comercial SIL ALL^{4x4} a una dosis especificada por el fabricante (250 g de SIL ALL^{4x4}/25 t de forraje). Los tratamientos que no fueron inoculados se les aplicó la misma cantidad de agua destilada, pero sin inoculante. Se utilizó una densidad en cada mini-silo de 736 kg de forraje

fresco por m^3. La compactación del forraje en cada mini-silo se realizó con una prensa manual. Los minis-silos se conservaron durante 140 días a temperatura ambiente (22.3°C). Al abrir cada mini-silo se tomó una muestra de 20 g de ensilaje fresco y se le añadieron 200 ml de agua destilada y se mezcló por 30 segundos en una licuadora a alta velocidad. La muestra se filtró sobre tres capas de tela de quesería y el pH se midió inmediatamente. El sobrenadante se separó en dos viales para determinar N-amoniacal y ácidos grasos volátiles (AGV). El N-amoniacal se determinó de acuerdo a AOAC (1990) y los AGV por cromatografía de gases de acuerdo a Galyean (1980).

Una segunda muestra en cada mini-silo de 500 g de ensilaje fresco fue secada en estufa de aire forzado hasta peso constante. Posteriormente, cada muestra fue molida para el análisis bromatológico. Se determinaron los contenidos de PC (método Kjeldahl), FDN y fibra detergente acida (FDA; Geoering y Van Soest, 1970) y las estimaciones de carbohidratos no fibrosos (CNF), nutrientes digestibles totales (NDT) y EN_L (NRC, 2001).

La información se analizó con el programa SAS versión 9.3 (SAS Institute, 1985), utilizando un an*á*lisis de varianza para un experimento factorial 2×2. Se aplicó la prueba de la diferencia mínima significativa de Fisher a un nivel de significancia P≤0.05.

RESULTADOS Y DISCUCIÓN

Características nutritivas del forraje entes de ensilar

La canola y la alfalfa presentaron características de calidad nutritiva diferentes antes de realizar los ensilajes (Cuadro 1). La MS y el pH del forraje de canola antes de ensilarse fue menor que el de alfalfa, pero su capacidad amortiguadora fue mayor. Las concentraciones de PC y FDA fue similar entre los forrajes, pero las concentraciones de FDN, CNF, NTD y la energía fueron menores en el forraje de canola que en el de alfalfa.

Cuadro 1. Composición química del forraje de canola y alfalfa antes de ensilarse.

Concepto	Canola	Alfalfa
Capacidad amortiguadora (meq HCL 0.5 y 100g/kg MS)	128.0	118.1
pH	6.7	7.1
MS (% del forraje)	30.86	46.35
PC (%)	27.77	28.44
FDN (%)	30.22	33.48
FDA (%)	26.49	26.20
CNF (%)	20.20	23.03
TND (%)	53.56	58.56
EN_L (Mcal/kg MS)	1.33	1.46

MS = materia seca; PC = proteína cruda; FDN = Fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácida; CNF = carbohidratos no fibrosos;

NDT = nutrientes digestibles totales; EN_L = energía neta de lactancia.

Características fermentativas de los ensilajes

La interacción forraje × inoculante influyó significativamente el pH, el ácido láctico, el ácido acético y los ácidos grasos volátiles totales de los ensilajes de canola y alfalfa (P<0.05; Cuadro 2). La interacción indica que la adición del inoculante no afectó el pH y la concentración de ácido láctico en el ensilaje de canola, pero esta redujo el pH e incrementó el ácido láctico en el ensilaje de alfalfa. Sin embargo, la inoculación redujo la concentración de ácido acético en el ensilaje de canola; pero no en el de alfalfa. Como resultado de mayores concentraciones de estos ácidos en el ensilaje de alfalfa inoculada, se observó una mayor concentración de ácidos grasos volátiles totales en este tratamiento; el cual fue similar al observado en el ensilaje de canola con y sin inoculación microbiana. Un buen ensilaje se caracteriza por tener elevadas concentraciones de ácido láctico y este es muy importante durante la fermentación porque es mayormente responsable de bajar el pH en el ensilaje (Kung y Shaver, 2001). Concentraciones moderadas de ácido acético en el ensilaje puede ser benéfico porque este ácido inhibe el crecimiento de levaduras una vez que el ensilaje es expuesto al aire para usarse en la alimentación animal (Kung *et al*., 2018). Resultados similares han sido observados en alfalfa inoculada utilizando un inoculante homofermentativo (Filya *et al*., 2007). Contrario a los resultados del presente estudio, la inoculación con melaza en canola si mejoró las concentraciones de ácido láctico y redujo el pH del ensilaje (Balakhial *et al*., 2008).

La concentración de N-amoniacal en los ensilajes fue afectada por los forrajes (Cuadro 2). Se observó una mayor concentración de N-amoniacal en el ensilaje de canola que en el de alfalfa. Altas concentraciones de N-amoniacal en el ensilaje es el resultado de una excesiva descomposición de proteínas durante el proceso de fermentación en el silo (Kung y Shaver, 2001), lo que indica que independientemente de la inoculación, la canola puede presentar mayor descomposición de proteína durante el proceso de fermentación.

Cuadro 2. Características fermentativas del ensilaje de canola y alfalfa con y sin inoculante microbiano.

	Canola		Alfalfa			
Concepto	**Sin inoc.**	**Con inoc.**	**Sin inoc.**	**Con inoc.**	**EE**	**P>F[1]**
pH	4.2^{c}	4.2^{c}	5.0^{a}	4.4^{b}	0.05	F×I
N-amoniacal (g/kg N)	12.18	11.39	8.00	10.30	1.70	F
Ácido láctico (%)	12.68^{a}	11.28^{ab}	7.45^{b}	11.75^{a}	2.00	F×I
Ácido acético (%)	11.04^{ab}	9.47^{c}	10.31^{bc}	12.19^{a}	1.50	F×I
Ácido propiónico (%)	0.74	0.00	2.10	3.00	2.30	NS
Ácido butírico (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
AGV totales (%)	24.47^{a}	20.87^{a}	19.96^{b}	26.99^{a}	3.40	F×I

Inoc. = inoculante; AGV = ácidos grasos volátiles; EE = error estándar.

^{abc}Medias con diferente literal entre filas difieren significativamente (P<0.05).

[1]F = efecto del forraje; FI = efecto de la interacción forraje × inoculante; NS = no significativo (P>0.05).

Composición nutritiva de los ensilajes

La concentración de EN_L en los ensilajes fue afectada por la interacción forraje × inoculante (P<0.05; Cuadro 3). El inoculante incrementó ligeramente el contenido de EN_L en el ensilaje de alfalfa, pero no en el de canola. Esto coincide con la mayor concentración de ácido láctico en la alfalfa inoculada, ya que se ha reportado que la fermentación que produce principalmente el ácido láctico, resulta en menor pérdida de energía durante el almacenamiento (Kung y Shaver, 2001).

La MS y los contenidos de PC, FDN, FDA, CNF y NDT en los ensilajes fueron afectados por la fermentación del forraje (P<0.05; Cuadro 3). La canola tuvo menos contenido de MS en comparación con la alfalfa al momento de realizar los ensilajes. El contenido de PC fue superior en el ensilaje de alfalfa que en el de canola, pero la FDN y FDA fueron inferiores en el ensilaje de canola que en el ensilaje de alfalfa. De acuerdo a estas características, el ensilaje de canola puede considerarse de buena calidad nutritiva porque presenta buen porcentaje de PC y es bajo en fibra.

Los contenidos de CNF fueron superiores en 2.3% en el ensilaje de canola respecto a los observados en alfalfa; sin embargo, las concentraciones de NDT fueron mayores en el ensilaje de alfalfa que en el de canola. Tal vez, la mayor concentración de CNF en el forraje de canola en el presente estudio contribuyó a reducir el pH en el ensilaje de canola, ya que los carbohidratos son el principal substrato para producir ácido láctico y así, mantener el forraje bajo un pH ácido (Rooke y Hatfield, 2003).

Cuadro 3. Composición nutritiva del ensilaje de canola y alfalfa con y sin inoculante microbiano.

	Canola		Alfalfa			
Concepto	**Sin inoc.**	**Con inoc.**	**Sin inoc.**	**Con inoc.**	**EE**	**P>F[1]**
MS (% del ensilaje)	34.65	34.78	48.15	45.63	1.27	F
PC (%)	25.99	25.88	27.08	27.31	0.63	F
FDN (%)	23.50	23.28	29.03	28.08	0.64	F
FDA (%)	25.85	24.68	27.23	25.98	0.54	F
CNF (%)	31.59	32.05	29.35	29.76	0.12	F
NDT (%)	59.82	60.27	61.08	61.89	0.69	F
EN_L (Mcal/kg de MS)	1.48^{bc}	1.47^{bc}	1.49^{b}	1.51^{a}	0.06	F×I

Inoc. = inoculante; MS = materia seca; PC = proteína cruda; FDN = Fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácida; CNF = carbohidratos no fibrosos; NDT = nutrientes digestibles totales; EN_L = energía neta de lactancia; EE = error estándar.

^{abc}Medias con diferente literal entre filas difieren significativamente (P<0.05).

[1]F = efecto del forraje; FI = efecto de la interacción forraje × inoculante; NS = no significativo (P>0.05).

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio indican que la inoculación microbial tiene efectos positivos en la alfalfa porque mejora la producción de ácido láctico y reduce el pH del ensilaje, pero esto no sucede en el ensilaje de canola. Sin embargo, el forraje de canola se preserva bien como ensilaje y tiene características nutritivas similares al ensilaje de alfalfa.

REFERENCIAS

Association of Official Analytical Chemist (A. O. A. C.). 1990. Official methods of analysis. 15 th. Ed. Arlington, Virginia. p. 1298.

Balakhial, A., Naserian A. A., Heravi Moussavi A., Eftekhar Sharhodi E., and Vali-Zadeh R. 2008. Changes in chemical composition and in vitro DM digestibility of urea and molasses treated whole crop canola silage. J. Anim. Vet. Adv. 7:1042-1044.

Boyles, M., Peeper. T., and Stamm. M. 2009. Great Plains canola production handbook. Kansas Agricultural Experiment Station. Kansas State University. 29 pp.

Filya, I., Muck R. E., and Contreras-Govea E. E. 2007. Inoculant effect on alfalfa silage: fermentation products and nutritive value. J. Dairy Sci. 90:5108-5114.

Francois, L. E. 1994. Growth, seed yield, and oil content of canola grow under saline conditions. Agron. J. 86(2):233-237.

Galyean, M. L. 1980. Laboratory procedures in animal nutrition research. Department of Animal and Food Science. Texas Tech University, Lubbock. 189 pp.

Geoering, H. K., and Van-Soest P. J. 1970. Forage fiber analysis. Apparatus, reagents, procedure and some applications. Agric. Handbook 379.ARS. USDA. Washington DC. 24 pp.

Hall, M.H., and Jung J. 2008. Use of brassica crops to extend the grazing season. Pennsylvania State University Agricultural Cooperative Extension. Agronomy Fact 33. |

Kung, L. and Shaver R. 2001. Interpretation and use of silage fermentation analysis report. Focus on Forage 3:(13):1-5.

Kung, L. Jr., Shaver R. D., Grant R. J., and Schmidt J. 2018. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. J. Dairy Sci. 101:4020-4033.

McAllister, T. A., Feniuk. R., Mir. Z., Mir. P., Seling. L. B., and Cheng K. J. 1998. Inoculants of alfalfa silage: Effects on aerobic stability, digestibility and the growth performance of feedlot steers. Livest. Prod. Sci. 53(2):171-181.

Neely, C., Brown J., Hunt C., and Davis J. 2009. Increasing the value of winter canola crops by developing ensiling systems (Canolage) to produce cattle feed. In: Idaho Alfalfa and Forage conference, 3-4 February 2009. pp: 27-31.

NRC (National Research Council). 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Washington, DC: National Academic Press.

Parker, P. 2006. Managing failed canola crops. NSW Department of Primary Industries. P. 3.

Reta, S. D. G., Figueroa V. U., Sánchez. D. J. I., Ochoa M. E., Quiroga. G. H. M. y Gaytán M. A. 2011. Patrones de cultivo forrajeros alternativos para una mayor eficiencia de producción y aprovechamiento de los nutrientes reciclados en las excretas del ganado lechero. Folleto Técnico núm 18. p. 52.

Reta, S. D. G., Figueroa-Viramontes U., Faz-Contreras R., Núñez-Hernández G., Gaytán–Mascorro A., Serrato-Corona J. S. y Payán-García J. A. 2010. Sistemas de producción de forraje para incrementar la productividad del agua. Rev. Fitot. Méx. 33 (Num. Especial 4): 83 -87.

Rooke, J. A., and Hatfield R. D. 2003. Biochemistry of ensiling. Silage science and technology. Vol. 42. Editors: D. R. Buxton, R. E. Muck, and J. H. Harrison. Agronomy Monographs. Online ISBN: 9782891182344.

SAS Institute. 1985. SAS User's Guide. Statistics, version 5.0. 5th Ed. SAS Inst., Cary, NC.

COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN HÍBRIDOS DE MAÍZ

Maya de León, José Luis[1*]; Aranda Lara, Ulises[2]; Cid Rios, José Ángel[3]; Tafolla Arellano, Julio Cesar[4]; Gayosso Barragán, Odilón[5]

[1]Ex Investigador del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque. [2]INIFAP-Campo Experimental Río Bravo. Carretera Matamoros-Reynosa, Km-61. C.P. 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México. [3]INIFAP-Campo Experimental Zacatecas. km 20.5 Carretera Zacatecas Fresnillo, Calera, V. R., Zacatecas, México. C.P. 98500. [4]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Ciencias Basicas, Saltillo, Coahuila 25315, México[5]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar. INIFAP, Carretera Ojuelos-Lagos de Moreno km 8.5, Ojuelos de Jalisco, Jal C.P.47540. Autor de correspondencia: ulises.aranda.lara@gmail.com

RESUMEN

La importancia que presenta el maíz está dada por sus diferentes usos como el consumo humano, animal y de manera industrial es utilizados como materia prima en la elaboración de productos. México se posiciona entre el quinto y séptimo lugar como productor de maíz a nivel global. El trabajo de investigación tuvo como objetivo el evaluar los componentes de rendimiento de híbridos experimentales de maíz. Se establecieron 21 híbridos experimentales y cuatro testigos comerciales de la región bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones en Comonfort municipio del estado de Guanajuato en el ciclo primavera - verano del 2015. Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA). Los resultados mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre genotipos. Los híbridos con mayor rendimiento fueron las cruzas 16, 20 y 23.

ABSTRACT

The importance of corn is given by its different uses such as human and animal consumption and industrially it is used as raw material in the production of products. Mexico is positioned between fifth and seventh place as a global corn producer. The objective of this research was to evaluate the yield components of experimental corn hybrids. Twenty-one experimental hybrids and four commercial controls from the region were established under a randomized complete block design with three replications in Comonfort municipality in the state of Guanajuato in the spring-summer cycle of 2015. An analysis of variance (ANOVA) was performed. The results showed significant differences ($P \leq 0.01$) between genotypes. The hybrids with the highest yield were crosses 16, 20 and 23

INTRODUCCIÓN

La importancia que presenta el maíz está dada por sus diferentes usos como el consumo humano, animal y de manera industrial es utilizados como materia prima en la elaboración de diferentes productos derivados del grano. México se posiciona entre el quinto y séptimo lugar como productor de maíz a nivel global (FAO, 2009). La diversidad genética de una especie representa la variación heredable dentro, entre poblaciones, y en las especies cultivadas y éstas tienen trascendencia sobre la cual operan los procesos de selección que aplican los fitomejoradores (Hernández et al., 2014). El uso de maíces híbridos constituye un paso importante para el desarrollo de la agricultura, siendo considerado una de las mejores innovaciones en el fitomejoramiento (Paliwal, 2001). Para evaluar la adaptabilidad es importante realizar los componentes de rendimiento de los híbridos, según Ferraris y Couretot (2004) al evaluar el comportamiento de híbridos de maíz y los componentes del rendimiento: número de granos / m2, peso de 1000 granos y número de hileras por mazorca, se llegó a la conclusión que los componentes del rendimiento del maíz están determinados por características biométricas de la mazorca (longitud y diámetro de la mazorca, número de hileras y número de granos por hilera), número de mazorcas por planta, peso de 1000 granos. También Rivetti (2006) señala que luego de evaluar el rendimiento de grano de híbridos de maíz y sus componentes bajo diferentes regímenes de riego, es necesario observar los componentes del rendimiento; número de hileras por mazorca, número de granos/m2, número de granos por hilera y el peso de 1000 granos. Por tal razón este estudio se realizó con el objetivo de determinar los componentes de rendimiento de 21 híbridos experimentales y cuatro testigos comerciales de maíz, más prometedores sus y otras características deseables de la mazorca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en condiciones de riego por gravedad con 21 cruzas experimentales de maíz y cuatro híbridos comerciales (Puma, Cimarrón, DK-2061 y San Andrés), bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, en la comunidad de Comonfort, Empalme Escobedo en el estado de Guanajuato, en el ciclo primavera-verano del 2015. La parcela experimental de cada tratamiento estuvo formada por 2 surcos con una distancia de 5.2 m largo, y con una distancia entre ellos de 0.76 m, la distancia entre plantas fue de 14 cm, en cada una de las parcelas experimentales se tomó una muestra de 4 mazorcas en las cuales se tomaron las variables de interés. El manejo agronómico fue conforme al

paquete tecnológico del INIFAP para condiciones de riego de la región. (INIFAP, 2015). Las variables evaluadas fueron; peso de 500 granos (P500G); rendimiento de grano en toneladas por hectárea (REND t ha); peso de grano de mazorca (PGMZ); número de hileras (HIL); granos por mazorca (G X MZ); granos por hilera (G X HIL); perímetro de mazorca (PER MZ); largo de mazorca (LMZ). Los datos se analizaron usando el paquete estadístico SAS (SAS, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza en el (Cuadro 1) se observaron diferencias altamente significativas en P500G, HIL, REND t ha, GXHIL; y significativas a PERMZ y LMZ. Lo cual se puede atribuir a la diferente información genética de los nuevos híbridos.

Cuadro 1. Cuadrados medios para 25 híbridos de maíz de las variables estudiadas en el ciclo P-V 2015 en Comonfort Guanajuato.

FV	G.L	P500G	PGMZ	HIL	REND t ha	GXMZ	GXHIL	PERMZ	LMZ
REP	2	191	50738	2.29	3.43	5025	6.88	0.46	15.08
TRAT	24	1084 **	8571	5.52 **	7.05 **	7851	23.75 **	1.23 *	3.45 *
ERROR	48	61	6187	1.4	1.22	2628	2.85	0.63	1.63
TOTAL	74								
CV		4.17	13.27	7.5	7.68	9.17	4.76	4.81	7.37
MEDIA		187.12	592.45	15.78	14.37	558.96	35.48	16.46	17.3

FV = fuente de variación; G.L. = grados de libertad; P500G = peso de 500 granos; PGMZ = peso de grano de mazorca; HIL = número de hileras; REND t ha = rendimiento de grano en toneladas por hectárea; G X MZ = granos por mazorca; G X HIL = granos por hilera; PER MZ = perímetro de mazorca; LMZ largo de mazorca; ** = diferencias altamente significativas; * = diferencias significativas; REP = repetición; TRAT = tratamiento; CV = coeficiente de variación.

En cuanto a la comparación de medias (Cuadro 2) se puede observar que 12 híbridos evaluados fueron superiores al promedio del rendimiento de los testigos, estos fueron el 16, 20, 23, 21, 6, 5, 17, 15, 25, 22, 19 y 24. El hibrido con mayor peso de 500 granos fue el 15 con 226 gr y los híbridos con menor peso 9, 18 y 17 con 163, 157 y 155 respectivamente. El hibrido 9 fue el de mayor numero de hileras con 19 y los de menor número de hileras fueron el 10 y 15 con 13 hileras. El hibrido 16 fue el de mayor rendimiento con 17 toneladas

por hectárea y el de menor fue el 12 mostrando un rendimiento de 12 toneladas. El hibrido con más granos por hilera fue el 25 con 41 granos y el de menor fue el 8 con 30 granos. Para la variable de PERMZ el hibrido 19 fue el de mayor perímetro con 18 cm y los de menores fueron el 13 y el hibrido 18 mostro 15 cm de perímetro. Para la variable de LMZ el rango oscilo de 19 - 15 cm. Resultado similares fueron encontrados por Esquivel *et al.,* 2009 al evaluar líneas de diferentes familias, lo que les confiere una gran divergencia genética y con ello se pudo observar la heterosis en los híbridos, Lo anterior nos indica la gran variabilidad que poseen los híbridos

Cuadro 2. Comparaciones de medias de las variables estudiadas en las tres localidades del estado de Guanajuato en el ciclo P-V 2015.

TRAT	P500G	PGMZ	HIL	REND t ha	GXMZ	GXHIL	PERMZ	LMZ
Puma	194	630	16	15	565	35	17	17
Cimarrón	195	595	16	14	517	32	16	17
DK-2061	167	577	16	14	597	37	16	16
San Andrés	174	577	17	14	587	35	16	18
5	176	603	17	16	623	36	16	18
6	190	700	16	16	597	37	17	18
7	170	548	15	13	539	37	16	17
8	196	540	18	13	540	30	17	16
9	163	521	19	14	567	30	17	16
10	220	574	13	13	449	34	17	16
11	179	569	15	13	567	37	16	16
12	177	515	15	12	533	35	17	15
13	208	526	14	12	446	32	15	16
14	168	546	17	13	594	36	16	17
15	226	625	13	15	488	37	16	19
16	196	619	14	17	539	38	16	18
17	155	575	17	15	677	41	16	18
18	157	496	17	12	584	35	15	17
19	213	675	17	15	566	34	18	19
20	205	636	15	17	537	35	18	17
21	189	595	16	16	523	33	17	17
22	199	656	15	15	584	38	16	19
23	196	641	17	17	567	34	17	18
24	175	612	16	14	613	38	17	18
25	189	663	14	15	574	41	17	19
DHS	25	249	4	3	162	5	3	4

P500G = peso de 500 granos; PGMZ = peso de grano de mazorca; HIL = número de hileras; REND t ha = rendimiento de grano en toneladas por hectárea; GXMZ = granos por mazorca; GXHIL = granos por hilera; PER MZ = perímetro de mazorca; LMZ largo de mazorca; TRAT = tratamiento; DHS = diferencia honesta significativa.

CONCLUSIÓN

Los híbridos 16, 20, 23 presentaron un mayor rendimiento en comparación con los híbridos comerciales, además de presentar valores altos en los componentes de rendimiento. Lo cual es conveniente seguir evaluando en diferentes ambientes para observar la adaptabilidad de los mismos para realizar liberaciones de materiales de mayor estabilidad

REFERENCIAS

Esquivel E. G., F. Castillo G., J. M. Hernández C., A. Santacruz V., G. García S., J. A. Acosta G. y A. Ramírez H. 2009. Aptitud combinatoria y heterosis en etapas tempranas del desarrollo de maíz. Revista Fitotecnia Mexicana 32: 311-318.

FAO. 2009. Perspectivas alimentarias análisis de los mercados mundiales. SMIA. http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural.

Ferraris, G. y Couretot, L. 2004. Ensayo comparativo de híbridos comerciales de maíz en el área de Colón-Wheelwright, Argentina. Maíz. Resultados de las Unidades Demostrativas. Desarrollo Rural INTA Pergamino. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN, pp. 37-43.

INIFAP, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2015. Agenda Técnica Agrícola Guanajuato. Primera edición. Paquete Tecnológico de maíz grano para riego en Guanajuato. 209-216.

Montes-Hernández, L. A., Hernández-Guzmán, J. A., López-Sánchez, H., Santacruz-Varela, A., Vaquera-Huerta, H., & Valdivia-Bernal, R. (2014). Expresión fenotípica in situ de características agronómicas y morfológicas en poblaciones del maíz raza Jala. Revista fitotecnia mexicana, 37(4), 363-371.

Paliwal, R.L. 2001. El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Colección FAO: Producción y protección vegetal Nº 28. Roma. 350 pp.

Rivetti, A. R. 2006. Producción de maíz bajo diferentes regímenes de riego complementario en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. I. Rendimiento en grano de maíz y sus componentes. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCUYO 38 (2): 25-36

SAS Institute. 2006. Release 9.3 ed. SAS Institute, Inc., Cary, NC.

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE SEMILLA DE VARIEDADES DE CEBADA

SEED YIELD COMPONENTS OF BARLEY VARIETIES

Miguel Angel Avila Perches[1*], Ramón Huerta Zurita[1], Alfredo Josué Gámez Vázquez[1], Mauro Refugio Zamora Díaz[2], Francisco Paúl Gámez Vázquez[1].

[1]INIFAP, Campo Experimental Bajío, km 6.5 de la carretera Celaya-San Miguel de Allende, C. P. 38010, Roque, Celaya, Gto. [2]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**

RESUMEN

Se evaluaron 16 genotipos de cebada en cinco fechas de siembra, en condiciones de riego durante el ciclo otoño-invierno en Roque, Celaya, Guanajuato. El número de espigas m^{-2} fue más alto en las variedades de dos hileras, no obstante el número de semillas $espiga^{-1}$(NSE) y de semillas m^{-2} (NSMC) fue mayor en los cultivares de seis hileras. Además, el rendimiento se correlacionó con el NSMC, no obstante el análisis de componentes principales reportó que el NSE también se asoció con el rendimiento.

ABSTRACT

Sixteen barley genotypes were evaluated in five sowing dates, under irrigation conditions during the fall-winter crop cycle in Roque, Celaya, Guanajuato. The number of spikes m^{-2} was higher in the two-rowed varieties; nevertheless both the number of seeds $spike^{-1}$(NSS) and seeds m^{-2} (NSSM) were higher in six-rowed varieties. Overall, seed yield was well correlated with NSSM. Principal component analysis reported that NSS was also associated with seed yield.

INTRODUCCIÓN

En el mundo, la cebada es el quinto cultivo más importante, después de maíz, trigo, arroz y soya. Anualmente la producción de este cultivo es cercana a 159 millones de toneladas que se cosechan a nivel internacional en poco más de 51 millones de ha, con un rendimiento promedio de 3.2 t ha^{-1}, los principales países productores son: Rusia, Francia, Alemania y Canadá que obtienen el 35.2 % de la producción (FAO, 2021).

En México, durante el 2020 se cosecharon alrededor de 284,000 ha con cebada y se obtuvieron cerca de 839,000 t, que se establecen en dos épocas. En el ciclo primavera-verano en temporal se cultivaron cerca de 223,000 ha y se cosechó el 59.6 % de la producción nacional, mientras que en el ciclo otoño-invierno se sembraron alrededor de 61,000 ha en riego y se obtuvo el 40.4 % del volumen nacional. En nuestro país, los principales estados productores de este cereal son Guanajuato e Hidalgo que cosechan el 56 % de la producción nacional (SIAP, 2021).

El rendimiento de grano ha sido descrito como el volumen de un paralelepípedo, en el cual, el número de espigas por unidad de superficie, el número de granos por espiga y el peso de los granos, constituyen las aristas. Un incremento en cualquiera de los tres componentes determinará un aumento del rendimiento, siempre y cuando no haya una disminución correspondiente en los otros dos (Rios *et al*. 2011). La identificación de atributos simples relacionados al rendimiento de grano permitiría agregar elementos contribuyentes a la selección de genotipos en un programa de mejora genética de los cultivos (Paccapelo *et al*. 2017).

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue cuantificar la asociación de diferentes características agronómicas con el rendimiento de semilla de 16 variedades de cebada evaluadas en 5 fechas de siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se efectuó durante el ciclo otoño-invierno de 2019-2020 bajo condiciones de riego, en terrenos del 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 cinco fechas de siembra: 15 y 30 de noviembre (FS1 y FS2 respectivamente), 15 y 30 de diciembre (FS3 y FS4 respectivamente) de 2019 y 15 de enero (FS5) de 2020, en cada una se evaluaron 16 genotipos (G) de cebada (Cuadro 1).

Cuadro 1.Genotipos de cebada evaluados en cinco fechas de siembra.

Genotipo	Número de hileras en la espiga	Origen
Adabella	Seis	INIFAP
Alina	Seis	INIFAP
Esmeralda	Seis	INIFAP
Esperanza	Seis	INIFAP
Josefa	Seis	ICAMEX[1]
Estelar	Seis	INIFAP
W103	Seis	INIFAP
W106	Seis	INIFAP
Guanajuato	Dos	INIFAP
W104	Dos	INIFAP
W105	Dos	INIFAP
Brennus	Dos	Francia
Explorer	Dos	Francia

Metcalfe	Dos	Canadá
Prunella	Dos	Francia
Voyager	Dos	USA

[1]ICAMEX: Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México.

Los cultivares dentro de cada fecha de siembra (FS) se establecieron bajo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los ensayos se sembraron con una densidad de siembra de 100 kg de semilla por ha. La parcela experimental fue de cuatro surcos de 3 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 fueron los dos surcos centrales de 3 m. 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 INIFAP para la región.

Se determinaron las siguientes variables: Rendimiento de semilla (RS), número de espigas m^{-2} (NEMC), número de semillas $espiga^{-1}$(NSE) y de semillas m^{-2} (NSMC). Se efectuaron análisis estadísticos individuales de cada fecha de siembra y 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 y de componentes principales

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (ANVA) mostró diferencia significativa en todas las fuentes de variación de los tres caracteres estudiados, no obstante, por la magnitud de los cuadrados medios de los ANVA, sobresale la importancia de la fecha de siembra (FS) en la manifestación del RS y NSMC, lo anterior coincide con lo reportado por O'Donovan *et al*. (2012) que señalan que la FS afecta el rendimiento de semilla y las características agronómicas del cultivo de cebada, por otro lado, en NEMC y NSE fue más relevante el genotipo (G).

Es necesario resaltar que en las cuatro variables evaluadas la interacción fecha de siembra (FS) X genotipo (G) no fue significativa, lo que indica que las variedades evaluadas se comportaron de igual manera ante las variaciones climáticas de las diferentes fechas de siembra. Además es importante mencionar que los coeficientes de variación tuvieron valores menores al 25 %, 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 cuatro caracteres agronómicos de 16 genotipos de cebada evaluados en cinco fechas de siembra.

Fuente de variación	**Rendimiento de semilla**	**Número de espigas m^{-2}**	**Número de semillas $espiga^{-1}$**	**Número de semillas m^{-2}**
G[1]	8943139.1**	173060.5**	2796.1**	105378108.0*

FS[2]	18288599.6**	138082.1**	246.7*	289110738.0**
G X FS	1256048.9 NS[4]	4489.6 NS	45.1 NS	12610187.0 NS
C. V.[3] (%)	14.1	15.8	20.3	23.6

[1]G: Genotipo; [2]FS: Fecha de siembra; [3]C. V.: Coeficiente de variación; [4]NS: No significativo.

.* y **: Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

En promedio de las cinco fechas de siembra (Cuadro 3), sobresalió por su RS y NSMC la variedad Alina con un valor de 7,696 kg ha^{-1} y 17952 respectivamente, el buen comportamiento de éste genotipo también fue reportado por Pérez *et al*. (2016). W104 y W105 presentaron el más bajo RS y también mostraron el menor valor en NSE y NSMC. Es importante resaltar que el NEMC fue más alto en las variedades de dos hileras, no obstante el número de semillas $espiga^{-1}$(NSE) y de semillas m^{-2} (NSMC) fue mayor en los cultivares de seis hileras, lo anterior coincide con lo reportado por Rios *et al*. (2011).

Cuadro 3. Rendimiento de semilla y características agronómicas de 16 genotipos de cebada promedio de 5 fechas de siembra.

Genotipo	**Rendimiento de semilla (kg ha^{-1})**	**Número de espigas m^{-2}**	**Número de semillas $espiga^{-1}$**	**Número de semillas m^{-2}**
Alina	7,696.0	362.7	49.3	17952
W106	7,031.3	320.6	50.9	16631
Prunella	6,973.3	529.8	24.9	13116
W103	6,682.0	325.2	50.5	16517
Esperanza	6,529.7	342.8	50.9	17559
Explorer	6,437.0	545.7	25.1	13705
Josefa	6,187.0	324.7	49.6	16108
Guanajuato	6,154.3	592.9	22.6	13409
Metcalfe	5,876.7	486.4	25.8	12554
Voyager	5,843.0	523.1	26.0	13560
Brennus	5,813.7	476.4	26.5	12686
Estelar	5,785.0	338.7	48.2	16392
Esmeralda	5,449.0	393.2	44.8	17096
Adabella	5,308.3	367.8	47.1	17373
W104	5,201.0	525.0	18.2	9578
W105	4,699.0	638.0	16.1	10168
DMS	603.41	50.6	5.3	2503.4

[1]DMS: Diferencia mínima significativa

De acuerdo con los resultados del análisis de correlación de Pearson (Cuadro 4), el rendimiento de semilla se asoció positiva y significativamente con el número de semillas m^{-2}, además el análisis de componentes principales indicó que el número de semillas $espiga^{-1}$ también influye en el RS (Cuadro 5).

Cuadro 4. Coeficientes de correlación de Pearson de las variables evaluadas.

	RS	**NEMC**	**NSE**	**NSMC**
RS	1.00	-0.40 NS[1]	0.44NS	0.51*
NEMC		1.00	-0.96**	-0.85**
NSE			1.00	0.94**
NSMC				1.00

[1]NS: No significativo * y ** Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente

Cuadro 5. Vectores característicos y proporción de la varianza explicada por dos componentes principales.

Variables originales	**Vectores característicos**	
	CP1	**CP2**
Rendimiento de semilla	0.249	0.481
Número de espigas m^{-2}	-0.491	-0.091
Número de semillas $espiga^{-1}$	0.517	0.077
Número de semillas m^{-2}	0.481	0.186
Porcentaje de la varianza explicada	51.3	25.1

CONCLUSIONES

-En promedio de las 5 fechas de siembra, Alina presentó el más alto rendimiento y el mayor número de semillas m^{-2}.
-El número de espigas m^{-2} fue más alto en los genotipos de dos hileras en la espiga.
- El número de semillas $espiga^{-1}$ y de semillas m^{-2} fue mayor en las variedades de seis hileras.
-El rendimiento de semilla se asoció con el número de semillas m^{-2} y con el número de semillas $espiga^{-1}$.

REFERENCIAS

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2021. Consultado en: www.fao.org/faostat

O'Donovan, J. T., T. K. Turkington, M. J. Edney, P. E. Juskiw, R. H. McKenzie, K. N. Harker, G. W. Clayton, G. P. Lafond, C. A. Grant, S. Brandt, E. N. Johnson, W. E. May, E. Smith. 2012. Effect of seeding date and seeding rate on malting barley production in western Canada. Can. J. Plant Sci. 92:321-330.

Paccapelo, H., V. Ferreira, A. Picca, E. Ferrari, R. Domínguez, E. Grassi, A. Ferreira, H. di Santo, E. Castillo. 2017. **Triticale (x *Triticosecale* Wittmack): rendimiento y sus componentes en un ambiente semiárido de la Argentina.** Chilean J. Agric. Anim. Sci. 33(1)45-58.

Pérez R. J. A., M. Zamora D., J. A. Mejía, A. Hernández L., S. Solano H. 2016. Evaluación de 10 genotipos de cebada (H*ordeum 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). 2021. Consultado en: www.siap.gob.mx

CONSERVACIÓN Y REGENERACIÓN DE VARIEDADES DE VID DEL BANCO DE GERMOPLASMA DEL INIFAP CAMPO EXPERIMENTAL LA LAGUNA

Franco-Gaytán, Iván [1]; Hernández-Leal, Enrique [1]*; Serrato-Sifuentes Mary Carmen[2]; Reyes-González, Arturo [1] y Bonilla-Barrientos, Olga [3]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna, Matamoros, Coahuila, México. C.P.27440.
[2]Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Ciencias Biológicas. Carr. Torreón-Matamoros km 7.5, Ejido el Águila, 27275. Torreón, Coahuila, México.
[3]Colegio de Posgraduados. Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, C.P. 56230. Texcoco, Estado de México.
***Autor para correspondencia: hernandez.enrique@inifap.gob.mx**

RESUMEN

El Banco de Germoplasma de uva del Campo Experimental La Laguna se formó en 1967, contaba con una colección de 206 variedades de uva de mesa y vino. El objetivo del presente trabajo fue la de generar un inventario actualizado sobre las variedades existentes en el Banco de Germoplasma, para mantener una colección con la máxima representatividad que cubra las necesidades de los fitomejoradores y Centros de investigación en un futuro. Se realizarán recorridos semanales desde mes de marzo hasta julio en las 1.5 ha del área de colecciones del Banco de Germoplasma de Vid, para corroborar que la distribución dentro de viñedo se haya mantenido como en su plantación original, correspondiente a 3 portainjertos sobre 10 plantas por cada variedad, registrando el número total de plantas. Plantas sanas, plantas enfermas o muertas y variedades pérdidas, logrando detectar las áreas que necesitarán regeneración de los materiales para el ciclo 2022. Los muestreos realizados reportaron que de las 206 variedades establecidas en el Banco de Germoplasma de vid, se han perdido 10 variedades correspondientes a una de uva de mesa (Thompson seedless) y nueve de uva de vino (Folle Blanche, Chardonnay, Petit Sirah, Seibel, Gamay, Fresia, Zinfadel y Caladoc), para lograr mantener y salvaguardar la diversidad genética existente en el Banco de Germoplasma de Vid será necesario la regeneración de más de 600 parras de variedades de uva de mesa y vino

Palabras Clave: uva, colección, regeneración, conservación

ABSTRACT

The Grape Germplasm Bank of the La Laguna Experimental Field was formed in 1967, it had a collection of 206 varieties of table grapes and wine. The objective of this work was to generate an updated inventory on the existing varieties in the Germplasm Bank, to maintain a collection with the maximum representativeness that meets the needs of plant breeders and research centers in the future. Weekly tours will be carried out from March to July in the 1.5 ha of the Vine Germplasm Bank collections area, to confirm that the distribution within the vineyard has been maintained as in its original plantation, corresponding to 3 rootstocks on 10 plants per each variety, recording the total number of plants. Healthy plants, diseased or dead plants and lost varieties, managing to detect the areas that will need regeneration of the materials for the 2022 cycle. The samplings carried out reported that of the 206 varieties established in the Vine Germplasm Bank, 10 corresponding varieties have been lost. to one table grape (Thompson seedless) and nine wine grapes (Folle Blanche, Chardonnay, Petit Sirah, Seibel, Gamay, Fresia, Zinfadel and Caladoc), in order to maintain and safeguard the genetic diversity existing in the Germplasm Bank of Vine, it will be necessary to regenerate more than 600 vines of table grape varieties and wine

Keywords: grape, collection, regeneration, conservation

INTRODUCCIÓN

Los recursos fitogenéticos son un recurso esencial para la producción agrícola sostenible. Su conservación y uso eficaces son fundamentales para salvaguardar la seguridad alimentaria y nutricional, ahora y en el futuro. Para cumplir este desafío se requerirá un flujo continuado de cultivos mejorados y variedades adaptadas a condiciones de agroecosistemas particulares. La pérdida de la diversidad genética reduce las opciones para la gestión sostenible de una agricultura resiliente ante entornos adversos y condiciones meteorológicas que fluctúan rápidamente. La buena gestión de los bancos de germoplasma

salvaguarda la diversidad genética y la pone a disposición de los fitomejoradores (FAO, 2014).

El comienzo del mejoramiento genético en la vid se remonta a finales del siglo XIX, producto de la introducción del Oídio, Mildiú y Filoxera en Europa, provenientes de América del Norte, debido a esto y para evitar la fuerte erosión genética que se estaba produciendo, se inicia la conservación e identificación de variedades nativas de vid en Europa (Cabello *et al*., 2003). La Filoxera (*Phylloxera vitifoliae*), es considerado como la plaga global más devastadora en la historia de la vitivinicultura mundial; en 30 años se propagó por todos los viñedos, los cuales estuvieron a punto de desaparecer. En 1980, Millardet propuso adoptar a las especies americanas silvestres, resistentes a plagas, como patrones o portainjertos. De esta manera se obtuvieron variedades resistentes, junto a otros atributos favorables como mejor calidad de fruta, mayor vigor, producción más homogénea, precocidad, etc. (Hinrichsen, 2006).

El banco de germoplasma de Vid del Campo Experimental La Laguna se formó en 1967 con aportaciones económicas del Patronato de Investigación Vitivinícola de la Región Lagunera A.C. y el INIFAP. En sus inicios se generaron más de 100 variedades de vid y posteriormente se amplió la colección del material vegetal a 105 variedades de uso industrial, 101 variedades de uva de mesa y 44 portainjertos, provenientes del Vivero de la fundación de la Universidad de California en Davis, USA, CSIRO de Australia, (Adelaida) y Estación experimental de Rama Caida, INIA, Argentina. El objetivo del presente trabajo fue la de generar un inventario actualizado sobre las variedades existentes en el Banco de Germoplasma, para mantener una colección con la máxima representatividad que cubra las necesidades de los fitomejoradores y Centros de investigación en un futuro.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el Campo Experimental La Laguna (CELALA) del INIFAP en Matamoros, Coahuila, México, cuya localización geográfica es 25º 32' N y 103º 14' O a 1150 msnm, durante el ciclo 2021. Se realizarán recorridos semanales desde mes de marzo hasta julio en las 1.5 ha del área de colecciones del Banco de Germoplasma de Vid, para corroborar que la distribución dentro de viñedo se haya mantenido como en su plantación original, correspondiente a 3 portainjertos sobre 10 plantas por cada variedad, registrando el número total de plantas. Plantas sanas, plantas enfermas o muertas y variedades pérdidas, logrando detectar las áreas que necesitarán regeneración de los materiales para el ciclo 2022.

El manejo agronómico consistió en la aplicación de riegos tomando en cuenta la evaporación del cultivo y el déficit de agua en las plantas, ajustando el tiempo de fertirriego según la etapa fenológica del cultivo. Se realizaron siete fertilizaciones a lo largo del ciclo del cultivo en los siguientes fechas el 17 y 24 de marzo, el 28 de abril, el 10 y 20 de mayo, el 8 de junio y 11 de junio siguiendo las indicaciones del paquete tecnológico en el cultivo de vid del INIFAP. Se ha realizado un muestreo semanal a partir del mes de abril a la fecha sobre las principales plagas y enfermedades del cultivo, encontrando la presencia de gusano descarnador en el área de colección de los materiales, realizando una aplicación de clorantraniliprol dirigida el día 30 de abril, así como la presencia de chicharrita realizando tres aplicaciones de Imadacloprid los días 11 de mayo, 8 de junio y 16 de agosto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los muestreos realizados reportaron que de las 206 variedades establecidas en el Banco de Germoplasma de vid, actualmente se han perdido 10 variedades (Cuadro 1), correspondientes a una de uva de mesa (Thompson seedless) y nueve de uva de vino (Folle

Blanche, Chardonnay, Petit Sirah, Seibel, Gamay, Fresia, Zinfadel y Caladoc), lo que representa una pérdida de material genético disponible para los fitomejoradores, universidades y centros de investigación.

Cuadro 1. Variedades de uva de mesa y vino pérdidas por factores bióticos y abióticos.

VARIEDADES	PÉRDIDAS	PLANTAS A REGENERAR	
UVA DE MESA	1	10	Thompson seedless
UVA DE VINO	9	90	Folle Blanche, Chardonnay, Petit Sirah, Seibel, Gamay, Fresia, Zinfadel y Caladoc

Se identificaron diferentes zonas de regeneración de plantas en el área de colecciones de materiales del Banco de Germoplasma, en donde será necesario injertar 336 plantas de variedades de uva de mesa (221 enfermas; 115 muertas) y 354 de variedades de uva de vino (267 enfermas; 85 muertas) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Inventario actualizado de variedades de uva de mesa y vinificación

VARIEDADES	PLANTAS SANAS	PLANTAS ENFERMAS	PLANTAS MUERTAS	TOTAL	PLANTAS A REGENERAR
UVA DE MESA	514	221	115	850	336
UVA DE VINO	726	267	85	1080	354

La principal enfermedad que se detectó en ambas variedades de la colección del Banco de Germoplasma fue la de de Pierce (Figura 1), la cual se ha seguido diseminado con la presencia de chicharrita, por lo que es importante realizar muestreos constantes de las principales plagas durante el ciclo, así como tomar medidas de control para lograr evitar la propagación de la enfermedad dentro de los materiales del campo.

Figura 1. Enfermedad de Pierce en variedades del Banco de Germoplasma

El Banco de Germoplasma cuenta con una colección de variedades que mantiene una gran variabilidad genética disponible para selección variedades con resistencia a factores bióticos y abióticos así como variedades con características de calidad en uva de mesa y vino que se adapten a los cambios climáticos con miras a la obtención de nuevas variedades, porta injertos y clones para seguir abasteciendo las necesidades de productores y realizar fitomejorameinto por parte de universidades y centros de investigación. Cabe resaltar que este objetivo no es fácil para el cultivo de la vid, porque los principales caracteres para la mejora genética (crecimiento, rendimiento, tolerancia a estreses bióticos y abióticos, y calidad de la baya) son caracteres cuantitativos y complejos, resultantes de muchas interacciones y equilibrios entre varios procesos fisiológicos y moleculares que actúan a distintas escalas temporales, espaciales y estructurales, que además dependen de las condiciones de manejo del cultivo y de las condiciones meteorológicas (Vivin et al., 2017).

CONCLUSIONES

Para lograr mantener y salvaguardar la diversidad genética existente en el Banco de Germoplasma de Vid será necesario la regeneración de más de 600 parras de variedades de uva de mesa y vino, así como la recuperación de las 10 variedades pérdidas, solicitando los materiales de la réplica del Banco de Germoplasma existente en Zacatecas con el fin de conservar y poner a disposición de Universidades, Centros de Investigación y fitomejoradores material genético viable para la realización de investigaciones.

REFERENCIAS

Cabello, F., Rodríguez-Torres, I., Muñoz-Organero, G., Rubio, C., Benito, A. y García-Beneytez S. 2003. La colección de variedades de vid de “El Encin”. Un recorrido por la Historia de la ampelografía. Comunidad De Madrid. I.S.B.N. 84-451-2411-0. 205pp.

FAO, 2014. Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Edición revisada. Roma. ISBN. 978-92-5-3082629.

Hinrichsen, P.; N. Hewstone; J. Valenzuela; H. Prieto y C. Muñoz. 2006. Mejora de la calidad en la uva de mesa. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile: INIA La Platina. 42p.

Vivin, P., Lebon, É., Dai, Z., Duchêne, E., Marguerit, E., De Cortazar-Atauri, I.G., Zhu, J., Simonneau, T., Van Leeuwen, C., Delrot, S. and Ollat, N. 2017. Combining ecophysiological models and genetic analysis: A promising way to dissect complex adaptive traits in grapevine. OENO One, 51: (2), pp. 181-189.

CRECIMIENTO DE MAGUEY CENIZO Y SOTOL EN PLANTACIONES ESTABLECIDAS CON FERTILIZACIÓN TEMPRANA EN DURANGO

Julio César Ríos Saucedo[1], Rigoberto Rosales Serna[1], Jesús Humberto Rodríguez Vargas[2], Consuelo Romo Alanís[2] y Donají Sierra Zurita[1]

[1]INIFAP – Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango – El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. [2]Tecnológico Nacional de México – Campus Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana. Carretera Durango – México km 22.5. Villa Montemorelos, Dgo., México. C. P. 34371. *e-mail: rios.julio@inifap.gob.mx

RESUMEN

El maguey cenizo (*Agave durangensis*) y sotol (*Dasylirion* spp.) son especies requeridas como insumo en la industria destiladora en Durango, México. El objetivo fue evaluar el crecimiento de plantas de maguey cenizo y sotol cultivadas con fertilización temprana en Durango. Se utilizó una plantación comercial de maguey cenizo y sotol, con riego por cintilla, establecida en Durango. El trasplante se realizó el 25 de abril de 2018 y la parcela experimental consistió en tres hileras de longitud variable (20 a 65 m). Se utilizó el sistema de plantación en tresbolillo, con una separación entre hileras de 3 m y distancia de 2 m entre plantas, para una densidad poblacional de 1,666 plantas/ha. En los primeros 540 días después de la plantación se aplicaron cuatro tratamientos de fertilización: 1) Fertilización química con fertilizante granulado (58-80-140) para nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O), 2) Fertilizante de liberación controlada multicote® (18-06-12), 3) Composta aplicada a razón de 6 t/ha y 4) Tratamiento testigo (sin fertilización). El experimento se manejó bajo un diseño factorial de dos factores (especie y tratamiento de fertilización). La parcela útil consistió en una hilera de 10 plantas, con dos repeticiones para cada especie y tratamiento. El registro de datos para variables morfológicas se realizó en mayo de 2021 y se utilizaron 10 plantas por repetición para evaluar altura de planta (AP) y diámetro de roseta (DR). La AP se evaluó mediante el uso de una regla métrica con presición de 1 mm y se midió desde la superificie del suelo hasta el ápice de la planta (cogollo). El DR se determinó con la regla métrica en dos direcciones (este-oeste y norte-sur), para luego calcular el valor promedio. Los datos obtenidos se utilizaron en el análisis estadístico, bajo un diseño en bloques completos al azar, con arreglo factorial (especies y fertilización) y dos repeticiones. La comparación de medias se realizó con base en la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). El análisis de varianza y la comparación de medias se obtuvieron con el programa de cómputo SAS Ver. 9.4. Se observó igualdad estadística entre tratamientos de fertilización (F) y únicamente se detectaron diferencias significativas entre especies (E) para AP y DR. La interacción (F x E) mostró igualdad estadística, por lo que pudo establecerse que las especies mantuvieron su respuesta a través de los tratamientos de fertilización. El sotol registró AP mayor, con valores entre 81.5 cm (sin fertilización), hasta 86.8 cm (fertilización química de liberación controlada). Por su parte, el maguey cenizo mostró valores entre 52.1 cm con fertilización química de liberación controlada y hasta 59.3 cm, cuando no se aplicó fertilización. Las diferencias morfológicas y respuesta a la fertilización, entre especies, favorecieron la superioridad del sotol para AP. Además, influyó la edad de la planta, ya que el sotol tuvo años de cultivo en maceta que redujo la AP, después el crecimiento compensatorio favoreció el aumento acelerado de la biomasa. El DR fue más alto en sotol (114 cm), que superó significativamente al maguey cenizo (65.1 cm). Lo anterior, debido a las diferencias morfológicas entre especies y posiblemente, a la diferencia de edades entre las poblaciones. Aunque se observó igualdad estadística, los valores del DR fueron más altos en sotol en el tratamiento con fertilización química de liberación controlada (118.5 cm)

y el valor más bajo se registró en el tratamiento con fertilización orgánica (111.0 cm). En maguey cenizo el valor promedio, más alto, se observó en fertilización orgánica (68.4 cm) y el más bajo cuando se usó fertilizante químico de liberación controlada (60.8 cm). Los tratamientos de fertilización en etapas iniciales del establecimiento de maguey cenizo y sotol en campo no influyeron significativamente en el crecimiento de las plantas luego de varios años de la plantación. El sotol superó en al maguey cenizo, debido a las diferencias naturales entre especies y al crecimiento compensatorio de las plantas de la primera especie. El maguey cenizo no requiere fertilización durante las etapas iniciales de crecimiento, lo que reduce costos de producción.

ABSTRACT

The maguey cenizo (*Agave durangensis*) and sotol (*Dasylirion* spp.) plants are species required as an input for the distiller industry in Durango, México. The objective was to evaluate the growth of maguey cenizo and sotol plants grown with early fertilizer application in Durango. A commercial plantation of maguey cenizo and sotol was used, which was established by using plots with drip irrigation in Durango. The transplant was carried out on April 25th, 2018 and each plot consisted of three rows of variable length (20 to 65 m). A staggered plantation model was used, with a separation between rows of 3 m and a distance between plants of 2 m, for a population density of 1,666 plants/ha. In the first 540 after planting four fertilization treatments were applied: 1) Chemical fertilization with granular fertilizer (58-80-140) for nitrogen (N), phosphorus (P_2O_5) and potassium (K_2O), 2) controlled-release fertilizer (multicote®; 06-18-12), 3) Compost applied at a rate of 6 t/ha and 4) Control treatment (without fertilizer application). The experiment was managed under a factorial design with two factors (species and fertilization treatment). The experimental plot consisted of a row of 10 plants, with two repetitions for each species and treatment. Data recording for morphological variables was carried out in May 2021 and 10 plants were used for each repetition to evaluate plant height (PH) and rosette diameter (RD). The PH was evaluated by using a metric ruler with a precision of 1 mm. PH was measured from the soil surface to the plant shoot tip (known as cogollo). The RD was determined with a metric ruler in two directions (east-west and north-south) to calculate the average value. The obtained data were used to perform the statistical analysis, under a randomized complete block design with factorial arrangement (species and fertilization) and two replications. The comparison of the means was performed by using the Tukey´s Honestly Significant Difference procedure ($p \leq 0.05$). The analysis of variance and the comparison of means were performed with the SAS Ver. 9.4 computer program. Statistically similar results were detected among fertilizer treatments (F) and only significant differences were detected between species (E), for PH and RD. No statistical significance was detected for the (F x E) interaction, indicating that similar response was observed in both species across fertilization treatments. The sotol plants registered the highest PH, with values between 81.5 cm (without fertilization), up to 86.8 cm in the treatment including controlled-release chemical fertilizer. The maguey cenizo plants showed values between 52.1 cm in the treatment with controlled-release chemical fertilizer and up to 59.3 cm, when no fertilizer was applied. The differences in morphology and plant response to fertilizer application observed in both species, favored the superiority of the sotol plants for the PH. In addition, the plant age influenced the response to fertilizer application, since in the sotol plants the years of cultivation in plastic pot reduced the PH, and then after the compensatory growth favored the accelerated biomass accumulation. The RD was highest in sotol (114 cm), which significantly surpassed the maguey cenizo plants (65.1 cm). This is due to the morphological differences between species and possibly to the age difference between the populations. Although statistical similitude was observed, the RD values were higher in the sotol plants

under the controlled-release chemical fertilizer treatment (118.5 cm) and the lowest value was registered with the organic amendment application (111.0 cm). In maguey cenizo, the highest average value was observed in organic treatment (68.4 cm) and the lowest when controlled release chemical fertilizer was used (60.8 cm). No significant influence was observed on plant growth when the fertilizer was applied during the initial stages of the establishment in maguey cenizo and sotol plants after several years of planting in commercial plots. The sotol plants overpassed the maguey cenizo in growth, due to the natural differences between species and the compensatory growth in sotol. Fertilizer application is not necessary during the initial growth stages of maguey cenizo plants also reducing production costs.

INTRODUCCIÓN

El maguey cenizo (*Agave durangensis* L.) y sotol (*Dasylirion* spp.) son especies de importancia alta en Durango por sus efectos ecológicos, sociales y económicos en Durango. Estas especies se utilizan principalmente en la elaboración de destilados (mezcal y sotol), con aceptación alta y creciente en el mercado nacional y de exportación. La demanda alta de tallos y bases foliares (piñas) de maguey cenizo y sotol han creado dificultades para la obtención de materia prima de poblaciones naturales, especialmente en las áreas cercanas a los sitios de procesamiento (vinatas) (Rosales *et al*., 2013 y 2018; Ríos *et al*., 2018; Rosales *et al*., 2020). Lo anterior, incrementó el interés para la producción de estas especies en plantaciones comerciales establecidas en terrenos agrícolas marginales y en desuso. Con base en lo anterior, se requieren métodos eficientes para evaluar el crecimiento de las plantas de maguey y sotol, con la finalidad de ajustar los componentes tecnológicos, como la fertilización, para el manejo agronómico eficiente y sostenible de ambas especies.

Se ha generado tecnología para la producción de planta de maguey tequilero (*Agave tequilana* Weber), especialmente en el manejo de los nutrientes minerales requeridos durante el ciclo vegetativo de la planta, previo a la fase reproductiva y jima (Zúñiga, 2013). Además, se puede considerar el riego por cintilla, lo cual puede contribuir al crecimiento acelerado del maguey cenizo y sotol, medido con base en altura del tallo y diámetro de la roseta. En estudios anteriores con maguey cenizo y sotol, se demostró la importancia que tienen dichas variables y el número de hojas por planta para la evaluación de la respuesta a diferentes métodos de fertilización (Rosales *et al*., 2013; Rosales *et al*., 2020). La validación y adopción de tecnología incrementará la eficiencia productiva del maguey cenizo y sotol en Durango, lo que a su vez facilitará el abastecimiento de materias primas de costo bajo para la industria.

Se ha tratado de identificar fuentes de nutrientes que permitan la optimización de la eficiencia productiva del maguey cenizo y sotol en condiciones de vivero, invernadero y campo (Zúñiga, 2013; Sandoval, 2019; Rosales *et al*., 2020). Además, es necesario evaluar el crecimiento de estas especies en plantaciones comerciales establecidas directamente en campo, con la finalidad de evaluar la necesidad de proporcionar nutrientes adicionales para el crecimiento de la planta, sin incrementar de forma significativa los costos de producción. Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento de maguey cenizo y sotol en plantaciones comerciales que se establecieron con fertilización temprana en Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Sitio. El presente proyecto se desarrolló en el Campo Experimental Valle del Guadiana, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Dicho Campo Experimental está situado en la carretera Durango-El Mezquital km 4.5 y se ubica en las coordenadas 23° 59' 21" N, 104° 37' 33" O y una altitud de 1,877 m. El suelo predominante del sitio es de tipo franco-arcilloso, el cual tiene capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 4%, pH de 7.9 y es pobre en contenido de materia orgánica, fósforo y nitrógeno. El clima predominante es templado semiárido [BS_1 kw (w) (e)], con régimen de lluvias en verano, variación fuerte de temperatura y una media anual para esta variable 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).

Plantación. La plantación inicial se realizó el 25 de abril de 2018 y la parcela experimental consistió en tres hileras de longitud variable (20 a 65 m). La cintilla utilizada fue de polietileno de 16 mm y goteros situados en cada planta (2 m). Se utilizó un modelo de plantación en tresbolillo, con una separación entre hileras de 3 m y distancia entre plantas de 2 m, para una densidad poblacional de 1,666 plantas/ha. En los primeros meses después de la plantación se aplicaron cuatro tratamientos de fertilización: 1) Fertilización química con fertilizante granulado (58-80-140) para nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O) (Zúñiga, 2013), 2) Fertilizante de liberación controlada multicote® (18-06-12) para igualar el suministro de nitrógeno (58-80-140), 3) Composta aplicada a razón de 6 toneladas por hectárea (600 g/m^2) y 4) Tratamiento testigo (sin fertilización). En el tratamiento que incluyó fertilizante granulado se aplicó según las recomendaciones generadas para *Agave tequilana* (Zúñiga, 2013).

El experimento se manejó bajo un diseño factorial de dos factores (especie y tratamiento de fertilización). La parcela experimental útil consistió en una hilera de 10 plantas, con dos repeticiones para cada especie y tratamiento.

Registro de Datos de Campo. Los registros de datos, para variables morfológicas se realizaron en mayo de 2021. Se evaluaron 10 plantas por cada repetición para registrar altura de planta (AP) y diámetro de roseta (DR). La altura de la planta se evaluó mediante el uso de una regla métrica con presición de 1 mm. La altura se midió desde la superificie del suelo y hasta el ápice de la planta (cogollo). El diámetro de la roseta se determinó con la regla métrica en dos direcciones (este-oeste y norte-sur), para luego calcular el valor promedio. Las mediciones obtenidas en 10 plantas de cada parcela útil se usaron para establecer la media en cada repetición y este valor se utilizó en el análisis de la varianza.

Análisis Estadístico. Los datos para cada una de las variables evaluadas en campo se usaron en el análisis estadístico (ANOVA), bajo un diseño en bloques completos al azar con arreglo factorial y dos repeticiones. La comparación de medias se realizó con base en la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). El análisis de varianza y la comparación de medias se realizaron con el programa de cómputo SAS Ver. 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó igualdad estadística entre tratamientos de fertilización (F) y únicamente se detectaron diferencias significativas entre especies (E) (Cuadros 1 y 2), para la altura de planta y diámetro de roseta. La interacción (F x E) mostró igualdad estadística, por lo que

puede establecerse que las especies mantuvieron su respuesta a través de los tratamientos de fertilización incluidos en el estudio. El sotol registró altura mayor de la planta, con valores entre 81.5 cm (sin fertilización), hasta 86.8 cm en el tratamiento con fertilización química de liberación controlada. Por su parte, el maguey mostró valores entre 52.1 cm con fertilización química de liberación controlada y hasta 59.3 cm, cuando no se aplicó fertilización.

Cuadro 1. Análisis de varianza para variables morfológicas de plantas de maguey cenizo y sotol cultivadas con diferentes tratamientos de fertilización en condiciones de campo.

Fuente de Variación	[1]gl	Altura de Planta (cm)	Diámetro de Roseta (cm)
Fertilización (F)	3	$0.9^{N.\ S.}$	$0.1^{N.\ S.}$
Especie (E)	1	3448.6**	9564.8**
F x E	3	$35.9^{N.\ S.}$	$44.9^{N.\ S.}$
Error	8	50.3	94.0
Promedio		69.9	89.6
[1]C. V. (%)		10.1	10.8

[1]gl = grados de libertad, N. S. = no significativo, [1]C. V. = coeficiente de variación.

Las diferencias morfológicas entre especies favorecieron la superioridad del sotol para la altura de la planta, en comparación con el maguey cenizo. Además, es posible que haya influido la edad de la planta, ya que en el caso del sotol se utilizaron plantas donadas por el vivero municipal de la ciudad de Durango y es posible, que tuvieran años de ser cultivadas en maceta plástica. Luego, en condiciones de campo, las plantas de sotol mostraron crecimiento compensatorio (Retuerto *et al*., 2003), debido a que se les proporcionó las condiciones favorables para el despliegue de hojas y acumulación de biomasa en todos los órganos de la planta.

Cuadro 2. Promedios para variables morfológicas de plantas de maguey cenizo y sotol cultivadas con diferentes tratamientos de fertilización en condiciones de campo.

Ambiente	Especie	Altura de Planta (cm)	Diámetro de Roseta (cm)
Química (162-150-250)	Maguey	52.6 ± 8.7	64.1 ± 12.2
Liberación Controlada	Maguey	52.1 ± 13.1	60.8 ± 11.3
Orgánico	Maguey	56.9 ± 13.7	68.4 ± 13.4
Sin Fertilización	Maguey	59.3± 10.3	67.0 ± 10.7
	Promedio Maguey	55.2^{B}	65.1^{B}
Química (162-150-250)	Sotol	86.5 ± 11.7	114.5 ± 14.6
Liberación Controlada	Sotol	86.8 ± 16.8	118.5 ± 20.7
Orgánico	Sotol	83.5 ± 15.8	111.0 ± 18.4
Sin Fertilización	Sotol	81.5 ± 14.8	112.0 ± 20.8
	Promedio Sotol	84.6^{A}	114.0^{A}

Las letras en cada columna representan diferencias significativas entre especies ($^{A-B}$) de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

El diámetro de roseta fue más alto en sotol (114.0 cm), por lo cual superó significativamente al maguey cenizo (65.1 cm) (Cuadro 2). Lo anterior, debido a las diferencias naturales entre

especies y la diferencia de edades entre las poblaciones bajo estudio. Aunque se observó igualdad estadística, los valores del diámetro de roseta fueron más altos en sotol con fertilización química de liberación controlada (118.5 cm) y el valor más bajo se registró en el tratamiento con fertilización orgánica (111.0 cm). En maguey el valor promedio más alto se observó en fertilización orgánica (68.4 cm) y el más bajo cuando se usó fertilizante químico de liberación controlada (60.8 cm). Las diferencias naturales entre especies favorecieron la superioridad del sotol, en comparación con las plantas jóvenes de maguey cenizo. Además, influyó la edad de la planta, debido a que algunas plantas de sotol iniciaron la floración en junio de 2021 y previamente, se estableció que inician su fase reproductiva en un periodo de vida que va de los 12 a los 15 años (Reyes *et al*., 2012).

CONCLUSIONES

- Los tratamientos de fertilización en etapas iniciales del establecimiento de maguey cenizo y sotol en condiciones de campo influyeron de forma reducida sobre el crecimiento de las plantas luego de varios (3) años de plantación.

- El sotol superó en crecimiento al maguey cenizo, debido a las diferencias morfológicas que existen de manera natural entre especies; así como al crecimiento compensatorio y edad de la planta.

- Se considera poco efectiva la fertilización temprana sobre el crecimiento del maguey cenizo, por lo que su omisión reduce costos sin efectos significativos sobre el crecimiento.

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., 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.

Retuerto, R., S. Rodríguez R., B. Fernández L., J. R. Obeso. 2003. Respuestas compensatorias de plantas en situaciones de estrés. Ecosistemas 12(1): 1-7.

Reyes V., M. H., A. Benavides M., H. Ramírez R. y J. A. Villarreal Q. 2012. Biología e importancia del sotol (*Dasylirion* spp.). Parte I: Sistemática, genética y reproducción. Planta 7(14): 11-13.

Ríos S., J. C., C. M. Reyes R., R. Rosales S., P. A. Domínguez M., y R. Jiménez O. 2018. Actualización preliminar de inventarios para áreas productoras de maguey cenizo en diferentes municipios de Durango. Ciencia e Innovación 1(2): 323-348.

Rosales M., S., J. A. Sigala R. y V. García B. 2013. Producción y trasplante de planta de agave en vivero. Folleto Técnico Núm. 70. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Dgo. Méx. 43 p.

Rosales M., S., J. C. Ríos S., J. L. García R., M. Martínez F., G. Quiñonez B., y R. Rosales S. 2018. Establecimiento de plantaciones de maguey cenizo. Folleto Técnico Núm. 109. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Méx. 28 p.

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.

Sandoval R., G. 2019. Producción de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* HAW.) y determinación de nitrógeno y fósforo total, con diferentes sustratos y concentración de solución nutritiva. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Guerrero. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Tuxpan, Iguala, Gro. México. 108 p.

Zúñiga E., L. 2013. Nutrición de *Agave tequilana* y manejo de los fertilizantes en un sistema de producción intensiva (riego por goteo). INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Las Huastecas. Villa Cuauhtémoc, Tamps. México. 46 p.

CRECIMIENTO DEL MAGUEY CENIZO EN CONDICIONES DE VIVERO ESTABLECIDO EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Julio César Ríos Saucedo[1], Rigoberto Rosales Serna[1], Jesús Humberto Rodríguez Vargas[2], Consuelo Romo Alanís[2] y Donají Sierra Zurita[1]

[1]INIFAP – Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango – El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. [2]Tecnológico Nacional de México – Campus Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana. Carretera Durango – México km 22.5. Villa Montemorelos, Dgo., México. C. P. 34371. *e-mail: rios.julio@inifap.gob.mx

RESUMEN

El cultivo de maguey cenizo (*Agave durangensis*) es una alternativa para la reconversión productiva en suelos marginales en Durango, México, que requiere planta de calidad. El objetivo fue establecer la variación morfológica en plantas jóvenes de maguey cenizo cultivadas en diferentes sistemas de producción. Se utilizaron plantaciones comerciales de maguey cenizo, en lotes con riego por cintilla, establecidas a cielo abierto e invernadero en Durango. El trasplante se realizó en noviembre de 2018 en plántulas establecidas a cielo abierto (CA) e invernadero (I), en camas de 1.20 m de ancho y longitud entre 20 m (invernadero) y 74 m (cielo abierto). Las hileras de plantas en cada cama se establecieron a 18 cm y su número fluctuó entre 4 (I) y de 5 a 7 en CA. En todos lo casos se utilizaron 21 cm de separación entre plantas (28 a 49 plantas/m^2). Se utilizó un diseño en bloques completos al azar, para evaluar densidades de plantación (CA) y el efecto de la ubicación de las cuatro naves (I). Como parcela útil se usaron dos hileras centrales de plantas en cada cama, con un metro de longitud y de cuatro (I) a diez repeticiones (CA). El registro de datos, para variables morfológicas se realizó entre el 15 de mayo y 12 de junio de 2021. Se realizaron evaluaciones en 14 plantas por cada repetición para registrar el valor medio para altura de planta (AP), diámetro de roseta (DR) y número de hojas (NH). Los datos obtenidos se utilizaron en el análisis estadístico y comparación de medias (Tukey; $p \leq 0.05$). En maguey cenizo, a cielo abierto, se observó igualdad estadística entre densidades de plantación para AP y DR. La AP varió entre 10.3 cm (5 hileras/cama) y 12.3 cm (6 hileras/cama), lo que se relacionó con la competencia en densidades altas. El DR se redujo en la densidad alta, de 7 hileras/cama (12.1 cm) y en todas las densidades el NH fluctuó entre 7 y 8. En Invernadero se observó igualdad estadística entre naves para las variables morfológicas evaluadas en plantas de maguey cenizo. La AP fue mayor en la Nave 4 (24.0 cm) situada al sur; aunque, fue estadísticamente igual al resto del invernadero (20.9 a 22.2 cm). El DR fluctuó entre 22.6 cm hasta 25.2 cm y el NH varió entre 11 y 13. Las plántulas en invernadero incrementaron 51% la AP y DR, en comparación con las cultivadas en CA. Las densidades altas de población no influyeron significativamente sobre el crecimiento de plantas de maguey cenizo hasta 30 meses después del transplante. El uso de invernadero y la temperatura alta favorecieron el crecimiento del maguey cenizo. Se puede realizar selección individual de plantas de maguey cenizo sobresalientes en edades tempranas con base en AP y DR.

ABSTRACT

The cultivation of maguey cenizo (*Agave durangensis*) is an alternative crop for the productive reconversion in marginal soils of the state of Durango, México., requiring quality seedlings and young plants. The objective was to establish the morphological variation in young plants of maguey cenizo grown in different production systems. Commercial

plantations of maguey cenizo were used, which were planted with drip irrigation in the open sky and greenhouse systems in Durango. The transplant was carried out in November 2018 using seedlings established in the open sky (OS) and greenhouse (G) system, in beds 1.20 m wide and 20 m (G) to 74 m (OS) in length. The rows of plants in each bed were established at 18 cm and their number fluctuated between 4 (G) and 5 to 7 in OS. In all cases, 21 cm of separation between plants was used (28 to 49 plants/m^2). A randomized complete block design was used to evaluate planting densities (OS) and the effect of the location in each of the four spans (G). Sampling unit consisted of two central rows of plants in each bed, one meter long and four (G) to ten replications (OS). Data for morphological variables was recorded from May 15th to June 12th, 2021. Evaluations were carried out in 14 plants for each replication to obtain the mean value for plant height (PH), rosette diameter (RD) and number of leaves (NL). The data obtained were used in the statistical analysis and means comparison (Tukey; $p \leq 0.05$). In maguey cenizo, under the OS system, statistical equality was observed between planting densities for PH and RD. The PH ranged between 10.3 cm (5 rows/bed) and 12.3 cm (6 rows/bed), which was related to plant competition at high densities. The RD was reduced in the high density, of 7 rows/bed (12.1 cm) and in all the densities the NL fluctuated between 7 to 8. In the Greenhouse, similar results were detected between spans for the morphological variables evaluated in maguey cenizo plants. The PH was higher in Span 4 (24.0 cm) located to the southern direction; although, difference observed was not statistically significant compared to the other greenhouse spans (20.9 to 22.2 cm). RD fluctuated between 22.6 cm to 25.2 cm and NL varied from 11 to 13. Greenhouse seedlings increased PH and RD by 51%, compared to those grown in OS. High population densities did not significantly influence the growth of maguey cenizo plants up to 30 months after transplant. The use of the greenhouse and the high temperature favored the growth of the maguey cenizo. Individual selection of outstanding maguey cenizo plants can be implemented at early stages of growth based on PH and RD.

INTRODUCCIÓN

El maguey cenizo (*Agave durangensis* L.) es una especie de importancia alta desde los puntos de vista ecológico, social y económico en Durango. En esta entidad el maguey cenizo se utiliza principalmente en la elaboración de destilados (mezcal), con aceptación alta y creciente en el mercado nacional y de exportación. Otros productos, que se obtienen del maguey son: aguamiel, jarabes, pulque, fibra y alimento para el ganado durante la época seca del año. La demanda alta de tallos (piñas) de maguey cenizo y las dificultades para obtener materia prima de poblaciones naturales, incrementaron el interés para la producción de esta especie en plantaciones comerciales establecidas en terrenos agrícolas marginales y en desuso. Con base en lo anterior, se requiren métodos eficientes para la producción de planta de maguey con niveles altos de calidad, supervivencia y crecimiento en condiciones de campo.

Se ha generado tecnología para la producción de planta de maguey cenizo en condiciones de invernadero, vivero malla-sombra y cama con acolchado. Además, se puede considerar el riego por cintilla y el cultivo en invernadero, lo cual puede contribuir al incremento acelerado en altura, diámetro de roseta y número de hojas. En estudios anteriores con maguey cenizo, se demostró la importancia que tiene la altura de planta, diámetro de roseta y número de hojas en la evaluación de la respuesta a diferentes tratamientos de fertilización (Rosales *et al*., 2013; Rosales *et al*., 2020). La generación y adopción de tecnología incrementará la eficiencia productiva del maguey cenizo en Durango, lo que a su vez favorecerá el restablecimiento de las poblaciones naturales de la especie y se proporcionará a la industria materias primas de costo bajo.

Entre los factores más importantes para el crecimiento del maguey cenizo, en invernadero, vivero y campo, se pueden mencionar la disponibilidad de agua, temperatura, densidad de población y nivel de nutrientes del suelo. En Durango, existe nivel bajo de agua disponible, por lo que se recomienda utilizar especies tolerantes al estrés hídrico, como el maguey, y el uso de sistemas eficientes de riego, como es el caso del acolchado y riego presurizado por cintilla. La temperatura alta (15 a 31 ºC) influye favorablemente sobre el crecimiento del maguey (Rosales *et al*., 2020), por lo que se observan efectos negativos durante la época invernal, por la temperatura baja (< 10 ºC) y debido a la temperatura alta (> 31 ºC) durante los meses de estiaje.

La densidad alta de población incrementa la competencia entre plántulas de maguey cultivadas en charolas e invernadero, vivero y malla-sombra. Dicha competencia retrasa el crecimiento de la planta, por lo que se amplia el periodo entre la siembra y el momento óptimo para el trasplante definitivo en campo. Con base en lo anterior, se ha recomendado el estudio del efecto de la densidad de población en condiciones de campo con el sistema combinado de raíz desnuda, acolchado y riego con cintilla, para establecer el efecto que tiene esta práctica sobre el crecimiento del maguey. La competencia entre plántulas de maguey se establece principalmente por agua, luz y nutrientes. Por ello, se ha tratado de identificar tamaños de envase, distancia entre hileras y plantas, dosis y fuentes de nutrientes para optimizar la eficiencia productiva en condiciones de vivero, invernadero y campo (Sandoval, 2019; Rosales *et al*., 2020).

Además, es necesario evaluar el crecimiento del maguey en condiciones diferentes de exposición a las temperaturas invernales. Con ello, se establecerá la influencia de la temperatura invernal sobre el crecimiento y desarrollo del maguey cenizo, al mismo tiempo que se determinan los efectos del adelantamiento de la producción de planta que será utilizada en la temporada de lluvias, la cual se inicia entre junio y julio. Las cubiertas de polietileno protegen a las plantas de maguey de las temperaturas bajas y con ello, es posible evitar daños por helada y adelantar la producción en condiciones de vivero. Después de considerar lo anterior, se estableció que *es necesaria la evaluación de tecnologías diferentes para optimizar el crecimiento del maguey cenizo cultivado en Durango. Con ello, se establecerán las posibilidades de acelerar el crecimiento y reducir el periodo en vivero de plántulas de maguey cenizo para su acondicionamiento y uso en plantaciones comerciales*. El objetivo fue establecer la variación morfológica en plantas jóvenes de maguey cenizo cultivadas en diferentes sistemas de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Sitio. El presente proyecto se desarrolló en el Campo Experimental Valle del Guadiana, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Dicho Campo Experimental está situado en la carretera Durango-El Mezquital km 4.5 y se ubica en las coordenadas 23° 59’ 21” N, 104° 37’ 33” O y una altitud de 1 877 m. El suelo predominante del sitio es de tipo franco-arcilloso, el cual tiene capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 4%, pH de 7.9 y es pobre en contenido de materia orgánica, fósforo y nitrógeno. El clima predominante es templado semiárido [BS_1 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).

Producción de Planta. Se utilizaron plántulas de maguey cenizo obtenidas a partir de semillas colectadas en poblaciones naturales de Durango. Las semillas se germinaron en

almácigo y cuando alcanzaron una altura entre 1.6 a 2.4 cm, fueron extraídas del suelo y transportadas para su trasplante en invernadero (I) y cielo abierto (CA). En invernadero la planta se mantuvo cubierta con una película de polietileno de 180 micras de espesor (Calibre 720), mantenido con estructuras metálicas que formaron cinco naves en total. En cielo abierto (CA), el maguey cenizo se plantó en camas formadas mecánicamente, con tractor, en terrenos agrícolas.

Plantación. En los lotes de cielo abierto e invernadero, la plantación se realizó en noviembre de 2018 y se aplicó fertilizante con la dosis 35-50-00 (N_2, P_2O_5 y K_2O), incorporado al suelo, 30 días después de la plantación (DDP) y luego de evaluar la supervivencia de las plantas. Además, se aplicaron algunas de las recomendaciones del INIFAP para el cultivo de maguey cenizo en condiciones de raíz desnuda (Rosales *et al*., 2018). Se utilizaron camas de 1.20 m de ancho y longitud variable, entre 20 m (Invernadero) y 74 m (Cielo Abierto). Las hileras se establecieron a 18 cm y su número fue variable, con fluctuaciones entre 4 (invernadero) y de 5 a 7 hileras por cama en la plantación a cielo abierto. En todos los casos se utilizaron 21 cm de separación entre plantas. Se aplicó riego por cintilla (2 cintillas por cama), para evitar el estrés severo de humedad en las plantas de maguey cenizo. En invernadero se utilizó un diseño en bloques completos al azar, para evaluar el efecto ambiental de cada una de las cuatro naves. La parcela experimental consistió en una cama con cuatro hileras de plantas y 20 m de longitud. Como parcela útil se usaron las dos hileras de plantas centrales de cada cama, con un metro de longitud, dos observaciones por cama y cuatro repeticiones por nave. En cielo abierto (CA) se utilizó un diseño en bloques completos al azar, para evaluar el efecto de tres densidades de plantación (5, 6 y 7 hileras por cama) y 10 repeticiones. La parcela experimental consistió en una cama con 5 a 7 hileras de plantas y 74 m de longitud. Como parcela útil se usaron las dos hileras de plantas centrales de cada cama, con un metro de longitud.

Registro de Datos de Campo. Los registros de datos, para variables morfológicas se realizaron entre el 15 de mayo y 11 de junio de 2021. Se evaluaron 14 plantas por cada repetición para registrar altura de planta (AP), diámetro de roseta (DR) y número de hojas (NH). La altura de la planta se evaluó mediante el uso de una regla métrica con presición de 1 mm. La altura se midió desde la superificie del suelo y hasta el ápice de la planta (cogollo). El diámetro de la roseta se determinó con la regla métrica en dos direcciones (este-oeste y norte-sur), para luego establecer el valor promedio. Además, se contabilizó el número de hojas (pencas) desplegadas y que tuvieran espina apical y espinas laterales.

Análisis Estadístico. Los datos para cada una de las variables evaluadas en campo se utilizaron en el análisis estadístico (ANAVA), bajo un diseño en bloques completos al azar, con tres densidades de población y 10 repeticiones en cielo abierto. En invernadero se utilizó un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones por nave. La comparación de medias se realizó con base en la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). El análisis de varianza y la comparación de medias se realizaron con el programa de cómputo SAS Ver. 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cielo Abierto. Se observó igualdad estadística entre las densidades de plantación, para las variables morfológicas evaluadas en plantas de maguey cenizo establecidas a cielo abierto (Cuadros 1 y 2). La altura de planta fue mayor en 6 (12.3 cm) y 7 (12.1 cm) hileras por cama; mientras, que en la densidad más baja se observó altura inferior (10.3 cm). Esta respuesta se relacionó con el nivel bajo de competencia establecido entre plántulas de

maguey, durante los 18 a 20 meses de crecimiento en campo. La tendencia observada en las densidades altas se relacionaron con la necesidad de las plantas para alcanzar niveles altos de radiación solar, espacio y nutrientes (Escalante *et al*., 2016; Schoellhorn y Richardson, 2004), por lo que se promovió un incremento en la altura de las plantas. Por ello, se comenzó a observar reducción del diámetro de roseta en la densidad más alta (12.1 cm), mientras que en las densidades menores se observó amplitud ligeramente mayor para esta variable.

Cuadro 1. Análisis de varianza para variables morfológicas de plantas de maguey cenizo cultivadas con diferentes densidades de plantación en condiciones de cielo abierto.

Fuente de Variación	[1]gl	Altura de Planta (cm)	Ancho de Roseta (cm)	Número de Hojas
Densidades	2	12.5 N. S.	0.5 N. S.	3.1 N. S.
Repetición	9	2.4	1.1	2.3
Error	18	4.3	2.1	1.1
Promedio		11.6	12.3	8
[2]C. V. (%)		17.9	11.8	13.6

[1]gl = grados de libertad, N. S. = no significativo, [2]C. V. = coeficiente de variación.

Cuadro 2. Variables morfológicas de plantas de maguey cenizo cultivadas con diferentes densidades de plantación en condiciones de cielo abierto.

Densidades	Altura de Planta (cm)	Ancho de Roseta (cm)	Número de Hojas
5 hileras/cama	10.3 $\pm$ 0.38	12.4 $\pm$ 0.26	7 $\pm$ 0.50
6 hileras/cama	12.3 $\pm$ 2.88	12.5 $\pm$ 2.40	8 $\pm$ 1.84
7 hileras/cama	12.1 $\pm$ 0.66	12.1 $\pm$ 0.58	7 $\pm$ 0.44
Promedio	11.6	12.3	8
[1]C.V. (%)	17.9	11.8	13.6

[1]C. V. = coeficiente de variación.

El número de hojas mostró el valor más alto en 6 hileras/cama (8); mientras que en las otras dos densidades los valores fueron de 7 hojas por planta. Los valores resultaron estadísticamente iguales y en el caso del número más alto, también se observó un nivel más alto de la desviación estándar, lo que se relacionó con la variación más alta entre observaciones.

Invernadero

Se observó igualdad estadística entre naves (secciones) del invernadero, para las variables morfológicas evaluadas en plantas de maguey cenizo (Cuadros 3 y 4). La altura de la panta fue mayor en la Nave 4 (24.0 cm), situada hacia al lado sur del invernadero. Aunque, dicho valor fue estadísticamente igual al resto de las naves del invernadero (20.9 a 22.2 cm). El diámetro de roseta fluctuó entre 22.6 cm (Nave 2) hasta 25.2 cm (Nave 1) y el número de hojas varió entre 11 (Nave 1), hasta 13 (Naves 3 y 4). Aunque, se observaron diferencias numéricas en la respuesta del maguey cenizo, a través de naves de un mismo invernadero, las variaciones no mostraron significancia estadística. El sistema de producción en invernadero mostró estabilidad en la obtención de plantas de maguey cenizo con la calidad requererida para su establecimiento exitoso en plantaciones comerciales.

Cuadro 3. Análisis de varianza para variables morfológicas de plantas de maguey cenizo cultivadas en condiciones de invernadero.

Fuente de Variación	[1]gl	Altura de Planta (cm)	Ancho de Roseta (cm)	Número de Hojas
Nave	3	6.5 N. S.	6.7 N. S.	3.7 N. S.
Repetición	3	8.7	5.0	1.2
Error	9	12.2	4.3	1.2
Promedio		22.2	24.1	12.4
[1]C. V. (%)		15.7	8.6	8.8

[1]gl = grados de libertad, N. S. = no significativo, [1]C. V. = coeficiente de variación.

Cuadro 4. Variables morfológicas de plantas de maguey cenizo cultivadas en condiciones de invernadero.

Ambiente	Altura de Planta (cm)	Diámetro de Roseta (cm)	Número de Hojas
Nave 1	21.9 ± 5.16	25.1 ± 5.43	11 ± 2.07
Nave 2	20.9 ± 4.85	22.6 ± 4.33	12 ± 2.37
Nave 3	22.2 ± 5.04	23.4 ± 3.53	13 ± 1.77
Nave 4	24.0 ± 5.32	25.1 ± 3.44	13 ± 2.20
Promedio	22.2	24.1	12
[1]C. V. (%)	15.7	8.6	8.8

[1]C. V. = coeficiente de variación.

Al comparar los sistemas de producción, se observó que las plantas cultivadas en invernadero incrementaron 51% la altura de planta y diámetro de roseta, en relación con el sistema a cielo abierto. Con base en los resultados, se estableció que el sistema de invernadero fue más eficiente en la obtención de planta de calidad para su establecimiento definitivo en campo.

CONCLUSIONES

- Las densidades altas de población no influyeron sobre el crecimiento de plántulas-plantas jóvenes de maguey cenizo en los primeros 20-30 meses de establecimiento en campo.
- El uso de cubiertas de polietileno (invernadero) favorecieron el crecimiento del maguey cenizo en sistemas intensivos de producción de planta, para su transplante posterior en sitio definitivo de plantaciones comerciales.
- El aumento en altura de la planta, diámetro de roseta y número de hojas en plántulas de maguey cenizo se relacionó con la temperatura registrada en el ambiente de cultivo, por lo que en invernadero se registraron valores más altos en comparación con el lote a cielo abierto.
- La selección individual de plantas sobresalientes en edades tempranas puede realizarse con base en variables morfológicas, como la altura de planta y diámetro de roseta.

REFERENCIAS

Escalante, A., D. R. López S., J. E. Velázquez G., M. Giles G., F. Bolívar and A. López M. 2016. Pulque, a traditional mexican alcoholic fermented beverage: Historical microbiological, and technical aspects. Frontiers in Microbiology 7:1026.

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., 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.

Ríos S., J. C., C. M. Reyes R., R. Rosales S., P. A. Domínguez M., y R. Jiménez O. 2018. Actualización preliminar de inventarios para áreas productoras de maguey cenizo en diferentes municipios de Durango. Ciencia e Innovación 1(2): 323-348.

Rosales M., S., J. A. Sigala R. y V. García B. 2013. Producción y trasplante de planta de agave en vivero. Folleto Técnico Núm. 70. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Dgo. Méx. 43 p.

Rosales M., S., J. C. Ríos S., J. L. García R., M. Martínez F., G. Quiñonez B., y R. Rosales S. 2018. Establecimiento de plantaciones de maguey cenizo. Folleto Técnico Núm. 109. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Méx. 28 p.

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.

Sandoval R., G. 2019. Producción de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* HAW.) y determinación de nitrógeno y fósforo total, con diferentes sustratos y concentración de solución nutritiva. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Guerrero. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Tuxpan, Iguala, Gro. México. 108 p.

Schoellhorn, R. and A. A. Richardson. 2004. Warm climate production guidelines for *Agave*. Commercial Floriculture Update. University of Florida. 3 p.

DESARROLLO DEL MANEJO SUSTENTABLE DE ZEBRA CHIP Y PUNTA MORADA EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)

DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE MANAGEMENT OF ZEBRA CHIP AND PURPLE TOP IN THE CROP OF POTATO (*Solanum tuberosum* L.)

Alberto Flores-Olivas[1], José Jonathan Guadarrama-Velázquez[1], Isidro Humberto Almeyda-León*[2], Gustavo Alberto Frías-Treviño[1]

[1]Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, No. 25315 Saltillo, Coah., C.P.25315, México. [2]INIFAP-CIRNE-Campo Experimental General Terán, Km 31 Carretera Montemorelos-China, General Terán, N.L., CP:67400, México. * halmeyda30@hotmail.com

RESUMEN

"Candidatus Liberibacter solanacearum" y "*Candidatus* Phytoplasma spp", están asociados al complejo Zebra Chip (ZC) - Punta Morada (PMP) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). El objetivo del presente trabajo fue generar un programa de manejo sustentable del complejo ZC-PMP integrando métodos tradicionales, así como la inducción de resistencia en las plantas. Se evaluaron tres tratamientos: En el T1 se aplicaron microorganismos, inductores de resistencia e insecticidas, en el T2 un microorganismo e insecticidas y en el T3 solamente se aplicaron insecticidas. La presencia o ausencia de "*Ca*Lso" y "*Ca*Phy", se determinó mediante PCR-Punto final a partir del ADN extraído de folíolos de plantas de papa colectados a los 40 y 70 días después de la siembra y de tubérculos colectados a la cosecha, así como de especímenes adultos de *B. cockerelli* colectados antes y durante el establecimiento del cultivo. Se obtuvo una incidencia del 13, 16 y 7 %, así como una severidad del 37.8, 36.2 y 8 % del complejo ZC-PMP en tubérculos para los tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente. El programa de manejo sustentable, redujo significativamente el número de aplicaciones y los costos del cultivo en un 48.3 % con respecto al programa convencional del agricultor, lo cual, lo constituye como una alternativa viable en la siembra comercial de papa.

ABSTRACT

"Candidatus Liberibacter solanacearum" and "*Candidatus* Phytoplasma spp" are associated with the Zebra Chip (ZC) - Punta Morada (PMP) complex in potato (*Solanum tuberosum* L.). The objective of this work was to generate a sustainable management program for the ZC-PMP complex integrating traditional methods, as well as the induction of resistance in plants. Three treatments were evaluated: In T1, microorganisms, resistance inducers and insecticides were applied, in T2 one microorganism and insecticides and in T3 only insecticides were applied. The presence or absence of "*Ca*Lso" and "*Ca*Phy" was determined by PCR-Endpoint from DNA extracted from leaflets of potato plants collected at 40 and 70 days after planting and from tubers collected at harvest, as well as adult specimens of *B. cockerelli* collected before and during the establishment of the crop. An incidence of 13, 16 and 7% was obtained, as well as a severity of 37.8, 36.2 and 8% of the ZC-PMP complex in tubers for treatments 1, 2 and 3 respectively. The sustainable management program significantly reduced the number of applications and crop costs by

48.3% with respect to the conventional farmer's program, which constitutes it as a viable alternative in commercial potato planting.

INTRODUCCIÓN

En México, la papa (*Solanum tuberosum* L) se siembra en una superficie aproximada de 68,000 ha bajo condiciones de riego y temporal, con una producción anual de 1´800,000 t (CONPAPA, 2020). La producción es afectada por diversos problemas fitosanitarios, el más importante es el complejo Zebra Chip (ZC) - Punta Morada (PMP), el cual, está asociado a "*Candidatus* Liberibacter solanacearum" (*Ca*Lso) y "*Candidatus* Phytoplasma spp" (*Ca*Phy) (Munyaneza, 2012). "*Ca*Lso" y "*Ca*Phy" son transmitidos principalmente por el psílido "*Bactericera cockerelli*" (Sulc) (Hemiptera: Psyllidae) (EFSA, 2018). Sin embargo, algunas especies de chicharritas como *Empoasca* y *Aceratagallia*, también se encuentran implicadas en la trasmisión de "*Ca*Phy" (Almeyda *et al*., 2008). En México las pérdidas ocasionadas por "*Ca*Lso", oscilan entre el 30 al 95 %, Coahuila, Nuevo León y Guanajuato son los Estados que presentan hasta un 95 % de incidencia de la bacteria, este patógeno se ha detectado en la mayoría de las regiones productoras de papa como una infección simple y/o asociada con "*Ca*Phy" (Flores, 2013; González *et al.,* 2014; Melgoza *et al.,* 2018).

El método de manejo del complejo ZC-PMP, es mediante el control químico del principal vector de "*Ca*Lso" y "*Ca*Phy", el psillido "*B. cockerelli*" (Munyaneza, 2012). Sin embargo, la aplicación de inductores de resistencia, así como la aplicación de microorganismos como *Trichoderma* spp y diversas especies de *Bacillus* spp (Rojas *et al*., 2013; Santoyo *et al*. 2012), se pueden integrar de manera efectiva en el manejo del complejo ZC-PMP para reducir de manera significativa este problema, de manera tal, que la producción de papa se pueda realizar de forma sustentable y redituable para el productor, el consumidor y el medio ambiente. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue generar un programa integral sustentable para el manejo de "*Ca*Lso" y "*Ca*Phy" asociados al complejo ZC-PMP, así como de su vector mediante el uso de inductores de resistencia y métodos tradicionales como la aplicación de insecticidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo se realizó en el predio "El Rancho", ubicado en la localidad de Parres el Guarda, perteneciente a la Alcaldía Tlalpan de la Ciudad de México. Los análisis moleculares se realizaron en el laboratorio de Parasitología Molecular de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

El experimento se estableció en una superficie total de 1.5 ha y se utilizó semilla de papa certificada de la variedad Fianna libre de patógenos y se evaluaron tres tratamientos.

Tratamiento 1 (T1). Se planteó como un manejo sustentable combinando productos de origen biológico y plaguicidas sintéticos. Los productos utilizados fueron: a) Insecticidas: Spirotetramat, imidacropid, betacyflutrin, flufenoxurón, cipermetrina, deltametrina, b) Microorganismos: *Bacillus subtilis* (SEBM1), *Trichoderma* (AN27), c) Inductor de resistencia: Alcamidas de origen orgánico. En siembra se aplicó SEBM1 y AN27, en el área foliar se aplicaron inductores e insecticidas en combinación y de forma individual, realizando 15 aplicaciones durante el ciclo en intervalos de 7 días, registrando fecha, ingrediente, dosis, tipo de aplicación y costo de aplicación.

Tratamiento 2 (T2). Se usaron plaguicidas sintéticos y un producto microbiológico a la siembra. Los productos utilizados fueron: a) Insecticidas: Deltametrina, spinosad, spirotetramat, spiromesifen, siryproxyfen, imidacropid, flufenoxurón, flupyradifurone, tiacropid, betacyflutrin, b) Microorganismos: Cepa de *Bacillus subtilis*. En siembra se aplicó *B. subtilis* (producto comercial), así mismo, se aplicaron insecticidas en el área foliar de forma individual y en combinación, se realizaron 18 aplicaciones durante el ciclo, en intervalos de 5 días, registrando fecha, ingrediente, dosis, tipo de aplicación y costo de aplicación.

Tratamiento 3 (T3). Consistió la aplicación de plaguicidas sintéticos. Los productos utilizados para este tratamiento fueron: a) Insecticidas: Monocrotofos, dimetoato, diclorvos, acefate, metamidofos, lamba cyalotrina, cipermetrina, deltametrina, abametina, imidacropid, profenofos, spirotetramat, spiromesifen, betacyflutrin, ciantraniliprol. El programa fue propuesto por el agricultor, la aplicación de los insecticidas utilizados fue de manera individual y en combinación. Se realizaron 31 aplicaciones durante el ciclo, en intervalos de 3.5 días, registrando fecha, ingrediente, dosis, tipo de aplicación y costo de aplicación.

Para determinar la presencia o ausencia de "*Ca*Lso" y "*Ca*Phy" en las plantas durante el ciclo del cultivo, se recolectaron folíolos del estrato medio y superior a los 40 y 70 DDS, así como a la cosecha; los tubérculos se recolectaron a la cosecha. Adultos de *Bactericera cockerelli*, se colectaron antes de la siembra para establecer si estaban infectivos con "*Ca*Lso" y/o "*Ca*Phy". A los 40 y 70 DDS, se colectaron huevecillos, ninfas y adultos del psílido en los diferentes tratamientos evaluados.

La extracción del ADN de las plantas y tubérculos se realizó mediante la técnica del CTAB al 3 % reportada por Dellaporta *et al*. (1983), con algunas modificaciones. La extracción del ADN de los insectos se realizó mediante la técnica propuesta por Doyle and Doyle (1990) con modificaciones. La detección de "*Ca*Lso", se realizó por medio de la técnica de PCR-Punto final. Se usaron los iniciadores CL514F (5'-CTCTAAGATTTCGGTTGGTT-3') y CL514R (3'-TATATCTATCGTTGCACCAG-5'), que amplifican un fragmento de aproximadamente 669 pb del gen que codifica para 16S ADNr de "*Ca*Lso". Las reacciones de PCR punto final se realizaron en un volumen final de 25 µL conteniendo: 12.5 µL de Taq&GoT Mastermix (MP Biomedicals), 1.5 µL de cada indicador (10 µM), 100 ng de ADN y 8.5 µL de H2O estéril. El programa de amplificación fue: Un ciclo de desnaturalización inicial a 95 °C por 5 min, seguido de 42 ciclos a 95 °C por 30 s, 51 °C por 30 s y 72 °C por 1 min, y un ciclo de extensión final a 72 °C 10 min.

Para la detección de "*Ca*Phy" se utilizó la técnica de PCR-Anidado o secuencial. En el primer ciclo de amplificaciones se utilizaron los iniciadores P1/P7 (5´-AAGAGTTTGATCCTGGCTCAGGATT3´/5´-CGTCCTTCATCGGCTCTT-3´); mientras que en el segundo ciclo de amplificaciones se utilizaron los iniciadores R16mF2/R16mR1 (5'-GAAACGACTGCTAAGA-3'/5'-TGACGGGCGGTGTGTACAAAC-3'), que amplifican un fragmento de aproximadamente 1,250 pb del gen que codifica para el 16S ADNr de *Ca*Phy. Las reacciones se conformaron en un volumen final de 25 µL conteniendo: 50 ng de ADN, iniciador 12.5 pmoles para cada uno, 2 mM MgCl2, 200 µM dNTP´s, solución amortiguadora para PCR (1X) y Taq ADN polimerasa (1.5 U). Con los iniciadores P1/P7, el programa de amplificación fue el siguiente: Un ciclo a 94 °C por 2 min; 35 ciclos; a 94 °C por 1 min, 50 °C por 1 min, 72 °C por 2 min y un ciclo final a 72 °C por 10 min. Con los iniciadores R16mF2/R16mR1 el programa de amplificación fue el siguiente: Un ciclo a 94 °C por 2 min; 35 ciclos, a 94 °C por 1 min, 60 °C por 1 min, 72 °C por 1.5 min y un ciclo final de 72 °C por

10 min. Los productos de PCR se fraccionaron en geles de agarosa al 1.5 % teñidos con bromuro de etidio (0.5 µg mL-1), y se corrieron en solución TAE 1X a 80 V durante 40 min y posteriormente se analizaron en el UVP GelDoc-It Imaging System Ultraviolet M-26X Transilluminator.

Las evaluaciones de incidencia de ZC y PMP, así como la severidad del manchado de los tubérculos se realizaron a la cosecha con base en la (NOM-041-FITO-2002). El porcentaje de incidencia se registró de acuerdo a la presencia o ausencia de síntomas típicos del complejo, la severidad se evaluó mediante una escala arbitraria descrita por Flores, 2013 (Figura 1).

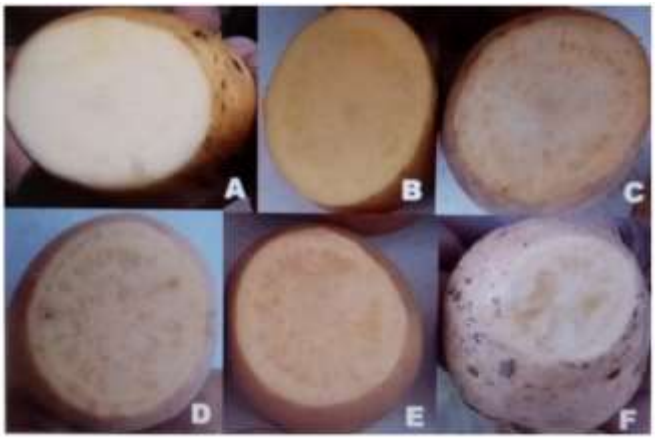


Figura 1. Escala de severidad de manchado: A= 0%, B= 1-10%, C= 11-65%, D= 66-89%, E= 90-99%, F= 100% (Flores 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se detectó la presencia de *"Ca*Lso" ni de "*Ca*Phy" en los tubérculos utilizados para la siembra, ni en los insectos recolectados en maleza previo al establecimiento del estudio en campo, de manera tal, que se cumplió con una de las estrategias de manejo, ya que la introducción de "*Ca*Lso" a una región o campo de cultivo, se origina principalmente por el uso de semillas infectadas como lo mencionan Almeyda *et al*. (2008) y Bertolini *et al*. (2015).

No se detectó la presencia de *"Ca*Lso" ni de "*Ca*Phy" a partir del ADN extraído de las muestras de plantas de papa colectadas a los 40 y 70 DDS en los diferentes tratamientos y tampoco se observaron los síntomas típicos de infección por el complejo ZC-PMP en estas mismas fechas de muestreo. La falta de expresión de síntomas en la planta durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo, probablemente fue debido a una baja densidad poblacional del psílido, así como a la ausencia del patógeno en el insecto. Beltrán (2014) y Contreras *et al.* (2016), mencionan que el retardo de expresión de síntomas se genera por la viabilidad de la planta en la translocación y distribución de la bacteria dentro del tejido vascular, en función al crecimiento de la misma. De esta manera, las condiciones climáticas presentes en la zona de estudio durante las etapas tempranas del cultivo (13 °C y 80 % HR), pudieron tener un rol determinante en la baja expresión de síntomas en estas etapas, ya que como lo reportan Workneh *et al.* (2010), "*Ca*Lso" a temperaturas por debajo de los 15 °C disminuye su crecimiento y desarrollo. Por lo tanto, hay baja concentración de la bacteria, así como una translocación y distribución más lenta tanto en el psílido como en la planta.

Los insectos recolectados a los 40 DDS en los diferentes tratamientos evaluados, fueron negativos para "*Ca*Lso" y "*Ca*Phy", pero si se detectó a *"Ca*Lso" en los psílidos recolectados a los 70 DDS (Figura 2). En general, los tiempos en la expresión de los síntomas están muy relacionados con los factores involucrados con el crecimiento y desarrollo tanto de plantas como de insectos y con la capacidad del vector para poder transmitir al patógeno. Por esta razón, los síntomas se expresaron con mayor magnitud en los tubérculos, y se asume que la infección se llevó a cabo posterior a los 70 DDS por psílidos infectados provenientes de zonas aledañas tal y como lo mencionan Palomo *et al*. (2017). En ninguna fecha de muestreo se detectó a los patógenos en huevecillos y ninfas del insecto, probablemente debido a que los psílidos infectivos provenían de cultivos aledaños, lo cual, generó una dispersión sustancial de la enfermedad dentro de las parcelas.

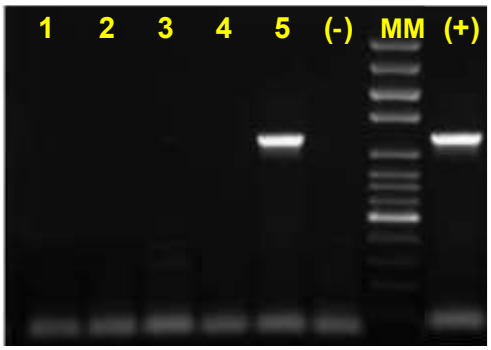


Figura 2. Detección de "*Ca*Lso" por PCR punto final a partir del ADN extraído de huevos, ninfas y adultos de "*B. cockerelli*" colectados a los 70 DDS. Carril (MM): Marcador de peso molecular 1Kb, Carril (+): Control positivo (669pb), Carril (-): Control negativo, Carril 1: Ninfas colectadas en el tratamiento 1, Carril 2: Ninfas colectadas en el tratamiento 2, Carril 3: Ninfas colectadas en el tratamiento 3, Carril 4: Muestra compuesta de huevecillos, Carril 5: Muestra compuesta de adultos.

Se registró una incidencia del 13, 16 y 7%, así como una severidad del 37.8, 36.2 y 8 % de "*Ca*Lso" en los tubérculos recolectados a la cosecha para los tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente (Figura 3). Estos resultados permiten inferir un control del complejo ZC-PMP-del 93, 87 y 84 % para los tratamientos 3, 1 y 2 respectivamente.

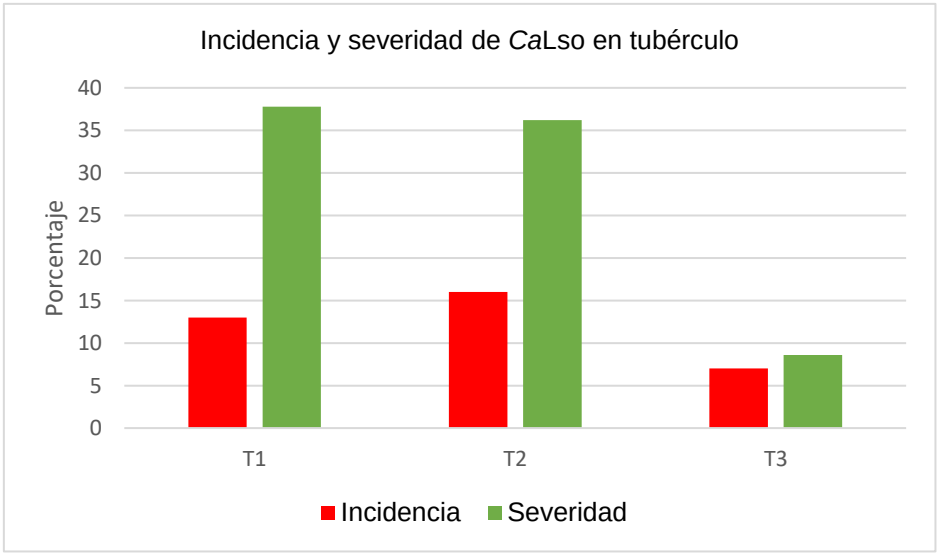


Figura 3. Porcentaje de incidencia y severidad de síntomas de ZC en tubérculos de papa.

No se puede dejar de inferir que los resultados obtenidos en este trabajo en relación a la expresión de los síntomas y severidad de ZC-PMP, los cuales, están asociados a la presencia de "*Ca*Lso", además de las condiciones climáticas prevalecientes durante el desarrollo del estudio, también pueden estar influenciados por las aplicaciones de los inductores de resistencia contra la bacteria, teniendo una reducción del 87 % en la expresión de síntomas del complejo ZC-PMP en el T1, además, se reducen significativamente el número de aplicaciones de insecticidas sintéticos, los costos de producción del cultivo y el daño al medio ambiente.

CONCLUSIONES

El manejo sustentable a nivel comercial del complejo ZC-PMP en papa, es totalmente factible mediante el uso combinado de metabolitos secundarios, microorganismos y productos sintéticos, ya que se reduce el número de aplicaciones de pesticidas y el costo de cultivo hasta en un 48.3%, y por ende el daño al medio ambiente.

REFERENCIAS

Almeyda, L. I.H., Sánchez, S. J.A., Garzón, T. J.A. 2008. Vectors causal of potato purple top in Coahuila and Nuevo Leon, México. Agricultura Técnica en México., 34 (2): 141-150.

Bertolini, E., Teresani, G.R., Loiseau, M., Tanaka, F.A.O., Barbé, S., Martínez, C., Gentit, P., López, M.M. and Cambra, M. 2015. Transmission of '*Candidatus* Liberibacter solanacearum' in carrot seeds. Plant Pathology, 64 (2): 276-285.

Beltrán, B. M. 2014. "Inducción de resistencia en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a *Candidatus* Liberibacter solanacearum, mediante la aplicación de alcamidas". Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

CONPAPA. 2020. Consultado el 20 de mayo del 2020 en linea https://www.conpapa.org.mx/

Contreras, R. A., Gutiérrez, I. A.T., Silva, R. H.V., Sánchez, P. J.R., Laguna, C. A., Ramírez, D. J.F. 2016. Distribución Espacial de *Candidatus* Liberibacter solanacearum y *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) en Papa (*Solanum tuberosum* L.). BioOne. 41(1): 105-114.

Dellaporta, S.L., Wood, J. and Hicks, J.B. 1983. A plant DNA Minipreparation: Version II. Plant Mol. Biol. Rep. 1(4): 19-21.

Doyle, J.J. and Doyle, J.L. 1990. Isolation of plant ADN from fresh tissue. Focus 12 (1): 13-15.

Flores, O. A. 2013. Etiología, detección molecular y manejo integrado del síndrome de la punta morada de la papa en México. XL Congreso Nacional y XV Congreso Internacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Revista Mexicana de Fitopatologia 31: 8-9. Retrieved from http://rmf.smf.org.mx/suplemento/docs/procariontes/2AlbertoFloresOlivas.pdf

EFSA (European Food Safety Authority). 2018. Technical report of the methodology and work-plan for developing plant pest survey guidelines. EFSA supporting publication 2018: EN-1399. 36 pp. doi:10.2903/sp.efsa.2018.EN-1399

González, C. A., Villavicencio, G. E.E., Torres, T. M.A., Zamora, V. V.M., 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.

Melgoza, V. C.M., León, S. C.R., López, V. J.A., Hernández, E. L.A., Velarde, F. S., Garzón, T. J.A. 2018. Presencia de *Candidatus* Liberibacter solanacearum en *Bactericera cockerelli* Sulc asociada con enfermedades en tomate, chile y papa. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 9:3.

Munyaneza, J.E. 2012. Zebra Chip Disease of Potato: Biology, Epidemiology, and management. American Journal Potato Research 89:329–350.

Palomo, J. L., Siverio, F., y Cubero, J. 2017. *Candidatus* Liberibacter: agentes causales de enfermedades importantes en cultivos de interés en España. Fitopatología. Publicación Oficial de Sociedad Española de Fitopatología., 15–22. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/323178654_Candidatus_Liberibacter_agentes_causales_de_enfermedades_importantes_en_cultivos_de_interes_en_Espana

Rojas, S. D., Contreras, P. M, Santoyo, G. 2013). Mecanismos de estimulación del crecimiento vegetal en bacterias del género *Bacillus*. Biológicas, 15(2): 36-41.

Santoyo, G, Orozco, M. M.D.C. y Govindappa, M. 2012. Mechanisms of biocontrol and plant growth-promoting activity in soil bacterial species of *Bacillus* and *Pseudomonas*: A review. Biocontrol Science and Technology, 22(8): 855-872.

Workneh, F., Henne, D.C., Paetzoldt, L, Harveson, R.M., Bradshaw, J.D., y Rush, C.M. 2010. Status of Regional Zebra Chip Incidence in 2010 and Temperature Effect under Controlled Conditions. Proccedings of the 10 Annual Zebra Chip Reporting Session.

DESCRIPCIÓN AGROCLIMATICA Y REQUERIMIENTOS DE RIEGO EN ZONAS NOGALERAS CON PRODUCCIÓN DIFERENCIAL

Martínez Rodríguez, Juan G.[1]; Orona-Castillo, Ignacio[2]; Anaya Salgado, Antonio[3]; Covarrubias Ramirez, Juan Manuel[1]

[1] INIFAP CIRNE Campo Experimental "Saltillo" Saltillo, Coah.

[2] Facultad de Agronomía y Zootecnia. UJED. Ejido Venecia, Gómez Palacio, Dgo.

[3] INIFAP CIRNOC Campo Experimental "La Laguna" Matamoros, Coah.

e-mail: martinez.juanguillermo@inifap.gob.mx

RESUMEN

La superficie en Coahuila, en los últimos años, se ha incrementado de manera importante al pasar de 13,713 en 2010 a 20,715 hectáreas con este cultivo, en 2020. En la región fronteriza los municipios más importantes, en número de hectáreas con nogal pecanero, son: Zaragoza, Allende, Villa Unión y Morelos, que, en los últimos cinco años, han incrementado su superficie en casi 2,000 hectáreas. Sin embargo, su producción es relativamente baja, comparada a las de otras regiones similares en el país. La Costa de Hermosillo en Sonora es una de las regiones nogaleras más importantes en el país, donde cuentan con alrededor de 10,000 mil hectáreas con este cultivo, y tiene, en promedio, un rendimiento por hectárea de 1.71 toneladas. El objetivo del presente trabajo es hacer una descripción climática comparativa y de uso de agua del cultivo de nogal pecanero de las regiones Costa de Hermosillo, en Sonora y la Región Fronteriza de Coahuila, ambas productoras de nuez.

ABSTRACT

The area in Coahuila, in recent years, has increased significantly from 13,713 in 2010 to 20,715 hectares with this crop, in 2020. In the border region the most important municipalities, in number of hectares with pecan, are: Zaragoza, Allende, Villa Unión and Morelos, which, in the last five years, have increased their area by almost 2,000 hectares. However, its production is relatively low, compared to those of other similar regions in the country. The Coast of Hermosillo in Sonora is one of the most important walnut regions in the country, where they have about 10,000 thousand hectares with this crop, and has, on average, a yield per hectare of 1.71 tons. The objective of this paper is to make a

comparative climatic and water use description of the pecan crop of the Costa de Hermosillo regions, in Sonora and the Border Region of Coahuila, both producers of walnuts.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 10 años la producción de nuez pecanera en México ha experimentado un rápido crecimiento, su área sembrada se ha incrementado en casi 50 mil hectáreas (SIAP, 2020). En el 2020 se produjeron 162,611 toneladas de nuez en una superficie de 143, 055 hectáreas. Este incremento de la producción de nuez pecanera ha posicionado a México como uno de los principales exportadores en el mercado internacional, lo cual generó en el año 2020 una derrama económica de 11,932 millones de pesos con un rendimiento promedio nacional de 1.52 toneladas por hectárea (Martínez Rodríguez, 2021).

Los principales estados productores son Chihuahua, Sonora y Coahuila. El estado de Coahuila, cuenta con, aproximadamente 21 mil hectáreas con el cultivo distribuidas en toda la entidad. Lo anterior hace que este cultivo sea una actividad en crecimiento, debido a la amplia adaptación climática y edafológica, así como por las condiciones de mercado y atractiva rentabilidad que presenta (Orona, *et al*., 2013).

La superficie en Coahuila, en los últimos años, se ha incrementado de manera importante al pasar de 13,713 en 2010 a 20,715 hectáreas con este cultivo, en 2020. En la región fronteriza los municipios más importantes, desde el punto de vista número de hectáreas con nogal pecanero, son: Zaragoza, Allende, Villa Unión y Morelos, los cuales, en los últimos cinco años, han incrementado su superficie en casi 2,000 hectáreas. Sin embargo, su producción es relativamente baja, comparada a las de otras regiones similares en el país. En los últimos años, la producción promedio regional ha sido de aproximadamente 650 kilos por hectáreas, mientras que el rendimiento estatal es de 1.2 toneladas por hectárea. Los municipios con mayor producción por unidad de superficie son Zaragoza, Allende y Villa Unión con un promedio de 850 kilogramos.

La Costa de Hermosillo en Sonora es una de las regiones nogaleras más importantes en el país, donde cuentan con alrededor de 10,000 mil hectáreas con este cultivo, y tiene, en promedio, un rendimiento por hectárea de 1.71 toneladas (Grajeda, *et al.,* 2015).

Aun cuando el potencial de producción, de la región fronteriza de Coahuila, cuenta con las condiciones agroecológicas necesaria, su rendimiento de nuez por hectárea es muy bajo, si lo comparamos con aquellos de otras regiones que se encuentran bajo condiciones diferentes de clima, pero muy similares en cuanto a altura sobre el nivel medio del mar.

Uno de los factores que más afecta el rendimiento de los cultivos es la cantidad y la oportunidad con que se aplica el agua a los mismos. La cantidad está determinada por la demanda atmosférica, a través de la evapotranspiración del cultivo (ETc) y la oportunidad a través de las características del suelo, el tipo de planta y del desarrollo fenológico del cultivo (Howell, *et al*., 1998; Miyamoto, 1983).

Para mejorar el rendimiento del cultivo es necesario aplicar el agua en la cantidad adecuada y en el tiempo preciso para satisfacer los requerimientos del mismo, los cuales varían temporal y espacialmente en función del clima, manejo, fase de crecimiento y la variedad utilizada, por lo que su cálculo debe ser hecho de manera local (Martínez Rodriguez, *et al*., 2020).

El objetivo del presente trabajo es hacer una descripción climática comparativa y de uso de agua del cultivo de nogal pecanero de las regiones Costa de Hermosillo, en Sonora y la Región Fronteriza de Coahuila, ambas productoras de nuez, con el fin de dilucidar algunos de los criterios posibles del porque la diferencia tan grande en rendimiento promedio por hectárea, dado que en ambas regiones se aplican prácticas similares de acuerdo las recomendaciones técnicas hechas por INIFAP.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se desarrolló en las instalaciones del Campo Experimental Saltillo. La información climática considerada en el estudio corresponde a las estaciones de Zaragoza, Coahuila que se encuentran ubicada en las coordenadas 28.466 latitud Norte y 100.916 Longitud Oeste a una elevación de 360 msnm y la estación de Hermosillo, Sonora, situada en las coordenadas 29.100 latitud Norte y 110.950 Longitud Oeste a una elevación de 221 msnm. Dicha información se extrajo de la página web de Comisión Nacional del Agua, específicamente de Normales Climatológicas por (CONAGUA 2021[a]; 2021[b]),

La información climática recopilada fue a partir de normales climatológicas del periodo 1981 a 2010, por lo que toda la información representa los valores medios mensuales de cada

variable climática, siendo estas: temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación, evaporación y radiación solar. En el Cuadro 1 se presenta, a manera de ejemplo, la temperatura máxima mensual para las localidades de Zaragoza, Coahuila y la Costa de Hermosillo, Sonora.

La información climática sirvió como entrada para alimentar el modelo de simulación CROPWAT (FAO, 2008), que es una herramienta de gran precisión y facilidad de aplicación. El programa es útil para elaborar alternativas para la programación del riego bajo diferentes hipótesis de manejo y de condiciones ambientales.

Cuadro 1.- Temperaturas máximas (Tmax) promedio mensual en dos zonas productoras de nuez.

MES	ZARAGOZA	HERMOSILLO	DIFERENCIA
ENE	20	24.2	4.20
FEB	23.4	25.8	2.40
MAR	27.8	28.7	0.90
ABR	31.8	32.3	0.50
MAY	35.2	36.3	1.10
JUN	38	39.8	1.80
JUL	38.8	39.3	0.50
AGO	38.9	38.3	-0.60
SEP	35.5	37.5	2.00
OCT	31	33.9	2.90
NOV	25.2	28.6	3.40
DIC	20.7	24	3.30
MEDIA	30.53	32.39	1.87

Las estrategias de riego son los criterios que se adoptan para decidir de antemano el momento oportuno de efectuar el riego, así como de la cantidad de agua a aplicar riego (Howell, et al., 1998). La estrategia tomada aquí, fue aplicar el riego al consumirse el 50 porciento de la humedad aprovechable del suelo. El suelo de la huerta nogalera es un franco

– arcilloso con una retención de humedad de 180 mm de lamina por metro de profundidad. El primer riego se aplica al momento de brotación que para fines de este estudio se definio ser el 15 de marzo. En esta estrategia se dejó que el agua en el suelo disminuyera hasta un 50 %, del agua que se encuentra entre los parámetros de humedad del suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diferencias en temperatura. El Cuadro 1 presenta la diferencia de temperaturas máximas en las dos localidades. Como se puede observar, la diferencia de temperaturas favorece a la Región de la Costa de Hermosillo, esto es, en once de los doce meses, este parámetro supera a los valores de la Región Fronteriza, lo cual pudiera darle cierta ventaja, en los meses invernales, en cuanto a la fecha de aparición de nuevos brotes. Por otro lado, la Figura 1 presenta los valores mensuales de temperaturas mínimas y se observa, que el comportamiento de este parámetro es exactamente igual al parámetro de Tmax. Las diferencias mayores se presentan en los meses de octubre a febrero, lo cual de alguna manera pudiera tener un efecto adverso en la acumulación de horas frío, las cuales son de vital importancia para este cultivo. Esta especie al cultivarse en regiones deficientes de frío como Sonora, con inviernos benignos y que no proveen el frío suficiente, provoca que ocurran brotaciones deficientes, floración irregular, poca ramificación y por ende el rendimiento tiende a estar muy por abajo del potencial (Erez y Lavee citados por Arreola, 2006).

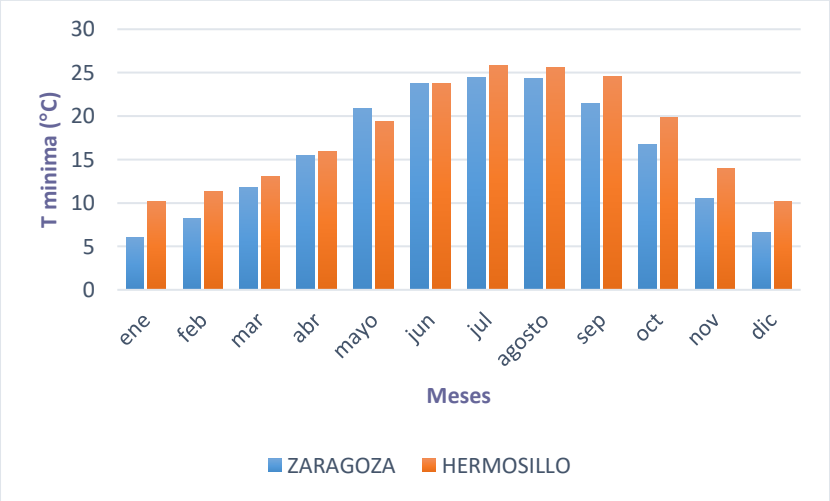


Figura 1.- Temperaturas mínimas promedio mensuales en dos zonas productoras de nuez.

La Figura 2 presenta la oscilación termina promedio mensual de las dos localidades. Existe una mayor oscilación térmica en la Región Fronteriza de Coahuila, esto es, la diferencia entre la temperatura máxima y mínima es más pronunciada en esta Región con respecto a la obtenida en la Costa de Hermosillo. Esto se traduce en que los arboles de nogal están expuestos a una mayor variación térmica a lo largo de su ciclo de crecimiento anual, lo cual, por un lado, pudiera retrasar la acumulación de horas calor y de esta manera prolongar la aparición de las diferentes etapas fenológicas del cultivo, provocando una mayor duración de la estación de crecimiento y por ende una mayor cantidad de agua a utilizar por las plantas. Con respecto al parámetro de evaporación, La Costa de Hermosillo presenta un valor anual de 2650 mm de lámina de agua evaporada, mientras que, la región de Zaragoza presenta un valor de 1715 mm.

Necesidades netas de riego. En el Cuadro 2 se presentan los valores de las necesidades de agua o ET_c, así como los requerimientos de riego, para ambas localidades. Ambos datos se presentan como valores totales en el periodo de análisis del programa, para el caso, éstos corresponden a las cuatro etapas en que se dividió al cultivo de acuerdo a sus coeficientes.

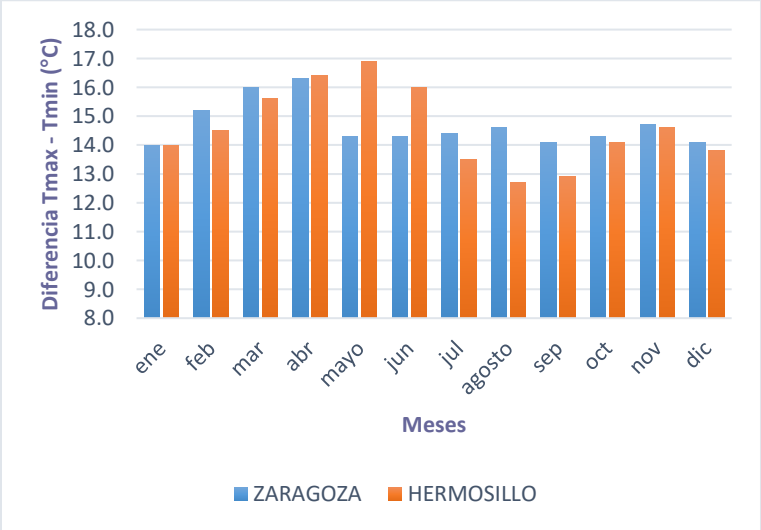


Figura 2. Oscilación térmica promedio mensual en dos zonas productoras de nuez.

Los valores de necesidades netas de riego aparecen en la columna titulada Req Riego, la cual se calcula restando los montos de la precipitación efectiva a los valores de necesidades de agua (ETc). Las necesidades netas de riego fueron de, aproximadamente, 847 y 1066

mm. Estos resultados muestran una gran diferencia entre regiones, en la cual destaca Hermosillo, ya que, a pesar de presentar mayores temperaturas promedio máximas y mínimas, a lo largo de todo el año con respecto a Zaragoza, esto no se refleja en sus valores de ETc. Quizá el factor velocidad de viento influya de manera significativa para que la región de Zaragoza presente valores mayores de evapotranspiración.

Cuadro 2. Evapotranspiración de Cultivo y Requerimento de riego (mm) en dos zonas productoras de nuez.

Etapa Fenológica	HERMOSILLO		ZARAGOZA	
	ETc	Req Riego	ETc	Req. Riego
INICIAL	44	38	60	32
DESARROLLO	312	312	424	284
MEDIA	484	382	684	564
TARDIA	173	115	253	186

Los valores obtenidos en la región de Zaragoza están muy cercanos a aquellos obtenidos por Sifuentes Ibarra et al., 2015, en una huerta situada en la Comarca Lagunera. La demanda de agua, en las dos etapas más demandantes (Desarrollo y Media), estuvieron en promedio en el rango de 4.4 a 7.9 y de 5.9 a 11.2 mm dia^{-1} para las regiones de Hermosillo y Zaragoza, respectivamente.

Evapotranspiración del Cultivo. Los valores de necesidades de agua por etapa se presentan en la Figura 3, se observa que la región de Zaragoza presenta mayores valores en todas y cada una de las etapas del cultivo. En total la Evapotranspiración del cultivo fue de 1420 y 1013 mm de lámina de agua para las regiones de Zaragoza y Hermosillo, respectivamente. Esta mayor demanda en la región de Zaragoza dio como resultado una mayor cantidad de riegos de auxilio, ya que en esta región se aplicaron 10 riegos, mientras que en Hermosillo solamente se aplicaron ocho riegos de auxilio. El primer riego de auxilio se aplicó el 12 de mayo y 27 de abril en Zaragoza y Hermosillo, respectivamente.

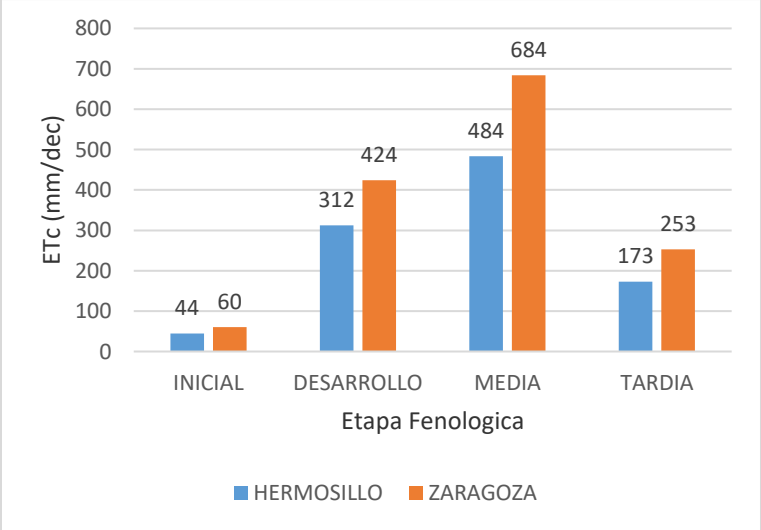


Figura 3. Evapotranspiración del Cultivo en dos zonas productoras de nuez

CONCLUSIONES

Existen grandes diferencias en cuanto a la demanda atmosférica de agua por el cultivo de nogal en regiones como Zaragoza y la Costa de Hermosillo. A pesar de tener mayores temperaturas máximas y mínimas a lo largo del año, la Costa de Hermosillo presenta valores de ETc mucho más bajos que aquel observado en Zaragoza. Lo anterior ocasiona que el número de riegos sea mayor en dicha región. Esta alta demanda atmosférica, con la presencia de fuertes vientos a lo largo del año en Zaragoza, podría ocasionar que aun cuando el cultivo de nogal este irrigado, no satisfaga las necesidades hídricas impuestas por el ambiente y caiga en un estrés muy frecuentemente a lo largo del ciclo del cultivo.

REFERENCIAS

Arreola, A. J.G. 2006. Importancia del reposo invernal y uso de compensadores de frío en nogal pecanero. Memorias del 10º día del nogalero. Cd. Delicias, Chih.

CONAGUA. 2021a. Normales climatológicas por estado.Consulta 2 de agosto 2021. https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=son

CONAGUA. 2021b. Normales climatológicas por estado. Consulta 2 de agosto 2021. https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=coah

FAO, 2008. Water Resources Development and Management Service. Land and Water Development Division. Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy.

Howell, T.A., S.R. Evett, A.D. Schneider, R.W. Todd, and J.A. Tolk. 1998. Evapotranspiration of irrigated fescue grass in a semi-arid environment. ASAE Paper no. 982117. ASAE Annual International Meeting, Orland, FL, July 12-16.

Grageda Grageda J., Jiménez Lagunes, A., Fú Castillo, A.A., Núñez Moreno, J.H., Sabori Palma, R., y Sánchez Romo, J. 2015. La temperatura en el nogal pecanero. XVI Simposio Internacional de Nogal Pecanero 2015. P 46 – 52.

Godoy, A. C. y Huitrón, R. M. V. 1998. Relaciones hídricas de hojas y frutos de nogal pecanero durante el crecimiento y desarrollo de la nuez. Agrociencia. 32:331-337.

Martínez Rodríguez J.G., Anaya Salgado A., Juan Manuel Covarrubias Ramírez J.M., y Parga Torres V.M., 2020. Programacion del riego superficial en nogal usando el modelo cropwat – fao en el sureste de Coahuila. Memorias de la 32ª Semana Internacional de Agronomia FAZ – UJED. pp 848 – 853.

Martínez Rodríguez J.G., 2021. Manejo sustentable del agua de riego en huertas nogaleras: Visión a futuro. 8vo. Congreso Nogalero del Norte de Coahuila. Nutrición y rentabilidad. Memorias del Congreso. Pp 25 -65.

Miyamoto, S. 1983. Consumptive water use of irrigated pecans. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 108:676-681.

Orona-Castillo, I., Sangerman-Jarquín, D. M., Fortis-Hernández, M., Vázquez-Vázquez, C., & Gallegos-Robles, M. 2013. Producción y comercialización de nuez pecanera (Carya illinoensis Koch) en el norte de Coahuila , México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 4(3), 461–476.

Sifuentes Ibarra, E., Samaniego Gaxiola, J. A., Anaya Salgado, A., Núñez Moreno, J.H., Valdez Gascón, B., Gutiérrez Soto, R.S., Ruelas Islas, J.R. y Macías Cervantes, J. 2015. Programación del riego en nogal pecanero (*Carya illinoinensis*), mediante un modelo integral basado en tiempo térmico. Rev. Mex. Cienc. Agríc. Vol.6 Núm.8 p. 1893 – 1902.

DESEMPEÑO DE MESTIZOS DE MAÍZ DE GRANO AMARILLO EN RENDIMIENTO Y CARACTERES AGRONÓMICOS

Hernández Martínez, Rosendo[1]*; Santacruz Varela, Amalio[2]; Reyes Méndez, César Augusto[1]; Aranda Lara, Ulises[1]; Alfaro Martinez, Liliana Guadalupe[3]

[1]NIFAP-Campo Experimental Río Bravo, Carretera Matamoros-Reynosa, km 61. CP 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México. [2]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, km 36.5 Carretera México-Texcoco. CP 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México. [3]Universidad Autónoma Chapingo, Carretera Federal México-Texcoco km 38.5. CP 56230 Texcoco, Estado de México. *Autor de correspondencia: hernandez.rosendo@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los programas de mejoramiento genético por hibridación en maíz utilizan diferentes métodos para identificar líneas élites que serán progenitores de nuevos genotipos sobresalientes. El objetivo del presente estudio fue evaluar híbridos experimentales con el uso del método línea por probador (mestizos) en la parte norte de Tamaulipas. El ensayo se realizó en el INIFAP, Campo Experimental Río Bravo. En el ciclo agrícola P-V de 2018 se formaron mestizos, para lo cual se utilizaron 46 líneas como hembras y la línea LRB-3A como probador macho. En el ciclo agrícola O-I de 2019 se evaluaron los 46 mestizos y tres híbridos comerciales de la región como testigos, bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. El tamaño de la unidad experimental fue de cuatro surcos de cinco metros de largo y a la cosecha la unidad experimental útil fue de 40 plantas con competencia completa. Las variables evaluadas fueron rendimiento de grano (REND), factor de desgrane (FDG), humedad del grano (PHU), días a floración masculina (FM) y femenina (FF), altura de planta (ALPL) y de mazorca (ALMZ). Los datos se analizaron mediante análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en los mestizos en REND, FDG, PHU, FM, FF, ALPL, ALMZ. Dos testigos (N83N5 y DK1050) fueron iguales en rendimiento a un grupo de mestizos; sin embargo, se encontraron algunos híbridos experimentales mayores que el testigo H-443A. Se concluye que ocho mestizos con rendimientos de 8.3 a 7.4 t ha^{-1} pueden ser competentes en rendimiento y otros parámetros agronómicos, para ser evaluados en parcelas de validación y con base en esas evaluaciones, pueda ser liberado al menos un híbrido para el norte de Tamaulipas; así mismo, estas líneas pueden ser elegidas como progenitores para la formación de híbridos dentro de un programa de mejoramiento genético.

ABSTRACT

The genetic improvement programs by hybridization in maize use different methods to identify elite lines that will be progenitors of outstanding new genotypes. The objective of this study was to evaluate experimental hybrids using the line-by-tester (top-crosses) method in northern Tamaulipas. The trial was carried out at INIFAP, Río Bravo Experiment Station. Top-crosses were formed in the 2018 Spring-Summer cycle by using 46 lines as females and the LRB-3A line as male tester. The 46 top-crosses and three commercial hybrids from the region used as checks were evaluated in the 2019 Fall-Winter cycle under

a complete randomized block design with three replications. The size of the experimental unit was four rows of 5-m long and the useful experimental unit at harvest was 40 competitive plants. The variables evaluated were grain yield (GRY), shelling factor (SHF), grain moisture (GRM), days to male (MF) and female (FF) flowering, plant height (PLH) and ear height (EAH). Data were analyzed by analysis of variance and comparison of means using Tukey test ($P \leq 0.05$). Significant differences were found ($P \leq 0.01$) between top-crosses in GRY, SHF, GRM, MF, FF, PLH, EAH. Two checks (N83N5 and DK1050) were equal in yield compared with eight top-crosses; however, some experimental hybrids were found to surpass the check H-443A. It is concluded that eight mestizos with yields of 8.3 to 7.4 t ha^{-1} can be competent in yield and other agronomic parameters, to be evaluated in validation plots and based on these evaluations, at least one hybrid can be released for the north of Tamaulipas; Likewise, these lines can be chosen as progenitors for the formation of hybrids within a genetic improvement program.

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento genético por hibridación consiste en aprovechar la generación F_1 formada entre el cruzamiento de dos poblaciones, líneas endogámicas o variedades sintéticas (Márquez, 1988). La hibridación tiene como un objetivo importante la generación de nuevas líneas con diferentes niveles de endogamia; así mismo, estas líneas deben poseer atributos de buen comportamiento agronómico, alto potencial de rendimiento y buena aptitud combinatoria (Buenrostro *et al*., 2017). En el mejoramiento genético se han desarrollado técnicas para estimar y seleccionar líneas élites con efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) y Especifica (ACE), de las cuales resalta la prueba basada en la formación y evaluación de mestizos (Sánchez *et al*., 2020). Un mestizo es la progenie de la cruza entre líneas y una población como probador (Márquez, 1988). Los mestizos se utilizan para estimar la aptitud combinatoria general, así como para identificar en la etapa temprana genotipos sobresalientes entre un grupo de líneas puras. Una de las principales ventajas sobre el uso de las pruebas tempranas, es que permite al mejorador eliminar como mínimo el 50 % de líneas con baja o nula ACG, esto permite reducir costos de evaluación de una gran cantidad de líneas en generaciones avanzadas (Sprague, 1946). Un elemento importante en la prueba de mestizos es la selección del probador, lo cual ha sido ampliamente estudiado por diferentes investigadores, y éstos sugieren que un probador debe poseer una baja expresión fenotípica de la característica de interés, así como una nula aptitud combinatoria (Hallauer *et al*., 2010; Lobato *et al*., 2010). En el programa de mejoramiento de maíz del INIFAP - Campo Experimental Río Bravo (CERIB) se han desarrollado líneas puras con atributos relevantes; sin embargo, es necesario probar las líneas que fungirán como progenitores de los futuros híbridos; por lo anterior, el presente estudio se planteó con el objetivo de evaluar el desempeño de mestizos en rendimiento y parámetros agronómicos, para la formación de híbridos competentes para el norte de Tamaulipas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el INIFAP Centro de Investigación Regional del Noreste (CIRNE), Campo Experimental Río Bravo (CERIB), Tamaulipas. Se sembraron el 03 de

agosto del 2018, en un lote aislado 46 líneas hembras y la línea LRB-3A usada como probador macho, proveniente del programa de mejoramiento genético del INIFAP-CERIB, con ellos se formaron 46 mestizos. A las líneas se les asignó una clave como líneas experimentales de grano de color amarillo en Río Bravo (LEARB1 al LEARB46). La evaluación de los mestizos y tres testigos comerciales de la región (H-443A, DK1050, N83N5) como testigos se efectuó la siembra el 22 de febrero del 2019 bajo condiciones de riego; así mismo, el ensayo se realizó bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. El tamaño de la parcela fue de cuatro surcos de cinco metros de largo con una separación entre surco de 0.82 m, con una densidad de población aproximada de 65,000 plantas por hectárea. La unidad experimental útil al momento de la cosecha fueron 40 plantas con competencia completa. El manejo del experimento fue de acuerdo con el paquete tecnológico para maíz recomendado por el INIFAP-CERIB (Reyes *et al*., 1990). Las variables de respuesta consistieron en: rendimiento de grano (REND) ajustado al 14 % de humedad en t ha^{-1}, factor de desgrane en porcentaje (FDG), humedad del grano en porcentaje (PHU), días al 50 % de floración masculina (FM) y femenina (FF), altura de planta (ALPL) y de mazorca (ALMZ) en cm. Los datos se analizaron con el programa estadístico de SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2011), mediante un análisis de varianza y comparación de medias utilizando la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en la fuente de variación de genotipos para todas las variables en estudio (Cuadro 1). Las significancias encontradas en los mestizos indican que éstos tuvieron comportamiento diferente al presentar buenos promedios de REND, FDG, PHU, FM, FF, ALPL y ALMZ, lo cual se atribuye a la amplia constitución genética de las líneas en relación con el probador LRB-3A. Resultados similares fueron reportados por Velázquez *et al*. (2018) al encontrar alta significancia en el ANOVA en rendimiento y parámetros agronómicos, tanto en los híbridos comerciales como en mestizos formados con germoplasma del INIFAP y CIMMYT. Los coeficientes de variación para este estudio fueron bajos en un intervalo de 1.19 a 9.99 %, por lo que los datos obtenidos son confiables. En cuanto al rendimiento, la media fue de 6.81 t ha^{-1}, superior a la media estatal de 5.61 bajo condiciones de riego en 2020 (SIAP, 2021), esto indica que al menos un mestizo puede ser prometedor para ser liberado en el norte de Tamaulipas.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadista del análisis de varianza en 49 genotipos de maíz amarillo para rendimiento y características agronómicas en Río Bravo, Tamaulipas, O-I 2019 en condiciones de riego.

F. V.	G.L	REND	FDG	PHU	FM	FF	ALPL	ALMZ
Genotipos	48	4174866.8**	31.8**	18384.9**	14.9**	16.4**	356.8**	152.4**
Bloques	2	409691.1	9.2**	60478.8**	1.1	0.6	20.9	73.3
Error	96	464234.3	1.9	7047.8	0.8	0.8	50.5	37.6
C.V. (%)		9.9	1.6	5.6	1.1	1.2	3.5	8.1
Media		6.8	84.3	14.7	75.0	75.9	202.7	74.9

*, **: Significativo a 0.05 y 0.01, respectivamente. FV: fuentes de variación, GL: grados de libertad, REND: rendimiento de grano, FDG: factor de desgrane, PHU: porcentaje de humedad, FM: floración masculina, FF: floración femenina, ALPL: altura de planta, ALMZ: altura de mazorca, CV: Coeficiente de variación.

Se aplicó una presión de selección del 20 % de los 49 genotipos, dando como resultado la selección de los mejores 10 materiales en cuanto a variables de rendimiento y características agronómicas (Cuadro 2). Es de observarse que dos testigos de la región (N83N5 y DK1050) fueron iguales en rendimiento a los mestizos; sin embargo, se encontraron híbridos experimentales con rendimientos mayores que el testigo H-443A con 7.3 t ha^{-1}, liberado en la zona norte de Tamaulipas por el CERIB-INIFAP. Estos resultados son distintos a lo reportado por Reyes *et al*. (2009), quienes encontraron rendimientos de 4.9 a 8.3 t ha^{-1} y un promedio de 7.1 t ha^{-1} en el híbrido H-443A, siendo competitivo con los testigos comerciales A-7573Y, P30F53 y D-2020Y, que produjeron 6.8, 6.9 y 7.3 t ha^{-1}, respectivamente. Los ocho mestizos del Cuadro 2 con rendimiento de 8.3 a 7.4 t ha^{-1}, podrían evaluarse en parcelas de validación para identificar al menos un material adaptable a los nichos ecológicos del noreste de México. Con respecto al factor de desgrane el máximo fue de 88.4 % y el mínimo de 83.8 % y el porcentaje promedio de 84.3 %, criterio importante en la estimación de rendimiento al momento de la cosecha. En cuanto al PHU, éste varió de 13.7 a 16.3 %, lo cual indica que aquel material igual o debajo del 14 % de humedad es un grano perfecto y equilibrado ya que contiene menos cantidad de agua y más componentes útiles. Para el caso de las variables FM y FF el N83N5 fue el más bajo con 72.6 días a floración y el más alto fue el mestizo LEARB39 × LRB-3A con 79.3 días a floración masculina y femenina, observando genotipos precoces y tardíos. Al respecto, Gil *et al*. (2004), mencionan que la variable precocidad es importante para la adaptación del germoplasma a las diferentes condiciones de humedad. La variable ALPL osciló entre 198.6 y 220 cm, que fue para las cruzas LEARB23 × LRB-3A y LEARB34 × LRB-3A; así mismo, en ALMZ fue de 69.6 a 86.3 cm en los genotipos LEARB31 × LRB-3A y LEARB39 × LRB-3A, respectivamente. El presente estudio demostró la existencia de amplia diversidad genética en los parámetros de rendimiento y características agronómicos, revelando la existencia de mestizos con alta competitividad con los testigos comerciales.

Cuadro 2. Medias de 10 genotipos de maíz amarillo para rendimiento y características agronómicas en Río Bravo, Tamaulipas, O-I 2019 en condiciones de riego.

Genotipos	REND	FDG	PHU	FM	FF	ALPL	ALMZ
N83N5	8.9 a	87.6 abc	13.7 abc	72.6 j-m	72.6 m	205.6 a-f	76.6 a-e
DK1050	8.5 ab	88.4 a	14.9 abc	76.3 c-i	78.0 b-g	201.6 b-g	76.6 a-e
LEARB39 × LRB-3A	8.3 abc	84.1 a-i	16.3 ab	79.3 abc	79.3 abc	199.6 b-g	86.3 abc
LEARB23 × LRB-3A	8.2 abc	87.2 a-d	14.3 abc	73.6 h-m	74.3 i-m	198.6 b-g	71.6 a-f

LEARB34 × LRB-3A	8.1 abc	87.8 ab	13.9 abc	74.6 f-l	75.6 e-m	220.0 ab	78.6 a-e
LEARB15 × LRB-3A	8.0 a-d	83.8 a-i	15.0 abc	73.0 j-m	73.3 klm	215.6 a-d	84.6 a-d
LEARB14 × LRB-3A	7.8 a-d	86.2 a-g	15.3 abc	74.3 f-l	74.6 h-m	215.3 a-d	81.3 a-d
LEARB41 × LRB-3A	7.6 a-e	85.1 a-g	14.8 abc	73.6 h-m	75.0 g-m	212.3 a-e	74.0 a-f
LEARB31 × LRB-3A	7.5 a-e	84.0 a-i	15.5 abc	74.0 g-l	75.0 g-m	207.3 a-f	69.6 b-f
LEARB30 × LRB-3A	7.4 a-e	85.4 a-g	15.7 abc	73.6 h-m	75.3 f-m	212.6 a-e	72.6 a-f
DSH (0.05) de Tukey	2.2	4.6	2.8	3.0	3.0	23.9	20.6

LEARB: líneas experimentales de grano de color amarillo en Río Bravo, REND: rendimiento de grano, FDG: factor de desgrane, PHU: porcentaje de humedad, FM: floración masculina, FF: floración femenina, ALPL: altura de planta, ALMZ: altura de mazorca.

CONCLUSIONES

Existen líneas con buena aptitud combinatoria revelada a través de los mestizos, ésto brinda la posibilidad de seleccionar líneas élite que pueden ser utilizadas como progenitores en la generación de híbridos competitivos en rendimiento y otros caracteres agronómicos. Los ocho mestizos que igualaron a los testigos N83N5 y DK1050 con rendimiento superior a 7.4 t ha^{-1}, pueden ser evaluados en parcelas de validación en los diferentes nichos ecológicos del norte de Tamaulipas para identificar alternativas tecnológicas de un híbrido de maíz de grano amarillo para uso comercial en la región.

REFERENCIAS

Buenrostro R. M., Lobato, O. R., García, Z. J. J. y Sánchez, A. C. 2017. Rendimiento de líneas de maíz exótico irradiado con rayos gamma y de híbridos de cruza simple. *Revista Fitotecnia Mexicana* 40:351-358, https://doi.org/10.35196/rfm.2017.3.351-358

Gil M. A., P. A. López, A. Muñoz O., H. 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

Hallauer A. R., M. J. Carena and J. B. M. Filho (2010) Quantitative Genético in Maize Breeding. Springer-Verlag New York, USA. 664 p.

Lobato O. R.; Molina, G. J. D.; López, R. J. J.; Mejía, C. A. y Reyes, L. D. 2010. Criterios para elegir el mejor probador de la aptitud combinatoria general para rendimiento de grano de líneas autofecundadas de maíz. Agrociencia 44(1):17-30.

Márquez S. F. 1988. Genotecnia Vegetal. Métodos Teoría Resultados. Tomo II, AGT Editor. México, D.F. 665 p.

Reyes M. C. A., J. R. Girón C. y E. Rosales R. 1990. Guía para producir maíz en el norte de Tamaulipas. Folleto para Productores No. 7. SARH-CIFAP-CERIB. Río Bravo, Tamaulipas, México. 31 p.

Reyes M. C. A., M. A. Cantú A., M. De la Garza C., G. Vázquez C. y H. Córdova O. 2009. H-443A, híbrido de maíz de grano amarillo para el noreste de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 32:331-333, https://doi.org/10.35196/rfm.2009.4.331

Sánchez R. F. J., Mendoza, C. M. C. y Mendoza, M. C. G. 2020. Evaluación de mestizos y uso de técnicas multivariadas para identificar líneas sobresalientes de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11: 433-439, https://doi.org/10.29312/remexca.v11i2.1778

SIAP, Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2020. 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/ (Agosto 2021).

Sprague G. E. 1946. Early testing of inbred lines of corn. Journal American Society of Agronomy 38: 108-117. https://doi.org/10.2134/agronj1946.00021962003800020002x

Velázquez G. A., González, H. A., Pérez, L. D. J. y González F. C. 2018. Comportamiento de mestizos de maíz en tres localidades del centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícola* 9:1217-1230, https://doi.org/10.29312/remexca.v9i6.1586

DETECCIÓN DE DAÑOS EN CULTIVOS PROVOCADAS POR FENÓMENOS METEOROLÓGICOS

Trucios-Caciano, Ramón[1]; Miguel-Valle, Enrique[1]; Estrada-Ávalos, Juan[1]; Rodríguez-Moreno, Víctor Manuel[2]

[1] Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias CENID-RASPA. Gómez Palacio, Dgo.
[2] Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Pabellón. Pabellón de Arteaga, Ags.

RESUMEN

El uso de sensores remotos es una herramienta que por su forma de cubrir de manera espacial, temporal y espectral las áreas agrícolas, representa una fuente de información para la evaluación de daños en cultivos. En este estudio se presentan los resultados de una evaluación realizada en cultivo de maíz, en donde a través del uso de imágenes de muy alta resolución (pixel de 20 cm) y el cálculo de índices de vegetación, se detectó el vigor del cultivo posterior a daños provocados por heladas. Este vigor fue relacionado a una condición favorable del cultivo, que indicó indirectamente la recuperación del cultivo en el área de estudio.

ABSTRACT

Remote sensing is a tool that, because of its spatial, temporal and spectral coverage of agricultural areas, provides a source of information for the evaluation of crop damage. The results of an evaluation carried out on a corn crop are presented in this study, where, through the use of very high resolution images (20 cm pixel) and the calculated vegetation indices, the effect of frost damage on crop vigor was detected. This vigor was related to a favorable condition of the crop, which indirectly indicated the recovery of the crop in the study area.

INTRODUCCIÓN

La evaluación del daño en un cultivo, posterior a un evento climatológico adverso, es necesaria para estimar el daño provocado al cultivo y, por lo tanto, su impacto en la productividad. El daño que se presenta en un cultivo, asociado, a heladas, precipitación de granizo, tromba, vientos huracanados, entre otros, se debe detectar para dimensionar la superficie del daño, la severidad del mismo y la ubicación en donde se presentó (Yuan & Choi, 2021).

Con los avances en las tecnologías de sensores, gestión y análisis de datos, de los últimos 20 años, los productores agropecuarios disponen actualmente de varias opciones de Sensores Remotos (SR). No obstante, la problemática estiba en que el sector agrícola no ha aprovechado ampliamente la aplicación de SR, debido a la falta de generación de conocimiento sobre calibración y validación de la tecnología en relación a los daños en cultivo y sobre todo en su relación con el daño en productividad (Kahnal et al. 2020).

La teledetección o sensoria remota (SR), es una herramienta que a través del análisis de las imágenes que genera, permite aclarar las incógnitas anteriormente presentadas con respecto al daño en cultivos sobre: cuanto, como, cuando y donde se produjo el daño. El análisis de las imágenes provenientes de sensores como satélites o vehículos aéreos no tripulados (VANT o drones), que se realiza por medio del cálculo de índices de vegetación (IV), es una opción de fácil acceso para productores agropecuarios. Esta simbiosis de

fortalezas por parte de los SR y la experiencia de los productores y/o encargados de la producción agrícola, permite una interacción positiva ya que la SR aporta una perspectiva (aérea) y tipo de visión (i.e. infrarrojo), distintas a la de los productores (Yuan & Choi, 2021). Cabe destacar que existen características de la SR que deben ser consideradas en este análisis de daños a cultivos, para lo cual, se destacan los datos técnicos de los dos programas de imágenes satélites con mayor uso en recursos naturales y agricultura, Landsat 8 y Sentinel 2. La resolución temporal o periodicidad con la que el satélite re-muestrea una zona, que en el caso de Landsat es cada 15 días y por parte de Sentinel cada 5, limitando así el tiempo para la toma de decisión, una vez que ocurrió un fenómeno sobre el cultivo. La resolución radiométrica, que son las bandas espectrales de registro de información, mismas que corresponden a las longitudes de onda que pueden captar los sensores del satélite. A este respecto, la misión Landsat tiene 11 bandas que incluyen 5 visibles (pancromático, aerosol costero, R, G, B), 1 NIR (Near Infra Red), 1 cirrus, 2 SWIR (Short Wave Infra Red) y 2 TIRS (Thermal Infrared Sensor); mientras que Sentinel tiene 4 visibles (aerosol, R. G, B), 3 de borde rojo, 2 NIR, 1 de vapor de agua, 1 cirrus y 2 SWIR. Finalmente, la resolución espacial, la cual está asociada a la escala del fenómeno que se quiere visualizar pues está determinada por el tamaño del pixel. En este sentido, las imágenes Landsat tiene resolución de 15 m en el pancromático, 100 m en las bandas TIRS y el resto de las bandas con resolución de 30 m; Sentinel por su parte tiene resoluciones de 10 m en RGB y NIR1, 60 m en las bandas aerosol, cirrus y vapor de agua, y el resto de las bandas tienen resolución de 20 m. Otra característica intrínseca al uso de imágenes satelitales, que no depende de los sensores, es la disponibilidad. Esta disponibilidad está directamente relacionada a la nubosidad, debido a que, al momento de registrar la imagen, los sensores tomarán la información de la nube y no la del cultivo (DIUSGS, 2019; ESA, 2015).

La estimación del daño en cultivos se realiza a través de la interpretación de IV. Estos índices son combinaciones de bandas espectrales que tienen la función de realzar la vegetación en función a la respuesta espectral, minimizando otros elementos como el suelo, agua, iluminación, entre otras. Los índices comúnmente utilizados, de acuerdo a la literatura internacional, para realizar esta interpretación son: el Índice de vegetación de diferencia normalizada (*NDVI* por sus siglas en inglés – Carlson &Ripley, 1997; Rouse et al., 1973 -) y el Índice de vegetación Ajustado al Suelo (*SAVI* por sus siglas en inglés – Huete, 1988-). El primero de ellos, el *NDVI*, es el índice más utilizado para la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación. El segundo índice, el *SAVI*, permite corregir efectos provocados por el suelo, tales como color, humedad, variabilidad del suelo con respecto a los tipos de suelo, entre otros; lo anterior, provoca un desvío en la interpretación de la vegetación por efecto del suelo utilizando únicamente *NDVI*.

Toda vez que el daño al cultivo pueda ser detectado, considerando las características previamente mencionadas de las imágenes satelitales, esta herramienta generará información de utilidad a los productores agrícolas para tomar la decisión pertinente sobre la recuperación de su cultivo o bien la declaración de pérdida total. Sin embargo, esta última decisión puede deberse no solo a que el cultivo no se pueda recuperar, sino también a que el daño en el cultivo no fue captado con precisión por los sensores satelitales. En este sentido, es importante tomar en cuenta que si el daño se presenta en áreas menores a una celda de 10 X 10 m (Sentinel) ó 30 X 30 m (Landsat), no se detectará debido a que la información que se registra en cada pixel es un promedio del área, lo cual explica las

limitaciones del uso de satélites para poder ver daños a nivel de planta en etapas tempranas de desarrollo o afectaciones en área foliar (Kahnal et al. 2020; Yuan & Choi, 2021).
Como alternativa al uso de imágenes satelitales para detección de daños en cultivos, se encuentra el uso de Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT o drones), de los cuales se ha incrementado su uso hacia la agricultura desde 2015 (Kahnal et al. 2020). Los drones pueden ser empleados debajo de la altura de las nubes y ofrecen resoluciones espaciales muy altas (menores a 20 cm). Cuentan también con una amplia gama de cámaras con sensores que ofrecen resoluciones radiométricas similares a los satélites para el cálculo de índices de vegetación. Con la adición de RTK (Real Time Kinematics), no solamente son precisos en X y Y, sino también en levantamientos de altimetría (topografía del terreno y micro relieve), donde se estiman precisiones menores a 1 cm. Y tal vez la característica de mayor importancia es que un vuelo de dron se puede realizar inmediatamente después de la presencia de daño en el cultivo. Con esto, se destaca el uso de VANT como una herramienta de auxilio en la toma de decisiones para productores agropecuarios para optimización de recursos y rentabilidad del cultivo.
Con lo anterior, el objetivo de este estudio fue realizar un ensayo sobre detección de daños en cultivo de maíz provocado por helada. Haciéndose énfasis en la metodología para el levantamiento de la información en campo con un VANT, y que la información analizada le permita al agricultor una toma de decisión a partir de elementos más robustos.

MATERIALES Y METODOS

El área de estudio fue en el norte de México y se ubicó en las coordenadas extremas del vértice NW de 577669 E, 2873034 N, y del vértice SE 584246 E, 2868378 N (UTMWGS84). Previo a la visita en campo, se generó una nomenclatura para relacionar información y observaciones de campo a las parcelas de estudio (figura 1).

Figura 1. Área de estudio y nomenclatura designada a cada parcela para. Elaboración propia con imagen de fondo de Google Earth ®

Se realizó un recorrido de campo para verificar el daño provocado por las heladas ocurridas en la zona el 15 y 16 de febrero de 2021. Se observaron plantas de maíz de 10 cm de altura y 18 cm de longitud de la hoja más grande, en promedio; dentro de un círculo (figura 2) se observa el daño a la planta, mismo que no pudo ser identificado a simple vista en campo sino de forma lateral ya que las hojas vivas no permiten ver las hojas muertas de la parte inferior. Las áreas agrícolas presentaron uniformidad en tamaño y etapa del cultivo, con una etapa fenológica de hoja verdadera 3-4 y tamaño de planta de entre 10 y 15 cm. También se ubicaron parcelas con plantas de 5 cm de altura

Figura 2. Daño en el cultivo, ángulo lateral y sobre el cultivo. Fotografías propias.

Las imágenes se registraron con cámara multiespectral (RG, Red edge y NIR) a bordo de un VANT Ebee Plus. Las imágenes registradas tuvieron una resolución espacial de 18 cm y con esta información se calcularon los IV NDVI y SAVI, además del color verdadero (RGB). El procesamiento de las imágenes y generación de mosaicos georeferenciados tanto de RGB como de multiespectral para cálculo de NDVI, SAVI y RGB, se realizó en gabinete en las oficinas del Laboratorio de SIG Agua y Suelo del CENID RASPA en Gómez Palacio, Dgo

RESULTADOS Y DISCUSION

Con el cálculo de SAVI (figura 3), se observó que los efectos relacionados al suelo fueron minimizados, separando el efecto del suelo. En la figura 3 se muestra en color café la predominancia del suelo desnudo, y en colores amarillo y naranja la vegetación relacionada con el cultivo de maíz. Se registraron de mayor vigor (líneas obscuras). Por el contrario, en la zona izquierda de la figura se registró menor vigor del cultivo, que corresponde a cultivos que están resembrados o con menor densidad de plantas.

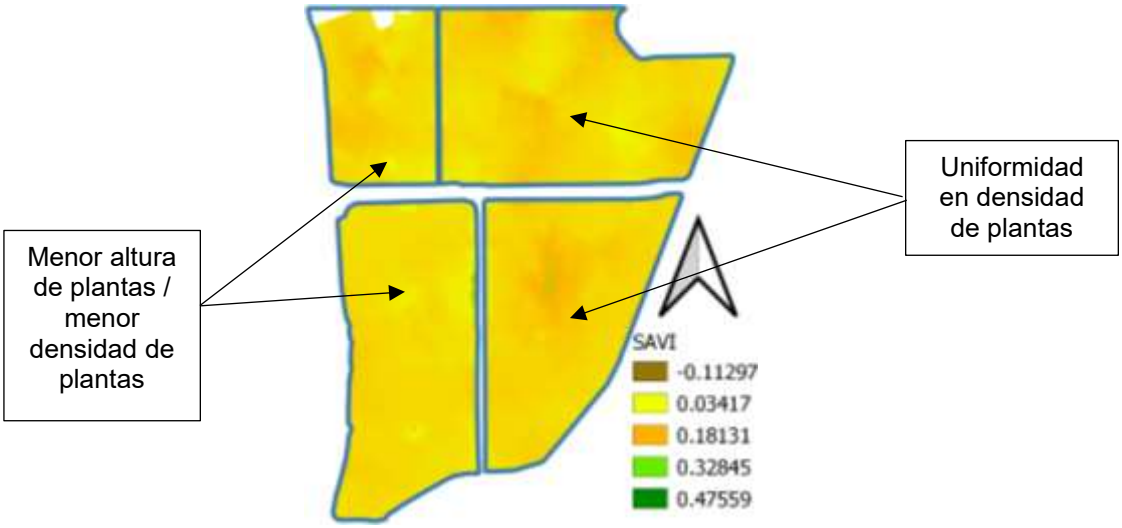
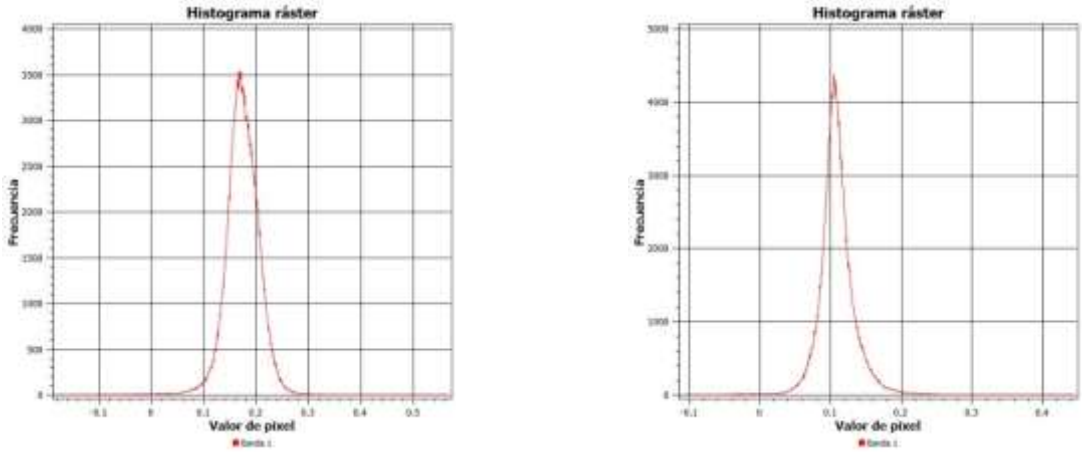


Figura 3. Índice SAVI calculado para la zona de entrenamiento. Elaboración propia.

La frecuencia de valores de los índices analizados (figura 4), nos indica una mayor frecuencia de valores de pixeles de 1.5 en NDVI. Estos valores, al ser mayores a cero, son evidencia de vigor de la vegetación o actividad fotosintética. Otros estudios han registrado valores de NDVI de 0.20 – 0.25 en etapas tempranas del cultivo (Venancio et al., 2020) o valores de NDVI 0.20 a los 10 días después de la emergencia (Viña et al., 2004).



NDVI SAVI

Figura 4. Frecuencia de valores de pixeles para los índices NDVI y SAVI registrado en las parcelas 1, 2, 3 y 4. Elaboración propia, obtenidas de las estadísticas de la imagen.

Con la información del gráfico de frecuencias, y asignando los valores reportados por estudios anteriores, se obtuvo la figura 5. En esta figura se resalta el vigor de la vegetación saludable que tiene valores de NDVI mayores o iguales a 0.2, e incluso se pueden observar zonas con mayor vigor con valores de NDVI mayor o iguales a 0.3.

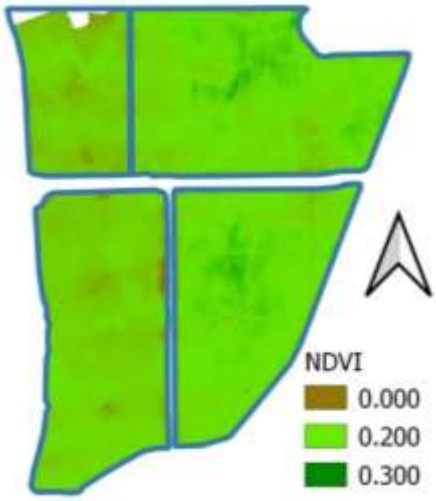


Figura 5. NDVI con valores ajustados para resaltar el vigor de la vegetación. Elaboración propia.

CONCLUSIONES

- El daño provocado por la tormenta invernal en el cultivo de maíz es difícil apreciar en campo (a pie del cultivo). Esta condición, no permitió el registro del daño con el dron.
- Los vuelos con tamaño de pixel de 20 X 20 cm, en imagen multiespectral y calculando los IV NDVI y SAVI, permiten inferir el estado de salud del cultivo de maíz desde alturas de 5 cm y hasta 15 cm.
- Fue posible verificar el estado de salud y recuperación del cultivo de maíz, infiriendo que los daños provocados por la helada no impidieron que las plantas se recuperaran para el momento en que se realizó el registro de imágenes por el VANT.

REFERENCIAS

Carlson, T. N & D. A. Ripley. 1997. On the Relation between NDVI, Fractional Vegetation Cover, and Leaf Area Index. Remote Sens. Environ. pp. 241-252.

Department of the Interior U. S. Geological Survey (DIUSGS). 2019. Landsat 8 (L8). Data Users Handbook. Version 5. P. 106.

European Space Agency (ESA). 2015. Sentinel 2- User Handbook. p. 64.

Huete, R. 1988. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). Remote Sens. Environ. 25: 295-309.

Kahnal Remote Sensing in Agriculture—Accomplishments, Limitations, and Opportunities. 2020. Remote Sensing. 12 (22): 3783. DOI:10.3390/rs12223783.

Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. 1973. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In. Proceedings 3rd Earth Resources Technology Satellite (ERTS) symposium, Vol. 1, pp. 309–317. Washington, DC, USA: NASA SP-351, NASA

Venancio, L., R. Filgueiras, F. Cunha, F. Silva, R. A. dos Santos, E. Mantovani. 2020. Mapping of corn phenological stages using NDVI from OLI and MODIS sensors. SEMINA: CIENCIAS AGRARIAS. 41. 1517-1534. DOI: 10.5433/1679-0359.2020v41n5p1517.

Viña, A., A. A. Gitelson, D. C. Rundquist, G. P. Keydan, B. Leavitt. 2004. Monitoring Maize (Zea mays L.) Phenology with Remote Sensing. Agronomy Journal 96:1139-1147.

Yuan, W.; Choi, D. UAV-Based Heating Requirement Determination for Frost Management in Apple Orchard. 2021. Remote Sensing. 13: 273. https://doi.org/10.3390/rs13020273

DETECCIÓN DE POLIMORFISMO MEDIANTE MARCADORES

Alondra Gisela Campos-Villarreal[1,2], Verónica Ávila-Rodríguez[1], Urbano Nava-Camberos[1,3], Jesús Guadalupe Arreola-Ávila[2], Miguel Borja-Jiménez[1], José Luis Estrada-Rodríguez[1]

[1]Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango.
[2]Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo.
[3]Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango.
e-mail: alondrisima@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la presencia de regiones microsatélite en muestras de *Carya illinoinensis* recolectadas en 10 comunidades de 9 estados de la República Mexicana, para lo cual se utilizaron técnicas de extracción y amplificación de ADN. Se amplificaron los loci Ciz031, Ciz043, Ciz058, Ciz070, PM-CIN4, PM-CIN27, NTCP40 y ccmp2, específicos para nogal pecanero. Los cuales se determinó mediante electroforesis que estaban presentes en el total de las muestras de las comunidades evaluadas con tamaños de 310, 320, 300, 330, 120, 100, 220 y 280 pb respectivamente.

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the presence of microsatellite regions in Carya Illinoinesis samples that were collected from 10 communities in 9 different states around Mexico. DNA extraction and amplification techniques were performed for this purpose. Pecan tree specific Loci's Ciz031, Ciz043, Ciz058, Ciz070, PM-CIN4, PM-CIN27, NTCP40 and ccmp2 were amplified and it was concluded via electrophoresis that these Loci were present in the total of simples from the evaluated comunities, with sizes of 310, 320, 300, 330, 120, 100, 220 and 280 pb respectively.

INTRODUCCIÓN

El nogal pecanero es una planta angiosperma dicotiledónea, diploide de larga vida, con un patrón de herencia complejo y altos niveles de heterocigosidad. Es nativo de Estados Unidos y México, con una distribución desde el valle del río Mississippi en Estados Unidos de América hasta el sur del estado de Oaxaca en México, que aunque su límite histórico de distribución geográfica hacia el sur no está sustentando por evidencias arqueológicas sí lo

está por la variación genética en plástidos, la cual sugiere que su distribución no es producto de una introducción reciente en la zona por el ser humano, aunado a esto el nogal pecanero tiene el mismo patrón de distribución de otras especies del género *Carya* que no fueron introducidas por el hombre (Chaney et al., 2015; Reyes y Urrea, 2016; Thompson y Grauke, 1991).

En México se encuentras poblaciones nativas y plantaciones de nogal en más de catorce estados, siendo los de mayor importancia y con poblaciones nativas los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango y Chihuahua, siendo este último el estado con mayor producción de nuez, la cual es ampliamente consumida por su alto valor nutricional, ya que es fuente de antioxidantes, proteínas, vitamina B y minerales (Brison, 1974; Huang et al., 2019; Manaster, 1994; Reyes, N.; Urrea, 2016; Thompson y Young, 1985).

Mediante los esfuerzos por caracterizar el nogal, se han encontrado genotipos, que presentan una variación en sus características morfológicas debido a la latitud y al medio ambiente en que se encuentran. Por lo que se han desarrollado metodologías destinadas a caracterizar los recursos de germoplasma disponibles para comprender la variación genética existente y las oportunidades para la mejora de rasgos en *Carya illinoinensis*. Dichos esfuerzos se han acelerado con la disponibilidad de herramientas genómicas (Cerna-Cortés et al., 2003; Thompson y Grauke, 1991).

Estas metodologías han logrado avances en estudios de variabilidad genética mediante diferentes técnicas como RAPD, AFLP, SSR, ISSR en diferentes regiones del ADN como microsatélites, operones y enzimas. Siendo las técnicas de ISSR y SSR las que han mostrado una mayor variabilidad dentro de la especie (Cerna-Cortés et al., 2003; Chaney et al., 2015; Conner y Wood, 2001; Elarabi y Elsoda, 2017; Grauke et al., 2003).

Los microsatélites o las repeticiones de secuencia simple (SSR) son regiones de ADN repetidas en tándem. Debido a su alta mutabilidad, se cree que los microsatélites juegan un papel importante en la evolución del genoma al crear y mantener una variación genética cuantitativa. Esta variación se manifiesta normalmente como diferencias en longitud entre los distintos alelos del mismo locus. Estas diferencias en longitud surgen de la existencia de un número diferente de repeticiones del microsatélite (Picó Sirvent y Esteras Gómez, 2012; Tóth et al., 2000).

Es debido a la importancia económica, cultural y nutrimental del nogal que es importante realizar este tipo de estudios, que son herramientas para lograr la conservación de germoplasma propio de cada región en donde crece en México, así como para lograr la mejora de la especie para un adecuado manejo agronómico, ecológico y económico.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

Se recolectaron muestras de hojas de nogal pecanero en poblaciones nativas y criollas en 10 localidades de 9 estados de la República Mexicana (fig. 1).

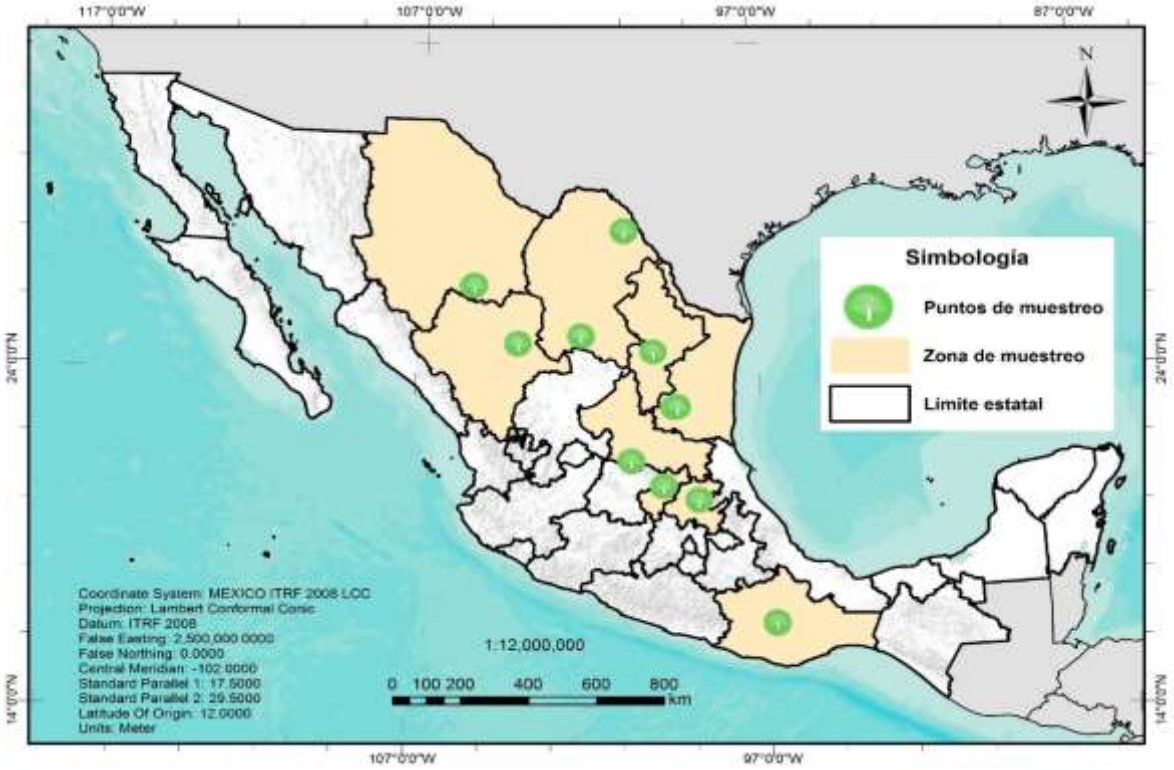


Figura 1. Sitios de muestreo con poblaciones nativas y criollas de *Carya illinoinensis*.

Recoleta y procesamiento de muestras

Se recolectaron hojas en 6 a 11 nogales pecaneros de poblaciones nativas y criollas en 10 localidades en los estados de Durango, Coahuila (2 localidades), Chihuahua, San Luis Potosí, Querétaro, Oaxaca, Hidalgo, Tamaulipas y Nuevo León. Las cuales se trasladaron en frío al laboratorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del

estado de Durango para su análisis. En total se recolectaron 78 muestras y se analizaron por duplicado.

Análisis moleculares

Extracción

Las muestras fueron lavadas con agua destilada y se realizaron extracciones de ADN con un método de CTAB 2X modificado, requiriendo 1 hora de incubación con la solución de extracción. Posteriormente se cuantificaron el contenido y calidad de ADN de las muestras con el Espectrofotómetro NanoDrop™ 2000/2000c.

Amplificación

Se amplificaron 8 pares de primer correspondientes a loci microsatélites (Cuadro 1) en el termociclador Applied Biosystems™ MiniAmp™ a un volumen de 12.5 µl con un ciclo térmico de 94°C por 5 min, 35 ciclos de 94°C-30s, 60°C-30s, 72°C-30s y una extensión final de 72°C-5min.

Cuadro 1. Secuencias de primers utilizados en amplificación de microsatélites (Grauke et al., 2003, 2011; Zhang et al., 2020)

Loci	Primer	Loci	Primer
Ciz031	GCGCCGTTATGGATTTAAGA GCATCTTCTTACCGAGCGAG	PM-CIN4	GGCATCAGAGAAGGCTCCT CTCACCCGTCTCTAGGGCTA
Ciz043	GTTGCAAGCATAACTTGTAACCA TCAAACCAAACCAACAAGCA	PM-CIN27	CCCCAACTCAATTACAACCTCTTC TGTTCATTCTGCACACACACAA
Ciz058	TCAATCAATGTCGTTTGGGA AACGAGACCCAATGTCGAAC	NTCP40	TAATTTGATTCTTCGTCGC GATGTAGCCAAGTGGATCA
Ciz070	TGCTTCCCAGCCAATACTCT CCGTGGGATTTAGTGAATGG	ccmp2	GATCCCGGACGTAATCCTG ATCGTACCGAGGGTTCGAAT

Visualización de ADN

Los productos se visualizaron en geles de agarosa al 2% y de poliacrilamida al 8% para corroborar los tamaños de los amplicones en un UVP BENCHTOP 2UV transiluminador biodoc-sistema de imágenes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron 156 muestras, pertenecientes a 10 localidades en 9 estados. Se determinó la calidad de ADN, con un promedio en la concentración de 69 ng/µl y valores de calidad (260/280 nm) de 1.92.

Se detectó polimorfismo en las regiones microsatélites Ciz031, Ciz043, Ciz058, Ciz070, PM-CIN4, PM-CIN27, NTCP40 y ccmp2 con tamaños de 310, 320, 300, 330, 120, 100, 220 y 280 pb respectivamente. Estos datos se pudieron corroborar en gel de poliacrilamida ya

que se pudo diferenciar el tamaño de los amplicones obtenidos (Fig. 2). Con esto se corroboró la presencia de los microsatélites en nogal pecanero, de acuerdo a lo reportado por Zhang et al., 2020 para las regiones Ciz031, Ciz043, Ciz058 y Ciz070; aunque se observó una ligera variación en el tamaño de éstos, ya que se reportan fragmentos de 200 a 280 pb y en el gel de poliacrilamida corresponden a tamaños de 300 a 310 pb.

Grauke et al. 2003 reportaron fragmentos de PM-CIN27 y PM-CIN4 con tamaños de 80 y 112pb, y en este estudio, se puede observar una diferencia similar en los fragmentos, de 100 a 115 pb aproximadamente, lo cual se confirma en la electroforesis realizada en gel de agarosa al 2% (fig. 3), en la cual la separación de bandas no se observó de forma significativa.

Se observó la presencia de los microsatélites en las muestras de nogal pecanero de acuerdo a datos obtenidos previamente por Zhang et al. 2020, estos microsatélites fueron obtenidos en muestras pertenecientes a nogales de China, por lo que es importante verificar los alelos de cada muestra.

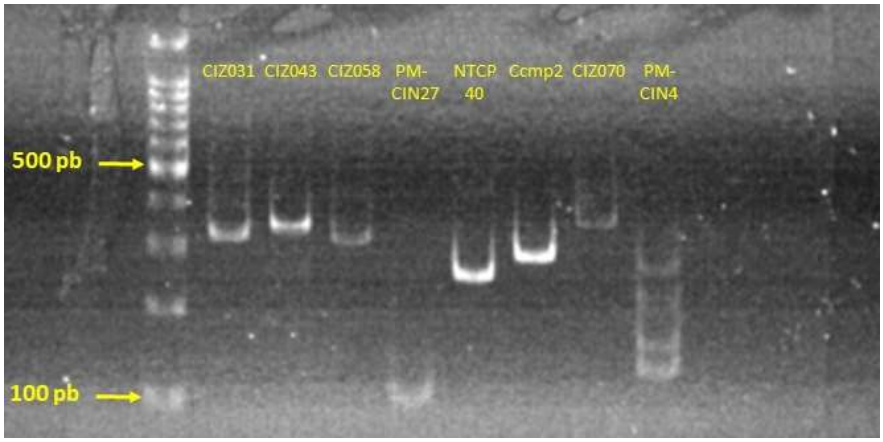


Figura 2. Visualización de 8 microsatélites amplificados y verificados en gel de poliacrilamida al 8%.

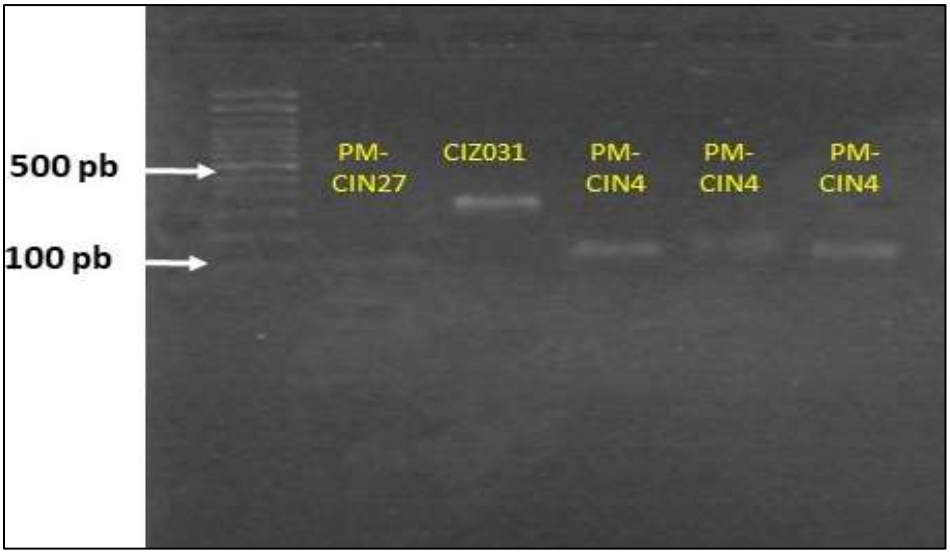


Figura 3. Visualización de 3 microsatélites amplificados y verificados en gel de agarosa al 2%.

CONCLUSIONES

El método de extracción de ADN, es económico y con el uso de éste se lograron obtener muestras de calidad que se pudieron emplear directamente para las amplificaciones en PCR. Se encontró polimorfismo en regiones microsatélite de nogal pecanero, determinando así la presencia de todos los microsatélites en el total de las muestras, sin embargo, es importante determinar el número de alelos presentes en cada uno de éstos, para determinar las diferencias genéticas que hay entre poblaciones. Se logró mayor visualización de las amplificaciones de los microsatélites en el gel de poliacrilamida al 8% que en el de agarosa al 2%, ya que se puede diferenciar el tamaño de las bandas a simple vista.

REFERENCIAS

Brison, F. R. (1974). *Pecan culture*. Capital Printing.

Cerna-Cortés, J. F., Simpson, J., Martínez, O., & Martínez-Peniche, R. A. (2003). Measurement of genetic diversity of native pecan [Carya illinoensis (Wagenh) K. Koch] populations established in Central Mexico and correlation with dichogamous flowering using AFLP. *Food, Agriculture & Environment*, *1*(3&4), 168–173.

Chaney, W., Han, Y., Rohla, C., Monteros, M. J., & Grauke, L. J. (2015). Developing molecular marker resources for pecan. *Acta Horticulturae*, *1070*, 127–132. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1070.13

Conner, P. J., & Wood, B. W. (2001). *Identification of Pecan Cultivars and Their Genetic Relatedness as Determined by Randomly Amplified Polymorphic DNA Analysis*. *126*(4), 474–480.

Elarabi, N., & Elsoda, A. (2017). Molecular Evaluation of Genetic Diversity Among Seven

Genotypes of Pecan (Carya Illinoinensis). *Journal of Agricultural Chemistry and Biotechnology*, *8*(2), 27–33. https://doi.org/10.21608/jacb.2017.38425

Grauke, L. J., Iqbal, M. J., Reddy, A. S., & Thompson, T. E. (2003). Developing microsatellite DNA markers in pecan. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *128*(3), 374–380. https://doi.org/10.21273/jashs.128.3.0374

Grauke, L. J., Klein, R., & Klein, P. (2015). *The Forest and the Trees : Applications for Molecular Markers in the Repository and Pecan Breeding Program*.

Grauke, L. J., Mendoza-Herrera, M. A., Miller, A. J., & Wood, B. W. (2011). Geographic patterns of genetic variation in native pecans. *Tree Genetics and Genomes*, *7*(5), 917–932. https://doi.org/10.1007/s11295-011-0384-4

Huang, Y., Xiao, L., Zhang, Z., Zhang, R., Wang, Z., Huang, C., Huang, R., Luan, Y., Fan, T., Wang, J., Shen, C., Zhang, S., Wang, X., Randall, J., Zheng, B., Wu, J., Zhang, Q., Xia, G., Xu, C., … Huang, J. (2019). The genomes of pecan and Chinese hickory provide insights into Carya evolution and nut nutrition. *GigaScience*, *8*(5), 1–17. https://doi.org/10.1093/gigascience/giz036

Manaster, J. (1994). *The Pecan Tree* (First edit). University of Texas Press Austin.

Picó Sirvent, M. B., & Esteras Gómez, C. (2012). Marcadores moleculares basados en PCR: Marcadores SSR o STR. *Universidad Politecnica de Valencia*, 11. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16743/SSR.pdf.pdf?sequence=1

Reyes, N.; Urrea, R. (2016). *Retos y oportunidades para el aprovechamiento de la Nuez pecanera en México* (Issue December 2016).

Thompson, Tommy E.; Grauke, L. (1991). *Pecans and other hickories (carya).pdf*.

Thompson, T. E., & Grauke, L. J. (1991). PECANS AND OTHER HICKORIES (CARYA). *Acta Horticulturae*, *290*, 839–906. https://doi.org/10.17660/actahortic.1991.290.19

Thompson, T. E., & Young, F. (1985). *Pecan Cultivars - Past and Present*. College Station, Tex: Texas Pecan Growers Association.

Tóth, G., Gáspári, Z., & Jurka, J. (2000). Microsatellites in different eukaryotic genomes: Surveys and analysis. *Genome Research*, *10*(7), 967–981. https://doi.org/10.1101/gr.10.7.967

Zhang, C., Yao, X., Ren, H., Chang, J., Wu, J., Shao, W., & Fang, Q. (2020). Characterization and development of genomic SSRs in pecan (carya illinoinensis). *Forests*, *11*(1), 1–12. https://doi.org/10.3390/f11010061

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS PARA EL TRITURADO DE SEMILLAS DE JÍCAMA (*Pachyrhizus erosus*).

Martínez-Reyes, Ernesto[1]; De Lira Ramos, Karla Vanessa[1].

[1] Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, INIFAP. Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de Arteaga Aguascalientes. C.P. 20660. martinez.ernesto@inifap.gob.mx

RESUMEN

Las propiedades físico-mecánicas de los productos biológicos son de gran importancia para el diseño de dispositivos que interactúen con estos productos. Son fundamental para alimentar los modelos matemáticos que permiten los parámetros de diseño de las máquinas. El uso de insecticidas químicos para el control de plagas tiene efectos adversos en los humanos. Como alternativa a estos productos es el uso de sustancias naturales derivadas de plantas. La jícama es una planta herbácea, que diferencia del tubérculo, las demás partes de la planta son toxicas, las semillas molidas pueden utilizarse para combatir plagas. objetivo del presente trabajo fue determinar las propiedades físico mecánicas que intervienen en el proceso de trituración de la semilla de jícama. Se midió el largo, ancho y alto de las semillas, se determinó el peso hectolítrico, el coeficiente de fricción acero-semillas y la fuerza necesaria para su ruptura. Se obtuvieron datos útiles como parámetros de entrada en el diseño o selección de máquinas trituradoras de semillas de jícama para la extracción de oleorresinas.

ABSTRACT

The physical-mechanical properties of biological products are of great importance for the design machinery that interact with these products. They are essential to feed the mathematical models that allow the design parameters of the machines. The use of chemical insecticides for pest control has adverse effects on humans. An alternative to these products is the use of natural substances derived from plants. Yam bean is a herbaceous plant, which the tuber is used as vegetable, but the other parts of the plant are toxic, the ground seeds can be used to combat pests. The objective of this work was to determine the physical mechanical properties involved in the crushing process of the Yam bean seeds. The length, width and height of the seeds were measured, the hectolytric weight, the steel-seeds friction coefficient and the force necessary for their rupture were determined. Useful data were obtained as input parameters in the design or selection of Yam Bean seed crushing machines for the extraction of oleoresins.

INTRODUCCION

Las propiedades físico-mecánicas de los productos biológicos son de gran importancia para el diseño de dispositivos que interactúen con estos productos. Esta información es fundamental para alimentar los modelos matemáticos que permiten los parámetros de diseño de las máquinas, las principales características determinadas son: dimensiones y masa, ángulo de reposo y resistencia a la compresión (Cruz, *et al.*, 2012).

El uso de insecticidas químicos para el control de plagas tiene efectos adversos en los humanos, lo anterior ocasionado por la gran capacidad de bioacumulación y prolongado poder residual. Como alternativa a estos productos es el uso de sustancias naturales derivadas de plantas, las cuales generalmente son biodegradables y no afectan el equilibrio del ecosistema. En algunos países con agricultura de subsistencia se han empleado técnicas basadas en el uso de extractos vegetales para el control de plagas, entre las especies más utilizadas destaca el ajo (*Allium sativum*), la higuerilla (*Riccinus communis*) y la gobernadora (*Larrea trindetata*) (Mendoza *et al.,* 2016).

La jícama (Pachyrhizus spp.) es una planta herbácea de la familia Fabaceae se usa principalmente como hortaliza fresca para el consumo de la raíz, es originaria de México y América central donde se encuentra distribuida y ha sido cultivada desde tiempos prehispánicos (Reyes *et al.,* 2016). Las plagas y enfermedades que afectan a este cultivo han sido pocas, posiblemente por los mecanismos naturales de defensa que tiene la especie (Mora *et al.,* 1993). A diferencia del tubérculo, las demás partes de la planta son toxicas. Especialmente las semillas tienen un contenido alto de insecticida natural, las cuales molidas pueden utilizarse para combatir plagas (FIRCO, 2018).

Fernández *et al.* (2009) extrajeron y evaluaron la oleorresina de jícama para controlar *Acanthoscelides obtectus Say* en semilla de frijol. Y lograron un índice de mortalidad en el gorgojo de entre el 50 y 100% según las concentraciones utilizadas. Por otro lado, Rangel *et al.* (2011) evaluaron el efecto de la aplicación de oleorresina de jícama en la calidad de frijol infestada con *Acanthoscelides obtectus Say*, y encontraron que la semilla tratada con dicha sustancia mantuvo los valores porcentuales de germinación y vigor en niveles estándar, además concluyeron que este compuesto también podría bioestimular la calidad de la semilla de frijol bajo ciertas concentraciones.

Ante el potencial que ha mostrado la oleorresina de jícama para el control de algunas plagas y considerando que para la extracción de la oleorresina de jícama es necesario secar las semillas, posteriormente se trituran y se extrae la oleorresina con ayuda un disolvente como el cloroformo (Fernández *et al.,* 2009). El objetivo del presente trabajo fue determinar las propiedades físico mecánicas que intervienen en el proceso de trituración de la semilla de jícama.

MATERIALES Y METODOS

Se midió el largo, ancho y alto de las semillas de jícama, para lo cual se utilizó un vernier digital Truper CALDI 6MP que tiene una tolerancia de 0.05 mm. Se midió el peso de 100 semillas (Figura 1) y determinó el peso hectolítrico con ayuda de una probeta una báscula.

Figura 1. Determinación del peso de 100 semillas.

Además, se midió el ángulo de fricción entre la superficie acero semilla de jícama, para lo cual se empleó un goniómetro Starret AM-2, con precisión de 1°, la prueba consistió en colocar una semilla de jícama sobre una placa de metal y gradualmente se fue inclinando hasta que la semilla se deslizara, en ese instante se registraba el ángulo. (figura 2).

Figura 2. Determinación del ángulo de fricción.

Finalmente se determinó la fuerza necesaria para romper las semillas, para esto se utilizó un Texturómetro Brookfield modelo CT3-50K, el cual tiene una capacidad máxima de presión de 50 kg y una resolución de 5 g (Figura 3). Esta prueba se realizó a una velocidad de aplicación de la fuerza de 0.5 mm/s.

Figura 3. Determinación de la fuerza necesaria para la trituración de la semilla.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del tamaño de la semilla y el peso hectolítrico se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características físicas de la semilla de jícama.

Largo (mm)	8.7
Ancho (mm)	7.82
Alto (mm)	3.72
Peso hectolítrico (kg/L)	0.666

Se aprecia una semilla de tamaño medio, cuya dimensión mínima sería utilizada para dimensionar un dispositivo que permitirá triturarla, el cual deberá tener una dimensión menor e irse reduciendo de tal manera que se alcance el tamaño de partículas deseado, estos mismos datos podrían servir además para dimensionar dosificadores de semilla. Respecto al peso hectolítrico da pauta al diseño de tolvas en función de la productividad que se desea, tanto para dispositivos de trituración, como siembra y almacenamiento.

Los resultados de las propiedades mecánicas de las semillas de jícama se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Propiedades mecánicas de las semillas de jícama

	Promedio	Desv. Estándar.	Mínimo	Máximo
Ángulo de fricción Acero-semillas de jícama (°)	18.5	3.6	15	28
Fuerza necesaria para romper las semillas (N)	283.8	136.8	105.8	539.55
Trabajo demandado en el rompimiento (mJ)	79.6	47.8	25	161

Las semillas de jícama por su geometría aplanada, no son propensas a la rodadura, por lo que se deslizan sin girar en el acero, por lo que este el valor proporcionado depende solamente de la fricción, aun así, se presentó cierta variación en los valores. Se puede notar que la fuerza requerida es alta comparada con otras semillas, por ejemplo, la higuerilla con una fuerza máxima de 82.15 N (Martínez *et al.,* 2020). Además, es importante destacar que al menos en dos ocasiones la fuerza para triturar las semillas excedió los límites de la máquina por lo que no se pudo tomar dicha lectura. Se puede notar también que este parámetro presenta una gran variabilidad. Por lo tanto, los componentes que directamente este interactuando con las semillas deberán ser robustos y con resistencia a la deformación. El trabajo que se requiere para triturar las semillas está directamente relacionado con la fuerza y con el desplazamiento, es decir, dependía directamente del tamaño de la semilla, ya que el parámetro usado por el texturómetro fue desplazamiento para evitar daños al equipo. En la Figura 4 se muestra una semilla después de la prueba.

Figura 4. Semilla después de la prueba de compresión.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron datos útiles como parámetros de entrada en el diseño o selección de máquinas trituradoras de semillas de jícama para la extracción de oleorresinas. La semilla de jícama es de tamaño medio con geometría aplanada, por lo que no presenta tendencia a la rodadura y el parámetro obtenido esta únicamente asociado a la fricción. La fuerza requerida para triturar la semilla es alta comparada con otros cultivos, por lo que debería tomarse en cuenta esta característica al diseñar o utilizar equipos para otros granos.

REFERENCIAS

Cruz Meza, Pedro; García Silva, Samuel; Márquez Rosano, Conrado; López Canteñs, Gilberto. 2012. Determinación de las propiedades físico-mecánicas para el descascarado de las cápsulas de la higuerilla (Ricinus communis L.). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Pub. Esp. Núm. 4. p. 644-649.

Fernández-Andrés, María de los Dolores; Rangel-Lucio, José Antonio; Juárez-Goiz, José Mayolo; Bujanos-Muñíz, Rafael; Montes-Hernández, Salvador; Mendoza-Elos, Mariano. 2009. OLEORRESINA DE JÍCAMA PARA CONTROLAR Acanthoscelides obtectus Say (Coleóptera: Bruchidae) EN SEMILLA DE FRIJOL. agronomía mesoamericana 20(1): 59-69. issn: 1021-7444.

FIRCO. 2018. Jícama, nutritiva y deliciosa. https://www.gob.mx/firco/es/articulos/jicama-nutritiva-y-deliciosa?idiom=es

Martínez Reyes, Ernesto; Arellano Arciniega, Sergio; Borja Bravo, Mercedes; Rosales Serna, Rigoberto; Rojas Santillán, Carlos. 2020. Estimación del rendimiento de higuerilla en Aguascalientes, México. Memoria de XXXII Semana Internacional de Agronomía. P 532- 537.

Mendoza Elos, Mariano; Rodríguez Perez, Gilberto; Guevara Acevedo, Luis Patricio; Andrio Enríquez, Enrique; Rangel Lucio, José Antonio; Rivera Reyes, J. Guadalupe; Cervantes Ortiz, Francisco. 2016. Bioinsecticidas para el control de plagas de almacén y su relación con la calidad fisiológica de la semilla. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.7 Núm.7 p. 1599-1611.

Mora, Phillips W.; Morera, J; Sorensen, M. Las jícamas silvestres y cultivadas. 1993. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. Royal veterunary and agricultural. University of Denmark.

Rangel-Lucio, José Antonio; Juárez-Goiz, José Mayolo; García-Moya, Edmundo; Fernández-Andrés, María Dolores; Rodríguez-Hernández, Cesáreo; Alvarado-Bárcenas, Estéfana. 2011. Oleorresina de jícama y calidad de semilla de frijol infestada con Acanthoscelides obtectus Say. Agronomía Mesoamericana, vol. 22, núm. 1, pp. 109-116.

Reyes-Matamoros, Jenaro; Martínez-Moreno, David; Rueda-Luna, Rolando; Maldonado-Morales, Adriel. 2016. Prevención de plagas y prácticas culturales en jícama en la comunidad de Alpoyeca, México. Revista Iberoamericana de Ciencias. Vol. 3 No. 1. ISSN 2334-2501.

DÍAS GRADO DE CRECIMIENTO EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) PARA ESTIMAR EL COEFICIENTE DE DESARROLLO DEL CULTIVO

Covarrubias Ramírez, Juan Manuel; Zermeño González, Alejandro; Martínez Rodríguez, Juan Guillermo y Parga Torres, Víctor Manuel.

CE Saltillo-INIFAP, Depto. de Riego y Drenaje – UAAAN. covarrubias.juan@inifap.gob.mx

RESUMEN

La variación climática nos induce a tener modelos con base al clima. Los días grado de crecimiento (°Di), nos permite realizar modelos de desarrollo del cultivo. El coeficiente de desarrollo del cultivo (kc) unidimensional fue estimado con °Di es el objetivo del trabajo. Si kc=Etr/Eto donde ETr es el consumo de agua del cultivo en el suelo en mm/día^{-1} y Eto es la evapotranspiración de referencia en las mismas unidades. El kc se relaciona a nivel diario con °Di y se generaron modelos de 3er grado con R^2 superiores a 0.90 altamente significativos. Por lo que, los modelos son adecuados para la variación climática.

ABSTRACT

Climate variation induces us to have climate-based models. The degree days of growth (°Di), allows us to perform models of crop development. The crop development coefficient (kc) one-dimensional was estimated with ° Di is the objective of the work. If kc = Etr / Eto where ETr is the water consumption of the crop was measured in the soil in mm / day^{-1} and Eto is the reference evapotranspiration in the same units. The kc is related daily with ° Di and was generated 3rd degree models with R^2 greater than 0.90 Highly significant, hence the models are suitable for climatic variation.

INTRODUCCION

El problema del deterioro ambiental antropogénico que tiene como efecto el cambio climático es una realidad actual que afecta a los cultivos (Bhandari *et al*. 2021). Esto ha ocasionado oscilaciones severas de la precipitación (Briones y Covarrubias, 2016), de la radiación solar (Mendoza y Covarrubias, 2017), del viento (Covarrubias *et al.,* 2020) y de la temperatura (Mendoza y Covarrubias, 2019). Ante la variación climática existen métodos como el uso de días grado de crecimiento, que tiene sus inicios en el control de insectos-plaga, porque son poiquilotermos, por lo cual, se generó la estimación de los días grado de crecimiento (degree days por su definición en inglés, Wilson y Burnett, 1983) con base en la temperatura se estima el crecimiento de la poblaciones de insectos para ayudar a los productores a anticipar la incidencia de plagas para un mejor control y existen varios programas para el cálculo (UC-IPM, 2020; WDES, 2020).

Los días grado de crecimiento en los cultivos se han utilizado en manzano (Covarrubias *et al.,* 2009; Covarrubias *et al.,* 2010). Los días grado (Di) son de utilidad en la estimación de la evapotranspiración potencial del cultivo (Etp), de la profundidad de raíces (pr), del abatimiento de agua en el suelo (f) y del coeficiente de desarrollo del cultivo (kc) (Briones *et al.,* 2013). Dentro de los métodos para estimar los Di, el método exponencial, fisiológico, residual, seno modificado son similares significativamente. Pero en el Di acumulado

presentó la menor Desviación Porcentual Promedio con el método gradual. Se recomienda utilizar el método gradual por su menor rigor matemático (Covarrubias *et al*., 2007).

MATERIALES Y METODOS

Se seleccionaron 5 localidades donde se sembró el cultivo de papa siendo estas: El Ranchito en Jame, El Tunal, San Francisco en Los Lirios, y en la Estación Experimental "Sierra de Arteaga", en Arteaga, Coahuila y El Cristal en Galeana, Nuevo León.

Se trabajó con tres tipos de variedades, de ciclo precoz, intermedio y tardío, con lo que se cubrió el ciclo de la papa (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de localidades y variedades de papa en Coahuila y Nuevo León.

Localidad	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (msnm)	Variedad	Fecha de Siembra	Ciclo	
						Tipo	Período*
CESIA	25º 16´02´´	100º 46´27´´	2040	Atlantic	25-May	Precoz	106
El Cristal	24º 50´11´´	100º 20´48´´	1883	Herta	17-May	Tardía	138
El Ranchito	25º 22´ 10´´	100º 38´11´´	2534	Alpha	14-Jun	Intermedia	120
San Fco.	25º 23´44´´	100º 36´44´´	2421	Agatha	21-Abr	Precoz	105
El Tunal	25º 24´12´´	100º 37´23´´	2457	Gigant	17-Jun	Precoz	100

* días después de siembra.

Para estimar los ºDi se utilizó el método gradual (Covarrubias *et al.,* 2009b), el cual consiste en:

ºDi = Tx – K1 si Tx< K2 …… (1)
ºDi = K2 – K1 si Tx≥ K2 ……..…… (2)
ºDi = 0 si Tx≤ K1 …… (3)

Donde:
ºDi = Días grado de crecimiento.
Tx = Temperatura media (ºC).
K1 = Temperatura límite inferior de crecimiento (ºC).
K2 = Temperatura límite superior de crecimiento (ºC).

Para determinar el límite inferior y superior de crecimiento (Cuadro 2), se tomaron los estudios de temperatura óptima para el desarrollo realizados por etapas fenológicas del cultivo de papa (Parga *et al,* 2005 y Covarrubias *et al*., 2006)

Cuadro 2. Requerimientos de temperatura del aire en el cultivo de papa a través de su crecimiento.

	Temperatura ºC	
Etapa	**Rango**	**Óptima**
Siembra a Emergencia	7 - 30	19
Emergencia a Desarrollo Vegetativo	6 - 32	24 - 26
Desarrollo Vegetativo a Estolonización	12 - 19	12 - 15
Estolonización a Tuberización	10 – 20	15 - 18

Para determinar el consumo de agua (ETr) en mm/día^{-1}, se realizó con base al suelo con un sensor del contenido de agua en cada localidad como repetición realizando las lecturas en forma diaria durante el desarrollo del cultivo en kPa. Para convertir a lamina de consumo se obtuvieron las curvas de retención de agua en el suelo para obtener el contenido gravimétrico de agua (Pw), este se multiplicó por la densidad aparente del suelo para obtener el contenido volumétrico (θ), el cual se multiplicó por la profundidad, para estimar en forma diaria el consumo en mm día^{-1}.

El consumo de agua con base a suelo se determinó a dos profundidades (15 y 30 cm), este se presenta con niveles de abatimiento constantes. Como ETr = ETo * kc donde ETo es la evapotranspiración de referencia y kc es la constante de desarrollo del cultivo de papa. Para estimar ETo se utilizó el modelo de FAO - Penman y Monteith descrito por Monteith y Unsworth (1990) y Allen et al. (1998), este valor se encuentra en la información disponible a través de internet dentro de la red de clima del INIFAP, así con los datos de ETo y temperatura.

El kc se obtuvo de la relación ETr/ETo y se ajustó a un polinomio de 3er grado en función de los días grado de crecimiento (º Di) del cultivo mediante el SAS ver 2018 para determinar su significancia y su coeficiente de determinación.

RESULTADOS Y DISCUSION

El consumo de agua del suelo muestra el contenido en kPa durante el ciclo (Figura 1) a dos profundidades (15 y 30 cm), solo a los 22, 54, 78, 85 y 99 días después de emergencia (DDE), se llegó a saturación, de total de 14 riego, los cambios de agua en el suelo menores a 20 kPa son por la lluvia presente.

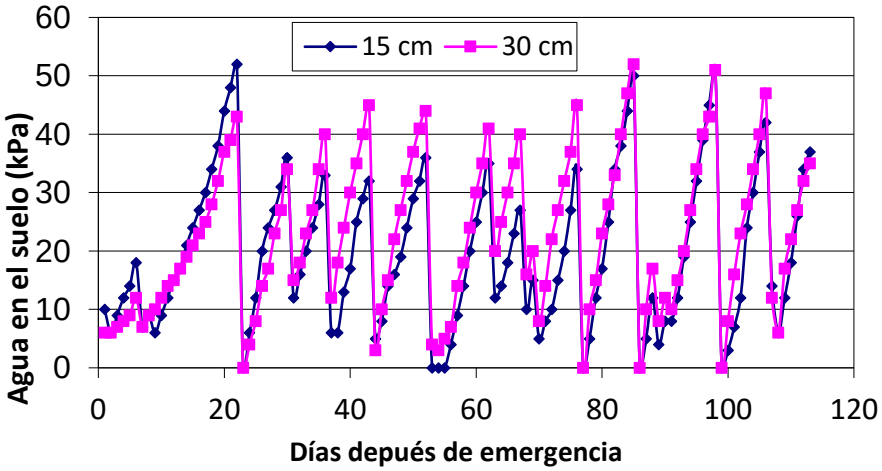


Figura 1. Consumo de agua con base a suelo en el cultivo de papa en la Localidad el Tunal.

Las curvas de retención de agua en el suelo para obtener el contenido gravimétrico de agua (Pw), y ajustadas con un R^2 superior a 0.90 y altamente significativas, pero es diferente

para cada localidad, porque ser una característica de cada suelo, en cambio la densidad aparente en la localidad El Cristal y El Tunal son iguales, en el resto de las localidades son diferentes porque también son características de suelo (Baver *et al.,* 1980).

Cuadro 3. Modelos de la curva de contenido de agua en el suelo en las localidades de estudio.

Localidad	Modelo	Significancia R^2	Da (t/ha)
El Ranchito	Pw = 31.67-6.1023LnT	0.99**	1.32
CESIA	Pw = 35.834-6.7409LnT	0.99**	1.22
San Francisco	Pw = 27.807-4.705LnT	0.98**	1.37
El Cristal	Pw = 37.954-8.389LnT	0.98**	1.30
El Tunal	Pw = 16.695-3.935LnT	0.91**	1.30

El contenido volumétrico (θ), la profundidad, para estimar en forma diaria el consumo de agua en campo en mm día^{-1}y así obtener el valor de ETr (Briones *et al*., 2011).

La estimación de los días grado de crecimiento acumulados durante el ciclo de cultivo (Cuadro 4), el mayor valor es para la variedad Herta que es de ciclo tardío, seguido de la variedad Alpha que es intermedia, y luego las variedades Atlantic, Agatha y Gigant que son precoces. Existe una relación directa entre ciclo vegetativo y días grado de crecimiento en el cultivo de papa, que sirve para realizar estimaciones del consumo de agua en el cultivo (Covarrubias *et al.,* 2009a).

Cuadro 4. Días Grado Acumulados en variedades de papa en diferentes localidades

Localidad	Variedad	$\sum$ Di	Ciclo
El Cristal	Herta	1258	Tardía
El Ranchito	Alpha	1077	Intermedia
CESIA	Atlantic	948	Precoz
San Francisco	Agatha	907	Precoz
El Tunal	Gigant	805	Precoz

El cálculo de kc con el ETr estimado del suelo y ETo de la información agroclimática muestra una variación que tiene una tendencia y utilizando el método gradual se realizó a nivel diario la estimación de °D_i, la variación de los valores permite un ajuste de un polinomio de 3er grado, en la figura 2 se muestra el modelo para la variedad Gigant con un R^2 = 0.93, donde D=días grado de crecimiento y es un modelo aceptable para esta característica del cultivo (Covarrubias *et al*., 2019).

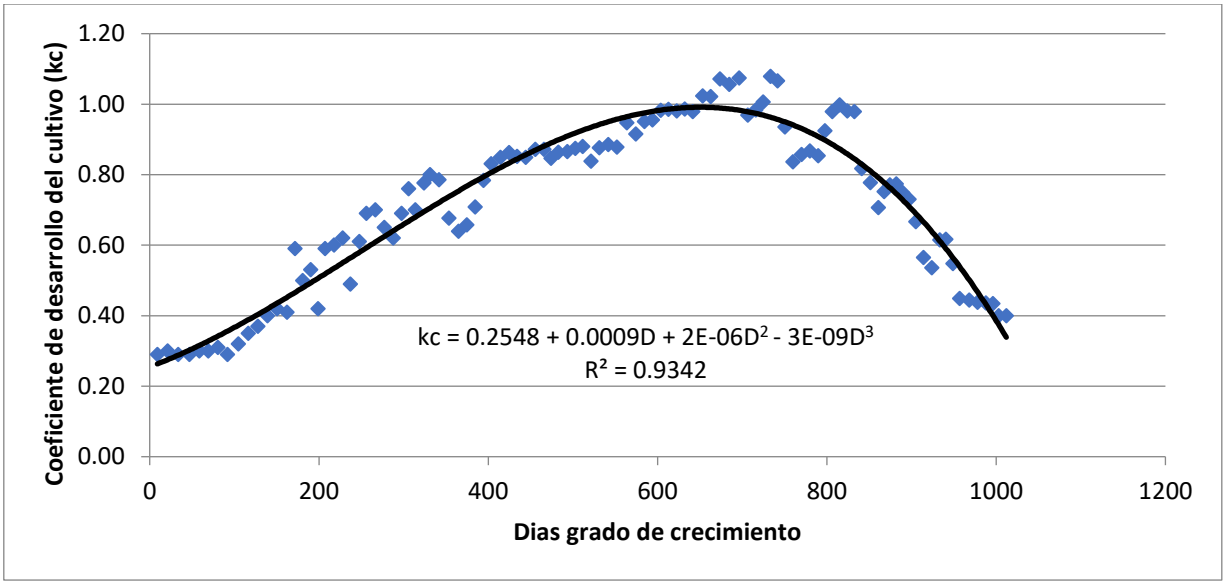


Figura 2. Modelo de estimación del Coeficiente de desarrollo del cultivo (kc) en la variedad de papa Gigant.

La variación en kc (Figura 2), es por el consumo y el clima que también son variables que se pueden modelar *(*Covarrubias *et al.,*2013*),* los análisis de R^2 con significancia y alta significancia que representa el modelo en forma confiable el kc en las demás variedades de papa (Cuadro 5).

Cuadro 5. Modelos de la constante de desarrollo del cultivo en las variedades de estudio.

Variedad	Modelo	Significancia R^2
Agatha	$kc = 0.44642-0.00218D+0.0000106D^2-0.00000000809967D^3$	0.96**
Alpha	$kc = 0.18171+0.00189D-0.000000345158D^2-0.00000000096803D^3$	0.94**
Atlantic	$kc = 0.21776-0.00046574D+0.00000578D^2-0.00000000435151D^3$	0.98**
Gigant	$kc = 0.25477+0.0009065D+0.00000244D^2-0.00000000321039D^3$	0.93**
Herta	$kc = 0.38164-0.00031839D+0.0000036D^2-0.00000000228876D^3$	0.99**

**=Altamente significativo

El uso de días grado se ha utilizado en maíz y papa con buenos resultados ahora que las variaciones de temperatura son muy oscilantes por el deterioro ambiental antropogénico (Covarrubias *et al*., 2006, Ojeda *et al*., 2006, Inzunza *et al*., 2011).

CONCLUSIONES

Los días grado de crecimiento es una buena herramienta para estimar el coeficiente de desarrollo del cultivo de papa. Su uso en papa muestra que se puede utilizar en otros cultivos. La variación climática aumentará y es bueno tener herramientas con base al clima.

REFERENCIAS

Allen, R.G., Pereira, L., Raes, D. & Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 290 pp.

Baver L. D., W. H. Garner, W. R. Garner. 1980. Soil Physics. 4th Ed. John Wiley & Sons, Inc. New York, U.S.A. 529 p.

Bhandari, R., Neupane, N., Adhikari, D. P. 2021. Climatic change and its impact on tomato (*lycopersicum esculentum* l.) production in plain area of Nepal. Environmental Challenges 4:100129. https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100129.

Briones Sánchez, Gregorio; Covarrubias Ramírez, Juan Manuel y Parga Torres, Víctor Manuel. 2013. Estimación del desarrollo radicular mediante días grado de crecimiento en el cultivo de papa. In: Cueto Wong, J. A. y Hernández Martínez, D. (comp). Memoria de la VIII Reunión Nacional de Innovación Agrícola. Veracruz, Ver. p 15. ISBN: 978-607-37-0061-0.10 de septiembre de 2013.

Briones-Sánchez, G. y J. M. Covarrubias-Ramírez. 2016. Estimación del índice multivariado ENSO en Coahuila. In: Vázquez Navarro, Manuel; Puentes Gutiérrez, Judith; Martínez Ríos, Juan José; López Calderón, Magali Jeaneth y Vázquez Navarro, Mayarín de Jesús (eds). Memoria XXVIII semana internacional de agronomía. UJED-FAZ-DEP. Venecia Durango, México. 28:963-968. 7 de septiembre de 2016.

Briones-Sánchez, G.; J. M. Covarrubias-Ramírez, O. U. Martínez Burciaga A. Zermeño González y V. M. Parga Torres. 2011. Programa de riego en tiempo real para el cultivo de papa. In: Guerreo Peña, Armando, Galmiche Tejeda A., Carrillo Avila, E., Vázquez Hernández, L., Santos Argüelles, R. G., Fortís Hernández, M. y Salazar Sosa, E. (eds). Memoria del XXXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. SMCS. San Francisco de Campeche, Campeche, México. 36:54-58. ISBN: 978-607-00-5107-4. 22 de noviembre de 2011.

Covarrubias Ramírez, Juan Manuel; José Antonio Vásquez Ramos y Francisco Javier Contreras de la Ree. 2009b. Comparación de cinco métodos para estimar días grados en manzano. In: Cueto-Wong, J. A.; Prieto-Ruiz, J. A. y Macias-García, L. V. (comp). Memoria de la IV Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. Saltillo, Coah. p 235. ISBN-978-607-425-189-0.

Covarrubias Ramírez, Juan Manuel; Narváez Mendoza, Mario Primitivo; Uresti Duran, Diana, Juan Guillermo Martínez Rodríguez y Víctor Manuel, Parga Torres. 2020. Análisis de la velocidad del viento en tres localidades de Coahuila mediante índices. Orona Castillo, Ignacio; Amador Machado, Antonino; Puentes Gutiérrez, Judith; Fortis Hernández, Manuel; Preciado Rangel, Pablo y Francisco Javier Ruiz Ortega (Editores). Memoria de la XXXII Semana Internacional de Agronomía UJED-FAZ-DEP. Venecia Durango, México. 32:32-37. 9 de septiembre de 2020.

Covarrubias Ramírez, Juan Manuel; Parga Torres, Víctor Manuel y Briones Sánchez, Gregorio. 2013. Déficit y abatimiento del agua en el suelo y su modelaje en el cultivo de papa. In: Martínez Ríos, Juan José; Puentes Gutiérrez, Judith; Vázquez Navarro, Mayarín de Jesús; Vázquez Navarro, Manuel y Santana Rodríguez, Rolando (eds). Memoria XXV semana internacional de agronomía. UJED-FAZ-DEP. Venecia Durango, México. 25:166-173. ISBN: 978-607-503-142-2. 13 de septiembre de 2013.

Covarrubias-Ramírez J. M., Zermeño-González; A., Parga-Torres, V. M., Briones-Sánchez, G. y Troyo-Diéguez, E. 2019. Aplicación de Días grado de crecimiento en el cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) para estimar el abatimiento del agua en el suelo. Acta

Universitaria. 29, e2033. doi. http://doi.org/10.15174.au.2019.2033. ISSN 2007-9621. 10 p.

Covarrubias-Ramírez, J. M., G. Briones S., L. Rojas P. y J. J. Cortes B. 2006. Programa de riego en tiempo real para el cultivo de la papa. In: Cortinas-Escobar, H. M. et al. Memoria de la Reunión Científica Agropecuaria y Forestal en Tamaulipas. SAGARPA, INIFAP, CIRNE, Campo Experimental Río Bravo. Río Bravo, Tamaulipas, México. 147 p. (memoria Científica Nº 2). Poster. p 110.

Covarrubias-Ramírez, J. M., G. Briones S., L. Rojas P. y J. J. Cortes B. 2009a. Programa de riego en tiempo real para el cultivo de la papa. In: Chávez-Galindo, A. M. y Oswald Spring, U. Memoria de la 1a Reunión de la Red Temática del Agua –CONACYT, Cocoyoc, Mor. CD-ROM.

Covarrubias-Ramírez, Juan M., José Antonio Vásquez Ramos y Oscar Ulises Martínez Burciaga. 2010. Métodos para estimar días grado y su acumulación en el cultivo de manzano. In: Martínez Ríos, Juan José; Vázquez Navarro, Manuel; Santana Rodríguez, Rolando y Martínez Ríos, Alejandro (eds). Memoria de la XXII Semana Internacional de Agronomía. UJED-FAZ-DEP. Venecia Durango, México. 22:315-319. 12 de noviembre de 2010.

Covarrubias-Ramírez, Juan M.; Ángel E. Zúñiga Cárdenas; Gregorio Briones Sánchez; Alejandro Zermeño González y Víctor M. Parga Torres. 2007. Comparación de métodos para estimar días grado en el cultivo de papa mediante estaciones agroclimáticas automáticas. In: Zarate Lupercio, A. et al. (eds). Memoria del Congreso binacional del Agua. COECyT-Coah. Saltillo, Coah. CD-ROM. 8 p. 30 de noviembre de 2007.

Inzunza I., M.A.; Catalán V., E. A.; Villa C., M. M.; Sánchez C., I. y Román L., A. 2011. Consumo de agua y coeficientes de ajuste a la evapotranspiración por desarrollo del maíz en lisímetro de pesada. In: Cueto-Wong, J. A. y Avalos Martínez, O. E. (comp). Memoria de la VI Reunión Nacional de Innovación Agrícola. León, Gto. P 20.

Monteith, J., and M. Unsworth. 1990. Principles of Environ¬mental Physics. AcademicPress. Burlington, USA. 435 p.

Narváez-Mendoza, M. P. y J. M. Covarrubias Ramírez. 2017. Análisis de la radiación solar en Coahuila mediante un índice multivariado. In: Vázquez Navarro, José Manuel; López Calderón, Magali Jeaneth; Soto González, Roberto y Camacho Rodríguez, Yasmin (eds). Memoria XXIX semana internacional de agronomía. UJED-FAZ-DEP. Venecia Durango, México. 29:315-320. 5 de septiembre de 2017.

Narváez-Mendoza, M. P. y J. M. Covarrubias Ramírez. 2019. Oscilación térmica como respuesta del deterioro ambiental antropogénico. Orona Castillo, Ignacio; Vásquez Vásquez, Cirilo; Castellanos Pérez, Edmundo; Fortis Hernández, Manuel; Preciado Rangel, Pablo; Puentes Gutiérrez, Judith; Ruiz Ortega, Francisco Javier; Vázquez Navarro, Mayarín de Jesús; Zúñiga Valenzuela, Elizabeth; González Salas, Uriel y García Sánchez; Héctor D. (eds). Memoria de la XXXI Semana Internacional de Agronomía UJED-FAZ-DEP. Venecia Durango, México. 31:954-958. 4 de septiembre de 2019.

Ojeda-Bustamante, W., E. Sifuentes-Ibarra y H. Unland-Weiss. 2006. Programación integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa, México. Agrociencia 40: 13-25.

Parga T., V. M.; García G., S. J.; Villavicencio G., E. E.; Sánchez S., J. A.; Sánchez V., I.; Contreras de la R., F. J.; Arellano G., M. A.; Covarrubias-Ramírez, J. M.; Rubio C., O. A. y J. Fernández E. 2005. Tecnología para producir papa en Coahuila y Nuevo León.

INIFAP-CIRNE. Campo Experimental “Saltillo”. Folleto Técnico Núm. 5. Coahuila, México. 164 p.

Universidad de California - Integrated Pest Management (UC-IPM). 2020. Statewide Integrated Pest Management http://ipm.ucanr.edu/MODELS/DDU/

Weather Data for Energy Saving (WDES). 2020. Degree Days Calculated Accurately for Locations Worldwide In:https://www.degreedays.net/

Wilson, L. T. and W. W. Burnett.1983. Degree days: an aid in crops and pest management. California Agriculture, Jan-Feb. p. 6-7.

DISMINUCIÓN DE LAS HORAS FRÍO COMO EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO

Guillermo Medina-García[1*], José Grageda-Grageda[2], José Ariel Ruiz-Corral[3], José Israel Casas-Flores[4].

[1,4]INIFAP Campo Experimental Zacatecas, Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera, Zac., CP.98500, México. Tel. 800-088-2222 Ext. 82306. medina.guillermo@inifap.gob.mx, [2]INIFAP Campo Experimental Costa de Hermosillo. Pascual Encinas Félix No. 72, Col. La Manga, Hermosillo, Sonora, CP. 83220, México. [3]Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Departamento de Ciencias Ambientales. Camino Ing. Ramón Padilla Sánchez No. 2100, CP. 45510, Predio Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jal., México.

RESUMEN

En México los frutales caducifolios se cultivan en el centro y norte del país donde la temperatura, al final del otoño y durante el invierno, es lo suficientemente baja para que ocurra una defoliación de los árboles, y presenten un letargo durante el invierno. El calentamiento global, como efecto del cambio climático, tiene el potencial de reducir el frío disponible en el invierno y afectar su producción. El objetivo de este trabajo fue conocer el posible efecto del cambio climático, sobre la acumulación de frío en el periodo de invierno. Se realizó un análisis en los escenarios climáticos 2030, 2050 y 2070 en los RCP 4.5 y 8.5. El calentamiento global provocará una posible disminución de la superficie con acumulación de 600 a 800 HF de 11.7, 25.8 y 33.0% en los climas 2030, 2050 y 2070 del RCP 4.5, respectivamente y hasta 99.5% la superficie con acumulación de 800 a 900 HF en el clima 2070 del RCP 8.5. En cambio, la superficie con poca acumulación de HF (50 a 200) aumentará 11.5, 29.3 y 36.4% en los climas 2030, 2050 y 2070 del RCP 4.5, respectivamente. El cultivo de frutales caducifolios en el futuro se verá limitado por la disminución de HF.

ABSTRACT

In Mexico, deciduous fruit trees are grown in the center and north of the country where the temperature, at the end of autumn and during the winter, is low enough for defoliation of the trees to occur, and they present a lethargy during the winter. Global warming, as an effect of climate change, has the potential to reduce the winter chill available and affect its production. The objective of this work was to know the effect of climate change on the accumulation of winter chill. An analysis was carried out in the climate scenarios 2030, 2050 and 2070 in RCP 4.5 and 8.5. Global warming will cause a possible reduction of the surface with accumulation of 600 to 800 CH of 11.7, 25.8 and 33.0% in the 2030, 2050 and 2070 climates of RCP 4.5, respectively and up to 99.5% of the accumulated surface area of 800 to 900 CH in the climate 2070 of RCP 8.5. In contrast, the surface with little accumulation of

CH (50 to 200) will increase 11.5, 29.3 and 36.4% in climates 2030, 2050 and 2070 of RCP 4.5, respectively.

INTRODUCCIÓN

En México los frutales caducifolios se cultivan en el centro y norte del país donde la temperatura, al final del otoño y durante el invierno, es lo suficientemente baja para que ocurra una defoliación de los árboles, y presenten un letargo durante el invierno. Una vez que los árboles alcanzan el letargo, empieza la acumulación de frío durante el invierno, el cual es indispensable para la floración en la primavera e inicio de un nuevo ciclo vegetativo y reproductivo. Esta particularidad de los frutales caducifolios, ha forzado a buscar nichos ecológicos que permitan el desarrollo adecuado de cultivos como el chabacano, ciruelo, durazno, manzano y vid, entre otros (Martínez, 2012; Zegbe et al., 2016).

El calentamiento global tiene el potencial de reducir el frío disponible en el invierno y afectar su producción. Diversos investigadores han pronosticado la disminución en la acumulación del frío invernal en diversas regiones del mundo, en escenarios climáticos futuros, utilizando modelos de circulación general u otras metodologías (Yu et al., 2010; Luedeling et al., 2011; Medina-García et al., 2011).

El método convencional (Weinberger, 1950) es el método de cuantificación de frío más utilizado, contempla la suma diaria de horas en que la temperatura está entre 0 y 7.2°C durante el otoño e invierno (Pérez et al., 2008). Con este método se han establecido los requerimientos de frío de diversos frutales, relacionando la acumulación de horas fríos con la brotación regular del árbol. Este es un valor estándar que aún se utiliza. El objetivo de este trabajo fue conocer el posible efecto del cambio climático, sobre la acumulación de frío en el periodo de invierno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Datos de las estaciones climáticas del Servicio Meteorológico Nacional fueron utilizados. Se seleccionaron 2854 estaciones con más de 20 años y más de 90% de datos en el periodo de 1961 a 2010 distribuidas en todo el país. Con los datos diarios de temperatura máxima y mínima, se obtuvieron datos horarios (Snyder, 1985) de toda la serie histórica de datos

de las estaciones. Con estos datos se estimó el número de horas en que la temperatura estuvo entre 0 y 7.2°C, en cada día, que corresponden a las horas frío (HF) de acuerdo a Weinberger (1950). Se sumó el número de HF para cada uno de los meses de la temporada invernal (noviembre a febrero) para cada uno de los años de la serie de cada estación.

Para elaborar los mapas con el número de HF, se generaron modelos para cada mes tomando como variable independiente la temperatura mínima media mensual y como variable dependiente las HF acumuladas en el mes correspondiente. Se probaron diferentes modelos sigmoidales de acuerdo a la dispersión de los datos

Para estimar el efecto del cambio climático en el número de HF se integró un modelo ensamble a partir del valor de la mediana de 11 modelos de circulación general reducidos en escala y calibrados para México. Los cuales fueron obtenidos a partir de información del portal de datos de Cambio Global de WorldClim. El ensamble se generó bajo dos rutas representativas de concentración (RCP) de gases efecto invernadero, esto es, se utilizó un RCP de emisiones intermedias (4.5) el cual es consistente con un futuro con reducción de emisiones relativamente ambiciosas y un RCP de emisiones altas (8.5), que es coherente con un futuro sin cambios de política para reducir las emisiones (Van Vuuren et al., 2011).

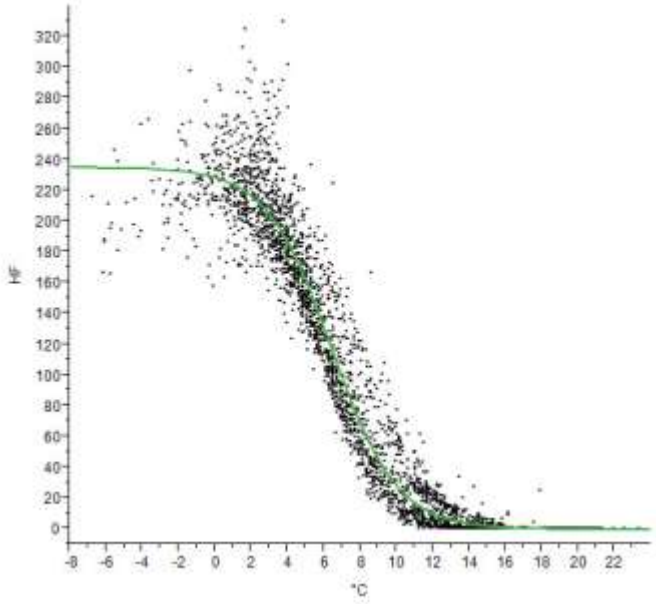
Se utilizaron los valores mensuales de temperatura mínima media mensual de los años 2021 a 2080, para los escenarios 2021-2040, 2041-2060 y 2061-2080, en adelante referidos como climas o años 2030, 2050 y 2070, respectivamente, del ensamble de los 11 modelos. Se tomó como clima base o de referencia la misma variable en el periodo 1961-2010 del sistema de información climática del INIFAP (Ruiz-Corral et al., 2016). Se generaron imágenes temáticas raster con una resolución de 30” arco, correspondientes a los valores mensuales de temperatura mínima del clima base y de los escenarios, para los meses de noviembre a febrero y con estas imágenes se estimaron las HF utilizando los modelos logísticos generados para cada mes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis de escenarios climáticos futuros, es necesario generar mapas con el número promedio de HF de cada mes, para esto se generaron modelos mensuales para estimar las HF a partir de la temperatura mínima promedio utilizando las 2854 estaciones seleccionadas inicialmente. Los modelos que mejor se ajustaron a la dispersión de los datos (Figura 1), fueron los modelos logísticos de tres parámetros. Los cuatro modelos presentaron valores de R^2 = 0.95 lo cual indica muy buen ajuste. En el Cuadro 1 se presentan los modelos para los cuatro meses.

Cuadro 1. Modelos logísticos de tres parámetros para estimar las HF de cada uno de los meses del periodo invernal a partir de la temperatura mínima media.

MES	Tasa de crecimiento	Punto de inflexión	Asíntota	R^2
Noviembre	-0.505918	6.190316	220.814030	0.959637
Diciembre	-0.539329	6.386607	231.750490	0.952652
Enero	-0.557360	6.406391	235.220600	0.948577
Febrero	-0.532459	6.147172	211.531010	0.955979



$$HF = \frac{c}{(1 + Exp(-a * (TMin - b)))}$$

Donde:
a=Tasa de desarrollo
b=Punto de inflexión
c=Punto donde se hace asintótico
TMin=Temperatura mínima media mensual

Figura 1. Gráfica de dispersión de los datos de HF del mes de enero y modelo logístico de tres parámetros.

Con los modelos obtenidos y utilizando el sistema de información geográfica IDRISI Selva, se generaron imágenes nacionales de HF para los cuatro meses de la temporada invernal para el clima base (1961-2010) y para los climas 2030, 2050 y 2070 en cada uno de los RCP 4.5 y 8.5.

En la Figura 2A se muestra el mapa con el número de HF promedio en el periodo invernal (noviembre a febrero) en la República Mexicana. En el escenario del clima 2030 del RCP 4.5 (Figura 2B) la superficie de los rangos SIN FRÍO, 50-200, 200-400 y 400 a 600 HF aumenta 10.0, 11.5, 5.1 y 12.1%, respectivamente, (Cuadro 2) con respecto al escenario actual, es decir, la superficie con menor acumulación de frío, donde no se cultivan frutales de clima templado, es probable que aumente, mientras que la superficie con mayor acumulación de frío, donde se cultivan frutales de clima templado, presenta una posible disminución en el rango 600-800 HF de 11.7% y en el rango de 800-900 HF una disminución de 30.5%.

En el clima 2050 del RCP 4.5 la superficie de los rangos SIN FRÍO, 50-200, 200-400 y 400 a 600 HF y la superficie con mayor acumulación de frío (600-800 y 800-900 HF), presentan una tendencia similar al clima 2030 pero más acentuado, así se tiene que la superficie del rango 50-200 HF es probable que aumente 29.3% y la superficie del rango 800-900 HF es probable que disminuya 57.1% (Figura 2C y Cuadro 2).

El clima 2070 del RCP 4.5, al igual que en los climas anteriormente descritos el porcentaje de la superficie con menor acumulación de frío es posible que aumente hasta 36.4% en el rango 50-200 HF, mientras que, el porcentaje de superficie con mayor acumulación de frío es posible que disminuya hasta 61.6% en el rango 800-900 HF (Figura 2D y Cuadro 2).

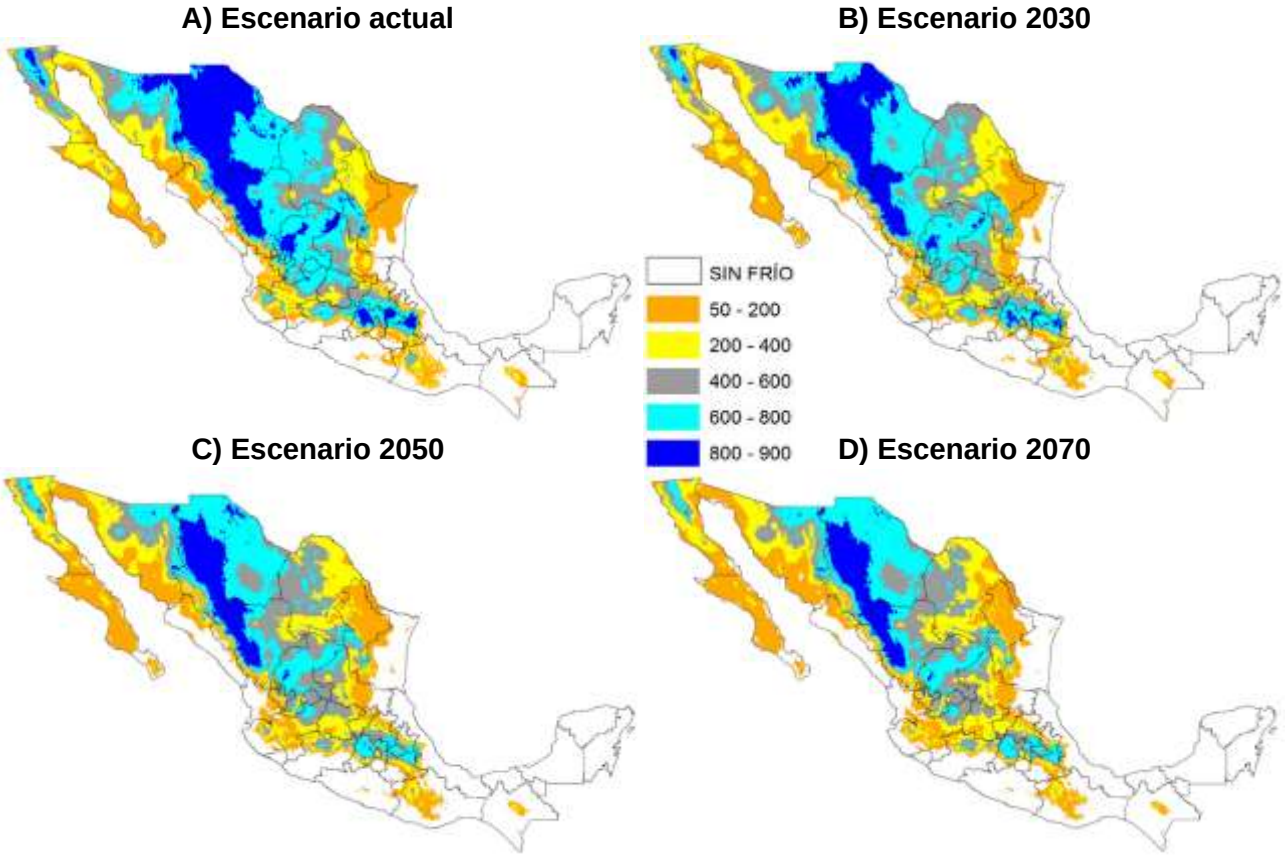


Figura 2. Número de HF promedio en el periodo invernal (noviembre a febrero) en el escenario actual y en tres escenarios climáticos futuros del RCP 4.5, en la República

Mexicana.

Las áreas de alta acumulación de frío (600-800 y 800-900 HF) es posible que tengan una fuerte reducción conforme se avance en los escenarios hacia el futuro, especialmente en áreas de la sierra de Baja California, sierra Madre Occidental y sus estados adyacentes como son Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas y Aguascalientes y áreas del eje Neo Volcánico, por lo que es posible que en esas regiones se inicie una reducción de la aptitud de la superficie agrícola para frutales de clima templado tal como lo señalan Medina et al, (2011) en la región manzanera de Chihuahua.

Cuadro 2. Porcentaje de la superficie con HF en la temporada invernal (noviembre a febrero) y su porcentaje en los escenarios climáticos futuros en la República Mexicana.

HF	ESCENARIO ACTUAL	RCP 4.5			RCP 8.5		
		2030	2050	2070	2030	2050	2070
SIN FRÍO	100.0	110.0	118.7	123.9	118.8	140.2	156.1
50 - 200	100.0	111.5	129.3	136.4	127.1	143.5	159.8
200 - 400	100.0	105.1	114.9	114.7	116.2	142.6	160.0
400 - 600	100.0	112.1	116.1	114.1	129.2	134.3	90.4
600 - 800	100.0	88.3	74.2	67.0	73.6	32.1	21.7
800 - 900	100.0	69.5	42.9	38.4	31.4	6.0	0.5

En general en los RCP 4.5 y 8.5 se presenta el mismo comportamiento de reducción y aumento de superficie en los diferentes rangos de HF, pero en la RCP 8.5 los aumentos o disminuciones son más drásticos, esto debido a que este es un escenario de emisiones altas de GEI, es decir, que en este escenario no hay cambios de política para reducir las emisiones (Van Vuuren et al., 2011), por lo que con mayores emisiones de GEI habrá mayor efecto invernadero y mayor aumento de temperatura de acuerdo al modelo de la RCP.8.5.

CONCLUSIONES

Las áreas de alta acumulación de frío (600-800 y 800-900 HF) tendrán una fuerte reducción conforme se avance en los escenarios hacia el futuro, especialmente en áreas de la sierra de Baja California, sierra Madre Occidental y áreas del eje Neo Volcánico, por lo que es posible que en esas regiones se inicie una reducción de la superficie agrícola con aptitud para frutales de clima templado y algunos cultivos del ciclo otoño-invierno.

Los resultados de este estudio pueden servir de base en el diseño de estrategias, para enfrentar el cambio climático en las áreas productoras de frutales de clima templado en México, como pudiera ser la generación de nuevas variedades con menor requerimiento de HF.

REFERENCIAS

Luedeling, E.; Girvetz, E. H.; Semenov, M. A. and Brown, P. H. 2011. Climate change affects winter chill for temperate fruit and nut trees. PLoS ONE 6(5):20155-1371.

Martínez, D.G. 2012. La brotación de la vid en Sonora. INIFAP-CIRNO-CECH. Hermosillo, Sonora. Folleto técnico 44. Pp. 26-27.

Medina-García, G., Ruiz-Corral, J. A., Ramírez-Legarreta, M. R. y Díaz-Padilla, G. 2011. Efecto del cambio climático en la acumulación de frío en la región manzanera de Chihuahua. Rev. Mex. Cienc. Agríc. Pub. Esp. Núm. 2:195-207.

Pérez, F. J., Ormeño N. J., Reynaert, B. and Rubio, S. 2008.Use of the dynamic model for the assessment of winter chilling in a temperate and a subtropical climatic zone of Chile. Chilean J. Agric. Res. Vol. 68:198-206.

Ruiz-Corral, J. A.; Medina-García, G.; Rodríguez-Moreno, V. M.; Sánchez-González, J. J.; Villavicencio, G. R.; Durán, P. N.; Grageda, G. J. y García, R. J. E. 2016. Regionalización del cambio climático en México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. Pub.Esp. Núm. 13:2451-2464.

Snyder, R. L. 1985. Hand calculating degree-days. Agric. For. Meteorol. 35:353-358.

Van Vuuren, DP, Edmonds J, Kainuma M, Riahi K, Thomson A, Hibbard K, Hurtt GC, Kram T, Krey V, Lamarque JF, Masui T. 2011. The representative concentration pathways: an overview. Climatic change. 109(1):5-31

Weinberger, J. H. 1950. Chilling requirement of peach varieties. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 56: 122-128.

Yu, H.; Luedeling, E. and Xu, J. 2010. Winter and spring warming result in delayed spring phenology on the Tibetan Plateau. PNAS. 107:22151-22156.

Zegbe D., J. A.; Mena C., J.; Medina G., G.; Serna P., A. y Echavarría Ch., F. 2016. Capítulo 3. Cultivos frutícolas. En: Medina G., G.; Zegbe D., J. A.; Reveles H., M.; Mena C., J.; Reveles T., L. y Echavarría Ch., F. G. (Compiladores). 2016. Libro Técnico No. 16. INIFAP-CIRNOC. Campo Experimental Zacatecas. pp. 253-387.

ECOTIPOS, PRODUCTOS QUÍMICOSY SUSTRATOS EN HIJUELOS DE CANDELILLA

ECOTYPES, ROOTING PROMOTERS AND MEDIA SUBSTRATES IN CANDELILLA OFFSHOOTS

Magdalena Villa Castorena[1], Ernesto A. Catalán Valencia, Marco A. Inzunza Ibarra, Hilario Macías Rodríguez

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CENID RASPA Km 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento, Gómez Palacio, Dgo, México.35140. (villa.magdalena@inifap.gob.mx)

RESUMEN

En México existe una sobre explotación de la candelilla (*Euphorbia antisiphyllitica* Zucc.) originando el incremento de las áreas degradadas de este recurso. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de cuatro ecotipos, cuatro sustratos y tres promotores del enraizamiento en la longitud de raíces, cantidad y crecimiento de brotes en hijuelos de candelilla. Los ecotipos fueron Cuatrociénegas, Viesca, Tlahualilo y Cuencamé; los sustratos incluyeron un suelo arenoso, una mezcla de arena y fibra de coco (1:1), mezcla de arena y turba (1:1) y mezcla de turba, perlita y vermiculita (1:1:1), y los productos químicos fueron: proroot, magic root, ácido fenoxiacético (AFA) y un testigo sin aplicación de químicos. El trabajo se desarrolló en un invernadero tipo túnel con cubierta de plástico y ventilado en forma natural. Se usaron bolsas de plástico negro, de 3.7 L llenas con los sustratos estudiados. Los hijuelos se trataron con los productos químicos y se plantaron en las bolsas; se aplicó un riego dos o tres veces por semana. Se usó un diseño experimental de bloques al azar con cinco repeticiones y un arreglo de tratamientos en parcelas subdivididas. Se evaluó la longitud total de raíces, la cantidad y longitud de brotes. Los productos químicos no afectaron de manera positiva a las variables evaluadas. Tlahualilo y Viesca manifestaron el mayor crecimiento de brotes, mientras que Cuatrociénegas produjo la mayor longitud de raíces. La mezcla de turba, vermiculita y perlita produjo la más alta cantidad de brotes y longitud de ellos, pero los sustratos en general no afectaron al crecimiento de raíces.

Palabras clave: longitud de raíces, longitud y crecimiento de brotes.

ABSTRACT

In Mexico there is an over exploitation of candelilla (*Euphorbia antisiphyllitica*) causing an increase in degraded areas of this resource. The purpose of this study was to assess the effect of four ecotypes, four substrates and four chemicals to promote rooting in developing offshoots of candelilla. The ecotypes were Cuatrociénegas, Viesca, Tlahualilo and Cuencamé; substrates included a sandy soil, a mixture of sand and coconut fibre (1:1), a mixture of sand and peat (1:1) and mixture of peat, perlite and vermiculite (1:1:1), and chemicals were proroot, magic root, phenoxiacethic acid (AFA) and a treatment without applying chemicals. The work as performed in a greenhouse covered with plastic and ventilated in a natural way. It used black plastic bags, 3.7 L capacity, such as pots, which were filled with substrates studied. The offshoots were treated with the promoters of rooting and were planted in pots, which were watered every two or three times a week. An experimental design randomized block with ten replications was used and a treatment array of split-split plots. We evaluated the amount and length of buds, and the total length of roots. The results indicate that chemicals evaluated not promoted greater issuance and growth of shoots and roots in offshoots. Tlahualilo and Viesca showed the highest bud grow, while Cuatrociénegas produced the longest root. The mixture of peat, vermiculite and perlite produced the highest amount and length of buds; substrates did not affect the growth of roots.

Key words: Length of buds, length by roots, percentage of rooting.

INTRODUCCIÓN

La candelilla es un recurso vegetal nativo de las zonas áridas y semiáridas del norte de México donde su recolección representa una importante fuente de ingresos para la población de esas áreas. Su distribución abarca los Estados de Durango, Zacatecas, Chihuahua, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y Coahuila, siendo este último el más importante en superficie y producción, ya que participa con el 80% de la producción nacional (Valera, 2004; CONAFOR, 2005).

Como respuesta adaptativa a las condiciones ambientales extremas de las regiones áridas, la candelilla produce cera que le permite conservar la poca humedad que capta en los tiempos de lluvia y protegerse del exceso de energía calorífica (Scora *et al*., 1995; CONAFOR, 2006). La cera de candelilla tiene en el país y en el extranjero un gran número

de aplicaciones industriales y de uso doméstico que han aumentado en los últimos años. Destacan la fabricación de velas, manufactura de cosméticos, pinturas, recubrimientos para frutos de exportación, revestimientos aisladores, goma de mascar, ceras para calzado, ungüentos, jabones, envases deshechables, productos para pulir y abrillantar automóviles, muebles y pisos, materiales eléctricos y aislantes, cableado de computadoras, y fabricación de papel térmico (Hagenmaier, 2000; Cervantes, 2002; Barsch, 2004).

Actualmente la candelilla se explota básicamente como un recurso silvestre y se recolecta desprendiendo las plantas manualmente, lo que destruye el cuello de la planta y una parte de sus raíces, ocasionando la disminución de la población y su regeneración. Esta forma de recolección ocasiona una sobreexplotación de la candelilla y un mayor desplazamiento de los recolectores de esta planta, así como el aumento de las áreas degradadas de las comunidades vegetales donde crece (Cervantes, 2002; Canales *et al*, 2006).

La producción de plántulas de candelilla mediante partes vegetativas en condiciones de vivero es una opción para la obtención de plantas vigorosas y sanas que sirvan para la reforestación de zonas naturales degradadas y/o el establecimiento de esta especie vegetal en áreas de cultivo para estudiar su comportamiento. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de cuatro ecotipos, cuatro sustratos y tres promotores del enraizamiento en la longitud de raíces, cantidad y crecimiento de brotes en hijuelos de candelilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en Gómez Palacio, Dgo. en un invernadero semicircular cubierto con plástico y ventilado en forma natural. Se evaluaron cuatro ecotipos: Viesca y Cuatrociénegas, Coah., Cuencamé y Tlahualilo, Dgo., cuatro sustratos como medio de cultivo: un suelo arenoso, mezcla arena y fibra de coco 1:1 (v:v), arena y turba (peat moss) 1:1 (v:v) y turba con perlita y vermiculita 1:1:1 (v:v:v), y tres tratamientos con productos químicos para promover el enraizamiento: proroot, magic root y ácido fenoxiacético (AFA) a la concentración de 1500 mg L^{-1} y un tratamiento sin aplicación de químicos (testigo). La composición química del proroot y magic root se muestra en el Cuadro 1 y se manejaron a una concentración de 1750 mg L^{-1} de auxinas, para lo cual se mezclaron con talco para disminuir su concentración inicial.

Cuadro 1. Composición química del pro root y magic root

Producto	Constituyentes	Concentración
Pro root	N total	11.0 %
	Fósforo aprovechable (P_2O_5)	55.0 %
	Ac. Naftalenacético (ANA)	2 800 mg kg^{-1}
	Ac. Indolbutírico	200 mg kg^{-1}
	Ac. Fúlvico	2.0 %
Magic root	N elemental (N)	12.0 %
	N amoniacal	12.0 %
	Fósforo aprovechable (P_2O_5)	60 %
	Auxinas	2 900 mg kg^{-1}
	Ac. Fúlvico	2.0 %

Se usó un diseño experimental de bloques al azar con cinco repeticiones y un arreglo de tratamientos en parcelas subdivididas. La parcela grande comprendió a los ecotipos, la mediana a los sustratos y la chica a las sustancias promotoras del enraizamiento. La unidad experimental consistió en tres macetas por tratamiento.

Antes de la plantación se prepararon las macetas llenando bolsas de plástico negro calibre 600 de 3.7 L de capacidad con los sustratos estudiados. En seguida, se les aplicó 1 L de agua con el fin de humedecer el sustrato y se dejaron 24 horas para que drenara el exceso de agua.

El material vegetativo se colectó de los lugares geográficos establecidos (ecotipos), se tomaron plantas completas que tuvieran hijuelos y se llevaron a un lugar sombreado donde se dejaron siete días. Después se llevaron al invernadero donde se seleccionaron hijuelos de dos tallos y de 15 a 20 cm. Estos se trataron en su parte radicular con una solución de captán 50 a razón de 1 g L^{-1} de agua con el fin de prevenir pudriciones radiculares. En seguida, se les trató con la sustancia química correspondiente a cada tratamiento, para lo cual se tomaron grupos de 10 hijuelos y sus partes basales se impregnaron con los productos estudiados por un tiempo de cinco segundos. Después de esto se plantó un hijuelo en cada maceta y se les dio un riego. Los riegos subsecuentes se aplicaron en forma

manual cada dos veces por semana según las condiciones climatológicas existentes y se utilizó el agua de la red de agua potable que tuvo una conductividad eléctrica de 1.0 dS m^{-1} y un pH de 7.9.

Se llevó a cabo un muestreo destructivo a los 110 días después de la plantación (ddp) para evaluar la cantidad y longitud de brotes; así como la longitud total de raíces. Los datos se analizaron estadísticamente mediante el procedimiento GLM del SAS Versión 8.0 (SAS Institute, 2004) y se realizaron comparaciones de medias mediante la prueba Duncan a un p= 0.05 cuando fue necesario.

RESULTADOS Y DISCUSION

Brotes por hijuelo

Los productos químicos afectaron de manera significativa (p = 0.01) el número de brotes por hijuelo; por el contrario, los ecotipos, los sustratos y las interacciones entre los factores estudiados no mostraron ningún efecto significativo sobre esta variable. Proroot y magic root promovieron una cantidad de brotes similar entre ellos, con una producción promedio de cuatro brotes. El ácido fenoxiacético produjo significativamente menos brotes, logrando sólo uno al final del estudio. La aplicación de promotores del enraizamiento no benefició a la brotación ya que el testigo mostró más del doble de brotes que los producidos con los tratamientos químicos, siendo estadísticamente superior que ellos y alcanzó un valor máximo de nueve brotes por hijuelo.

Longitud total de brotes

Los efectos principales de los ecotipos, sustratos y productos químicos; así como la interacción sustrato x productos químicos en la longitud total de brotes fueron altamente significativas (p=0.01). Las demás interacciones de los factores estudiados no tuvieron significancia estadística (p=0.05). Viesca mostró el mayor crecimiento de brotes que el resto de los ecotipos (Figura 1). El produjo un 34, 50 y 61% más de longitud de brotes que la producida en Tlahualilo, Cuencamé y Cuatrociénegas, respectivamente. Sin embargo, Viesca y Tlahualio fueron estadísticamente similares entre sí, pero diferentes a Cuencamé y Cuatrociénegas (Duncan, p = 0.05).

La interacción sustrato por productos químicos indica que la mezcla de turba, vermiculita más perlita y los hijuelos sin tratar (testigo) promovieron el más alto crecimiento de brotes (Cuadro 2). Este tratamiento produjo desde 2.8 hasta 8.8 veces más de longitud de brotes que el producido en promedio por los tratamientos con químicos. Por el contrario, la mezcla arena más fibra de coco y los hijuelos tratados con ácido fenoxiacético mostraron el menor crecimiento de brotes. con sólo el 0.9% del crecimiento de brotes del mejor tratamiento (Cuadro 2). Los productos químicos tuvieron un comportamiento similar en cada uno de los sustratos evaluados y no fueron estadísticamente diferentes entre ellos (Duncan, $p = 0.05$).

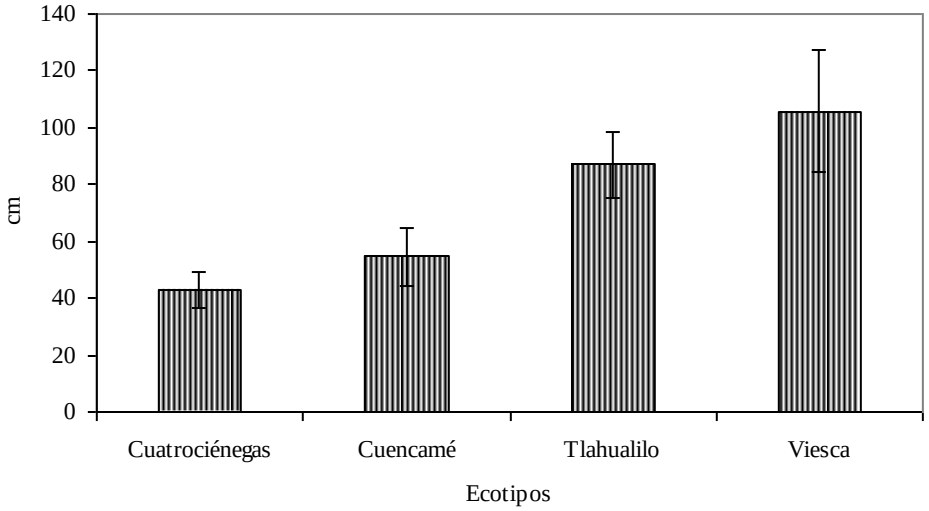


Figura 1. Efecto del ecotipo en la longitud total de brotes por hijuelo.Las barras verticales indican ± el error estándar.

Cuadro 2. Comparación de medias de la longitud total de brotes por hijuelo en la interacción sustratos por productos químicos en el último muestreo.

Sustrato	Producto químico	Media (cm)†
Suelo arenoso	Ácido fenoxiacético	15.3 c
Suelo arenoso	Magic root	41.0 c

Suelo arenoso	Proroot	46.7 c
Suelo arenoso	Sin tratar	96.6 b
Arena + turba	Ácido fenoxiacético	15.7 c
Arena + turba	Magic root	51.5 c
Arena + turba	Proroot	62.5 c
Arena + turba	Sin tratar	139.2 b
Arena + fibra de coco	Ácido fenoxiacético	2.5 c
Arena + fibra de coco	Magic root	59.2 c
Arena + fibra de coco	Proroot	50.3 c
Arena + fibra de coco	Sin tratar	146.7 b
Turba + vermiculita+perlita	Ácido fenoxiacético	9.43 c
Turba + vermiculita+perlita	Magic root	33.9 c
Turba + vermiculita+perlita	Proroot	54.6 c
Turba + vermiculita+perlita	Sin tratar	288.6 a

† Medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes (Duncan, p =0.05).

Longitud total de raíces

El efecto principal de los ecotipos y productos químicos en la longitud total de raíces fue significativo (p =0.01), en cambio el de los sustratos y las interacciones entre los factores estudiados no lo fue (p = 0.05). La comparación de medias entre los ecotipos indica que Cuatrociénegas mostró la mayor longitud de raíces que la de los otros tres ecotipos produjo el doble de longitud de raíces que Cuencamé y Tlahualilo y 1.6 veces más que Viesca (Cuadro 3). Estos últimos ecotipos mostraron un crecimiento de raíces estadísticamente similar.

Por otra parte, la comparación de medias entre los productos químicos indica que los hijuelos del testigo manifestaron el mayor crecimiento de raíces que aquéllos a los que se les aplicó sustancias químicas (Cuadro 3). Este tratamiento produjo 1.9, 2.4 y 4.4 veces más crecimiento de raíces que proroot, magic root y el ácido fenoxiacético,

respectivamente. Estos resultados coinciden con los reportados por De la Garza et al. (1992) quien señala que la planta de candelilla enraíza muy fácilmente sin necesidad de tratamientos químicos.

Cuadro 3. Medias de la longitud total de raíces para los ecotipos estudiados.

Ecotipos	Media (cm) †	Producto químico	Media (cm) †
Cuatrociénegas	10.6 a	Ácido fenoxiacético	2.9 c
Cuencamé	5.1 b	Magic root	5.3 b
Tlahualilo	5.1 b	Proroot	6.7 b
Viesca	6.6 b	Sin tratar	12.5 a

†Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Duncan, *p*= 0.05).

CONCLUSIONES

Los productos químicos evaluados no promovieron una mayor emisión y crecimiento de brotes y de raíces en hijuelos de candelilla. El tratamiento que no recibió aplicación de químicos mostró la mayor cantidad y crecimiento de brotes y de raíces.

Los ecotipos no afectaron a la producción de brotes, pero sí a su crecimiento y al de las raíces. Viesca mostró la mayor longitud brotes, mientras que Cuatrociénegas la mayor longitud de raíces. Los sustratos de arena más turba y la de turba más vermiculita y perlita produjeron la más alta cantidad de brotes y longitud de ellos.

REFERENCIAS

Barsch F (2004) Candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*): utilization in Mexico and international trade. Medicinal Plant Conservation 9 :46-50.

Canales G E, V Canales M, E M Zamarrón R (2006) Candelilla del desierto Mexicano hacia el mundo. Biodiversitas 69: 1-5.

Cervantes R M C (2002) Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México. Temas Selectos de Geografía de México. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. pp 125-137.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2006) La Candelilla. http://www.conafor.gob.mx/ revista_forestal /vol 207). Consultado el 23 de septiembre del 2006.

De la Garza De la P F E, C A Berlanga R, F J Tovar V (1992) Guía para el establecimiento y manejo de plantaciones de candelilla. Folleto Divulgativo No. 2. SARH-INIFAP. Campo experimental " La Sauceda" Saltillo, Coahuila, México. 14 pp.

Hagenmaier R D (2000) Evaluation of a polyethylene-candelilla coating for 'Valencia' oranges. Postharvest Biology and Technology 19: 147-154.

SCORA, G. A.; AHMED, M. R.; SCORA, W. 1995. Epicuticular hydrocarbons of candelilla (*Euphorbia antisiphyllitica*) from three different geographical areas. Industrial crops and products 4: 179-184.

SAS Institute Inc (2004) SAS/STAT User's guide, Version 6. Fourth edition Volume 2.

Valera M. R. 2004. Aprovechamiento de la Candelilla en el Estado de Coahuila, Revista Hipatía de Alejandría Núm. 4, Saltillo, México.

EFECTO DE DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO DE DOS HIBRIDOS COMERCIALES DE MAIZ EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Aispuro-Arana, Francisco H[1]; Marroquín-Morales, José A[3]; Montoya-Coronado, Lope[3]; *Buitimea*-Valenzuela *Yenire* Y[2]; Aispuro-Arana, Eduardo A[3]

[1] Departamento de Recursos Naturales, Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero 818 Sur, 85000 Cd. Obregón, Sonora, México. aispuro1996@hotmail.com
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug. km. 12. Cajeme, Obregón, Sonora, México.
[3]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui. Av. Tecnológico, Calle 600, Block 611. C. P. 85275. San Ignacio Río Muerto, Bácum, Sonora, México.

RESUMEN

Existen diferentes factores importantes para determinar el rendimiento de cultivo, algunos de ellos son la selección de un material genético apropiado y el ambiente. Algunos factores ambientales pueden manipularse por medio del manejo agronómico. Por ejemplo, la selección de una densidad de siembra adecuada. Dicho factor puede influir en el rendimiento y la calidad del grano. Durante los últimos 5 años la superficie sembrada de maíz se ha incrementado notablemente ocupando el 22 % de la superficie de siembra en el estado posicionándose en el segundo cultivo más producido en el sur de sonora. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la interacción de 4 densidades de siembra en condiciones del Valle del Yaqui en dos híbridos comerciales de maíz: Pioneer 3230W y Dekalb Dk-4050 para determinar el efecto de siembra en el rendimiento. Se evaluaron 4 densidades 112,600, 100,000, 87,500 y 74,850 plantas Ha^{-1}. La unidad experimental fue de 4 surcos por 6 metros de longitud, siendo los dos surcos centrales la parcela útil. Los resultados mostraron que el tratamiento con 112,600 plantas Ha^{-1} obtuvo el mayor rendimiento con 14,147 Kg Ha^{-1} y el menor el tratamiento de 74,850 plantas Ha^{-1} con rendimiento 8,065 Kg Ha^{-1}.

ABSTRACT

There are different important factors to determine crop yield, some of them are the selection of an appropriate genetic material and the environment. Some environmental factors can be manipulated through agronomic management. For example, the selection of a suitable stocking density. This factor can influence the yield and quality of the grain. During the last 5 years, the area planted with corn has increased notably, occupying 22% of the planting area in the state, positioning itself as the second most produced crop in southern Sonora. The objective of this work was to evaluate the interaction of 4 planting densities in Yaqui Valley conditions in two commercial corn hybrids: Pioneer 3230W and Dekalb Dk-4050 to determine the effect of planting on yield. Four densities 112,600, 100,000, 87,500 and 74,850 plants Ha-1 were evaluated. The experimental unit consisted of 4 rows by 6 meters in length, the two central rows being the useful plot. The results showed that the treatment with 112,600 plants Ha-1 obtained the highest yield with 14,147 Kg Ha-1 and the lowest the treatment of 74,850 plants Ha-1 with yield 8,065 Kg Ha-1.

INTRODUCCION

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (2019) el maíz (*Zea mays,* L.) es considerado uno de los cereales más importantes en el mundo después del trigo y arroz, para el consumo humano y animal. México es el octavo

país productor de maíz en el mundo alrededor de 27,228,242 millones de toneladas son producidas posicionándose este el cultivo más producido y consumido en México. Durante el periodo 2015-2020 la superficie de siembra de maíz ha incrementado de 20,025 has a 55,714 has, ocupando el 22 % de la superficie de siembra en el estado posicionándose en el segundo cultivo más producido (SIAP, 2020). A nivel nacional se identifican aproximadamente 2 millones de productores dedicados al cultivo de maíz, de estos 85% lleva a cabo su labor en predios cuya extensión es menor o igual a 5 hectáreas (SIAP, 2007). La respuesta al rendimiento depende inmensamente del genotipo seleccionado, las condiciones ambientales, suministro de agua y nutrientes adecuado ajustada a la densidad de siembra y a la etapa crítica del cultivo (Garay y Cruz, 2015).

MATERIALES Y METODOS

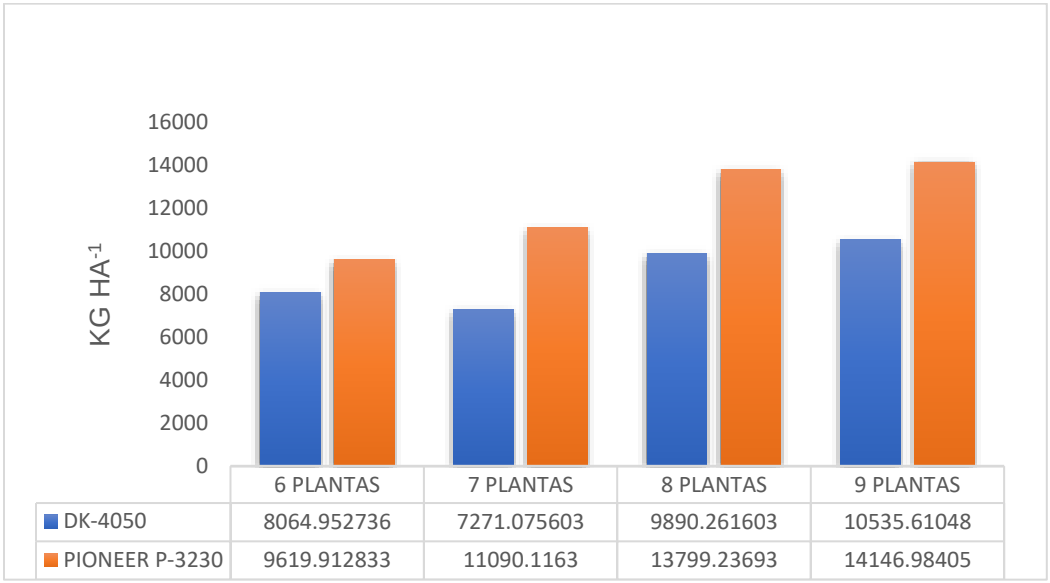
El presente trabajo se realizó en el ciclo otoño-invierno 2020-21 y primavera-verano 2021 en terrenos del CENEB-INIFAP, Cd. Obregón, Sonora, localizado en el Block 910 del Valle del Yaqui, donde se evaluaron dos materiales genéticos de maíz, bajo las condiciones de riego por gravedad. El tipo de suelo fue arcilloso, el cultivo inmediato anterior fue cártamo también regado por gravedad. La preparación del terreno fue cinceleo y doble paso de rastra. El trazo de las camas fue de 0.8 m de separación por 100 m de longitud, la distancia entre plantas de 11.11 cm, 12.5 cm, 14.29 cm y 16.7 cm, para así tener un total de 112,600, 100,000, 87,500 y 74,800 plantas Ha^{-1}. El riego de pre-siembra fue de 23 cm de lámina y posteriormente se aplicaron 5 riegos de auxilio de 10 cm lamina cada uno. La fertilización total fue de 450 kg/ha de nitrógeno en forma de urea, se aplicó el 50 % de fertilizante en pre-siembra, 25 % en la siembra y el resto se aplicó antes del primer riego de auxilio. Los materiales genéticos evaluados en la parcela experimental fueron los híbridos comerciales Pioneer P-3230 y Dekalb Dk-4050. La siembra experimental de realizo el 11 de enero del 2021 se sembró a tierra venida (húmedo). Se utilizó una sembradora de precisión marca Monosem. Para el control de maleza de hoja ancha se utilizó el herbicida Surestart (Acetoclor + Clopiralid-olamina + Flumetsulam) en dosis de 2 L ha-1, para el control de gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) se aplicó el insecticida Intrepid (methoxyfenozid) dosis de 150 ml ha-1, para el control de la mosca de los estigmas (Euxesta stigmatias) se aplicó Cypervel en dosis de 500 ml ha-1, todas las aplicaciones se realizaron con una mochila aspersora. La unidad experimental fue de ocho surcos por diez metros de largo y la parcela útil de dos surcos centrales de seis metros de largo. La cosecha experimental se realizó manualmente y la variable considerada fue Rendimiento Kg Ha^{-1}

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cosecha se realizó manualmente el día 22 de julio del 2021, a los 191 días después de la siembra. En la figura 1 se presentan los valores promedio de rendimiento para los materiales evaluados y su densidad asignada, se observa que hubo una variación entre los materiales seleccionados, el material Pioneer P-3230W demostró ser un material con un rendimiento potencial aceptable considerando el manejo agronómico al que se sometió, también se aprecia que el material Dekalb Dk-4050 obtuvo el menor rendimiento promedio en todas las densidades evaluadas, se observa que el volumen de planta por hectárea influye directamente en el rendimiento, sin embargo, la variación del rendimiento promedio obtenido con densidades ajustadas a 100,000 y 112,360 plantas por hectárea pueden obtener rendimientos aceptables.

Los materiales estuvieron expuestos a temperaturas que oscilan entre los 20°C y 40°C, pero la temperatura mínima ocurre entre los 0 °C y 20°C durante el ciclo del cultivo. Si bien se pueden obtener un rendimiento aceptable con el material Pioneer P-3230W

usando una densidad de siembra de 87,500 plantas Ha^{-1}, sin embargo, no es recomendable por los posibles problemas que puedan presentarse durante el desarrollo del cultivo.



	6 PLANTAS	7 PLANTAS	8 PLANTAS	9 PLANTAS
DK-4050	8064.952736	7271.075603	9890.261603	10535.61048
PIONEER P-3230	9619.912833	11090.1163	13799.23693	14146.98405

Figutra 1. Rendimiento de grano de maíz con diferente densidad poblacional para dos materiales genéticos de maíz en el Valle del Yaqui, Sonora

Es importante mencionar que las plantas para todos los dos materiales se vieron afectados por bajas temperaturas en un 10 % de su área foliar, todo esto sin afectar el punto de crecimiento. El cultivo se recuperó después del primer riego de auxilio, esto podría afectar el rendimiento del cultivo si se encontrara en una etapa vegetativa más avanzada. Temperaturas altas en la etapa de floración afecta directamente a la polinización, por lo tanto, tendrá influencia en llenado de grano y el rendimiento total.

CONCLUSIONES

1. Los rendimientos se vieron afectados por las diferentes densidades de siembra, podemos decir que el rendimiento incrementa por el aumento de individuos por unidad de superficie.
2. El mayor rendimiento se obtuvo con el hibrido comercial Pioneer P-3230W con 14,147 Kg Ha^{-1} en el tratamiento con 112,600 plantas Ha^{-1}

REFERENCIAS

FAOSTAT, FAO, Statistical Database. 2019.. Publishing Management Service, Information Division, Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). Consultado en línea el 06 de marzo de 2021. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC

Garay J., Cruz J. 2015. El cultivo de maíz en San Luis. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Información técnica 188. San Luis: Inta Ediciones.

SIAP, 2020. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Estadísticas. Consultado en línea 30 de mayo de 2021. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do

SIAP, 2007. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Estadísticas. Consultado en línea 23 de mayo de 2021. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do

EFECTO DE HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES EN EL CRECIMIENTO DEL CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annuum* L.)

EFFECT OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI ON THE GROWTH OF JALAPEÑO PEPPER (*Capsicum annuum* L.)

Tejeda-Avalos, Javier Alonso[1]; González-Mancilla, Apolinar[1*]; Vázquez-Vázquez, Cirilo[1]; Gutiérrez-Guzmán, Ulises Noel[1]; González-Mancillas, Rigoberto[2]; Vázquez-López, Patricia[3]

[1]Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo Km. 32. Venecia, Gómez Palacio, Dgo. México. apolinar.gonzalez@ujed.mx**. [2]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan. Av. Tecnológico, No. 21, C.P. 68446, San Bartolo, Tuxtepec, Oaxaca. [3]Facultad de Contaduría y Administración, Universidad Autónoma de Coahuila, Blvd. Revolución Oriente No. 151, C.P. 27000, Torreón, Coahuila.**

RESUMEN

En el presente trabajo, se estudiaron hongos micorrízicos arbusculares (HMA) provenientes de agroecosistemas nativos de La Comarca Lagunera, con el objetivo de probar sus efectos como biofertilizantes en el crecimiento y rendimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) cultivado en invernadero. Para evaluar el potencial de los HMA se llevó a cabo un experimento con un diseño completamente al azar, probando seis tratamientos [cinco consorcios de HMA (HMA1, HMA2, HMA3, HMA4, HMA5) y un testigo], con cuatro repeticiones cada uno. Se utilizó suelo rizosférico (como inoculo) de los cinco sitios revuelto con peat moss en relación 1:1, se utilizo charolas de germinación de 200 cavidades para producir la plántula y posteriormente se trasplanto en el invernadero con una distancia entre plantas de 20 cm y 50 cm entre hileras, regando cada tres días mediante un sistema de riego por goteo. En el invernadero se evaluó altura de planta, numero de flores y frutos, y clorofila. Los resultados mostraron que las plantas tratadas con el HMA1 presentaron mayor altura (90 cm) y mayor número de flores por planta (10); el tratamiento con el HMA5 fue mejor en la cantidad de clorofila al presentar 52 CCI (Índice de Cantidad de Clorofila); finalmente el tratamiento testigo fue mejor en el numero de frutos por planta estadísticamente similar al tratamiento con HMA1, quienes presentaron 10 y 9 frutos, respectivamente.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., Hongos micorrízicos arbusculares, Índice de Cantidad de Clorofila, frutos.

ABSTRACT

In the present work, arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) from native agroecosystems of La Comarca Lagunera were studied, with the aim of testing their effects as biofertilizers on the growth and yield of the jalapeño pepper (Capsicum annuum L.) grown in a greenhouse. To evaluate the potential of HMA, an experiment was carried out with a completely randomized design, testing six treatments [five consortia of HMA (HMA1, HMA2, HMA3, HMA4, HMA5) and a control], with four replications each. Rhizospheric soil was used (as inoculum) from the five sites stirred with peat moss in a 1: 1 ratio, germination trays of 200 cavities were used to produce the seedling and later it was transplanted into the greenhouse with a

distance between plants of 20 cm and 50 cm between rows, watering every three days using a drip irrigation system. In the greenhouse, plant height, number of flowers and fruits, and chlorophyll were evaluated. The results showed that the plants treated with HMA1 presented greater height (90 cm) and greater number of flowers per plant (10); treatment with HMA5 was better in the amount of chlorophyll by presenting 52 CCI (Chlorophyll Amount Index); finally the control treatment was better in the number of fruits per plant statistically similar to the treatment with HMA1, who presented 10 and 9 fruits, respectively.
Key words: *Capsicum annuum* L., Arbuscular mycorrhizal fungi, Chlorophyll Quantity Index, fruits.

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de pimiento fresco en 2019 fue de aproximadamente 38 millones de toneladas, México ocupo el segundo lugar en producción con más de tres millones de toneladas, cosechada en una superficie de más de 149 mil hectáreas (FAOSTAT, 2021).
A nivel nacional, en el año 2020, el estado de Chihuahua ocupo el primer lugar en producción con más de 722 mil t, producidas en más de 30 mil hectáreas y un valor en la producción de más de cinco millones de pesos; Durango se encontró en el lugar número 11 con más de 48 mil t producidas en más de 4 mil hectáreas, generando un valor económico por más de 537 mil pesos; para el Distrito Laguna-Durango se reportó una producción de 12 840 t, cosechadas en 343 ha y un valor económico de 104 034 pesos (SIAP-SAGARPA, 2021).
México es uno de los principales productores de pimiento (*Capsicum* spp.) a nivel mundial, y el de mayor diversidad genética de esta especie vegetal (Ramírez, 1996). Los frutos contienen abundantes vitaminas A, E, B y C, ácido fólico y potasio (López, 2003), y tienen efectos terapéuticos sobre la salud humana (López, 2003). Además, este cultivo cobra mayor importancia por su uso en la cocina la cocina mexicana (Rodríguez *et al*., 2007; Morán-Bañuelos *et al*., 2008).
Las variedades de chile más cultivadas en el norte del país son Bell Pepper y jalapeño, cuyo manejo demanda altas cantidades de fertilizante químico, que no son completamente aprovechados por las plantas. Esto se traduce en altos costos de producción y contaminación potencial en el suelo (Gyaneshwar *et al.,* 2002; Villarreal *et al*., 2006; Salazar *et al*., 2013). Los fertilizantes nitrogenados son los más utilizados en cultivos hortícolas y su sobreuso genera impactos ambientales a gran escala, que ponen en peligro la sostenibilidad de los ecosistemas al causar eutrofización y contribuir al calentamiento global, al ser una fuente importante de óxido nitroso (N_2O) (Díaz *et al*., 2008; Galloway *et al.,* 2008; Hoben *et al*., 2011).
Una alternativa al problema de la sobrefertilizacion es el uso de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), con los cuales es posible desarrollar sistemas amigables con el ambiente, reducir la aplicación de fertilizantes químicos y mantener una producción sostenible *(*Gomiero *et al*., 2011). Los HMA son importantes en la agricultura por los beneficios que tienen en los cultivos al actuar como movilizadores de agua y nutrientes, entre ellos fosforo, cinc y cobre, y como agentes de control biológico (Marques *et al.,* 2006; Lehmann *et al*., 2015; Smith *et al*., 2015). Hu-zhe *et al*. (2005), mostraron que la inoculación de *Rhizophagus intraradices* en plantas de pimiento (*Capsicum annuum*) infectadas con *Phytophthora capsici* incrementó la actividad de enzimas relacionadas con la lignificación, lo que se reflejó en una reducción de la mortalidad de la raíz.
Los HMA son un grupo funcional clave para los agroecosistemas debido a su amplia distribución geográfica y porque se asocian comúnmente con muchos cultivos importantes, incluyendo especies de *Capsicum annuum* (Alarcón *et al*., 2012; Carballar Hernández *et al*., 2018). Por ejemplo, los HMA están asociados con diferentes especies y variedades de

chile, cuya colonización ha oscilado entre el 38 y 68% (Castillo *et al*., 2010; Boonlue *et al.,* 2012; Chen *et al.,* 2012; Vays y Vays, 2012). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de los HMA en el crecimiento del chile jalapeño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento del experimento

El experimento fue establecido en la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. Se recolecto muestras de suelo en tres sitios, los cuales fueron utilizados como inóculos de HMA, mismos que serán identificadas a nivel de especie o genero al final del experimento (actualmente en proceso), los consorcios de HMA (aun no identificados) son originarios del Ejido las Vallas (HMA1), Rancho Vacas Flacas (HMA2), y San Miguel del Real (HMA3) pertenecientes al municipio de Tlahualilo Durango, México. El efecto de los consorcios anteriores se comparó con dos inóculos micorrízicos provenientes de rizosfera de chile jalapeño, colectados en Francisco I. Madero (HMA4) y en el campo de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (HMA5).

Se estableció un diseño completamente al azar con seis tratamientos (HMA1, HMA2, HMA3, HMA4, HMA5 y un testigo) y cuatro repeticiones cada uno. Los tres primeros tratamientos se encuentran en proceso de identificación y se comparo con el HMA4 el cual contiene las especies *Claroideoglomus claroideum*, *C. etunicatum*, *G. postulatum* y *Diversispora spurca* y el HMA5 conformado por *Claroideoglomus claroideum*.

Se utilizó suelo rizosférico de los cinco sitios diferentes mezclado con peat moss en relación 1:1. Para la siembra de las semillas, se usaron charolas de germinación de 200 cavidades, los cuales se desinfectaron durante tres minutos con cloro al 1 % y se lavaron tres veces con agua destilada estéril; se sembraron dos semillas por cavidad directamente en las charolas de germinación y se regaron con agua suficiente para mantener la humedad. Al inicio de la temporada agrícola primavera-verano de 2021, las plántulas fueron trasplantadas en el invernadero aproximadamente a los 50 días después de la siembra, los sistemas de plantación fueron en un lecho con una distancia de 20 cm entre plantas y 50 cm entre hileras. Se instaló un sistema de riego por goteo con cinta en T y se diseñó para un programa de riego de 6 h por día, cada tres días.

Las características físico-químicas del suelo del invernadero donde se estableció el experimento fueron pH medianamente alcalino (8.24), materia orgánica de 2.55 %, nitrógeno inorgánico de 200.6 ppm interpretado como muy alto y fosforo 190 ppm valor alto; la textura fue arcillosa.

Variables evaluadas y análisis estadístico

Se midió la altura de planta después de 76 días después del transplante (DDT), partiendo desde la base del tallo hasta el ápice de la última hoja, misma que se realizo con una cinta métrica graduada en cm; el número de frutos y el número de flores fueron cuantificadas de manera visual; finalmente, el Índice de Cantidad de Clorofila (CCI) se midió con un medidor de clorofila (Fluorímetro) marca Opti-Sciences (CCM-200 Plus). Las variables fueron analizadas en el paquete estadístico SAS Institute Inc. (2002) realizando una prueba de medias según Tukey (0.05) y un análisis de varianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El crecimiento de las plantas, específicamente en la variable de altura, presentó diferencias estadísticas significativas (Tukey 0.05) según el efecto de los diferentes HMA inoculados (Figura 1). Las plantas inoculadas con el HMA1 presentaron mayor altura con 90 cm, seguido del tratamiento testigo (T) con 87 cm, el valor más bajo fue localizado en las plantas

tratadas con el HMA2 (45 cm) y con el HMA 3 (55 cm). En un trabajo similar, en cultivo de chile poblano, encontraron una altura (18.03 cm) cuando se inoculo con (*Rhizophagus intraradices*) proveniente de suelo con plantaciones de *Agave cupreata* (Reyes-Tena *et al*., 2016), los cuales fueron más bajos que los reportados en este trabajo.

La variable de clorofila, no presentó diferencias estadísticas significativas (Tukey 0.05) según el efecto de los diferentes HMA inoculados (Figura 2). Sin embargo, las plantas inoculadas con el HMA5 presentaron mayor Índice de Concentración de Clorofila con 52 CCI, la concentración más baja se localizó en las plantas inoculadas con el HMA4 con 42 CCI. En un trabajo similar, en cultivo de chile tabasco (*Capsicum frutescens* L.), encontraron mayor Índice de Concentración de Clorofila (194,93 – 199,76 µg-g^{-1}) cuando se inoculo con *Funneliformis mosseae* (Jiménez *et al*., 2017), los cuales fueron más bajos que los reportados en este trabajo.

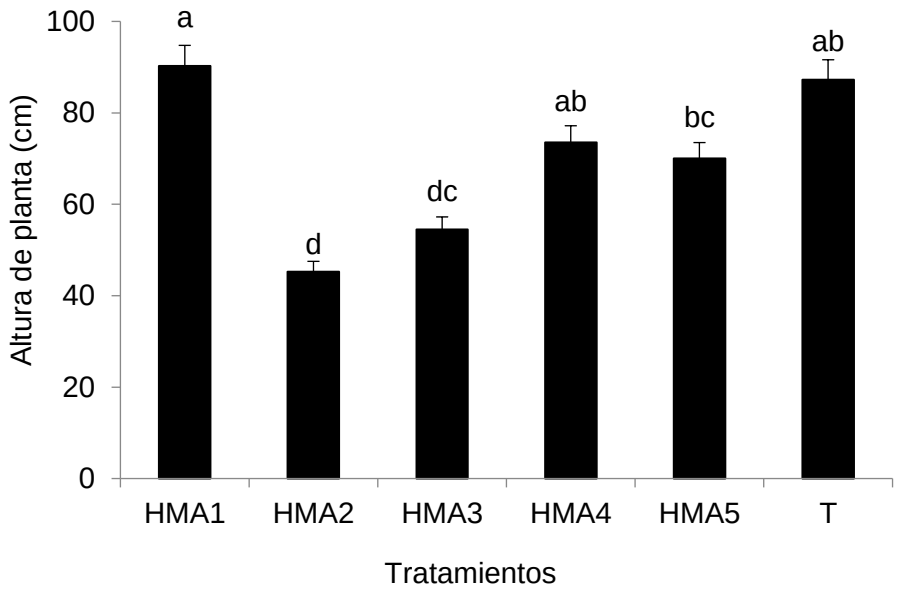


Figura 1. Altura de plantas de chile jalapeño según el efecto de diferentes hongos micorrízicos arbusculares (HMA). Letras diferentes sobre las barras indican diferencias estadísticas significativas (Tukey 0.05). n = 4. HMA1, HMA2 y HMA3= por identificar, HMA4= *Claroideoglomus claroideum*, *C. etunicatum*, *G. postulatum* y *Diversispora spurca*, HMA5 = *Claroideoglomus claroideum*.

La producción de flores no presento diferencias estadísticas significativas (Tukey 0.05), sin embargo, numéricamente se pudo observar que las plantas tratadas con el HMA1 presento mayor numero de flores con 9 (flores por planta). La producción de frutos si presentó diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05) según el efecto de los diferentes HMA inoculados (Figura 3). Las plantas inoculadas con el HMA5, HMA4 y HMA3 presentaron mayor número de frutos con 7, 7 y 5 frutos por planta, el valor más bajo fue localizado en las plantas tratadas con el HMA2 con 2 frutos por planta. En un trabajo similar, pero en cultivo de chile tabasco (*Capsicum frutescens*), encontraron mayor número de flores (35-37) y frutos (2-4) cuando se inoculo con *Acaulospora appendiculata* HR0201 y *Acaulospora denticulata* RA2106) (Boonlue *et al.,* 2012), respecto al número de frutos por planta los resultados de este trabajo fueron mejores que los reportados por Boonlue *et al.* (2012).

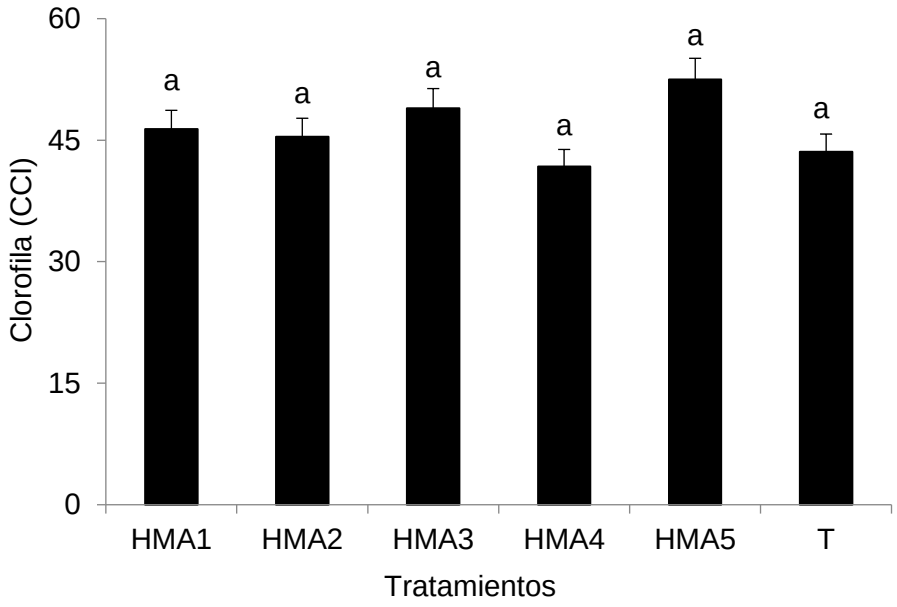


Figura 2. Índice de Cantidad de Clorofila (CCI) en plantas de chile jalapeño según el efecto de diferentes hongos micorrízicos arbusculares (HMA). Letras diferentes sobre las barras indican diferencias estadísticas significativas (Tukey 0.05). n = 4. HMA1, HMA2 y HMA3= por identificar, HMA4= *Claroideoglomus claroideum*, *C. etunicatum*, *G. postulatum* y *Diversispora spurca*, HMA5 = *Claroideoglomus claroideum*.

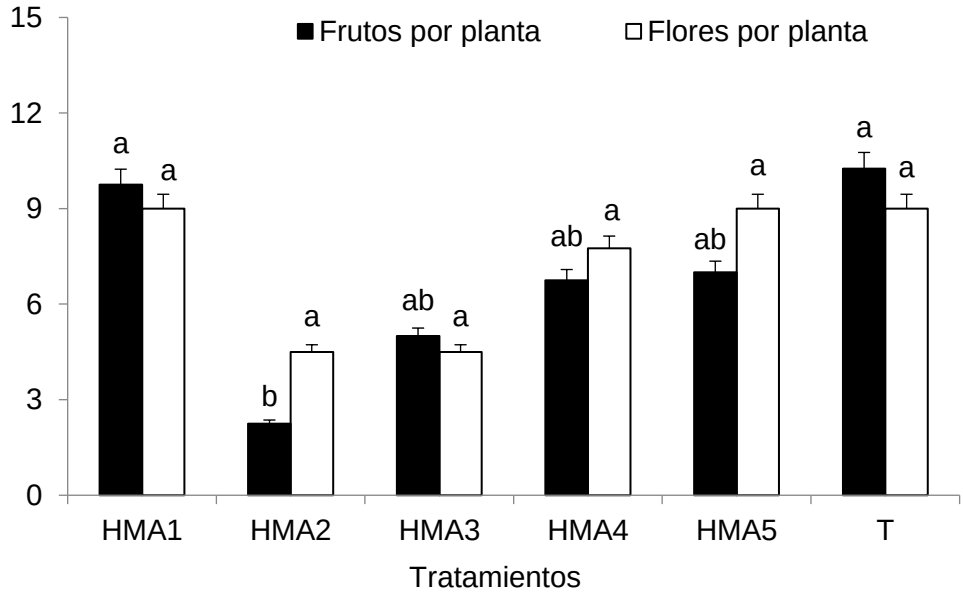


Figura 3. Número de frutos y flores por planta de chile jalapeño según el efecto de diferentes hongos micorrízicos arbusculares (HMA). Letras diferentes sobre las barras indican diferencias estadísticas significativas (Tukey 0.05). n = 4. HMA1, HMA2 y HMA3= por identificar, HMA4= *Claroideoglomus claroideum*, *C. etunicatum*, *G. postulatum* y *Diversispora spurca*, HMA5 = *Claroideoglomus claroideum*.

CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que las plantas inoculadas con el consorcio del sitio 1 (HMA1) permitieron mayor altura y mayor número de flores y frutos por planta, así mismo, las plantas tratadas con el HMA5 y HMA3 permitieron un mayor contenido de clorofila. Los consorcios micorrízicos nativos de la rizosfera de plantas, pueden ser alternativas para utilizarlos como biofertilizantes debido a su capacidad para promover el crecimiento y rendimiento del cultivo, sobre todo, del chile jalapeño bajo condiciones de invernadero.

REFERENCIAS

Alarcón, A., Hernández-Cuevas, L. V., Ferrera-Cerrato, R., & Franco-Ramírez, A. (2012) Diversity and agricultural applications of arbuscular mycorrhizal fungi in Mexico. Biofertilizers and Biopesticides 3(1): 1000115.

Boonlue, S., Surapat, W., Pukahuta, C., Suwanarit, P., Suwanarit, A., & Morinaga, T. (2012). Diversity and efficiency of arbuscular mycorrhizal fungi in soils from organic chili (Capsicum frutescens) farms. Mycoscience 53(1): 10-16.

Carballar-Hernández S., L. V. Hernández-Cuevas, N. M. Montaño, R. Ferrera-Cerrato, A. Alarcón (2018) Species composition of native arbuscular mycorrhizal fungal consortia influences growth and nutrition of poblano pepper plants (Capsicum annuum L.). Applied Soil Ecology 130: 50-58,

Castillo, C, Rubio, R, Borie, F, Sieverding, E. (2010) Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in horticultural production systems of southern chile. Journal of soil science and plant nutrition 10(4): 407-413.

Chen, K., Liu, W., Guo, S., Liu, R. y Li, M. (2012) Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares en suelos de cultivo continúo utilizados para la producción de pimiento. Revista africana de investigación en microbiología 6(10): 2469-2474.

Díaz, RJ y Rosenberg, R. (2008). Difusión de zonas muertas y consecuencias para los ecosistemas marinos. Ciencia 321(5891): 926-929.

F.I. Salazar-Jara, P. Juárez-López Requerimiento macronutrimental en plantas de chile (Capsicum annuum L.) Revista Bio Ciencias 2 (2013): 27-34

FAOSTAT, 2021. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. http://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL (consultado en agosto 2021).

Galloway, JN, Townsend, AR, Erisman, JW, Bekunda, M., Cai, Z., Freney, JR, ... y Sutton, MA (2008) Transformación del ciclo del nitrógeno: tendencias recientes, preguntas y posibles soluciones. Science 320(5878): 889-892.

Gomiero, T., Pimentel, D. y Paoletti, MG (2011). Impacto ambiental de diferentes prácticas de manejo agrícola: agricultura convencional vs. orgánica. Revisiones críticas en ciencias de las plantas 30(1-2): 95-124.

Gyaneshwar, P., Kumar, GN, Parekh, LJ y Poole, PS (2002). Papel de los microorganismos del suelo en la mejora de la nutrición P de las plantas. Planta y suelo 245(1): 83-93

Hoben, J. P., Gehl, R. J., Millar, N., Grace, P. R., & Robertson, G. P. (2011). Nonlinear nitrous oxide (N2O) response to nitrogen fertilizer in on-farm corn crops of the US Midwest. Global Change Biology 17(2): 1140-1152

Jiménez I. J., Ramírez M., B. Petit, C. Colmenares, I. Parra (2017). Efecto de hongos micorrízicos arbusculares y estiércol de bovino en el crecimiento inicial y pigmentación en *Capsicum frutescens* L. Bioagro 29(2): 137-144.

Lehmann, A. y Rillig, MC (2015). Contribución de micorrizas arbusculares a las concentraciones de nutrientes de cobre, manganeso y hierro en los cultivos: un metaanálisis. Biología y bioquímica del suelo, 81, 147-158.

López, R., 2003. Chilli, spice of the new world. Ciencias (69): 66–75

Marqués, AP, Oliveira, RS, Rangel, AO y Castro PM (2006). La acumulación de zinc en Solanum nigrum se ve reforzada por diferentes hongos micorrízicos arbusculares. Chemosphere 65(7): 1256-1263.

Moran, S. H., Aguilar, V. H., Corona, T., Castillo, F., Soto, R. M., & San Miguel, R. (2008). Capsaicinoids in chile pepper landraces of Puebla, México. Agrociencia 42: 807-816.

Ramírez, J. (1996). El chile. Biodiversidad (México) 2(8): 8-14.

Reyes Tena, A., Quiñones Aguilar, E. E., Rincón Enríquez, G., & López Pérez, L. (2016) Micorrización en *Capsicum annuum* L. para promoción de crecimiento y bioprotección contra Phytophthora capsici L. Revista mexicana de ciencias agrícolas 7(4): 857-870.

Rodríguez, J., Olvera, B. V. P., Muñoz, A. G., Corona, B. M., Manzo, F., & Liendo, L. S. (2007) Rescate in situ del chilepoblano´ en Puebla, México. Revista Fitotecnia Mexicana 30(1): 25-32.

SAS Institute Inc. 2002. The SAS system for windows version 9.0. North Carolina: SAS Institute Inc. Cary.

SIAP-SAGARPA (2021). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Acciones y Programas. Cierre de la producción agrícola. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/ (consultado en agosto 2021).

Smith, S. E., Manjarrez, M., Stonor, R., McNeill, A., Smith, F. A. (2015) Indigenous arbuscular mycorrhizal (AM) fungi contribute to wheat phosphate uptake in a semi-arid field environment, shown by tracking with radioactive phosphorus. Applied Soil Ecology 96: 68-74.

Villarreal-Romero, M., Hernández-Verdugo, S., Sánchez-Peña, P., García-Estrada, R. S., Osuna-Enciso, T., Parra-Terrazas, S., & Armenta-Bojorquez, A. D. (2006). Efecto de cobertura del suelo con leguminosas en rendimiento y calidad del tomate. Terra Latinoamericana 24(4): 549-556.

Vyas, M. y Vyas, A. (2012). Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares asociados con la rizosfera de Capsicum annuum en el oeste de Rajasthan. Revista Internacional de Ciencias Vegetales, Animales y Ambientales 2(3): 256-262.

Zheng H. Z., Cui C. L., Zhang Y. T., Wang D., Jing Y., Kim K. Y. (2005) Active changes of lignification-related enzymes in pepper response to Glomus intraradices and/or Phytophthora capsici. Journal of Zhejiang University-Science B 6(8): 778–786.

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE COMPENSADORES DE FRIO EN LA CALIDAD DE FRUTOS DE MANZANA CULTIVAR 'TOP RED'

Sierra-Zurita, Donaji[1]; Santana-Espinoza, Saul[1]; Rosales-Serna, Rigoberto[1]; Ponce-García, Omar Castor[2*] y Ríos-Saucedo, Julio César[1].

[1]INIFAP- Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango-El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. [2]INIFAP-Campo Experimental La Campana. Carretera Chihuahua-Ojinaga km 33.5. Aldama, Chihuahua, México C. P. 32910. *autor de correspondencia: ponce.omar@inifap.gob.mx

RESUMEN

La producción de manzana en Durango se ve afectada por las fluctuaciones de temperatura durante el invierno provocando que no se acumulen las horas frío requeridas para la brotación y floración, por lo que se requiere de la aplicación de promotores de brotación. El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de diferentes compensadores de frío sobre la calidad de frutos de manzana del cv Top Red. El estudio se llevó a cabo en una huerta de manzano variedad Top Red sobre patrón MM111 en el municipio de Canatlán, Durango. Mediante un diseño de bloques al azar, se aplicaron diferentes compensadores de frío: BroStar, Erger, Tecno Agro y Aceite Tecno Oil 100 EW. Los frutos de manzana fueron cosechados en madurez fisiológica y se les determinó peso de fruto, diámetro ecuatorial, contenido de sólidos solubles totales y color. Los resultados obtenidos indican que los tratamientos mostraron igualdad estadística en todas las variables evaluadas, sin embargo, el Tecno Agro mostró el mayor diámetro ecuatorial (69.32 ± 5.41 mm) clasificando a los frutos como de primera calidad de acuerdo a la NMX-FF-061-SCF.

Palabras clave: *Malus Domestica*, compensadores de frio, producción

ABSTRACT

Apple production in Durango is affected by temperature fluctuations during winter, causing the cold hours required for sprouting and flowering to not accumulate, which is why the application of sprouting promoters is required. The objective of this research was to study the effect of different cold compensators on the quality of apple fruits of the Top Red cv. The study was carried out in a Top Red apple orchard on the MM111 pattern in the municipality of Canatlán, Durango. Through a random block design, different cold compensators were applied: BroStar, Erger, Tecno Agro and Tecno Oil 100 EW Oil. Apple fruits were harvested at physiological maturity and fruit weight, equatorial diameter, total soluble solids content and color were determined. The results obtained indicate that the treatments showed statistical equality in all the evaluated variables, however, the Tecno Agro showed the largest equatorial diameter (69.32 ± 5.41 mm) classifying the fruits as first quality according to the NMX-FF-061 -SCF.

Key words: *Malus Domestica*, cold compensators, yield

INTRODUCCION

El manzano (*Malus Domestica* L.) es el segundo frutal de clima templado más importante de México (Ramírez *et al*., 2011) con una superficie sembrada de 60013.40 ha y un volumen de producción de 714203.20 Ton, siendo los principales estados productores Chihuahua (594710.82 Ton), Coahuila (44748.22 Ton), Puebla (34453.87 Ton), Veracruz (9206.11 Ton) y Durango (7085.20 Ton) (SIAP, 2020).

Los frutales caducifolios como el manzano que son de zona templada, necesitan de una acumulación de frío para salir del estado de dormancia (INTAGRI, 2017). En las zonas productoras de manzana en México, generalmente no se presentan las horas frío requeridas para que el árbol acumule las UF necesarias para una brotación y floración aceptable. Esto se debe fundamentalmente a que en el periodo de reposo se presentan temperaturas altas durante el día (mayores de 20º C), lo cual reduce las UF acumuladas durante la noche provocando un efecto negativo en el letargo de las yemas (Zermeño *et al*., 2010). Uno de los principales factores que afectan la producción de manzana en la zona de Canatlán, Durango es la poca acumulación de frío durante el invierno, por lo que requiere de la aplicación de promotores de la brotación.

Existe una diversidad de productos empleados como compensadores de frío tal es el caso de aceites minerales, dormex (cianamida hidrogenada), aminoburts, semitrol, break trhu, Tecno Oil 100EW, nitrato de calcio, revent, nitrato de potasio, promalin, biozyme, thidiazuron (TDZ) y erger (Parra *et al*., 2020). Los productos con resultados satisfactorios usados para compensar la falta de frío en frutales son: aceites minerales, tiourea, nitrato de potasio, DNOC (4,6-dinitro-o-cresol) y cianamidas. El nitrato de potasio es usado comúnmente como fertilizante, también actúa sobre la brotación, pero con un efecto más ligero. El DNOC se utiliza con el fin de romper la dormancia predominantemente en manzanos, presenta una ventaja ante la cianamida de hidrógeno que es que se puede programar su aplicación hasta el estado de “yema hinchada”, etapa donde ya se produce daño por parte de la cianamida, pero aún con esto su efecto no es consistente (INTAGRI, 2017).

A pesar de la gran variedad de sustancias para inducir brotación, pocas son aceptadas debido a la toxicidad que generan en las plantas y al medio ambiente, cómo es el caso de la cianamida de hidrógeno que resulta tóxica al humano (Parra *et al*., 2020). Por lo tanto, se ha buscado otras opciones que sean eficaces de romper la latencia sin afectar a la salud. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de diferentes compensadores de frío sobre la calidad de frutos de manzana cv. Top Red.

MATERIALES Y METODOS

Sitio experimental

El estudio se llevó a cabo en una huerta cooperante en el Municipio de Canatlán, Durango, ubicado geográficamente a una altitud de 2000 msnm y coordenadas 24° 50’30” N y 105° 35’ 45” O. La temperatura media anual es de 22.4 °C, con precipitación de 550 mm, con clima predominantemente semifrío (INAFED 2016).

Material vegetal

Se utilizaron árboles de manzana (*Malus domestica* L.) variedad ‘Top Red’ injertadas en patrón MM111. El 5 de marzo del 2021 se realizó la aplicación de los promotores de

brotación al 1.5 % (v/v): BroStar (5.8 % N, 1.96 % Cu, 0.85 % Mn y 0.56 % Zn), Erger (15 % N, 4.7 % Ca densidad 1.14 g/cc y pH 5.9), Tecno Agro, Aceite Tecno Oil 100 EW (aceite emulsionable uso como plaguicida y compensador de frío) y el tratamiento testigo. Se utilizó un diseño en bloques al azar, cada unidad experimental constó de un árbol, utilizándose cinco repeticiones por tratamiento.

Variables evaluadas

Frutos de manzana fueron cosechados en madurez fisiológica seleccionados al azar y fueron trasladados al INIFAP Campo Experimental Valle del Guadiana para su evaluación. Cada unidad experimental constó de cinco frutos para la medición de sus variables.

Peso. Se registró el peso individual de los frutos de cada tratamiento balanza electrónica (ALSEP modelo EY-2200 A, Tokyo, Japón)

Diámetro. Se midió el diámetro ecuatorial (mm) de los frutos de manzana con un vernier digital marca Truper®.

Sólidos solubles totales (SST). Se cortaron los frutos longitudinalmente y se colocaron algunas gotas sobre la celda del refractómetro digital Alla France® con escala 0-32 % (modelo #950.032 B-ATC) aplicando el método AOAC (1980), obteniendo el valor en °Brix.

Color. Se midió en la zona ecuatorial de los frutos de manzana mediante un colorímetro de reflexión Hunter Lab modelo D25A (Virginia, USA), registrando los parámetros CIE L* a* y b*.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de las variables respuesta se les aplicó análisis de varianza bajo un diseño completamente al azar y la comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) mediante el programa estadístico SAS version 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se presentan los valores de los parámetros de calidad de frutos de manzana (*Malus domestica* L.) con diferentes compensadores de frío; peso del fruto y diámetro ecuatorial. Respecto al peso, los valores se encontraron entre 118.67 ± 32.63 y 150.56 ± 37.57 g siendo los frutos de mayor peso los de Tecno Agro.

El valor más bajo de diámetro ecuatorial se presentó en los frutos en el tratamiento de aplicación de Erger (63.77 ± 4.31 mm) y el valor más alto con el tratamiento Tecno Agro (69.32 ± 5.41 mm) (Cuadro 1). De acuerdo con los valores obtenidos para diámetro ecuatorial de manzana solo las del tratamiento con Tecno Agro son clasificadas de primera calidad (66-72 mm), mientras que el resto de los tratamientos corresponden a segunda calidad comercial (62-66 mm) (NMX-FF-061-SCF).

Respecto a los SST se encontró igualdad estadística en todos los tratamientos, los valores oscilaron de 11.87 ± 1.22 a 12.76 ± 0.44 °Bx. De acuerdo a la NMX-FF-061-SCF todos los tratamientos cumplen con el mínimo de contenido de SST (11%). El contenido de SST fueron inferiores a los reportados por Zermeño *et al*. (2010) en frutos de manzana cv Golden delicius, esta diferencia se debe a que en las manzanas amarillas el contenido de SST debe ser mínimo de 12 % (NMX-FF-061-SCF).

Cuadro 2. Valores medios (±DE) de las variables de calidad en frutos de manzana con diferentes compensadores de frío.

Tratamientos	Peso (g)	Diámetro ecuatorial (mm)	SST (°Bx)
BroStart	128.54 ± 29.80 [a]	65.39 ± 4.65 [a]	12.00 ± 0.78 [a]
Erger	121.69 ± 20.77 [a]	63.77 ± 4.31 [a]	11.87 ± 1.22 [a]
Tecno Agro	150.56 ± 37.57 [a]	69.32 ± 5.41 [a]	12.48 ± 0.74 [a]
Tecno Oil	118.67 ± 32.63 [a]	64.51 ± 4.14 [a]	12.22 ± 0.78 [a]
Testigo	125.22 ± 23.90 [a]	65.03 ± 4.46 [a]	12.76 ± 0.44 [a]
C.V. (%)	16.54	5.27	6.75

Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey $p \leq 0.05$). C. V. = coeficiente de variación.

En el Cuadro 2 se presentan los valores L*, a* y b*, observándose que los valores de L (luminosidad) van de 34.82 ± 2.53 a 40.85 ± 3.92, siendo el tratamiento al que se le aplicó Tecno Agro los más brillantes y los de BroStart el menos brillante de acuerdo a la coordenada de luminosidad que va de 100=blanco a 0=negro (Valero y Ruiz, 1998).

Para la coordenada a (a negativo=verde) hasta rojo (Valero y Ruiz, 1998) el valor más bajo lo presentó el testigo (21.08 ± 2.08) y el más alto en el BroStart (24.23 ± 2.28), lo cual indica la tonalidad roja debido a la degradación de clorofila y su incremento de antocianinas (Ashton *et al*., 2006).

Respecto a la coordenada b (b más negativa=más azul; b más positiva=más amarillo) (Valero y Ruiz, 1998), los valores oscilaron de 12.33 ± 2.17 (BroSatrt) a 16.12 ± 3.32 (Tecno Agro) lo cual indica una tendencia al color azul. El color es un parámetro más utilizado como índice en la cosecha y comercialización de los frutos de manzana.

Cuadro 2. Valores medios (±DE) de los parámetros de color de los frutos de manzana con diferentes compensadores de frío en escala CIE L* a* b*.

Tratamientos	L*	a*	b*
BroStart	34.82 ± 2.53	24.23 ± 2.28	12.33 ± 2.17
Erger	38.82 ± 6.70	21.88 ± 3.33	14.21 ± 5.35
Tecno Agro	40.85 ± 3.92	22.84 ± 2.73	16.12 ± 3.32
Tecno Oil	37.20 ± 3.96	22.54 ± 2.10	13.12 ± 4.44

Testigo	37.31 ± 6.92	21.08 ± 2.08	12.98 ± 5.30

L: luminosidad, a: de verde a rojo y b: de azul a amarillo.

CONCLUSIONES

La aplicación de los compensadores de frío no influyeron sobre las variables de calidad (peso, diámetro ecuatorial y SST) de los frutos de manzana.

La aplicación de Tecno Agro produjo el mayor diámetro ecuatorial, clasificando a los frutos como de primera calidad de acuerdo a los parámetros de la NMX-FF-061-SCF.

Cualquiera de los productos utilizados mostró ser una alternativa sobre la brotación, además de no ser dañinos a la salud y medio ambiente.

REFERENCIAS

AOAC (Association of official Analitical Chemist). 1980. Official methods of analysis fruits and fruits products. 13th ed. Washington, D.C. USA. 1023 p.

Ashton, O.B.O., M. Wong, T.K. Mcghie, R. Vather, Y. Wang, C. Requejo, P. Ramankutty y A.B. Woof. 2006. Pigments in avocado tissue and oil. J. Agr. *Food Chem*. 54, 10151-10158. Doi: 10.1021/ jf061809j.

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). 2016. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Disponible en: http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM10durango/municipios/10001a.html.

INTAGRI. 2017. Los Compensadores de Horas Frío en Frutales. Serie Frutales Núm. 31. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.

NMX-FF-061-SCFI-2003 PRODUCTOS AGRÍCOLAS NO INDUSTRIALIZADOS PARA CONSUMO HUMANO - FRUTA FRESCA - MANZANA (*Malus pumila* Mill) - (*Malus domestica* Borkh) - ESPECIFICACIONES (CANCELA A LA NMX-FF-061-1993-SCFI). Disponible en: http://intranet.dif.cdmx.gob.mx/transparencia/new/art_121/52/_anexos/normamexicanaproductosagricolasnoindustrializados.pdf.

Soto Parra, J. M., Flores-Cordova, M. A., Sánchez Chávez, E., Pérez Leal, R., & Piña Ramírez, F. J. (2020). Compensadores de frío en manzano 'Golden Glory': desarrollo y producción. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(1), 69-82.

Ramírez Legarreta, M. R., Ruiz Corral, J. A., Medina García, G., Jacobo Cuéllar, J. L., Parra Quezada, R. Á., Ávila Marioni, M. R., & Amado Álvarez, J. P. 2011. Perspectivas del sistema de producción de manzano en Chihuahua, ante el cambio climático. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *2*(SPE2), 265-279.

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2020). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. México. Disponible en: https://www.gob.mx/siap/.

Valero U.C. y M. Ruiz –Altisent. 1998. Equipos de medida de calidad organoléptica en frutas. Fruticultura profesional. 95:38-45.

Zermeño, A., Gil, J. A., Hernández, A., Rodríguez, R., Ramírez, H., Benavides, A., ... & Ibarra, L. (2010). Efectos del encalado completo y aplicación de tdz sobre la brotación, rendimiento y calidad de frutos del manzano cv. Golden delicious. *Bioagro*, 22(1), 75-80.

EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DEL SUELO EN LA EMERGENCIA DE UN BANCO DE SEMILLAS DE MALEZA EN EL NORTE DE TAMAULIPAS

Ma. Eugenia Cisneros-López[1]*, Espinosa Ramírez-Martín[1], Ortiz-Chairez Flor Elena[1]

[1]Campo Experimental Río Bravo, INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61 Cd. Río Bravo, Tamaulipas. Autor principal: *cisneros.maria@inifap.gob.mx

RESUMEN

El banco de semillas del suelo es una de las etapas del ciclo de vida de la planta que reflejan el historial de manejo de las tierras agrícolas, y también predicen la dinámica futura de la población de malezas. En un suelo bajo labranza convencional del CERIB-CIRNE-INIFAP, se realizó un muestreo en un esquema de tresbolillo, en junio del 2021. El objetivo fue evaluar la emergencia de un banco de semillas de malezas a 0-10 cm y 10-20 cm de profundidad. Se determinaron las propiedades físico-químicas de suelo, la humedad inicial de suelo, y la germinación del banco de semillas de malezas en charolas germinadoras bajo condiciones de laboratorio. Cada tercer día se contabilizó el número de plántulas de hoja ancha y hoja angosta hasta que dejaron de emerger. Los análisis de la varianza se realizaron con un diseño completamente al azar en un arreglo factorial. Los factores fueron: fechas de conteo (FE=5) y profundidad del suelo (PFS=2); la comparación de medias con Tukey. Las diferencias en el nivel de humedad inicial a dos profundidades del suelo, se hizo con la prueba t de Student. La velocidad de emergencia se determinó a través de regresiones. En un suelo de textura arcillo-arenosa y labranza convencional, los resultados mostraron que la capa superficial (0-10 cm) fue más fértil y que las plántulas de un banco de semillas de malezas se localizan principalmente en esa capa en una proporción 2:1 en comparación con la capa 10-20 cm. No hubo diferencias en la humedad inicial, pH y MO del suelo entre las dos profundidades. En las malezas de hoja ancha la profundidad del suelo mostró que el 67 % de la variabilidad en la emergencia y en las de hoja angosta el 86 %; mientras que el tiempo a la emergencia fue de 27 % y 11 %, respectivamente. El número de plántulas de malezas de hoja ancha (3.5±6.3) fue cuatro veces más que el de hoja angosta (0.82±0.17).

ABSTRACT

The soil seed bank is one of the stages of the plant life cycle that reflects the management history of agricultural land, it also predicts the future dynamics of weeds. In a soil under conventional tillage of the CERIB-CIRNE-INIFAP, a sampling was carried out in a staggered scheme, in June 2021. The objective was to evaluate a weed seed bank at 0-10 cm and 10-20 cm depth. The physical-chemical properties of the soil, the initial soil moisture, the germination of the weed seed bank in germinating trays were determined under laboratory conditions. Every third day the number of broadleaf and narrowleaf seedlings was counted until they stopped emerging. The analysis of variance was carried out with a completely randomized design in a factorial arrangement. The factors were count dates (FE= 5) and mean soil depth levels (PFS= 2); comparison of means with Tukey. The differences in the initial humidity level at two depths of the soil were made with t Student's test. The emergence speed was determined through regressions. In a soil with a clay-sandy texture and conventional tillage, the results showed that the surface layer (0-10 cm) was more fertile and that the seedlings of a weed seed bank are located mainly in that layer in a ratio of 2: 1

compared to layer 10-20 cm. There were no differences in the initial moisture, pH and MO of the soil between the two depths. In broadleaf weeds, the depth of the soil explained 67 % of the variability as emergence and in narrowleaf weeds 86 %, while the time to emergence was 27 % and 11 % respectively. The number of broadleaf weed seedlings (3.5 ± 6.3) was four times that of narrowleaf (0.82 ± 0.17).

INTRODUCCIÓN

En el Norte de Tamaulipas la investigación sobre el manejo integrado de malezas se desarrolló durante la década de los 70 ´s (Rosales, 2006). La reducción del uso de herbicidas es uno de los factores clave de la agricultura sostenible moderna, para evitar la resistencia a las malezas, por lo cual es necesario comprender el ciclo de vida de estas especies (Brainard *et al*. 2013). La importancia práctica del conocimiento de la dinámica del banco de semillas, radica en que es la principal fuente de inóculo de malezas, permite determinar el nivel y el tipo de infestación de ese hábitat. Además, el suelo donde estas germinan junto a otros cultivos, puede ser modificado o manejado en forma química (fertilizantes, herbicidas) o física (labranza) Wang *et al.* (2013). El banco de semillas del suelo es una de las etapas del ciclo de vida de la planta y se considera un factor potencial para la regeneración de los ecosistemas (González *et al*. 2009). El banco de semillas de malezas no puede reflejar el historial de manejo de las tierras agrícolas, sino que también predice la dinámica futura de las malezas (Davis *et al*. 2005). Los estudios muestran que los principales factores que influyen en el banco de semillas del suelo de malezas son: 1) sistema de rotación; 2) tipo de labranza; 3) diferentes tratamientos de fertilización; 4) modo de escarda y 5) los herbicidas; como lo reporta Pan *et al*. (2020) en un esquema de rotación trigo-soya en un suelo limoso de la provincia de Mengchen, China en labranza convencional; al igual que Xiuli *et al*. (2018) al hacer un experimento en Shandong, China donde se probaron diferentes manejos de labranza y fertilización y herbicidas como atrazina. En las tierras de labranza cero, las semillas de malezas son distribuidas principalmente entre 0-5 cm de profundidad; en las tierras de labranza rotatoria, la profundidad es de 5-10 cm y en la tierra de labranza tradicional, es de 10-20 cm; como lo indica Reus *et al*. (2001) en un ensayo en un suelo franco limoso de Waukegon, Illinois, así mismo Wang *et al*. (2013) en una revisión sobre los bancos de semillas indica que hay una relación entre el tamaño de semilla y la profundidad en la que se aloja en el suelo. El objetivo de este experimento es evaluar el efecto de la profundidad del suelo en la emergencia de un banco de semillas de malezas. La prueba de emergencia del banco de semillas de malezas es la segunda técnica en importancia para determinar las semillas en el suelo en los bancos de semillas de malezas es conocida como el método de germinación (Cardina y Sparrow, 1996; Forcella *et al*. 2003). Esta técnica es usada normalmente para enumerar la densidad de semillas no latentes en los bancos de semillas de malezas.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el lote C3 del Campo Experimental Río Bravo del CIRNE-INIFAP, bajo labranza convencional, se realizó un muestro en un esquema de tresbolillo en una superficie de 1500 m^2. El manejo del lote durante el año 2021 previo al muestreo fue un rastreo (marzo), suebsuelo y rastreo (mayo). Cabe mencionar que no hubo cultivo anterior. Se tomaron cinco

muestras primarias de suelo el día 21/06/21, a dos profundidades de 0-10 cm (PFS1) y 10-20 cm (PFS2), y el tamaño de muestra fue de seis kilogramos de suelo. El muestreo se hizo con una pala recta para muestreo de suelo o espadón (Trupper-2000 de 12.5 x 34 cm) el diámetro de la muestra fue de 12 cm aproximadamente y largo de la muestra fue de 10 y 20 cm. Las variables fueron:

1) Contenido de humedad inicial del suelo (%) por medio del método gravimétrico. El método consiste en pesar 250 gramos de suelo por cada muestra primaria, pesarla antes y después de su secado y calcular el contenido de humedad. La muestra de suelo se colocó en una estufa a temperatura de 105 ^{o}C por 24 horas. Se determinó la humedad de cada muestra con la siguiente formula: Humedad (%) = a-b x 100/ b-c

Dónde: a = masa en g del suelo seco al aire + recipiente; b = masa en g del suelo seco a 105 ^{o}C + recipiente; c = masa en g del recipiente.

2) Análisis físico-químico del suelo. Con el remanente de las muestras primarias se hicieron dos muestras compuestas, uno por cada nivel de profundidad del suelo 0-10 cm (PFS1) y 10-20 cm (PFS2), posteriormente se determinaron: propiedades físicas: textura y materia orgánica (MO %); propiedades químicas: pH y conductividad eléctrica (CE), concentración de macronutrientes (N-P-K), micronutrientes calcio [($Ca^{+}2$), magnesio (Mg^{+2}), sodio(Na^{+1}), potasio soluble (K^{+1}), manganeso (Mn^{+2}) y hierro (Fe^{+2})], contenido de nitratos ($N\text{-}NO^{3}$), carbonatos solubles ($CO3^{-2}$), bicarbonatos (HCO_{3}), cloruros (Cl^{-1}) y sulfatos ($SO4^{-2}$). Para la caracterización química del suelo se siguió la metodología descrita en la Norma Oficial Mexicana NOM-021 (SEMARNAT, 2000) y Castillo *et al*. (2021).

3) Prueba de emergencia del banco de semillas de malezas según Cardina y Sparrow, (1996) y Forcella *et al*. (2003). Esta técnica es usada normalmente para cuantificar la densidad de semillas no latentes en los bancos de semillas de malezas. El día 23/06/21 cada muestra se dividió en tres sub muestras de 1.5 kg de suelo y se extendió en una charola de plástico de 30 largox 15 ancho x 5 cm de profundidad, se identificó y se regó hasta capacidad de campo, y se mantuvo la prueba con humedad todo el periodo de evaluación. La prueba se hizo bajo condiciones de laboratorio. Se realizaron cinco fechas de conteo cada tercer día desde el día 25/06/21 al 05/07/21. En cada muestreo se cuantifico el número de plántulas emergidas de malezas de hoja angosta y hoja ancha. El muestreo cesó cuando ya no emergieron más plántulas a los 13 días. Los datos se estimaron y se presentaron en número de plántulas por metro cuadrados.

Los análisis de la varianza se realizaron con un diseño completamente al azar en un arreglo factorial. Los factores fueron: fechas de conteo (FE=5) y niveles de profundidad del suelo (PFS=2); la comparación de medias fue con Tukey. En el caso de humedad inicial del suelo se hizo con una prueba t de *Student* para comparar la humedad a dos niveles de profundidad (PFS1 *vs* PFS2) del suelo, con cinco muestras primarias por nivel. Todos los análisis se hicieron con el paquete estadístico SAS versión 9.3.1. (SAS, 2006). Las gráficas entre la fecha de muestreo y el número de plántulas emergidas se hicieron con el programa Excel para calcular la tendencia de la emergencia, a través de regresiones.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados mostraron que no hubo efecto significativo (*P < 0.001* t de Student) de la profundidad del suelo en la humedad inicial a PFS1 (0-10 cm) y PFS2 (10-20 cm). Las medias aritméticas mostraron diferencias numéricas entre PFS1 y PFS2, excepto para las variables como MO y pH; las diferencias más contrastantes fueron para el porcentaje de limo (250 %) y concentración de Fe^{+3} (110.8 %), es decir que en la profundidad de 10-20 cm se acumularon más limo y hierro, que a 0-10 cm. Los resultados mostraron que la capa superficial es la más fértil, porque en este sitio se concentró la mayor cantidad de macro nutrientes N-P-K (33.5 %, 38.1 % y 27.2 %, respectivamente); así como algunos de los micro nutrientes como: Cu^{+2} (10.1 %), Zn^{+2} (28.3 %), Ca^{+2} (44.1 %) y Mg^{+2} (44.1 %). Algunos elementos están en cantidades similares como con Mn^{+2}, cloruros, sulfatos y carbonatos. Lo anterior, explica el por qué en la capa superficial hay una mayor C.E. (7.9 %), respecto a la capa entre 10 a 20 cm.

Cuadro 1. Propiedades físico-químicas en dos niveles de profundidad del suelo. Lote C3 del CERIB. Río Bravo, Tam. 2021.

	H	MO	pH	C. E	Arena	Arcilla	Limo	Textura
		%		(ds m^{-1})		%		
PFS1	14.2	1.85	7.77	0.76	57.4	36.9	5.6	A-Are
PFS2	16.2	1.85	7.83	0.70	41.4	38.9	19.6	A-Are
PFS1-PFS2 (%)	-14.1	0.0	-0.8	7.9	27.9	-5.4	-250.0	A-Are

	Cu^{+2}	Zn^{+2}	Mn^{+2}	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^{+1}	K^{+1}
	(ppm)				(me L^{-1})		
PFS1	1.178	0.952	2.094	1.52	2.65	10.78	0.68
PFS2	1.059	0.683	2.113	0.85	0.85	13.47	0.19
PFS1-PFS2 (%)	10.1	28.3	-0.9	44.1	67.9	-25.0	72.1

	$CaCO_3$	HCO_3	Cl^{-1}	$SO4^{-2}$	$N\text{-}NO^3$	P	Fe^{+3}	K extraíble
		(me L^{-1})					(ppm)	
PFS1	0.00	1.50	2.50	11.63	17.3	13.9	0.195	794
PFS2	0.00	1.60	2.60	11.15	11.5	8.6	0.411	578
PFS1-PFS2 (%)	0.0	-6.7	-4.0	4.1	33.5	38.1	-110.8	27.2

PF1 y PF2= Profundidad del suelo 0-10 cm y 10-20 cm; H= humedad inicial del suelo. MO= materia orgánica; C.E=conductividad eléctrica; A-Are=arcillo-arenosa.

Cabe hacer mención que no hay una metodología estándar para determinar la profundidad para realizar un estudio de banco de semillas de malezas, ya que se han reportado estudios desde 0 hasta 30 cm (Wang *et al*., 2013). El ANAVA mostró que hubo efecto significativo (*P < 0.001*) de la fecha o tiempo a la emergencia de la maleza, la profundidad del suelo y fecha de muestreo en la cantidad y tipo de malezas emergidas. El factor que más influyó en la emergencia de las plántulas del banco de semillas de maleza fue la profundidad de suelo (PFS), en segundo lugar, la fecha (FE) o tiempo a la emergencia y con menor valor estadístico (< 5 %) la interacción FE x PFS, en el caso de las malezas de hoja angosta no hubo efecto significativo. En las malezas de hoja ancha la profundidad del suelo explicó el 67 % de la variabilidad en la emergencia y en las de hoja angosta el 86 %, mientras que el tiempo a la emergencia fue de 27 % y 11 %, respectivamente. Debido a que la mayoría de las semillas del banco de semillas de malezas se distribuyen en la superficie del suelo 0 a 10 cm, la perturbación del cultivo en la superficie del suelo afectará su viabilidad y la profundidad en que se distribuyen (Pan *et al.* 2020; Reuss *et al*. 2001). En el Cuadro 2, se muestra la población de plántulas de un banco de malezas. En la parte superficial (0-10 cm)

del suelo emergieron casi el doble de semillas que en la profundidad de 10-20 cm. El número de plántulas de malezas de hoja ancha (3.5±6.3) fue cuatro veces más que el de hoja angosta (0.82±0.17). Los datos corresponden a 450 cm^2 de suelo, es decir la densidad de plántulas por cm^{-2} fue muy baja. No hubo una distribución uniforme entre muestras y profundidades para ambos grupos de malezas, lo cual fue más contrastante en las de hoja ancha. Lo anterior indica que en el suelo no se distribuyen en forma uniforme las semillas de un banco de maleza. Los resultados mostraron que las semillas se distribuyen en agregados o conglomerados. Esta respuesta puede ser atribuida o depende del grado de infestación inicial de la maleza; en esté el terreno y de las especies. Por eso es importante saber antes del estudio conocer el grado de contaminación del terreno con malezas, así como las especies. Estudios anteriores han reportado variaciones estacionales en la cantidad y tipo de malezas que emergen en un suelo agrícola (Reuss *et al*. 2001). Las labores de preparación al terreno e incluyendo el uso de herbicidas, son factores modifican la estructura poblacional de las malezas (Xiuli *et al.* 2018). Ya que también es importante la época de muestreo, no son las mismas especies en el ciclo otoño-invierno que el ciclo primavera verano, como se ha reportado en el cultivo de sorgo en el Norte de Tamaulipas (Rosales y Sánchez, 2004).

La razón por la cual no se hizo un análisis de semillas de malezas y se cuantifico el número de plántulas emergidas, es porque la recuperación de ellas en terrenos con muy baja infestación es la pobre. Ya que los métodos de recuperación son muy laboriosos e implican el lavado del suelo, debido a que están incrustadas o cubiertas por suelo (Pan *et al*. 2020). La cantidad de plántulas emergidas es solo una proporción del total de semillas, ya que muchas semillas de malezas presentan latencia, la cual se rompe con diferentes factores como tiempo de maduración, escarificación y otros (Aikio *et al*. 2010). Por lo tanto, estos resultados son de plántulas emergidas a partir de semillas no latentes al momento del muestreo.

Cuadro 2. Población de plántulas en un banco de malezas. Lote C3 del CERIB. Río Bravo, Tam. 2021.

Muestra	PFSm (cm)	Numero de malezas				PFS media
		Hoja ancha		Hoja angosta		
PFS11	0-10	47	d	16	ab	
PFS12	0-10	140	a	22	a	
PFS13	0-10	148	a	22	a	
PFS14	0-10	120	ab	18	ab	
PFS15	0-10	116	ab	20	a	***117 A***
PFS21	10-20	104	bc	17	ab	
PFS22	10-20	92	bb	15	bc	
PFS23	10-20	77	c	12	c	
PFS24	10-20	72	c	12	c	
PFS25	10-20	70	c	14	bc	***55 B***
Fecha						
F1	25-06-21	11	b	11	b	
F2	27-06-21	20	b	18	a	
F3	29-06-21	111	a	19	a	
F4	01-07-21	122	a	22	a	
F5	05-07-21	124	a	22	a	
Media		**78 A**		18		
SDT		140		4		

PFSm: Datos de número de plantas promedio por muestra PF1 y PF2= Profundidad del suelo 0-15 cm y 15-30 cm. Datos por m^2 Columnas con la misma letra mayúsculas y minúsculas iguales, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

El último día de muestreo (F5=04/07/21) se observó lo siguiente: que la velocidad de emergencia sigue un patrón logarítmico en el caso de las malezas de hoja ancha (Figura 1a) y una regresión casi lineal en las malezas de hoja angosta (Figura 1b). Cabe mencionar a los 13 días de la prueba ya no emergieron más plántulas y su tamaño en general no fue mayor a un centímetro. En el 13 % de las muestras no hubo ninguna maleza emergida. La dinámica de germinación y emergencia de los cultivos (sorgo) es muy diferente a la emergencia de las plántulas de malezas. Se espera que en condiciones óptimas al menos haya emergido en los primeros cinco días el 100 % de la población a temperaturas entre 25 ^oC a 30 ^oC (Patané *et al*. 2021) cuando la semilla tiene buen vigor. En contraste, las plántulas de las malezas lo hacen en forma gradual, hasta un tiempo donde ya no emergen (Figura 1). En términos de manejo integrado de las malezas en el cultivo de sorgo, estos resultados resaltan la importancia del uso de los herbicidas de pre emergentes, porque el estado de plántula es la etapa más vulnerable de las malezas. Por otro parte, al menos en diez días todo el cultivo se habrá establecido y esta dinámica no cambia entre genotipos y fechas de siembra (Emendack *et al*. 2021). Es decir, que la ventana de oportunidad para el manejo empieza desde la preparación del terreno hasta antes de la emergencia del cultivo. Con respecto a la identificación de las especies de malezas, no se realizó debido a que tenían un desarrollo muy incipiente entre 0.5 a 1.0 cm de altura, algunas plantas solo mostraban las primeras hojas cotiledonares. No hay manual para identificar en ese estado de desarrollo a las especies. Según muestra Rosales y Sánchez (2004), en su manual de manejo integrado de maleza en sorgo en el Noreste de México, muestra ejemplares en estados más avanzados de crecimiento y en estado de floración, lo cual permite una identificación más amigable.

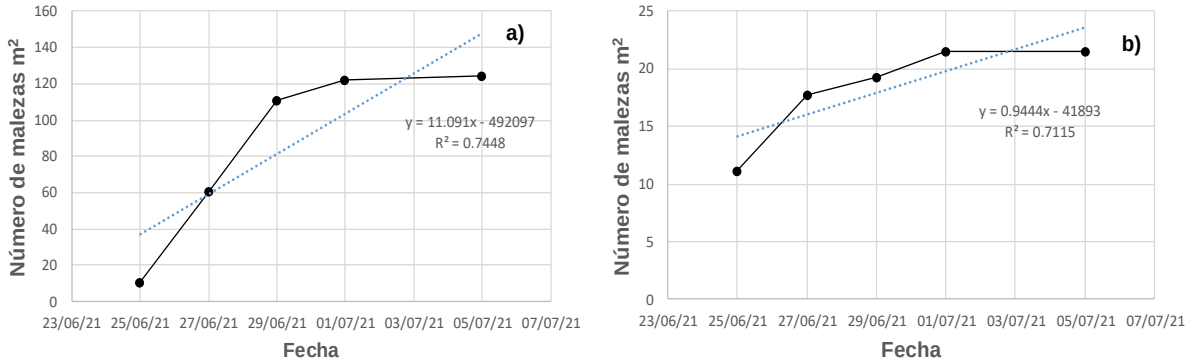


Figura 1. Velocidad de emergencia en plántulas de un banco de semillas de malezas. a) Plántulas de maleza de hoja ancha y b) plántulas de maleza hoja angosta.

CONCLUSIONES

En un suelo de textura arcillo-arenosa y labranza tradicional, se observó que la capa superficial (0-10 cm) fue la más fértil y que las plántulas de un banco de semillas de malezas se localizan principalmente en esa capa en una proporción 2:1 en comparación con la capa 10-20 cm. No hubo diferencias en la humedad inicial, pH y MO del suelo entre las dos profundidades. En las malezas de hoja ancha la profundidad del suelo explicó el 67 % de la variabilidad y en las de hoja angosta el 86 %, mientras, que el tiempo a la emergencia fue de 27 % y 11 %, respectivamente. El número de plántulas de malezas de hoja ancha

(3.5±6.3) fue cuatro veces más que el de hoja angosta (0.82±0.17). El patrón de emergencia o tasa de emergencia en las plántulas de hoja ancha fue logarítmico y en las de hoja angosta lineal. El mayor conocimiento de los bancos de semillas de malezas puede ser un componente del manejo integrado de malezas y es de utilidad para predecir la composición de la nueva generación de plantas. Una limitante en este trabajo fue la falta de identificación de especies, debido al incipiente estado de desarrollo de las plántulas y la duración del experimento.

REFERENCIAS

Aikio, S., Duncan, R.P. and Hulme, P.E. 2010 Lag-phases in alien plant invasions: separating the facts from the artefacts. Oikos. 119:370-378.

Cardina, J. and Sparrow D.H. 1996. A comparison of methods to predict weed seedling populations from the soil seedbank. Weed Sci. 44: 46-51.

Castillo-Valdez X., Etchevers, J.D., Hidalgo-Moreno, C. Ma. I. and Aguirre-Gómez A., 2021. Evaluación de la calidad de suelo: generación e interpretación de indicadores, Terra Latinoamericana. 39: 1-12. https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.69.

Davis A.S., Renner K.A. and Gross K.L. 2005. Weed seed bank and community shifts in a long-term cropping systems experiment. Weed Sci. 53:296-306.

Emendack Y., Sanchez J., Hayes Ch., Nesbitt M., Laza H. and Burke J. 2021. Seed-to-seed early-season cold resiliency in sorghum. Nature Scientific Reports. 11: 1-16. https://doi.org/10.1038/s41598-021-87450-1

Forcella F., Webster T. y Cardina J. 2003. Protocolos para la determinación de bancos de semillas de malezas en los agroecosistemas. En “Manejo de Malezas para Países en Desarrollo, Addendum I”. Editado por R. Labrada. Estudio Producción y Protección Vegetal FAO. No. 120, Roma, pp. 3-21.

Pan J., Zhang L., Wang L. and Fu S. 2020. Effects of long-term fertilizacin treatments on the weed seed bank in wheat-soybean rotation system. Glob. Ecol. Conserv. 21: 1-8. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00870.

Patané C., Cosentino, S.L., Cavallaro, V. and Saita, A. 2021. Screening for cold tolerance during germination within sweet and fiber sorghums [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] for Energy Biomass. Agronomy, 11: 1-16. https://doi.org/10.3390/.

Reuss S.A., Buhler, D.D. and Gunsolus. 2001. Effects of soil depth aggregate size on weed seed distributin and viability in silt loam soil. Appl. Soil Ecol. 16: 209-217.

Rosales, R. E. y Sánchez, de C.2004. Manejo Integrado de Maleza en Sorgo en el Noreste de Mexico. CE Rio Bravo, INIFAP. Folleto tecnico No. 28. 42 p.

Rosales, R. E. 2006. Maleza. *En:* L.A. Rodriguez del Bosque (ed), Campo Experimental Rio Bravo: 50 Años de Investigacion Agropecuaria en el Norte de Tamaulipas, Historia Logros y restos. Libro Tecnico No.1. INIFAP, Campo Experimental Rio Bravo, Tam. México. pp. 214-227.

SAS. Statistical analysis system. 2006. SAS User´s Guide; Statistics (Version 9.3.1). SAS Institute Inc. Cary, NC.

SMARNAT.Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2000. NO-021-RECNAT-2000. Consultado el 03/08/2021. 85 p.

Wang Y., Jianga, D., Toshioc, O and Zhoua, Q. 2013. Recent advances in soil seed bank research. Contemp. Probl. Ecol. 6: 520–524. https:// 10.1134/S1995425513050181.

Xiuli G., Nengwei, W., Zhongnan L., Xuan Z. and Xia C. 2018. Effects of the herbicide on the weed seed banks of the maize farmlands under different managements. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 452: 022167 IOP Publishingdoi:10.1088/1757-899X/452/2/022167.

EFECTO DEL ÁCIDO GIBERÉLICO EN EL TAMAÑO Y CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES DE VID CV FLAME SEEDLESS

Martínez, Gerardo[1]

[1]Investigador del INIFAP en el Campo Experimental Costa de Hermosillo, Son. Email: martinez.gerardo@inifap.gob.mx,

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la dosis de ácido giberélico en el tamaño y contenido de sólidos solubles de la uva de vid de mesa cv Flame Seedless. El experimento se realizó en el campo de un agricultor cooperante localizado en la Costa de Hermosillo. El viñedo tiene 21 años de edad, sostiene con una pérgola californiana y se irriga con riego por goteo. Los tratamientos evaluados fueron: 1. Tres aplicaciones de 40 ppm de GA_3, 2. Tres aplicaciones de 60 ppm de GA_3, 3. Cinco aplicaciones de 40 ppm de GA_3, 4. Cinco aplicaciones de 60 ppm de GA_3 y 5. Dos aplicaciones de 60 ppm de GA_3 + tres aplicaciones de 40 ppm de GA_3. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La unidad experimental fue de seis plantas y en cuatro de ellas se tomaron los datos. Las aplicaciones se realizaron con una mochila manual utilizando 800 litros de agua litros de agua por ha. Al inicio de la cosecha se colectaron 40 bayas las cuales se llevaron a laboratorio para realizar las mediciones. Se hizo un recuento de los racimos por planta y de la cantidad de bayas por racimo. Se realizó una comparación de medias mediante la prueba de DMS al 0.05. Se encontró que el tratamiento con cinco aplicaciones 60 ppm de ácido giberélico aportó mayor tamaño de bayas que los restantes tratamientos ($p \leq 0.05$). Los tratamientos con tres aplicaciones de 40 o 60 ppm aportaron el menor tamaño de bayas medido por el diámetro ecuatorial o por su peso. El menor contenido de sólidos solubles se encontró con el tratamiento de tres aplicaciones de 40 ppm ($p \leq 0.05$).

Palabras clave: grados Brix, Fase I, Flame Seedless

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the effect of the rate of gibberellic acid on size and soluble solids content in table grapes cv Flame Seedless. The experiment was carried out in a grape grower field in a Costa de Hermosillo, Sonora. The vineyard is 21 years old,

under a Californian trellis and drip irrigated. Treatments were: 1. Three applications of GA_3 at 40 ppm, 2. Three applications of GA_3 at 60 ppm, 3. Five applications of GA_3 at 40 ppm, 4. Five applications of GA_3 at 60 ppm and 5. Two applications of GA_3 at 60 ppm + three applications of GA_3 at 40 ppm. Treatments were distributed in a completely randomized block design with three replications. The experimental unit was a row of six plants. Applications were made with a backpack sprayer using 800 lt per hectare. 40 berries per experimental unit were collected at the beginning of harvest and were carried to the laboratory to make the measurements. Treatments were compared by using the DMS test at 0.05. Five applications at 60 ppm gave the higher berry size than the other treatments. ($p \leq 0.05$). Three applications of 40 or 60 ppm gave the lowest berry size. The least soluble solids content was obtained with three applications of GA_3 at 40 ppm ($p \leq 0.05$).

Key words: ºBrix, Phase I, Flame Seedless

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la baya tiene un crecimiento doble sigmoide (Coombe 1976; Lavee and Nir 1986; Martínez de Toda 1991; Pratt 1971; Williams 1990; Martínez 2014a); que incluye las fases denominadas I, II y III. La fase I se divide en tres etapas: la primera, que tiene una duración de cinco días y hay intensa división celular; la segunda que dura de cinco a 35 días después de antesis, en donde se reduce la división celular y aumenta el tamaño de células, y la tercera donde ya no hay división celular sino solo crecimiento de células (Coombe 1976; Hardie et al. 1996; Harris et al. 1968; Lavee and Nir 1986; Martínez 2014b).

En la Fase I del crecimiento de la baya se recomienda aplicar el ácido giberélico para aumento de tamaño (Lavee y Nir 1986; Márquez *et al.* 2004; Martínez 2014b). En el caso de las aplicaciones de ácido giberélico, la inmersión del racimo en la solución tiene un mejor efecto (Figura 15) que las aplicaciones totales (Figura 16), y además no daña los primordios florales como ocurre con las aplicaciones totales.

El número de aplicaciones y dosis varía de acuerdo a la variedad (Márquez *et al.* 2004). Para el caso del cv Flame Seedless se ha sugerido por el campo experimental de Infap Hermosilo realizar tres aplicaciones de GA_3 entre 40 y 60 ppm. Sin embargo, existe la posibilidad de obtener mejores resultados con más aplicaciones de acuerdo a lo observado por algunos productores de vid.

El objetivo de este experimento fue determinar el efecto de dos dosis de GA3 en varias aplicaciones en el tamaño de las bayas de este cultivar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el campo de un agricultor cooperante localizado en la Costa de Hermosillo. El viñedo tiene 21 años de edad, sostiene con una pérgola californiana y se irriga con riego por goteo. Los tratamientos evaluados fueron: 1. Tres aplicaciones de 40 ppm de GA_3, 2. Tres aplicaciones de 60 ppm de GA_3, 3. Cinco aplicaciones de 40 ppm de GA_3, 4. Cinco aplicaciones de 60 ppm de GA_3 y 5. Dos aplicaciones de 60 ppm de GA_3 + tres aplicaciones de 40 ppm de GA_3. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La unidad experimental fue de seis plantas y en cuatro de ellas se tomaron los datos. Las aplicaciones se realizaron con una mochila manual utilizando 800 litros de agua litros de agua por ha. Al inicio de la cosecha se colectaron 40 bayas las cuales se llevaron a laboratorio para realizar las mediciones. Se hizo un recuento de los racimos por planta y de la cantidad de bayas por racimo. Se realizó una comparación de medias mediante la prueba de DMS al 0.05

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las dos variables para medir el tamaño de las bayas hubo efecto significativo de los tratamientos (Cuadro 1). El mayor tamaño de las bayas, medido por el diámetro ecuatorial o por el peso de las bayas se obtuvo con el tratamiento con cinco aplicaciones consecutivas de 60 ppm de ácido giberélico. Después le siguieron la aplicación testigo comercial de 60 + 60 + 40 + 40 +40, y el tratamiento con cinco aplicaciones de 40 ppm de ácido giberélico. Los menores tamaños de baya se obtuvieron con tres aplicaciones de ácido giberélico. Con el tratamiento de tres aplicaciones de ácido giberélico a 60 ppm el tamaño de bayas fue el más bajo pero aun así rebasó el estándar comercial de diámetro ecuatorial de la baya que es de 17 mm. En lo referente a contenido de sólidos solubles el menor valor se alcanzó con tres aplicaciones de ácido giberélico a 40 ppm.

Los resultados de este ensayo indican que es posible obtener aumentos significativos en el peso tamaño de las bayas en este cultivar de vid al incrementar el número y las concentraciones de ácido giberélico.

Cuadro 1. Efecto de los tratamientos de ácido giberélico en el tamaño de bayas del vid cv Flame Seedless.

Tratamiento GA3 ppm	Diámetro de baya (mm)	Peso de baya (g)	Contenido de sólidos solubles ºBrix
40 +´40 + 40	18.01 c	3.85 d	11.60 b
60 + 60 + 60	17.91 c	3.88 cd	14.41 a
40 + 40 + 40 + 40 + 40	18.94 b	4.43 b	13.26 a
60 + 60 + 40 + 40 +40	18.52 bc	4.31 bc	13.81 a
60 + 60 + 60 + 60 + 60	19.65 a	5.61 a	13.18 a

*****

CONCLUSIONES

El aumento del número de aplicaciones de tres a cinco y de las dosis de 40 a 60 ppm de ácido giberélico trajo consigo un aumento en el tamaño de las bayas de vid cv Flame Seedless.

REFERENCIAS

Coombe, B. G. (1976). Development of fleshy fruits. Ann. Rev. Plant Physiol. 27:507-28.

Hardie, W., OBrien, T., Jaudzems, V. (1996). Morphology, anatomy, and development of the pericarp after anthesis in grape, Vitis vinifera L. Austral. J. Grape Wine Res. 2:97-142.

Harris, J., Kriedemann, P. and Posingham, J. (1968). Anatomical aspects of grape berry development. Vitis 7:106-19.

Lavee, S. and. Nir, G. (1986). Grape. In CRC Handbook of fruit set and development. Boca Ratón. CRC Press. 167-91.

Márquez-C., J. A., Osorio-A., G., Martínez-D., G., Fu-C, A. A., Grageda- G, J., Valdez-G, B. y Miranda-B., J. L. (2004). Vid de mesa. Establecimiento y manejo en la Costa de Hermosillo y Pesqueira. Folleto técnico 27. – CECH-CIRNO-INIFAP. 132 p.

Martínez-D, G. (2014). Crecimiento de las bayas de vid de mesa en Sonora, México. In. Memoria del XXV Congreso Internacional de Fitogenética. San Luis Potosí, SLP. p. 257.

Martínez-D, G. (2014). Crecimiento y desarrollo de racimos y bayas de la vid (Vitis vinífera L.). Libro técnico Num. 12. CECH-CIRNO-INIFAP. 118 p.

Martínez de Toda, F. (1991). Biología de la vid. Fundamentos biológicos de la viticultura. Mundi-Prensa. Madrid España. 346 p.

Pratt, C. (1971). Reproductive anatomy in cultivated grapes. A review. Am. J. Enol. Vitic. 22:93-109.

Williams, L. (1990). Fisiología de la vid. In: Fertilización de la vid. Memorias. I Seminario Internacional. México D. F. pp. 1-32.

EFECTO DEL OXIFUORFEN + 2,4-DB APLICADO EN POSTEMERGENCIA TEMPRANA EN GARBANZO

Martínez, Gerardo[1]

[1]Campo Experimental Costa de Hermosillo. INIFAP. E mail: germadiz@hotmail.com

RESUMEN

La maleza anual y perenne puede emerger al mismo tiempo que el garbanzo, lo que afecta desde las fases muy tempranas el desarrollo del cultivo y finalmente la producción. Se ha sugerido la aplicación de oxifluorfen + 2,4-DB (0.24+0.12 kg i.a./ha) en preemergencia al cultivo para el combate de estas malezas. No obstante, se ha reportado presencia de fitotoxicidad de esta mezcla al cultivo. Con el fin de evaluar la fitotoxicidad de esta mezcla se llevaron a cabo dos ensayos. En el experimento 1 se utilizó la variedad Blanco Sinaloa y los tratamientos fueron 1. Oxifluorfen + 2.4-DB y 2. Testigo sin aplicar. En el experimento 2 se aplicaron los mismos tratamientos pero la variedad fue Surutato. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de parcelas apareadas y hubo cuatro repeticiones, donde la unidad experimental fue una maceta de 20 litros con seis plantas. Al momento de la aplicación de los herbicidas las plantas de garbanzo tenían 2 cm de altura. A los 15 días después de la aplicación (dda) el daño al cv Blanco Sinaloa y Surutato fue de 5 y 18%, respectivamente y a los 30 dda el daño fue menor de 2% en ambas variedades. La producción de materia seca y el rendimiento de grano no fueron afectados por la aplicación de herbicidas en los dos cultivares. Los resultados indican que el garbanzo tiene la capacidad de recuperarse de la fitotoxicidad provocada por los herbicidas aplicados en las etapas tempranas de desarrollo.

Palabras clave: postemergencia, fitotoxicidad, herbicida hormonal.

ABSTRACT

Annual and perennial weeds may emerge at the same time than chickpea causing an early competition that affect crop development and reduce yield. It has been suggested to apply oxifluorfen + 2,4-DB (0.24+0.12 kg a.i. ha^{-1}) before crop emergence. However, toxicity of this mixture to the crop has been reported. Two experiments were carried out to evaluate fitotoxicity of this mixture to chickpea. In the first experiment oxifluorfen + 2.4-DB and a control were evaluated in the chickpea Blanco Sinaloa. In the second experiment the same treatments were evaluated in the chickpea Surutato. A paired plots design with four replications was utilized. The experimental unit was a 20 L pot with six plants. Chickpea

height was 2 cm at the time of herbicide application. Fitotoxicity of the herbicide mixture was 5 y 18% for Blanco Sinaloa and Surutato, respectively, 15 days after the application. Fitotoxicity was less than 2% in both varieties 30 days after the application. Dry matter and grain yield were not affected by the herbicides in both varieties. Both chickpea varieties were capable to overcome from the damage of the herbicides caused in early stages of development.

Key Words: postemergence, fitotoxicity, hormonal herbicide.

INTRODUCCIÓN

El combate químico de malezas en garbanzo se efectúa en presiembra y en postemergencia, en la Costa de Hermosillo. En esta región es usual aplicar trifluralina en dosis de 1 kg ha^{-1} incorporando el producto a 10 cm. También es común encontrar daños de la trifluralina en garbanzo posiblemente por aplicaciones en sobredosis, o bien cuando la siembra se realiza poco después de la aplicación. Cuando existe un intervalo de dos semanas entre la aplicación y la siembra los daños son mínimos ya que en ese intervalo puede descomponerse el 60 % del herbicida (Jaques y Harvey, 1979; Reyes y Zimdahl, 1989).

El garbanzo produjo casi 800 Kg ha^{-1} más que el testigo enmalezado cuando se aplicó prometrina y oxifluorfen según Martínez-Díaz (2013). El mismo autor reportó que el oxifuorfen controló la mayoría de las especies de maleza que inciden en el garbanzo cultivado bajo riego por goteo. Sin embargo, también reportó que el trébol amarillo (*Melilotus indicus*) es controlado en 70% por ese herbicida, por lo que terrenos infestados por esa especie requieren de otras opciones para evitar los daños causados por dicha maleza.

Se ha sugerido la aplicación de oxifluorfen + 2,4-DB (0.24+0.12 kg i.a./ha) en preemergencia al cultivo para el combate de estas malezas que emergen antes que el garbanzo (Martínez, 2014). No obstante, se ha reportado presencia de fitotoxicidad de esta mezcla al cultivo.

El objetivo d este trabajo fue determinar la fitotoxicidad de la mezcla oxifluorfen + 2,4-DB (0.24+0.12 kg i.a./ha) en el cultivo de garbanzo cuando es aplicado en las fases tempranas de la emergencia del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron en el campo experimental Costa de Hermosillo en el ciclo 2018/2019.

En el experimento 1 se utilizó la variedad Blanco Sinaloa y los tratamientos fueron 1. Oxifluorfen + 2.4-DB (0.24+0.12 kg i.a./ha) y 2. Testigo sin aplicar. En el experimento 2 se aplicaron los mismos tratamientos pero la variedad fue Surutato. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de parcelas apareadas y hubo cuatro repeticiones, donde la unidad experimental fue una maceta de 20 litros con seis plantas.

Al momento de la aplicación de los herbicidas las plantas de garbanzo tenían 2 cm de altura. Se realizaron evaluaciones de daño utilizando una escala visual porcentual 15 y 30 días después de la aplicación. Al momento de la cosecha se evaluaron rendimiento de las plantas en las macetas y peso de paja.

En cada ensayo, por separado, los datos se analizaron estadísticamente realizando una comparación de medias mediante la prueba del t al 0.05%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A los 15 días después de la aplicación (dda) el daño al cv Blanco Sinaloa y Surutato fue de 5 y 18%, respectivamente y a los 30 dda el daño fue menor de 2% en ambas variedades. La producción de materia seca y el rendimiento de grano no fueron afectados por la aplicación de herbicidas en los dos cultivares (Cuadro 1). Los resultados indican que el garbanzo tiene la capacidad de recuperarse de los daños provocados por los herbicidas cuando éste ocurre en las etapas tempranas de desarrollo.

Finalmente la producción de materia seca y de grano no se vio afectada a pesar de que en las etapas tempranas las plantas sufrieron de un daño significativo. Lo anterior coincide con los ensayos en los que la misma mezcla ha sido aplicada en preemergencia al cultivo y no ha causado fitotoxicidad al cultivo (Martinez, 2013).

Cuadro 1. Rendimiento de grano y materia seca de garbanzo bajo los tratamientos evaluados.

Variedad	Tratamiento	Peso de grano/maceta* (g)	Peso de paja (g)
Blanco Sinaloa	Oxifluorfen + 2,4-DB	64.8a	98.6a
	Testigo	60.6a	115.9a
Surutato	Oxifluorfen + 2,4-DB	70.1a	117a
	Testigo	50.1a	109a

*Medias seguidas por letra diferente difieren entre sí según la Prueba de T al 0.05.

CONCLUSIONES

La mezcla de oxifluorfen + 2,4-DB causó fitotoxicidad en las etapas tempranas de desarrollo del garbanzo pero el cultivo se recuperó completamente y tuvo un rendimiento de grano y de materia seca similar al testigo.

REFERENCIAS

Jaques, G. L. and Harvey, R. G. (1979). Persistence of dinitroaniline herbicides in soil. Weed Sci:27:660-665.

Martínez, D. G. (2013). Alternativas de combate de maleza en garbanzo (*Cicer arietinum* L.) bajo riego por goteo. CECH-CIRNO-INIFAP. Memoria técnica No. 23. Pp: 112-118.

Martínez, D. G. (2014). Combate de maleza anual en garbanzo (*Cicer arietinum* L.) bajo riego por goteo. II Simposio Nacional de garbanzo. CECH-CIRNO-INIFAP. Memoria técnica No. 35. Pp: 122-127.

Reyes, C. C. and. Zimdahl, R. L (1989). Mathematical description of trifluralin degradation in soil. Weed Sci.:604-608

EFECTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE NANOPARTÍCULAS DE HIERRO EN EL CULTIVO DE PEPINO

Guillén-Enríquez, Reyna Roxana[1*], Preciado-Rangel, Pablo[1], Zapata-Sifuentes, Gerardo[1,2], Pérez-García, Laura Andrea[1], Nava-Santos, Juan Manuel [2]

[1,2]Doctorado en Ciencias en Agua Suelo. Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Ejido Ana. 27170, Torreón, Coahuila, México.
[2]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez s/n. CP. 27054, Torreón, Coahuila, México. *Autor de correspondencia: reguillen@outlook.com

RESUMEN

El hierro, uno de los más importantes micronutrientes esenciales tanto para plantas como seres humanos. No obstante, pese a que en la Tierra se encuentran altas concentraciones, solamente algunas formas pueden ser utilizadas por las plantas. El objetivo de esta investigación fue evaluar la aplicación foliar de las nanopartículas de Fe (NPs Fe_2O_3) en el cultivo de pepino. Cuatro dosis crecientes de NPs Fe_2O_3 fueron aplicadas cada 10 días hasta la cosecha (0, 25, 50 y 75 ppm). Los resultados muestran que la aspersión foliar de 25 y 50 ppm, mejoran la producción de biomasa, el rendimiento, en fruto el tamaño, la firmeza y solidos solubles totales. Las NPs Fe_2O_3 demostraron su potencial como nanofertilizante al mejorar la calidad y la producción del cultivo de pepino.

ABSTRACT

The main objective of this research was determining the effect of foliar application of nanoparticles of Fe (NPs Fe_2O_3) on agronomic variables for the cucumber crops (*Cucumis sativus* L.). The iron, one of the most important micronutrients essentials as for plants as human beings. However, even though is found in high concentrations on the earth, only some forms are used for plants. It was evaluated four increasing doses of NPs Fe_2O_3 via foliar application every 10 days until the harvest (0, 25, 50 and 75 ppm). The results have demonstrated significative difference above the control and between treatments, such as the best doses were 25 ppm and 50 ppm. The Fe_2O_3 NPs demonstrated their potential as a nanofertilizer by improving the quality and production of the cucumber crop.

INTRODUCCIÓN

El hierro (Fe), participa en la fotosíntesis, respiración, procesos enzimáticos como la fijación de nitrógeno, transportador de electrones y síntesis de DNA (Fernandez *et al*., 2008). No obstante, pese a que en la tierra se encuentran altas concentraciones de hierro, solamente algunas formas pueden ser utilizadas por las plantas (Konate *et al*., 2018). Así que, se puede mitigar esta deficiencia mediante fertilizantes convencionales, pero estos, tienen elevados costos, resultados en deficientes rendimientos como baja calidad y bajo ingreso (Valencia *et al*., 2018). Los nanoferilizantes de hierro son más efectivos por ser menos costos y reducen el uso de químicos como el Fe_2SO_2 en el medioambiente (Sega *et a*l., 2019). Las nanopartículas (NPs), es un campo principal de interés para el mundo; estas, son unidades con características de dimensiones de 1 a 100 nm, diversas estructuras y fisicoquímicas (Mosa *et al*., 2018). Las NPs mejoran la germinación, resistencia a estrés, incrementan la absorción de nutrimentos y crecimiento de la planta (Yusefi-Tanha *et al.*, 2020). Además, disminuyen la contaminación y degradación del suelo provocado por el uso excesivo de fertilizantes químicos (Wang *et al.*, 2018). En los años recientes, estudios han reportado diversos beneficios, la positiva producción de cultivos y calidad de alimentos por el uso de nanopartículas de óxidos de hierro (Hu *et al*., 2017). La aplicación foliar de NPs con micronutrientes permite una rápida absorción, en consecuencia, existe un mayor crecimiento, desarrollo y producción de diversos cultivos (Fernández *et al*., 2013; Davarpanah *et al*., 2016). Sin embargo, la información relacionada a las nanopartículas aún no se conoce en su totalidad ya que su efecto depende de la especie, la concentración, así como la vía y época de aplicación, por lo se continúa evaluando su efecto en diversos cultivos. Por otro lado, entre los cultivos que han tenido un crecimiento en la superficie producida es el cultivo de pepino (*Cucumis sativus L*.), siendo su producción el 10% del área total de los invernaderos en México. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de NPs Fe_2O_3 en el cultivo de pepino

MATERIALES Y MÉTODOS

La ubicación del experimento se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agriaría Antonio Narro Unidad Laguna.

Se usaron semillas de pepino de la cv Poinsett 76 (Southhern Start Seeds), de 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. El cultivo se guío a un solo tallo, el riego y la nutrición fue con la solución nutritiva (SN) Steiner (1961). La CE será de 2 dS m^{-1} y 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 3 meses.

Diseño experimental

El diseño experimental fue bloques completamente al azar compuesto de tres tratamientos y un control. Los tratamientos consistieron en la aplicación foliar de NPs Fe_2O_3 (0, 25,50 y 75 ppm) cada uno con seis repeticiones Los tratamientos se aplicaron cada 10 días después de las primeras hojas verdaderas.

Variables evaluadas

Rendimiento. El rendimiento se determinó con el peso de cada uno de los frutos en una báscula digital de cada planta, posteriormente se una suma total de los frutos de cada planta para sacar la cantidad en kg por repetición y tratamiento.

Tamaño de fruto (longitud y diámetro ecuatorial del fruto). Se seleccionaron 5 frutos por planta, mediante un calibrador vernier digital (Mitutoyo; Modelo SC-6) se midió su diámetro ecuatorial de fruto (mm) y la longitud del fruto se midió utilizando una cinta métrica tomando como primer punto la base culminando en el ápice del fruto de pepino esto se hizo con cada fruto y cada tratamiento al cosechar, y el resultado fue registrado en centímetros (cm).

Firmeza del fruto. La firmeza del fruto se determinó con un penetrómetro de la marca Extech penetrometer (FHT200) con una puntilla de 8 mm de diámetro, para esto se retiró la cutícula y los resultados fueron expresados en unidades de Newton (N).

Sólidos solubles totales (TSS). Los TSS fueron obtenidos con un refractómetro portátil marca ATAGO calibrado en el cual se agregó una gota de la muestra compuesta (se trituraron 5 frutos por repetición, por tratamiento) y se tomó la lectura correspondiente para verificar la cantidad de sólidos solubles totales en fruto.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y prueba de medias LSD de Fisher ($P \leq 0.05$) con el Software estadístico SAS (Statistics Analysys System) ® versión 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto al rendimiento, este se incrementó con la aplicación de 50 ppm siendo estadísticamente superior al control (Cuadro 1). Este resultado es similar al reportado por Drostkar *et al.* (2016), quienes encontraron un incremento en el rendimiento con la utilización de NPs Fe_2O_3. Lo anterior podría ser por el tamaño de la nanopartícula que facilita la absorción, así como su concentración adecuada para el metabolismo de la planta.

Cuadro 1. Valor promedio de las variables evaluadas en la planta y fruto de pepino, con la aplicación de diferentes concentraciones de nanopartículas de hierro.

(Kandpal *et al*., 2014).

*Valores con letras iguales en cada columna son estadísticamente similares (p ≤ 0.05), prueba LSD.

NPs Fe_2O_3 ppm	Rendimiento Kg	Longitud cm	Diámetro cm
0	1.5100b	15.7667b	36.850b
25	2.5933ab	19.1100a	43.840ab
50	2.9667[a]	19.6667a	48.033a
75	2.2167ab	16.7100ab	40.020ab

En relación a la calidad comercial del fruto este fue afectado positivamente por la aplicación foliar de NPs de Fe (Cuadro 1), obteniendo el mayor tamaño de fruto con las aplicaciones de 25 y 50 ppm. Lo anterior, podría ser la asimilación de las NPs podría atraer mayor agua a los frutos (Valencia *et al.*, 2018). La aplicación foliar de diferentes tratamientos resulto similar a algunos valores reportados para la longitud se ha reportado de 20 a 25 cm no inferior a 15 cm mientras que para el diámetro un promedio de 3.17, pero también de 5 a 5.7 no excediendo los 6 cm (Kanwar *et al.,* 2019). La firmeza y solidos solubles totales (TSS) (Figura 1), también fueron afectados por la aspersión foliar de NPs Fe_2O_3, obteniendo la mayor firmeza con, 25 y con 50 ppm, con dosis superiores se produce fitotoxicidad en los cultivos (Zia-ur-Rehman *et al*., 2018).

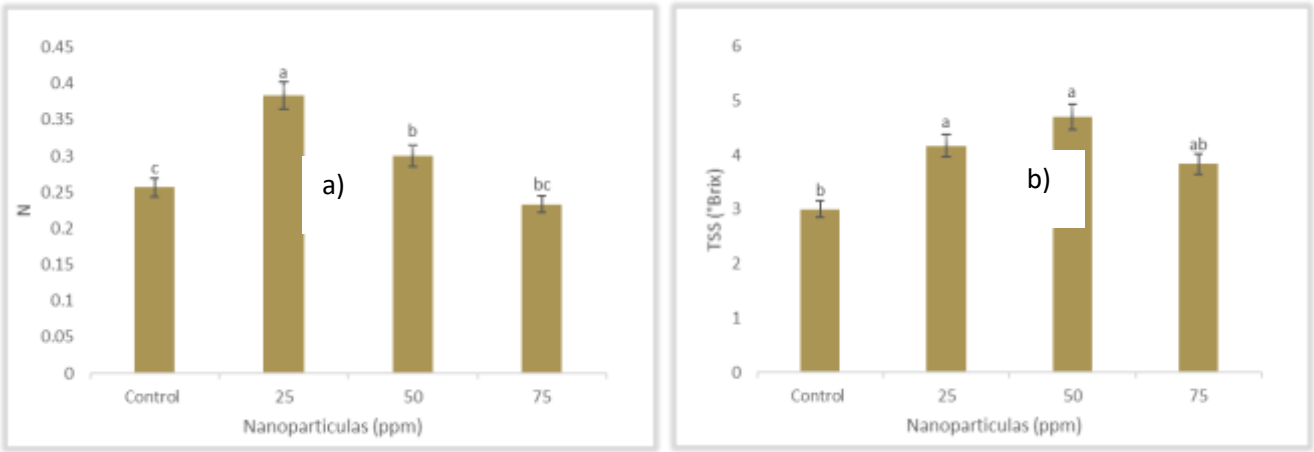


Figura 1. Valor promedio de las variables; a) firmeza y b) TSS en fruto de pepino, con la aplicación de diferentes concentraciones de NPs Fe_2O_3 (Control (0), 25, 50 y 75 ppm).

CONCLUSIONES

La aplicación vía foliar de NPs Fe_2O_3 mejora el rendimiento y la calidad comercial de los frutos de pepino. Las dosis de 25 y 50 ppm mejoraron el rendimiento, firmeza, solidos

solubles totales, así como tamaño del fruto. Las NPs Fe_2O_3 han demostrado su potencial como nanofertilizante para el cultivo de pepino mejorando la calidad y producción.

REFERENCIAS

Davarpanah, S., Tehranifar, A., Davarynejad, G., Abadía, J., Khorasani, R., 2016. Effects of foliar applications of zinc and boron nano-fertilizers on pomegranate (Punica granatum cv. Ardestani) fruit yield and quality. Sci. Hortic. 210, 57-64.

Drostkar, E., Talebi, R., Kanouni, H., 2016. Foliar application of Fe, Zn and NPK nano-fertilizers on seed yield and morphological traits in chickpea under rainfed condition. J. Res. Ecol. 4(2), 221-228

Fernandez, V., Eichert, T., Del Rio, V., López-Casado, G., Heredia-Guerrero, J.A., Abadía, A., Heredia, A., Abadía, J., 2008. Leaf structural changes associated with iron deficiency chlorosis in field-grown pear and peach: physiological implications. Plant Soil. 311, 161-172

Fernández, V., Sotiropoulos, T., Brown, P.H., 2013. Foliar fertilization. In ScientificPrinciples and Field Practices. International Fertilizer Industry Association,Paris

Hu, J., Guo, H., Li, J., Wang, Y., Xiao, L., & Xing, B. (2017). Interaction of γ-Fe2O3 nanoparticles with Citrus maxima leaves and the corresponding physiological effects via foliar application. *Journal of Nanobiotechnology*, *15*(1), 1–12. https://doi.org/10.1186/s12951-017-0286-1

Kandpal, N.D., Sah, N., Loshali, R., Joshi, R., Prasad, J., 2014. Co-precipitation method of synthesis and characterization of iron oxide nanoparticles. J. Sci. Ind. Res. 73, 87–90

Kanwar, M.K., Sun, S., Chu, X., Zhou, J., 2019. Impacts of Metal and Metal Oxide Nanoparticles on Plant Growth and Productivity. In: Nanomaterials and Plant Potential. Husen, A., Iqbal, M., (Eds). Springer, Cham. pp. 379-392.

Zia-ur-Rehman, M., Naeem, A., Khalid, H., Rizwan, M., Ali, Sh, Azhar, M., 2018. Responses of plants to iron oxide nanoparticles. In: Tripathi, D.K., Ahmad, P., Sharma, Sh, Chauhan, D., Dubey, N.K. (Eds.), Nanomaterials in Plants, Algae, and Microorganism. pp. 221–238

ESPECIES DE *Alternaria* spp. ASOCIADAS A LA PUDRICIÓN DE FRUTOS DE BELL PEPPER ESTABLECIDOS BAJO CUBIERTA EN SINALOA

Elizabeth García León[1*], Laura Guerrero Santana[2] y Santos Gerardo Leyva Mir[2]

[1]Campo Experimental Valle del Fuerte-INIFAP, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa.
[2]Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Edo. de México.
***garcia.elizabeth@inifap.gob.mx**

RESUMEN

Sinaloa es uno de los principales estados productores de chile pimiento bell pepper a nivel nacional. Se observaron síntomas de pudrición en frutos en campo y poscosecha en las variedades Luciano y Cardenal en un invernadero en malla sombra. El objetivo de esta investigación fue determinar la morfología y patogenicidad de los agentes causales asociados a la sintomatología de pudrición. La morfología de tres aislados puros se determinó con claves taxonómicas especializadas, mientras que las pruebas de patogenicidad se realizaron inoculando frutos de las dos variedades anteriormente mencionadas. Los resultados de la caracterización morfológica mostraron estructuras reproductivas asociadas a *Alternaria* spp. Los Postulados de Koch indicaron que al menos un aislado mostró patogenicidad en frutos. Con el presente estudio se parte de información científica básica para proponer estrategias de manejo de la enfermedad en campo, para evitar que la problemática se refleje en poscosecha.

ABSTRACT

Sinaloa is one of the main bell pepper producing states nationwide. Symptoms of rotting in fruits were observed in the field and postharvest in the “Luciano” and “Cardenal” varieties in a shade-mesh greenhouse. The objective of this research was to determine the morphology and pathogenicity of the causative agents associated with rot symptoms. The morphology of three pure isolates was determined with specialized taxonomic keys, while the pathogenicity tests were carried out by inoculating fruits of the two varieties mentioned above. The results of the morphological characterization showed reproductive structures associated with *Alternaria* spp. Koch's Postulates indicated that at least one isolate showed pathogenicity in fruits. With this study, we start from basic scientific information to propose strategies for managing the disease in the field, to prevent the problem from being reflected in postharvest.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) es una de las hortalizas de mayor producción mundial, ya que, en el año 2019, ocupó una superficie de 2, 798,778 millones de hectáreas. Los países que registran los mas altos rendimientos son Bélgica con 266 toneladas por

hectárea, seguido del Países Bajos con 250 toneladas por hectárea, y en el tercer lugar se encuentra al Reino Unido con una producción de 234.30 toneladas por hectárea, México ocupa el puesto número 49, teniendo un rendimiento de 29.56 toneladas por hectárea (FAOSTAT, 2019).

En México, en el año 2020, se sembró una superficie de 7, 377.82 hectáreas de chile pimiento bell pepper, lo que equivale al 0.043% del total de la superficie sembrada nacionalmente. Los estados con el rendimiento más alto son Querétaro con 223.32 t·ha, Hidalgo con un rendimiento de 136.33 t·ha, y el estado de Jalisco con 113.52 t·ha (SAGARPA, 2020). El estado de Sinaloa ocupa el décimo lugar en rendimiento de pimiento bell pepper, el cual fue de 80.98 t·ha. Además, en Sinaloa se establece el 47.6% de la superficie sembrada de pimiento Bell Pepper nacional (CESAVESIN, 2020).
De acuerdo con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2020) la producción bajo cubierta ocupa el 58.09 % del total de la superficie sembrada de pimiento en el estado de Sinaloa. Con la tecnología de malla sombra se produjo en el estado un total de 175,942.45 toneladas.

Las enfermedades fúngicas se encuentran entre las limitantes bioticas más importantes del cultivo de chile dentro de las que se encuentran las causadas por el género *Alternaria* spp. Estos hongos incluyen especies con potencial para la producción de micotoxinas con graves consecuencias en la agricultura y en la industria alimenticia.

Alternaria es un hongo parásito de plantas que actúa como saprófito en sustratos orgánicos, involucrado en la degradación de material vegetal. Muchas de las especies de *Alternaria* patógenas están citadas en casi todos los países del mundo. Sin embargo las citas sobre este patogeno frecuentemente no consideran la intensidad de enfermedad, asi como el daño. Muchos de los hospedantes del género Alternaria son susceptibles a sus respectivas enfermedades en dos estadíos de su desarrollo. El primer pico de susceptibilidad ocurre en etapas fenológicas tempranas del hospedante, todas las especies de *Alternaria* que son transmitidas por semilla, alteran la germinación normal de la misma y causan damping-off.

MATERIALES Y METODOS

Se recolectaron frutos de pimientos “Bell pepper” con síntomas de pudrición establecido bajo malla sombra en Guasave, Sinaloa. Las muestras se trasladaron al laboratorio de fitopatología de la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte de la Universidad Autonoma de Sinaloa. Se realizaron cortes de tejido de aproximadamente 5 mm., se desinfestaron con hipoclorito de sodio al 3% y agua destilada esteril para despues sembrar de forma directa en placas Petri con medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (Bioxon®). Posteriormente se incubaron por 48 horas a 28°C. Se aislaron los hongos esporulados del sintoma en fruto y se realizaron cultivos monosporicos. Se caracterizó morfológicamente al agente causal por medio de claves taxonomicas descritas por Simmons (2007) y Watanabe (2010).

Pruebas de patogenicidad

La prueba de patogenicidad se realizó en frutos de pimiento bell pepper, en dos variedades "Cardenal" y "Luciano". Los frutos se encontraban en madurez comercial, listos para consumo humano. Éstos se desinfestaron con hipoclorito de sodio al 3%, se lavaron con agua destilada estéril y se asperjaron con alcohol al 75 %.

Para probar la patogenicidad de los aislados se realizaron pruebas sobre frutos sanos de las dos variedades. Se inocularon con una suspension de conidios a una concentración de 2.5 x 10^4 esporas/mL. Previamente se realizaron tres heridas sobre los frutos sanos y con ayuda de una micropipeta se coloco 1 mililitro de dicha suspension por herida por fruto. Los frutos inoculados se colocaron en charolas de unicel limpias, con sanitas humedecidas y cubiertas con bolsas plasticas. Se incubaron a temperatura ambiente (25ºC) por 24, 48, 72 y 96 horas para observar el desarrollo de síntomas.

RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo a las caracteristicas de la colonia, la tasa de crecimiento micelial vario de 5.3 a 21.85 mm por dia a 25 °C en medio PDA. Todos los aislados mostraron tonalidades café oscuro y micelio algodonoso. Además, el 66% de los aislados exhibió un círculo concéntrico característico del género Alternaria.

Cuadro 1. Caracteristicas morfologicas de la colonia de aislados obtenidos de sintomas de pudrición en pimiento bell pepper en Guasave, Sinaloa.

		24*		48*		72*		96*		120*		144*	
Aislado		TC (mm dia)		TC (mm dia)		TC (mm dia)		TC (mm dia)		TC (mm dia)		TC (mm dia)	
A1	R1	6.35	P	5.63	P	8.97	P	8.43	P	10.42	P	9.98	P
A2	R2	7.99	P	7.87	P	11.67	P	6.42	P	9.7	P	12.23	P
A3	R3	5.13	P	6.47	P	14.01	P	7.49	P	4.45	P	13.47	P
A4	R4	8.1	P	10.74	P	3.67	P	10.35	P	9.64	P	12.53	P
A5	R5	9.88	P	9.66	P	10.83	P	8.15	P	10.24	P	8.47	P
A6	R6	14.63	P	15.61	P	8.37	P	9.25	P	8.99	P	5.41	P
A11	R1	6.37	P	7.44	P	8.51	P	8.01	P	9.22	P	12.41	P
A22	R2	5.66	P	7.92	P	9.54	P	8.47	P	7.16	P	6.68	P
A33	R3	6.72	P	7.14	P	9.132	P	8.68	P	8.48	P	8.96	P
A44	R4	5.69	P	6.65	P	6.572	P	8.748	P	7.74	P	7.86	P
A55	R5	4.53	P	5.61	P	6.84	P	7.23	P	6.54	P	9.28	P
A66	R6	5.94	P	8.62	P	9.15	P	8.13	P	6.98	P	7.24	P
M1	R1	5.95	A	10.34	A	13.28	A	9.49	A	10.35	A	10.91	A
M2	R2	7.87	A	9.62	A	11.99	A	12.16	A	10.49	A	8.21	A
M3	R3	9.52	A	12.21	A	10.77	A	12.85	A	8.19	A	7.56	A
M4	R4	5.3	A	8.34	A	9.8	A	10.78	A	-3.73	A	21.82	A
M5	R5	9.24	A	10.13	A	12.22	A	11.34	A	9.88	A	6.88	A
M6	R6	9.787	A	9.51	A	12.63	A	11.9	A	10.89	A	6.69	A

a= Tasa de crecimiento (incubación a 25 °C en oscuridad continua).
d= Presencia o ausencia de un círculo concéntrico. P= Presencia. A= Ausencia

Los sintomas que se observaron en frutos de las variedades Luciano y Cardenal fueron similares, ya que se mostraron manchas circulares a partir del punto de inoculacion, las cuales se expandieron circularmente hasta provocar una pudricion. Los testigos inoculados con agua destilada esteril no mostraron sintomas visibles a las 72 horas despues de la inoculacion (Figura 1).

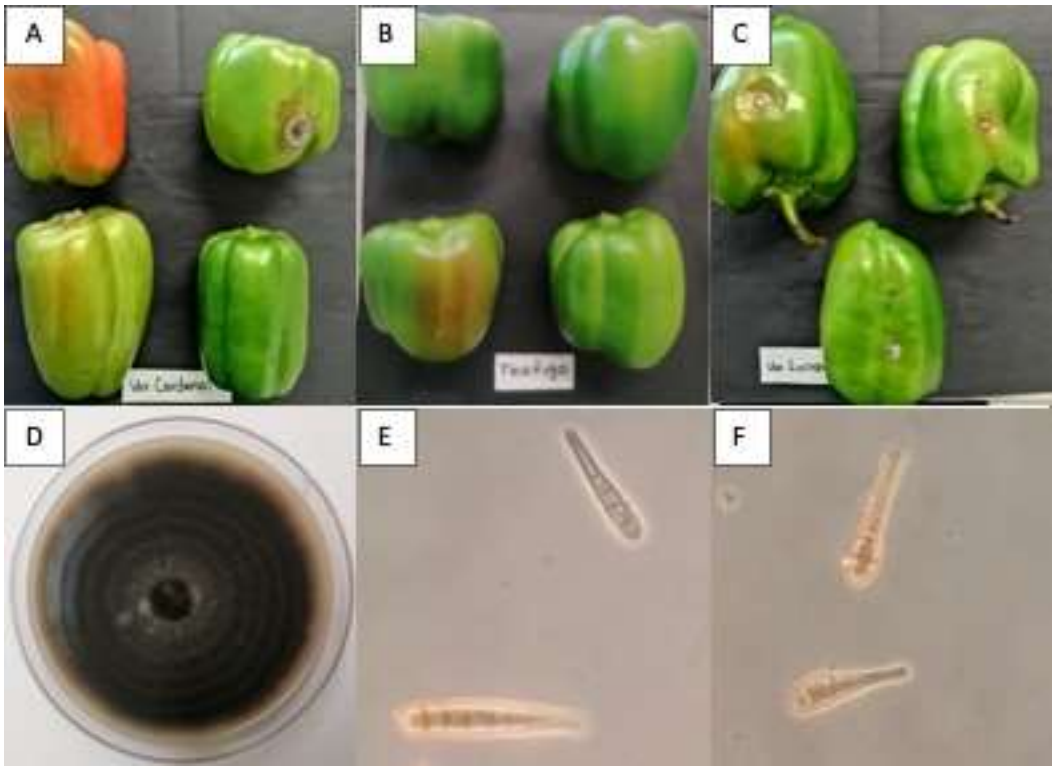


Figura 1. A) Sintomas en frutos de la var. cardenal, B) Testigos, C) Sintomas en la var. Luciano, D) Crecimiento en medio PDA con 9 dias, E) Y F) Conidios de *Alternaria* spp.

Los resultados del presente estudio coinciden con los observados por Serrato-Diaz y French-Monar (2011) los cuales encontraron que en la sintomatologia de la enfermedad inicialmente se observan lesiones pequeñas y ligeramente hundidas sobre las frutas, y a medida que avanza la enfermedad las lesiones se hunden totalmente y se expanden (Fig. 1). Sobre éstas se observa un moho grisáceo a negro correspondiente a las esporas del patógeno. Sin embargo son necesarios mas estudios sobre el desarrollo y tipos de propagacion de la enfermedad.

CONCLUSIONES

La caracterizacion morfologica y de patogenicidad indican que *Alternaria* spp. es el patógeno asociado con la pudricion de frutos de pimiento bell pepper establecidos bajo cubierta en, sin embargo es un trabajo previo en el cual se necesitan mas estudios para determinar la variabilidad de aislados y si comparten el mismo rango de virulencia en la infeccion de frutos.

BIBLIOGRAFIA

CESAVESIN. Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Sinaloa. 2020. Consultado en línea: http://www.cesavesin.org.mx/cms/

Da Cruz-Cabral A.A., Terminiello, L., Fernández-Pinto, V.A., Fog-Nielsen, K and Patriarca, A. 2016. Natural occurrence of mycotoxins and toxigenic capacity of Alternaria strains from mouldy peppers. International Journal of Food Microbiology (236), 155–160 p.

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2019. FAOSTAT. Estadísticas de producción.

Simmons, G. E. 2007. Alternaria: an identification manual: fungal biodiversity centre. Utrecht, Netherlands. 775 p

Watanabe, T. 2010. Pictorial atlas of soil and seed fungi: morphologies of cultured fungi and key to s pecies. 3th (Ed.). CRS Press. Boca Raton, USA 3970 p.

ESTABILIDAD E INTERACCIÓN GENOTIPO × AMBIENTE EN HÍBRIDOS DE MAÍZ

STABILITY AND GENOTYPE × ENVIRONMENT INTERACTION IN MAIZE HYBRIDS

José Luis Maya de León[1*] Ulises Aranda Lara[2], Rosendo Hernández Martínez[2], José Ángel Cid Rios[3], Odilón Gayosso Barragán[4]

[1]Ex Investigador del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque. [2]INIFAP-Campo Experimental Río Bravo. Carretera Matamoros-Reynosa, Km-61. C.P. 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México. [3]INIFAP-Campo Experimental Zacatecas. km 20.5 Carretera Zacatecas Fresnillo, Calera, V. R., Zacatecas, México. C.P. 98500. [4]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar. INIFAP, Carretera Ojuelos-Lagos de Moreno km 8.5, Ojuelos de Jalisco, Jal C.P.47540. **Autor de correspondencia:** ulises.aranda.lara@gmail.com

RESUMEN

En todo programa de mejoramiento genético por hibridación en maíz, conocer la interacción o estabilidad de los genotipos a ser liberados como híbridos es de suma importancia. El trabajo de investigación tuvo como objetivo el evaluar en diferentes nichos ecológicos del estado de Guanajuato los parámetros de rendimiento y fenológicos de híbridos experimentales de maíz. Se establecieron 21 híbridos experimentales y cuatro testigos comerciales de la región bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y tres localidades del estado de Guanajuato en el ciclo primavera - verano del 2015. Se realizó un análisis combinado de varianza (ANOVA) para estimar los efectos principales de genotipo (G) y ambiente (A) mediante el modelo AMMI. Los resultados mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre ambientes, genotipos e interacción genotipo × ambiente, así mismo, los efectos del primer componente principal (CP1). Los híbridos con mayor rendimiento y estabilidad a través de localidades fueron las cruzas 16, 20 y 23. Aquellos genotipos identificados son recomendados para liberarse comercialmente ya que reflejaron ser un ideotipo competente con los híbridos de la región.

ABSTRACT

In any genetic improvement program by hybridization in maize, knowing the interaction or stability of the genotypes to be released as hybrids is of utmost importance. The objective of this research was to evaluate the yield and phenological parameters of experimental corn hybrids in different ecological niches in the state of Guanajuato. Twenty-five experimental hybrids and four commercial controls from the region were established under a randomized

complete block design with three replications and three locations in the state of Guanajuato in the spring-summer cycle of 2015. A combined analysis of variance (ANOVA) was performed to estimate the main effects of genotype (G) and environment (A) using the AMMI model. The results showed significant differences ($P \leq 0.01$) between environments, genotypes and genotype × environment interaction, as well as the effects of the first principal component (CP1). The hybrids with the highest yield and stability across locations were crosses 16, 20 and 21. Those genotypes identified are recommended for commercial release as they proved to be a competent ideotype with the hybrids of the region.

INTRODUCCIÓN

La forma tradicional del consumo del maíz en México es la tortilla por tal motivo ocupa el primer lugar en la canasta básica de la sociedad. En los programas de fitomejoramiento genético el principal objetivo es obtener genotipos con rendimientos mayores, pero en la mayoría de los casos el potencial de rendimiento es enmascarado por la interacción genotipo por ambiente (G × A). La interacción G × A ocurre cuando los genotipos responden de manera diferente a las variantes del ambiente (Gordón-Mendoza *et al*.,2006). Existen factores impredecibles en el ambiente por lo cual es recomendable aumentar el número de ambientes para evaluación de los ensayos (Sprague y Eberhart 1977). Estudios relacionados en cuestiones de calidad de grano y tortilla, el modelo AMMI (efectos principales aditivos e interacciones multiplicativas) se ha utilizado para el análisis de estabilidad y la interacción genotipo × ambiente (Vázquez *et al*., 2012). En maíz este modelo ha evidenciado su eficiencia para identificar materiales sobresalientes y estables a diferentes ambientes (González *et al*.,2009; Torres *et al*., 2011; López *et al*.,2017). Por tal razón este estudio se realizó con el objetivo de evaluar parámetros de rendimiento y fenológicos en híbridos experimentales de maíz en diferentes ambientes del estado Guanajuato, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se evaluaron en condiciones de riego por gravedad con 21 cruzas experimentales de maíz y cuatro híbridos comerciales (Puma, Cimarrón, DK-2061 y San Andrés), bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, en las comunidades de Soria en el Municipio de Comonfort, Empalme Escobedo, Juventino Rosas en el estado de Guanajuato, en el ciclo primavera-verano del 2015. La parcela experimental de cada tratamiento estuvo formada por 2 surcos con una distancia de 5.2 m largo, y con

una distancia entre ellos de 0.76 m, la distancia entre plantas fue de 14 cm. Al momento de la siembra se aplicó la formula química 120-80-60, en la segunda escarda se aplicaron 120-00-00 (N-P-K, respectivamente). El manejo agronómico fue conforme al paquete tecnológico del INIFAP para condiciones de riego de la región. (INIFAP, 2015). Las variables evaluadas fueron; días a floración masculina (DFM); altura de planta (AP); altura de mazorca (AM); rendimiento de grano en toneladas por hectárea ajustado al 14 % de humedad (REND t ha^{-1}). Se realizó un análisis combinado de la varianza (ANOVA) para los efectos principales de genotipo (G) y ambiente (A) mediante el modelo siguiente: $Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + (GA)_{ij} + B_{k(j)} + E_{ijk}$ donde: Y_{ijk} = Rendimiento promedio del iésimo genotipo obtenido en el jésimo ambiente y késima repetición, μ = Efecto de la media general, G_i = Efecto del iésimo genotipo, A_j = Efecto del jésimo ambiente, $(GA)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el iésimo genotipo y el jésimo ambiente, $B_{k(j)}$ = Efecto de la k ésima repetición en el jésimo ambiente, E_{ijk} = Efecto aleatorio del error experimental asociado al iésimo genotipo en el jésimo ambiente y Késima repetición, según el modelo lineal aditivo. Así mismo, se realizó un análisis de CP para los efectos no aditivos de la interacción G x A (Gollob, 1968). Este modelo denominado AMMI por Gauch y Zobel (1988), está constituido por parámetros aditivos y multiplicativo. Los datos se analizaron usando el paquete estadístico SAS (SAS, 2006). Para el análisis de interacción genotipo por ambiente del modelo AMMI se realizó con el uso del software R (R Core Team, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza mostro efectos altamente significativos ($p<0.01$) en las fuentes de variación del ambiente, genotipo e interacción genotipo × ambiente (Cuadro 1), así mismo, con valores de 30.21 %, (A), 53.32 % (G) y 16.47 % (G×A) en relación a la varianza de explicación de la suma de cuadro (SC) total. En cuanto al modelo AMMI mostró los dos primeros ejes del CP altamente significativos ($p<0.01$), explicando 75.75 y 24.25 % para el CP1 y CP2 en proporción a la varianza total de las SC.

Cuadro 1. Análisis de varianza del modelo AMMI para 25 híbridos de maíz evaluados en tres ambientes en Guanajuato del ciclo P-V 2015.

FV	GL	SC	% SC
Ambiente (A)	2	309 **	30.21
Genotipo (G)	24	546 **	53.32
G×A	48	169 **	16.47

CP1	25	128 **	75.75
CP2	23	41 **	24.25
CP3	21	0	0

FV = fuente de variación; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; % SC = porcentaje de la suma de cuadrados; G*A = Interacción genotipo × ambiente; CP = componente principal.

En cuanto a la comparación de medias del análisis combinado (Cuadro 2) nueve híbridos fueron superiores a los testigos comerciales de la región, las cuales fueron el 23, 21, 16, 20, 22, 6, 17, 5 y 18. En la variable de DFM el material más precoz fue el 11 con 70 días y el híbrido con ciclo más tardío fue el 25 con 77 días. Los genotipos con mayor altura de planta fueron 17 y 25 con 241 y 239 cm y el de menor altura fue el 7 con 200 cm. El híbrido con mayor altura de mazorca fue el 22 con 146 cm. Los híbridos 23, 21 y 16 fueron los de mayor rendimiento con 16 toneladas por hectárea y el de menor rendimiento 8 con 10 t ha^{-1}.

Cuadro 2. Comparaciones de medias de las variables estudiadas en las tres localidades del estado de Guanajuato en el ciclo P-V 2015.

Híbrido	DFM	AP	AM	REND t ha^{-1}	Híbrido	DFM	AP	AM	REND t ha^{-1}
PUMA	75	214	113	13	14	71	219	105	12
CIMARRON	74	222	105	14	15	72	236	115	13
DK-2061	74	221	107	13	16	72	224	128	16
SAN ANDRES	76	231	124	13	17	77	241	128	14
5	74	230	123	14	18	75	213	112	14
6	72	235	125	14	19	75	223	108	12
7	73	200	101	12	20	74	228	117	16
8	71	204	108	10	21	75	224	127	16
9	72	224	111	12	22	75	237	146	15
10	71	205	107	11	23	76	239	126	16
11	70	213	111	12	24	76	236	129	12
12	71	216	113	12	25	77	239	135	13
13	72	228	110	10	DHS	1.81	14.61	14.00	1.64

DFM = días a floración masculina; AP = altura de planta; AM = altura de mazorca; REND t ha^{-1} = rendimiento de grano en toneladas por hectárea; DHS = diferencia honesta significativa.

La interpretación de los resultados del análisis AMMI se facilitó con la representación gráfica (gráfico biplot), en el mismo espacio, de genotipos y ambientes. En el eje de las abscisas (X) de la Figura 1, se lee el rendimiento de grano de los genotipos y ambientes. La línea perpendicular a este eje indica el rendimiento medio que fue de 13.16 t ha^{-1}. Así, a la izquierda del eje de las X's se grafican las entradas con menor rendimiento y a la

derecha se localizan los genotipos y ambientes de mayor rendimiento. El eje de las ordenadas (Y) en cambio, mide la estabilidad de los genotipos y ambientes: aquéllos con valores cercanos a cero son estables mientras los que presentan valores altos del primer componente principal son inestables. De acuerdo a esta información los genotipos 21, 23, 16 y 20 obtuvieron el mayor rendimiento seguido por los genotipos 22, 6, 17 y 5; en cambio, los genotipos 8 y el 13 expresaron los rendimientos más bajos. La localidad de Comonfort fue la que obtuvo el mayor rendimiento, seguida de la localidad de Soria; la localidad de Juventino Rosas registró rendimientos por debajo de la media, siendo esta localidad la de menor rendimiento. Por otro lado, los genotipos más estables y con alto potencial de rendimiento con valores de CP1 bajos o cercanos a cero, fueron los genotipos 20, 16, 23, 17, 22, 6 y 5 destacando los genotipos 20, 16 y 23 ya que su rendimiento estuvo entre los más altos del ensayo, lo que indica que son materiales que rinde bien en todos los ambientes. Los genotipos 21, 18 y 19 junto con el ambiente de Soria fueron los que más aportaron al primer eje de la interacción, siendo más inestables. Con relación a los ambientes, Yan *et al*. (2000) señala que aquellos que exhiben entre ellos un ángulo menor a los 90º tienen la cualidad de clasificar a los genotipos de una manera semejante; mientras los que tienen un ángulo cercano a los 180º tienden a ordenar de manera inversa los genotipos, dificultando la selección por ser tan contrastantes, caso que se observa en los ambientes de Soria y Comonfort. Por la longitud de los vectores los ambientes que mejor discriminaron a los genotipos en la evaluación fueron Soria y Comonfort esto de acuerdo por lo explicado por Kempton (1984).

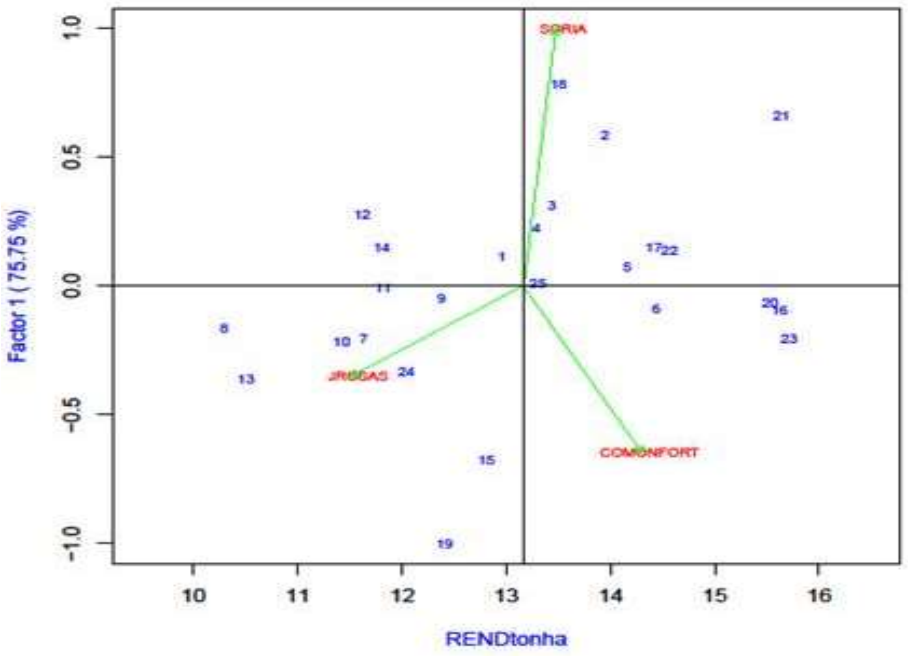


Figura 1. Biplot de rendimiento de grano de 25 híbridos evaluados en el experimento

CONCLUSIÓN

Los híbridos seleccionados de este experimento fueron el 23, 20 y 16 que fueron los de mejor rendimiento en las localidades y a través de localidades.

REFERENCIAS

Gauch, H. and R. ZOBEL. 1988. Predictive and postdictive success of statistical analysis of yield trials. Theor. Appl. Genet. 79:753-761.

Gollob, H.F. 1968. A statistical model which combines features of factor analytic and analysis of variance techniques. Psychometrika 33:73-115.

González, H. A.; Sahagún, C. J.; Vázquez, G. L. M.; Rodríguez, P. J. E.; Pérez, L. D. J.; Domínguez, L. A.; Franco, M. O. y Balbuena, M. A. 2009. Identificación de variedades de maíz sobresalientes considerando el modelo AMMI y los índices de Eskridge. Agric. Téc. Méx. 35(2):189-200.

Gordón-Mendoza R., I. Camargo-Buitrago, J. Franco-Barrera y A. González-Saavedra (2006) Evaluación de la adaptabilidad y estabilidad de 14 híbridos de maíz, Azuero, Panamá. Agronomía Mesoamericana 17:189-199.

INIFAP, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2015. Agenda Técnica Agrícola Guanajuato. Primera edición. Paquete Tecnológico de maíz grano para riego en Guanajuato. 209-216.

Kempton R. A. (1984) The use of biplots in interpreting variety by environment interactions. The Journal of Agricultural Science 103:123-135, https://doi.org/10.1017/S0021859600043392.

López-Morales, F., Vázquez-Carrillo, M., Molina-Galán, J. D., García-Zavala, J. J., Corona-Torres, T., Cruz-Izquierdo, S., ... & Esquivel-Esquivel, G. (2017). Interacción genotipo-ambiente, estabilidad del rendimiento y calidad de grano en maíz Tuxpeño. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 8(5), 1035-1050.

SAS Institute. 2006. Release 9.3 ed. SAS Institute, Inc., Cary, NC.

Sprague G. F. and S. A. Eberhart (1977) Corn breeding. In: Corn and Corn Improvement. G. F. Sprague (ed.). American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. pp:305-362.

Torres, F. J. L.; Morales, R. E. J.; González, H. A.; Laguna, C. A. y Córdova, O. H. 2011. Respuesta de híbridos trilineales y probadores de maíz en valles altos del centro de México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 2(6):829-844.

Yan W., A. Hunt., Q. Sheng, and Z. Szlavnics (2000). Cultivar Evaluation and Mega-Environment Investigation Based on the GGE Biplot. Crop Science. 40 (3): 597-605. DOI: 10.2135/cropsci2000.403597x

ESTADÍSTICAS DE USUARIOS QUE CONSULTARON LA APLICACIÓN MÓVIL CLIMAINIFAP EN SU VERSIÓN iOS 2.0

Mario P. Narváez Mendoza[1]*, Miguel Ángel González González[1], Arturo Corrales Suastegui[1], Luis Antonio González Jasso[1], Hilario Flores Gallardo[2]

[1]INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20660.
[2]INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental del Valle del Guadiana, Carretera Durango-Mezquital Km 4.5, Victoria de Durango, Durango, México. C.P. 34170.

narvaez.mario@inifap.gob.mx

RESUMEN

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) a través del Campo Experimental Pabellón desarrolló la versión 2.0 ClimaInifap, la cual es una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo iOS. Dados los requerimientos de los usuarios, el objetivo de este trabajo es mostrar a partir de estadísticas para un periodo de tres años (2016-2018) el nivel o grado de adopción, a nivel mundial, de la aplicación (tecnología) móvil CLIMAINIFAP en su versión iOS 2.0.

ABSTRACT

The Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) through Campo Experimental Pabellón developed version 2.0 ClimaInifap, which is an application for mobile devices with iOS operating system. Given the requirements of the users, the objective of this work is to show from statistics for a period of three years (2016-2018) the level or degree of adoption, worldwide, of the CLIMAINIFAP mobile application (technology) in its iOS version 2.0.

INTRODUCCION

Los seres vivos y sus actividades productivas están sujetos a las condiciones climáticas que predominan en las zonas donde se desarrollan. Es por ello, que resulta de vital importancia conocer la variabilidad climática a través pronósticos que se derivan de registros, ya sean históricos, anuales, mensuales, diarios o en tiempo real, con la finalidad de tomar decisiones en función de información que oriente a los usuarios y por ello, esto último se realiza mediante la consulta de datos climáticos bajo diferentes herramientas de acceso a la información, dentro de las cuales se encuentran las tradicionales (radio y televisión) y las actuales como el uso de aplicaciones móviles.

La telefonía móvil ha crecido tanto en acceso a los dispositivos como en cobertura en los países en vías de desarrollo, por lo tanto, es importante aprovechar este crecimiento debido a que ofrece una oportunidad para contribuir a la adopción de tecnologías en diferentes áreas de los sectores primarios (forestal, agrícola y pecuaria) a través de diversos mecanismos como voz, texto, internet y servicios como los datos, la comunicación y la información técnica. Lo anterior se debe, a que la mayoría de las zonas agroecológicas son

vulnerables a los efectos ocasionados por la variabilidad climática, el cambio climático y a los fenómenos climatológicos extremos como ciclones, heladas, sequías, etc. (SEMARNAT, 2012)

El uso de los sistemas computacionales basados en sistemas de apoyo para la toma de decisiones, provee información oportuna y una asistencia a los usuarios que puede generar una diferencia significativa en la eficiencia, costos de producción e impacto ambiental en las empresas y en el caso de la agricultura, por ejemplo; mediante la calendarización del riego y protección contra heladas en cultivos de altos costos (Diak *et al*., 1998).

En ese sentido y ante la diversidad de sistemas operativos (SO) que existen, se generó la aplicación CLIMAINIFAP para SO Android por Narváez *et al*. (2014), considerada como una excelente herramienta para proveer datos climáticos a los usuarios (productores, técnicos, tomadores de decisiones y público en general), puesto que está ligada a la Red Nacional de Estaciones Agrometeorológicas (RENEA) que opera el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) a través del Laboratorio Nacional de Modelaje y sensores Remotos (LNMySR) ubicado en el Campo Experimental Pabellón en Aguascalientes, México. No obstante, surgió la necesidad de ampliar el alcance de uso de la aplicación CLIMAINIFAP en iOS debido a los requerimientos de los usuarios y en el presente trabajo, se tiene el objetivo de mostrar los resultados a través de estadísticas de los usuarios que implementaron la aplicación móvil CLIMAINIFAP en su versión iOS 2.0 a nivel mundial desde 2016 a 2018.

MATERIALES Y METODOS

Durante el período del 1 de enero de 2016 al 1 de enero de 2018, se llevó a cabo un análisis estadístico utilizando Google Analytics (Alhlou *et al*., 2016) en el Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos (LNMySR) del INIFAP, ubicado en el Campo Experimental Pabellón en Aguascalientes, México. Dicho análisis consistió en llevar acabo el conteo de usuarios que utilizaban CLIMAINIFAP (Figura 1) en dos etapas: 1) Se obtuvo el reporte del número de usuarios por país y con estadística básica se analizaron los datos, 2) Se generaron gráficas con los datos arrojados por el reporte con el paquete estadístico de Microsoft Excel, mediante estadística básica para obtener el número total de usuarios, el porcentaje y/o proporción del número total de usuarios.

Figura 1. Disponibilidad de la aplicación móvil CLIMAINIFAP en la App Store® hasta el año 2018.

RESULTADOS Y DISCUSION

Con base a los datos que se obtuvieron con el reporte de Google Analytics, se obtuvo un número total de usuarios de 4054 a nivel mundial (Figura 2). A pesar de que la aplicación móvil fue concebida para uso en México debido a que reporta datos del territorio nacional, se obtuvo interés por usuarios internacionales para realizar consultas de datos sobre variables de precipitación, temperatura, radiación, dirección y velocidad del viento. Sin embargo, el país que registró más usuarios fue Estados Unidos de América con 1377 y el país con menos registros fue Zimbabue, con un total de 2 usuarios (Figura 3). Por otro lado, las sesiones promedio ayudan a dar una idea sobre el número de consultas que realizaban los usuarios (Figura 4). Los datos permiten tomar decisiones para realizar esfuerzos en desarrollar mejores estrategias de difusión y así, poder involucrar a los usuarios de México para el uso de tecnología móvil con aplicaciones como CLIMAINIFAP.

Figura 2. Distribución de los usuarios de la aplicación móvil CLIMAINIFAP de acuerdo con Google Analytics[1].

1 La descarga e instalación de la aplicación móvil estuvo disponible en la App Store®, puesto que en el año 2018 dejó de funcionar.

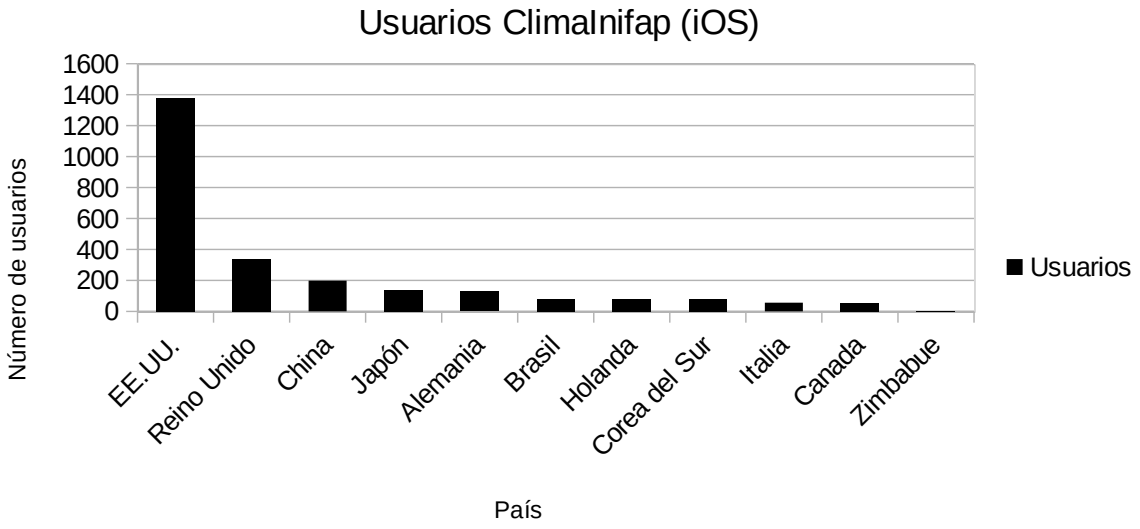


Figura 3. Número de usuarios que utilizaron la aplicación móvil CLIMAINIFAP.

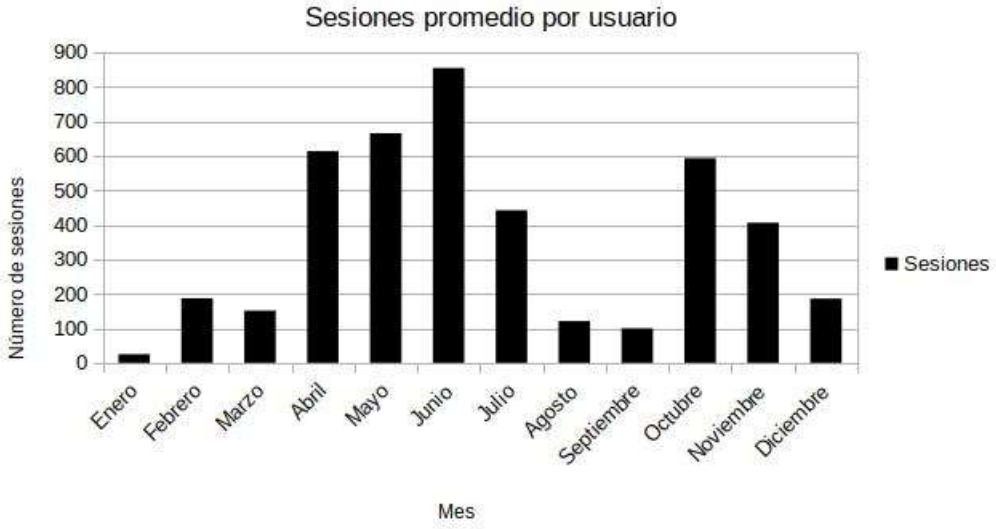


Figura 4. Promedio de sesiones por mes de los usuarios en la aplicación móvil CLIMAINIFAP.

Cabe mencionar que los resultados solamente corresponden a iOS, puesto que se considera importante detectar la cantidad de usuarios de la aplicación por SO, para caracterizar y visualizar las necesidades que tienen con la finalidad de implementar mejoras o modificaciones que ayuden en su manejo o utilización, debido a que la aplicación provee datos muy relevantes para diversas áreas en todo el territorio mexicano. Lo anterior se debe a que la aplicación móvil CLIMAINIFAP, permite visualizar en tiempo real el monitoreo de las principales variables climáticas de una región específica y de consultar toda vez que proporciona datos climáticos de todas las estaciones de la Red Nacional de Estaciones Agrometeorológicas (RENEA).

CONCLUSIONES

Es importante medir la cantidad de usuarios, y número de sesiones, que permitan diseñar estrategias para visualizar la información de manera entendible para el usuario, así como una difusión de la aplicación. Por lo anterior, se tiene una alta probabilidad sobre una futura atracción que contemple un mayor número de usuarios y lo cual, traerá consigo la necesidad de una mayor cobertura de estaciones agrometeorológicas y por ende, una mayor cantidad de información en los antedichos sectores productivos.

REFERENCIAS

Alhlou F, Asif S and Fettman E. 2016. Google Analytics Breakthrough: From Zero to Business Impact. 624 p. ISBN: 978-1-119-14401-4.

Diak GR, Anderson MC, Bland WL, Norman JM, Mecikalski JM and Aune RM. 1998. Agricultural management decision aids driven by real-time satellite data. Bulletin of the American Meteorological Society. 79(7): 1345-1355.

Narváez MMP, Flores GH, Corrales SA, González JLA, Maciel PLH y González GMÁ. 2014. ClimaInifap: una aplicación en sistema operativo Android para visualizar datos climáticos en tiempo real. Folleto técnico # 60. INIFAP-CIRNOC-CEPAB. 18 p. ISBN: 978-607-37-0382-6.

SEMARNAT. 2012. Adaptación al cambio climático en México: visión, elementos y criterios para la toma de decisiones. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales - Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México D.F. 182 p.

ESTIMACION DE LA APTITUD COMBINATORIA GENERAL EN SORGO DE GRANO POR MEDIO DEL ANÁLISIS DE LÍNEA POR PROBADOR

ESTIMATION OF GENERAL COMBINING ABILITY IN GRAIN SORGHUM BY LINE FOR TESTER ANALYSIS

Héctor Williams Alanís[1]*, Ulises Aranda Lara[2], Gerardo Arcos Cavazos[3], Francisco Zavala García[4], Marisol Galicia Juárez[5]

[1] Ex-Investigador de INIFAP-Campo Experimental Río Bravo. [2]INIFAP-Campo Experimental Río Bravo. Carretera Matamoros-Reynosa Km-61. CP. 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México. [3]Ex-Investigador. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, (INIFAP). Campo Experimental Huastecas. [4]Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía. Carretera Zuazua Marín. Km. 17.5. CP 67700. [5]Universidad Autónoma de Baja California. Instituto de Ciencias Agrícolas. Carretera a Delta/ Oaxaca s/n. Ejido Nuevo León, Valle de Mexicali, Baja California. CP 2175. Autor de correspondencia:
hectorwilliamsa@yahoo.com.mx

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue mediante el análisis línea por probador (5x8) en genotipos experimentales y comerciales de sorgo para grano; estimar la aptitud combinatoria general (ACG) en líneas y probadores para: rendimiento de grano, días a floración, peso específico del grano, altura de planta, longitud de panoja y longitud de excersión. El experimento se estableció en el Campo Experimental Las Huastecas (CEHUAS) en temporal, durante el ciclo Primavera- Verano 2018, en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los resultados muestran que para: rendimiento de grano, peso específico de grano y altura de planta, la ACG fue muy importante, indicando la relevancia de los genes aditivos. Las líneas experimentales RB214A, RB225A, RB248A y los probadores experimentales; RB133 y RB221 presentaron valores altamente significativos ($p<0.01$) de ACG. Similares las primeras a la línea comercial SBA-25 y mejor que SBA-12, la cual presento valores negativos. Mientras que los segundos fueron similares al probador comercial RTx430 y mejores que RTx437, el cual presento valores negativos de ACG.

ABSTRACT

The objective of this work was for the analysis line by tester (5x8); in experimental and commercial sorghum grain genotypes, estimate the general combining ability (GCA) in lines and testers for: grain yield, days to flowering, specific grain weight, plant height, panicle length and excersion. The experiment was established at Las Huastecas Experimental Station (CEHUAS) in dry land during the Spring-Summer 2018 cycle, in a randomized complete block design with three repetitions. The results show for: grain yield, specific grain weight and plant height, the GCA was very important, indicating the relevance of additive genes. The experimental lines RB214A, RB225A, RB248A and the experimental testers; RB133 and RB221 presented highly significant values ($p <0.01$) for GCA. The first was similar to the commercial line SBA-25 and better than SBA-12, which presented negative

values. while the seconds were similar to commercial RTx430 tester and better than RTx437, which presented negative GCA values.

INTRODUCCIÓN

El estado de Tamaulipas es el principal productor de sorgo en México, aportando en el año 2017 dos millones 205 mil toneladas de grano, equivalente el 45.45 % de la producción nacional (Alejandro-Allende et al., 2020). Sin embargo, no es suficiente para suplir la demanda nacional, por lo cual para aminorar o eliminar el déficit, se requiere incrementar la producción de grano de esta gramínea. El estudio de la aptitud combinatoria general y la aptitud combinatoria específica, constituyen herramientas muy importantes en el mejoramiento genético de plantas (Chaudhari et al., 2016). El éxito de cualquier programa de hibridación depende en gran medida de la selección de buenas líneas parentales y de contar con la Información adecuadas sobre los diferentes tipos de acción génica (Khan et al., 2009). El método de apareamiento de línea x probador para determinar la ACG y ACE sugerido por Kempthorne (1957), es apropiado para identificar padres e híbridos superiores. En este contexto, la utilización de semilla hibrida más productiva y adaptada a diferentes ambientes, ha sido fundamental para la obtención de mayores rendimientos. El Campo Experimental de Rio Bravo (INIFAP) en Tamaulipas, empezó a trabajar en mejoramiento genético de sorgo en el año de 1973, con el objetivo de generar híbridos y variedades de sorgo para grano para el norte de México. Como resultados a la fecha, se han formado los híbridos: RB-2000, RB-2020, RB-3030, RB-3006, RB-4000, RB-Patrón, RB-4040, RB-Huasteco, RB- Norteño y las variedades de polinización libre RB-Paloma y RB-Gaviota. El objetivo de este trabajo fue mediante el análisis línea por probador (5x8) en genotipos experimentales y comerciales de sorgo para grano; estimar la aptitud combinatoria general (ACG) en líneas y probadores para: rendimiento de grano, días a floración, peso específico del grano, altura de planta, longitud de panoja y longitud de excersión; en Estación Cuauhtémoc, Tamaulipas. Se asume que las líneas experimentales son iguales o mejores en ACG que las líneas comerciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en condiciones de temporal durante el ciclo P-V 2018 en el Campo Experimental las Huastecas (INIFAP); localizado en Estación Cuauhtémoc, municipio de Altamira, Tamaulipas, México; Coordenadas 22^0 33’ LN/ 98^0 09’ LO, con una altura de 20 msnm. Presenta un clima (Aw_0) cálido subhúmedo con lluvias en verano y lluvia invernal de 5-10% (García, 1988); con temperatura promedio anual de 24,5 °C y de 842 mm de precipitación (INIFAP, 2015). El origen del material genético utilizado en este estudio fue el siguiente. Líneas Comerciales INIFAP, A/B: SBA12/SBB12, progenitores del hibrido RB-3030; SBA25/SBB25 progenitores de los híbridos RB-4000, RB-Patrón y RB-Huasteco. Líneas R (probadores): RTx430 y RTx437, originados en la Universidad de Texas A&M, EE UU. Líneas experimentales del INIFAP A/B: RB214A/RB214B, RB225A/ RB225B, RB248A/RB248B y probadores: RB128, RB133, RB135, RB221, RB256 y RB373. El experimento consistió de las 40 combinaciones hibridas posibles, incluyendo los híbridos comerciales de INIFAP: RB-3030, RB-Patrón y RB-Huasteco, cinco líneas mantenedoras de la fertilidad y ocho probadores. El diseño experimental fue en bloques al azar con 53 tratamientos y tres repeticiones; en parcelas de un surco de 5 m de longitud y 0.80 m de separación. La fecha de siembra fue el 15 de agosto del 2018. Se tomaron datos de días a floración (DF, al 50% de las plantas). Una semana antes de la madurez fisiológica, se

midieron: altura de planta (ALP en cm, desde el suelo hasta el ápice de la panoja), longitud de panoja (LP en cm, de la base al ápice), excersión o longitud del pedúnculo (EXC en cm, de la lígula de la hoja bandera a la base de la panoja). Se cosechó y trilló la parcela completa; después se determinó la humedad del grano para estimar el rendimiento de grano. Los resultados se reportaron en t ha^{-1} (REN, al 12% de humedad) y peso específico del grano (PH, en kilogramos por hectolitro). El análisis de aptitud combinatoria se realizó utilizando el método de prueba de línea x probador (Kempthorne, 1957). El análisis de este trabajo se realizó con el uso del software R (R Core Team, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 1. Valores estimados de los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) en líneas y probadores para las variables agronómicas estudiadas. Estación Cuauhtémoc, Tamaulipas ciclo Primavera-Verano 2018.

Líneas	PH (kg/hl^{-1})	DF	ALP (cm)	EXC (cm)	LP (cm)	REN (kg/ha^{-1})
RB214A	-22.275	0.300	6.467**	0.250	0.992**	264.575**
RB225A	29.392**	3.300**	4.133**	2.375**	-0.300	346.117**
RB248A	6.933**	-0.158	2.800**	0.125	0.742**	185.283**
SBA-12	16.642**	-3.283	-10.950	-1.000	-2.217	-819.550
SBA-25	-30.692	-0.158	-2.450	-1.750	0.783**	23.575**
Probadores	PH	DF	ALP	EXC	LP	REN
RB128	9.542**	-0.292	-10.292	0.792**	-0.683	-213.792
RB133	4.475**	0.042	4.508**	0.525*	2.383**	811.275**
RB135	-38.992	2.708**	-4.358	-2.542	-0.683	-328.192
RB221	30.342**	3.108**	40.375**	-2.075	1.517**	1678.808**
RB256	-12.458	-2.292	-8.625	0.258	-0.150	-805.925
RB373	17.608**	0.242	-7.692	2.458**	-1.750	-1452.525
RTx430	-9.258	-1.025	-6.692	-0.142	0.050	388.475**
RTx437	-1.258	-2.492	-7.225	0.725**	-0.683	-78.125

PH: peso específico del grano (kg/hl^{-1}); DF: días a floración; LP: longitud de la panoja (cm); ALP: altura de planta (cm); EXC: longitud de excersión (cm); y REN: rendimiento de grano (kg/ha^{-1}). *, **: Significativo al 0.05 y al 0.01 % de probabilidad.

Para la aptitud combinatoria general en líneas (cuadro 1) para rendimiento de grano; cuatro de cinco líneas presentaron altos valores (p≤0,01), de las cuales tres corresponden a los experimentales. Para las características peso específico de grano, altura de planta y longitud de panoja, tres de cinco líneas presentaron altos valores de ACG. En rendimiento de grano se observó que los genotipos RB214A, RB225A, RB248A y SBA-25, presentaron valores altamente significativos (p≤0,01). Además, la línea experimental RB225A presentó valores altamente significativos para peso específico del grano, días a floración, altura de planta y longitud de panoja. Para el carácter altura de planta se considera que valores

negativos de ACG son deseables (Khan et al., 2009), debido a que se prefieren los sorgos de grano de porte bajo. Las líneas experimentales RB214A, RB225A, RB248A presentaron valores altamente significativos ($p<0.01$) de ACG. Similares a la línea comercial SBA-25 y mejor que SBA-12, la cual presento valores negativos. Las características agronómicas que presentan una predominancia de aptitud combinatoria general se debe a la presencia de genes aditivos. Zewdie *et al* (2001) quien trabajo en chile y Khan, et al., (2009) en girasol, sugieren que cuando predominan este tipo de genes; la selección reciproca recurrente es un buen método de mejoramiento genético. También los probadores experimentales RB133 y RB221 fueron iguales que el probador comercial RTx430 y mejores que RTx437, ya que este presento resultados negativos de ACG. Se comprueba la hipótesis de este trabajo de que algunas de las líneas experimentales fueron iguales o mejores en ACG que las comerciales.

CONCLUSIÓNES

Los resultados muestran que: para rendimiento de grano, peso específico de grano y altura de planta, la aptitud combinatoria general (ACG) fue muy importante, indicando la relevancia de los genes aditivos. Para rendimiento de grano, Las líneas experimentales RB214A, RB225A, RB248A y los probadores experimentales; RB133 y RB221 presentaron valores altamente significativos ($p<0.01$) de ACG. Similares las primeras a la línea comercial SBA-25 y mejor que SBA-12, la cual presento valores negativos. Los probadores fueron similares al comercial RTx430 y mejores que RTx437, el cual presento valores negativos.

REFERENCIAS

Alejandro-Allende, F., García-Mata, R., García-Sánchez, R. C., Mora-Flores, 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.

Chaudhari, D. R., Solanki, B. G., Narwade, A. V., Patel, Ashwin, and Faldu, G. O. (2016). Combining ability studies in grain sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) moench] using line x tester analysis. An International e-Journal 5(2):137-145.

García, E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Universidad Nacional Autónoma de México México, D.F., MEX.

INIFAP, (2015). Campo Experimental Huastecas. Disponible en línea www.inifapcirne.gob.mx/LocalizacionHuastecas.htm/

Kempthorne, O. (1957). An introduction to genetic statistics. John Wiley & Sons, Inc., N.Y. pp. 545.

Khan, S. A., Ahmad, H., Khan, A., Saeed, M., Khan, S. M., y Ahmad, B. (2009). Using line x tester analysis for earliness and plant height traits in sunflower (*Helianthus annuus L*.). Recent research in science and technology 2009 1(5):202-206.

Zewdie Y., Bosland, P.W. y Steiner, R. (2001). Combining ability and heterosis for capsaisinoids in *Capsicumm annum* L. Hort. Science 36:1315-1317.

ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN EN MAÍZ FORRAJERO EN LA COMARCA LAGUNERA.

SIFUENTES MORÍN Norma Guadalupe[1], ESTRADA AVALOS Juan[2], SERVÍN PRIETO Alan Joel[1], MIGUEL VALLE Enrique[2], TRUCIOS CACIANO Ramón[2].

[1]Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón–San Pedro de las Colonias Km 7.5, Ejido Ana, CP 27170. Torreón, Coah.
2 Instituto Nacional de Investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias CENID-RASPA. Gómez Palacio, Dgo.
norgusimor@gmail.com

RESUMEN

Conocer las necesidades de consumo del agua de los cultivos contribuye a un ahorro considerable de volúmenes de agua. En los últimos años, el uso de sensores remotos se ha convertido en una opción muy útil para estimar el uso del agua para la agricultura. Las imágenes Sentinel son una herramienta con un gran potencial para utilizarse en actividades de planeación, monitoreo y control de actividades agrícolas incluyendo la Evapotranspiración.

El objetivo del presente trabajo fue estimar la evapotranspiración por medio del método de dos pasos KCNDVI-ETo utilizando imágenes Sentinel 2A y 2B empleando como referencia los métodos de FAO 56 Penman-Monteith y tanque Evaporímetro tipo A (Tq) en cultivo de maíz forrajero en la Comarca Lagunera.

Los valores de ET obtenidos varían desde 4.03 y 7.66 mmdía-1. Para la Et de Tanque, la pendiente del modelo indica que por día transcurrido la evapotranspiración aumentó 5.04 mm, mientras que la Et de estación y por el método con imágenes de satélite son mayor a 6.78 mm, es decir, una diferencia de 1.78 mm.

Esta metodología es una herramienta prometedora para que los agricultores estimen el consumo de agua en el cultivo de maíz forrajero bajo condiciones de riego superficial.

ABSTRACT

Knowing the water consumption needs of crops contributes to considerable savings in water volumes. In recent years, the use of remote sensing has become a very useful option for estimating water use for agriculture. Sentinel images are a tool with great potential to be used in planning, monitoring and control activities of agricultural activities including Evapotranspiration.

The objective of the present work was to estimate the evapotranspiration by means of the two-step method KCNDVI-ETo using Sentinel 2A and 2B images using as reference the methods of FAO 56 Penman-Monteith and tank Evaporimeter type A (Tq) in forage corn crop in the Comarca Lagunera.

The ET values obtained vary from 4.03 and 7.66 mmday-1. For the Tank Et, the slope of the model indicates that per day after the evapotranspiration increased 5.04 mm, while the Station Et and by the method with satellite images are greater than 6.78 mm, that is, a difference of 1.78 mm.

This methodology is a promising tool for farmers to estimate water consumption in growing forage corn under surface irrigation conditions.

INTRODUCCION

Conocer las necesidades hídricas de los cultivos nos permite tener una mejora en la calidad y cantidad de la producción, además, de que contribuye al ahorro de grandes volúmenes de agua (IMTA, 1995b), puesto que la agricultura es el mayor consumidor de este recurso a nivel mundial. (Gontia, 2010), el cual cada día es más escaso y es imprescindible para poder garantizar la producción de alimentos para los humanos y animales. (Álvarez, 2011).
Una de las variables que nos facilitan el saber cuándo y cuanto regar en la ingeniería de riego es la Evapotranspiración (ET) (Montemayor, 2016), la cual es posible calcular con la ayuda de nuevas tecnologías de manera puntual y en grandes extensiones (Balboltin, 2016). En los últimos años se ha extendido el uso de la teledetección como una herramienta que auxilia en la estimación de la evapotranspiración en regiones con escasa información meteorológica (Gondwe, 2010). Tal es el caso del uso de sensores remotos tales como las imágenes satelitales con resolución moderada (LandSat, SPOT, AVHRR, Sentinel) que se han convertido en una herramienta básica para estimar el uso del agua para los cultivos.

Las imágenes de satélite permiten dar seguimiento al crecimiento de la vegetación por medio de relaciones empíricas o teóricas que relacionan las variables biofísicas (con énfasis en cobertura vegetal, índice de área foliar y biomasa) con los índices de vegetación (IV) (Paz, 2015; Pôças, 2020). Consoli y Vanella (2014) señalaron que las herramientas de sensores remotos o teledetección para estimar ETC se han desarrollado desde dos enfoques. El primero es el método de balance de energía de la superficie terrestre que utiliza los IV derivados de la reflectancia del dosel y la temperatura de la superficie medida con una banda de infrarrojo térmico, y el segundo relaciona de forma directa el KC con los índices de vegetación como el NDVI). Con el uso de las imágenes Sentinel 2A y 2B aplicando el método de dos pasos (Delgado, 2019) podemos estimar las variaciones de ET, y con ello planear y manejar eficientemente el uso de los recursos hídricos en zonas de agricultura, especialmente en regiones áridas y semiáridas del país donde el agua es la principal limitante para la producción agrícola.

El objetivo del presente trabajo fue estimar la evapotranspiración durante el periodo de mayo a de junio del 2021, por medio del método de dos pasos KC_{NDVI}-ETo utilizando imágenes Sentinel 2A y 2B empleando como referencia los métodos de FAO 56 Penman-Monteith y tanque Evaporimetro tipo A (Tq) en cultivo de maíz forrajero en la Comarca Lagunera.

MATERIALES Y METODOS

Descripción de la zona de estudio.

El estudio se realizó en una unidad de producción agrícola ubicada en Francisco I. Madero Coahuila con coordenadas 25°46´53.2" Norte 103°18´28.0" Oeste, y 1109 msnm.

El cultivo sembrado es maíz forrajero, distribuido en siete tablas. El área de estudio fue de 52.6 hectáreas, el cultivo se sembró a una distancia entre surcos de 76 cm, y una densidad aproximada de 105 600 plantas ha^{-1}. El sistema de riego fue por superficie, se utilizó agua de rio y de noria. El predio de estudio esta dividido en cuatro tablas.

Figura 1. Zona de estudio, ubicada en el municipio de Francisco I. Madero, Coahuila. "*Elaboración Propia".*

Estimación de ETo FAO-56 Penman Monteith

La estimación de la ETo se realizó mediante el método de tanque evaporímetro (Pereira, 1995) Blanney-Criddle y Penman-Monteith. (Allen., 1999).

$$ETo = \frac{0.408\Delta\ (Rn-G)+y\frac{900}{T+273}u2(es-ea)}{\Delta\ +y(1+0.34u2)} \qquad (1)$$

Donde ETo es la evapotranspiración de referencia (mm día-1); Rn es la radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m-2 día-1); G es el flujo de calor de suelo (MJ m-2 día-1); T es la temperatura promedio del aire a 2 m de altura (oC); u2 es la velocidad del viento a 2 m de altura (m s-1); es la presión de vapor de saturación (kPa); ea es la presión real de vapor (kPa); es − ea es el déficit de presión de vapor (kPa); Δ es la pendiente de la curva de presión de vapor (kPa oC-1); γ es una constante psicrométrica (kPa oC-1).

Para el cálculo de la ET se utilizaron datos de una estación climatológica modelo DAVIS Ventage pro 2 plus ®, instalada en el predio. La ETo se obtuvo de forma automática por una estación.

Estimación de la evapotranspiración con el método del tanque evaporímetro (Tq).

Para el caso del cálculo con el método de tanque evaporímetro; se instaló un tanque evaporímetro tipo A. Se tomaron lecturas del agua evaporada cada 5-10 días.

$$ETo = Kp\ Epan \qquad (2)$$

donde ETo es la evapotranspiración de referencia [mm día-1], Kp es el coeficiente del tanque evaporímetro [-] y el Epan es la evaporación del tanque evaporímetro [mm día-1].

Estimación de evapotranspiración por método de dos pasos KC_{NDVI}-ETo

Procesamiento de las Imágenes. Se utilizó una serie de imágenes multiespectrales del satélite Sentinel 2A y 2B, con resolución espacial de 10 m. y a escala temporal de 5 días.
Las imágenes se descargaron de forma gratuita en el sitio web Copernicus Open Access en archivo formato GeoTIFF; se procesaron en el software QGIS 3.12.

Índice de Vegetación Normalizada (NDVI)

Los índices de vegetación son utilizados con el objetivo de resaltar las características de la vegetación sana, y desarrollada frente al suelo.
Uno de estos índices es el NDVI, este parámetro mide la fracción fotosintética relativo de la cubierta, los valores oscilan entre 0.14 a 0.91, el primero para suelo desnudo y el segundo para densas cubiertas verdes (Calera, 2016).
El NDVI, de acuerdo con Rouse, 1974, se estima de la siguiente manera:

$$NDVI = \frac{(IRC-R)}{(IRC+R)} \quad (3)$$

Donde: IRC es la reflectividad medida en el infrarrojo cercano, R se refiere a la reflectividad en la banda del rojo.

Obtención de Kc a partir de NDVI.
La estimación del Kc en función del NDVI, fue de acuerdo con lo propuesto por Calera (2016), cuya fórmula para su estimación, válida principalmente para cultivos anuales, es:

$$Kc = 1.15NDVI + 0.17 \quad (4)$$

Según el autor, la ecuación, conlleva una serie de limitaciones que es importante tener en cuenta a la hora de aplicarla para el cálculo de la evapotranspiración (ETc) y las necesidades hídricas de los cultivos en estudio.

La fórmula fue aplicada para cada una de las imágenes anteriormente mencionadas.

Estimación de la evapotranspiración de cultivo

Para la estimación de la evapotranspiración del cultivo de maíz forrajero se utilizó la formula "Coeficiente de cultivo – Evapotranspiración de referencia (Kc-ETo) de la FAO-56 (2006).

$$ETc = ETo * Kc \quad (5)$$

Donde: ETo es la evapotranspiración de referencia obtenida en la estación meteorológica y

Kc son los valores estimados de Kc en función al NDVI.

Evaluación de las variables

La evaluación de resultados de las variables consistió en establecer relaciones entre ellas mediante un análisis de regresión, con las ET acumuladas de los días de estudio, considerando las como variables dependientes y se relacionaron con los días después de

la siembra del cultivo (dds) como variable independiente, asumiendo una función lineal sin ordenada al origen.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos que se presentan corresponden a las fechas del paso del satélite

En la tabla 1 se presentan los datos de la ETo estimada bajos los diferentes métodos. Con el método de FAO-56, Tanque evaporímetro (Tq) y el método de dos pasos KC_{NDVI}-ET. De este último método se tomaron tres pixeles de las imágenes, los cuales corresponden a los valores de NDVI, alto, bajo y medio, (ET 2P-1, ET 2P-2, ET-2P3, respectivamente).

Tabla 1. Valores de ETo calculada mediante el método FAO 56, tanque evaporímetro tipo "A" (Tq) y por método de dos pasos, todos en (mm día-1). En "*Elaboración Propia".*

Fecha	Día Juliano	Eto FAO-56	Eto Tq	ET 2P-1	ET 2P-2	ET 2P-3
07/05/2021	137	6.71	4.03	6.47	5.60	4.81
17/05/2021	147	7.35	4.50	6.20	6.00	6.44
27/05/2021	148	7.06	4.40	7.66	7.66	6.44
07/06/2021	162	7.38	4.13	7.27	7.29	6.90
16/06/2021	198	7.53	6.48	6.97	7.25	7.60
25/06/2021	181	6.81	5.56	6.34	6.54	7.41

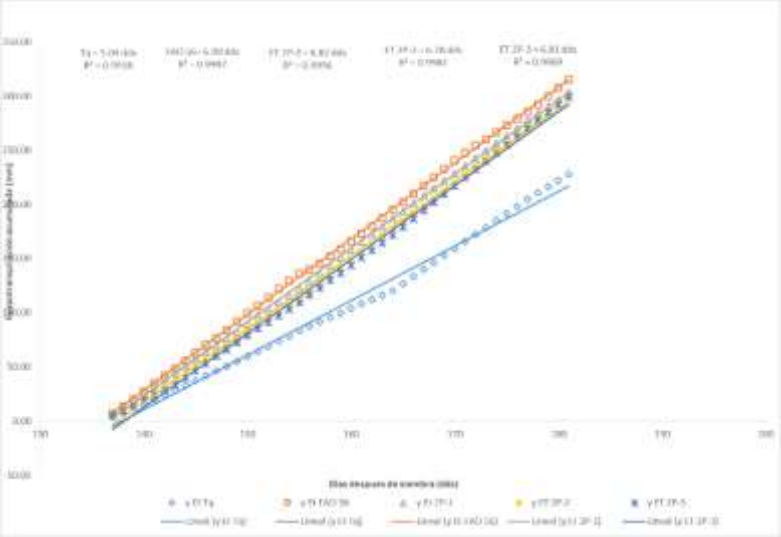
Estos resultados son muy similares a los obtenidos por Reyes en 2019, donde los valores variaron de 1,40 a 7,41 mm día $^{-1}$ durante el período de estudio.

En la figura 2 se muestra la variabilidad temporal de la evapotranspiración de cultivo (ETc), estimada mediante el método de dos pasos KCNDVI-ET. "*Elaboración Propia".*

De acuerdo con los resultados de la ETc podemos observar cómo existe variabilidad en los datos, donde a pesar de ser el mismo día, en cada tabla del predio es distinta. Esto es

conforme a el concepto de la FAO (2002) donde se describe “Los únicos factores que afectan ETo son los parámetros climáticos”. En este caso es muy claro las diferencias entre las tablas debido a que cada uno tuvo diferente día de siembra, por tanto, su etapa de desarrollo también. Las diferencias en resistencia a la transpiración, la altura del cultivo, la rugosidad del cultivo, el reflejo, la cobertura del suelo y las características radiculares de cada planta dan lugar a diferentes niveles de ET, aunque se encuentren bajo condiciones ambientales idénticas. Este mapa desarrollado por el método KCNDVI-ET en este estudio fue muy similar a los desarrollados por Delgado en 2019 donde informaron la distribución espacial y temporal de diario para diferentes cultivos, incluido el maíz.

Figura 3. Modelos de evapotranspiración en función de los días después de siembra en un cultivo de maíz con riego por superficie. “*Elaboración Propia”.*



En la figura 3 se observan los modelos con evapotranspiración con diferentes métodos en función de los días después de siembra del cultivo de maíz con riego superficial. Los modelos matemáticos de Et de tanque, de estación y de cada píxel tienen una tendencia lineal positiva, con una R2 > 0.95. Para la Et de Tanque, la pendiente del modelo indica que por día transcurrido la evapotranspiración aumentó 5.04 mm, mientras que la Et de estación y por el método con imágenes de satélite son mayor a 6.78 mm, es decir, una diferencia de 1.78 mm.

CONCLUSIONES

Es posible utilizar el método KC_{NDVI}-ETo de dos pasos, con imágenes obtenidas de satélite Sentinel 2A y 2B como insumos en la Comarca Lagunera para la estimación de la ET, bajo las condiciones de riego por superficie. Los resultados encontrados demuestran que al utilizar el método de dos pasos KCNDVI-ETo deben ajustarse y calibrarse localmente para obtener valores de ETo confiables, con los métodos de referencia FAO56 y tanque evaporímetro, debido a que una sobrestimación de la ETo influirá en un sobredimensionamiento de la infraestructura de riego y en una entrega excesiva del agua, por el contrario, una subestimación de la ETo, influirá en el diseño de una infraestructura de riego que no permitirá cubrir la demanda de agua de los cultivos.

Por tanto, la metodología de dos pasos KC_{NDVI}-ETo ayudara para la gestión y uso eficiente del agua en la agricultura, así como a la toma de decisiones de manera puntual gracias a la resolución de las imágenes.

REFERENCIAS

Allen, R., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Roma, Italy.

Álvarez, R. Conagua da Impulso al Desarrollo del Campo [en línea]. Planeta Azul, 2011. Disponible en World Wide Web: http://www.planetaazul.com.mx/site/.

Balboltin N, Claudio, Odi L, Magali, Poblete T, Rodolfo, Garrido R, Jesus, Campos R, Isidro y Calera B, Alfonso (2016) Uso de herramientas de teledeteccion y SIG para el manejo del riego en los cultivos [en línea]. La Serena: Boletin INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 335. Disponible en: https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/6542

Calera, A., Campos, I., Garrido, J., 2014. Determinación de las necesidades de agua y de riego mediante estaciones meteorológicas y series temporales de imágenes multiespectrales. Jornada técnica de innovación en gestión del regadío mediante redes agroclimáticas, teledetección y sistemas de información. CENTER, MAGRAMA.

Consoli, S., and D. Vanella. 2014. Mapping crop evapotranspiration by integrating vegetation indices into a soil water balance model. Agric. Water Manage. 143: 71-81.

Delgado, R. G., Rivera, G. M., Estrada, A.J., Miguel, V. E., Servín, P. A., Reyes, G. A., Martinez, S. A. (2019). Metodología dos pasos (KCNDVI-ETo) para la estimación de la evapotranspiración espacial y temporal en cultivos forrajeros. CENID-RASPA

FAO. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje, 56. Roma.

Gondwe, B. R. N. , Lerer, S., Stisen, S., Marín, L., Rebolledo-Vieyra, M. , Merediz-Alonso, G. , & Bauer-Gottwein, P. (2010). Hydrogeology of the south-eastern Yucatan Peninsula: New insights from water level measurements, geochemistry, geophysics and remote sensing. *Journal of Hydrology* , *389*(1-2), 1-17. doi: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.04.044 [Links]

Gontia, N. K. and K. N. Tiwari. 2010. Estimation of crop coefficient and evapotranspiration of wheat (Triticum aestivum) in an irrigation command using remote sensing and GIS. Water Res. Manage. 24: 1399-1414. doi: https://doi.org/10.1007/s11269- 009-9505-3.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). 1995. Coordinación de tecnología de riego y drenaje, Proyecto RD–95062 "Pronóstico de riego en tiempo real".

Montemayor-Trejo J., Munguía-López J., Segura-Castruita M., Yescas-Coronado P., Orozco-Vidal J., Woo-Reza J. 2016. La regresión lineal en la evaluación de

variables de ingeniería de riego agrícola y del cultivo de maíz forrajero. in Acta universitaria. DOI: 10.15174/au.2017.1255

Paz Pellat, Fernando, Romero Sanchez, Martín Enrique, Palacios Vélez, Enrique, Bolaños González, Martín, Valdez Lazalde, José René, & Aldrete, Arnulfo. (2015). Alcances y limitaciones de los índices espectrales de la vegetación: análisis de índices de banda ancha. Terra Latinoamericana, 33(1), 27-49. Recuperado en 19 de agosto de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792015000100027&lng=es&tlng=es.

Pôças, I., A. Calera, I. Campos, and M. Cunha. 2020. Remote sensing for estimating and mapping single and basal crop coefficients: A review on spectral vegetation indices approaches. Agric. Water Manage. 233: 1060-1081.

Arturo Reyes-González, Jeppe Kjaersgaard, Todd Trooien, Christopher Hay and Laurent Ahiablame. 2017. Comparative Analysis of METRIC Model and Atmometer Methods for Estimating Actual Evapotranspiration. International Journal of Agronomy Volume 2017, Article ID 3632501, 16 pages https://doi.org/10.1155/2017/3632501.

ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS EN EMPAQUES DE MELÓN DE LA COMARCA LAGUNERA DE COAHUILA

ESTIMATE OF LOSSES IN MELON PACKING IN THE COMARCA LAGUNERA OF COAHUILA

Fabela-Hernández, Adriana Monserrat[1] y Espinoza-Arellano, José de Jesús[2];

[1] 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: adriana_fabela@hotmail.com

[2] 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 autor principal: adriana_fabela@hotmail.com

RESUMEN

Existen múltiples esfuerzos para prevenir y disminuir las pérdidas y desperdicios de alimentos, ya que se pierde o se desperdicia aproximadamente un tercio de los alimentos que se producen al año. El objetivo de este trabajo fue cuantificar las pérdidas de melón durante el empaque e identificar las causas de rechazo del fruto. A nivel mundial se utilizan diversas metodologías para medir las pérdidas y desperdicios de alimentos, en este trabajo se optó por el método de encuestas. Se obtuvieron estimaciones de las pérdidas, así como de las causas de éstas, mediante la aplicación de 8 cuestionarios a empacadores de melón quienes tienen su centro de operación en el municipio de Matamoros del estado de Coahuila.

ABSTRACT

There are multiple efforts to prevent and reduce food loss and waste, as approximately one third of the food produced per year is lost or wasted. The objective of this paper is to quantify melon losses during packing and to identify the causes of fruit rejections. Worldwide, various methodologies are used to measure food loss and waste, in this paper the survey method was chosen. Estimates of losses, as well as their causes, were obtained by applying 8 questionnaires to packers who have their operations center in the municipality of Matamoros in the state of Coahuila.

INTRODUCCIÓN

En el año 2000 se adoptaron 17 objetivos de desarrollo del milenio (ODM) los cuales se enfocaron en reducir la pobreza y el hambre a nivel mundial. Cinco de estos objetivos se orientan a la sostenibilidad del sistema alimentario; por lo cual el Objetivo 12 de producción

y consumo responsable gira en torno a disminuir las pérdidas de alimentos en las cadenas de producción y distribución (FAO, 2015).

En México en los últimos años varías secretarías se sumaron a este esfuerzo de reducir las pérdidas y desperdicios. La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural colabora con la FAO para diseñar líneas estratégicas para prevenir pérdidas en 12 cadenas alimentarias. Mientras que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales elaboró un programa especial de producción y consumo sustentable donde se fomenta la discusión de los impactos medioambientales de las pérdidas y desperdicios de alimentos (FAO, 2017).

Los esfuerzos para prevenir o disminuir las pérdidas y desperdicios de alimentos surgen porque en el mundo se pierden cerca de un tercio de los alimentos producidos al año, con lo que se podría alimentar aproximadamente a 2,000 millones de personas (FAO, 2021).

La disminución de pérdidas y desperdicios de alimentos impactan directamente en la sostenibilidad de los sistemas alimentarios y en lograr la seguridad alimentaria (FAO, 2021).

MATERIALES Y MÉTODOS

De acuerdo con la FAO (2017) existen diversas metodologías para cuantificar las pérdidas y desperdicios de alimentos, las cuales fueron desarrolladas por el World Resources Institute (Instituto de Recursos Mundiales).

En el presente se optó por utilizar el método de encuestas, ya que esta metodología tiene un bajo costo en comparación con otras metodologías.

Se aplicaron 8 encuestas en el municipio de Matamoros, ya que es uno de los principales productores de melón en la Comarca Lagunera de Coahuila. Cabe destacar que la producción de melón proveniente del municipio de Viesca es empacada en su gran mayoría en los empaques establecidos en el municipio de Matamoros.

Para conocer la población de las empacadoras de melón se visitó la presidencia municipal de Matamoros; sin embargo, no cuentan con algún padrón de empacadores. Debido a esto se acudió directamente a los centros de operación de los empacadores y de acuerdo a una estimación basada en información proporcionada por ellos, el número de intermediarios debidamente acreditados ante las autoridades es de 12, por lo cual se estima que se entrevistó cerca del 67 por ciento de la población total.

En lo que respecta al cuestionario este se integró por 16 preguntas, donde se exploraron: Municipios donde operan los empaques, cantidades de melón acopiadas, pérdidas en empaque y transporte, principales destinos del melón, usos de las pérdidas, entre otros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mayoría de los intermediarios tiene entre 41 y 60 años de edad; el 50 por ciento de ellos solo cuenta con secundaria terminada y solo el 25 por ciento terminó una licenciatura.

El 25 por ciento de los empaques tiene una existencia que oscila entre los 21 y 30 años, mientras que otro 25 por ciento de empaques tiene de existencia entre 30 y 40 años.

Las empacadoras operan del mes de abril a junio en el municipio de Matamoros, Coahuila. En junio, julio y agosto los intermediarios mueven sus operaciones a los municipios de San Pedro, Coahuila; lo mismo ocurre en Mapimí y Tlahualilo, Durango (en la región conocida como Ceballos). En el mes de septiembre reanudan actividades Matamoros, Coahuila y operan hasta noviembre (Figura 1).

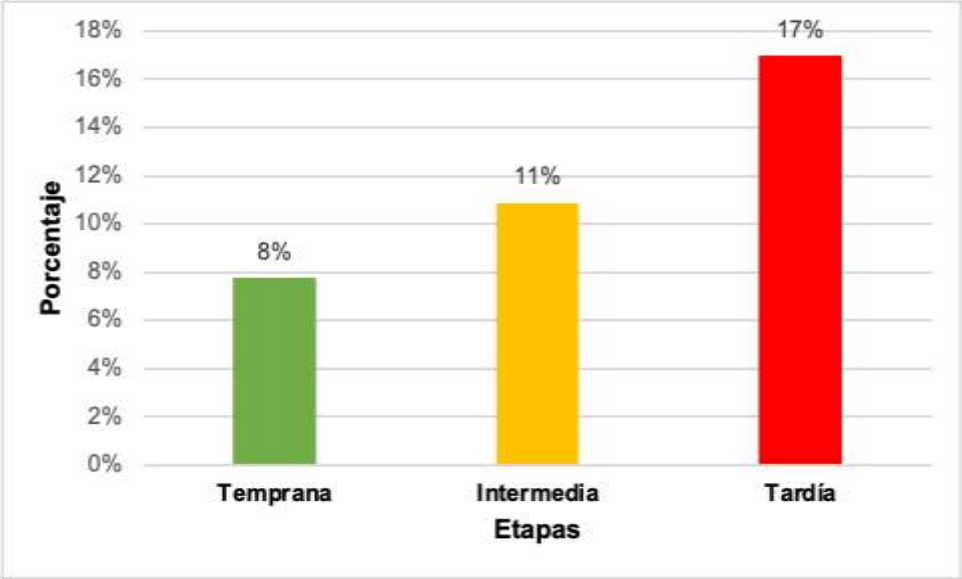
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Matamoros												
San Pedro												
Tlahualilo												
Mapimí												

Elaboración propia.

Figura 1. Meses del año de operación del empaque

De acuerdo a la literatura existen tres etapas de siembra y cosecha de melón; etapa temprana, etapa intermedia y etapa tardía (Espinoza *et al*., 2019).

Las pérdidas de melón se presentan durante todas las etapas de la cadena agroalimentaria, en lo que respecta a las pérdidas en el empaque, se presenta una pérdida del 8 por ciento en la etapa temprana, 11 por ciento en la etapa intermedia y 17 por ciento en la etapa tardía (Figura 2).



Elaboración propia.

Figura 2. Media de pérdida de melón en el empaque

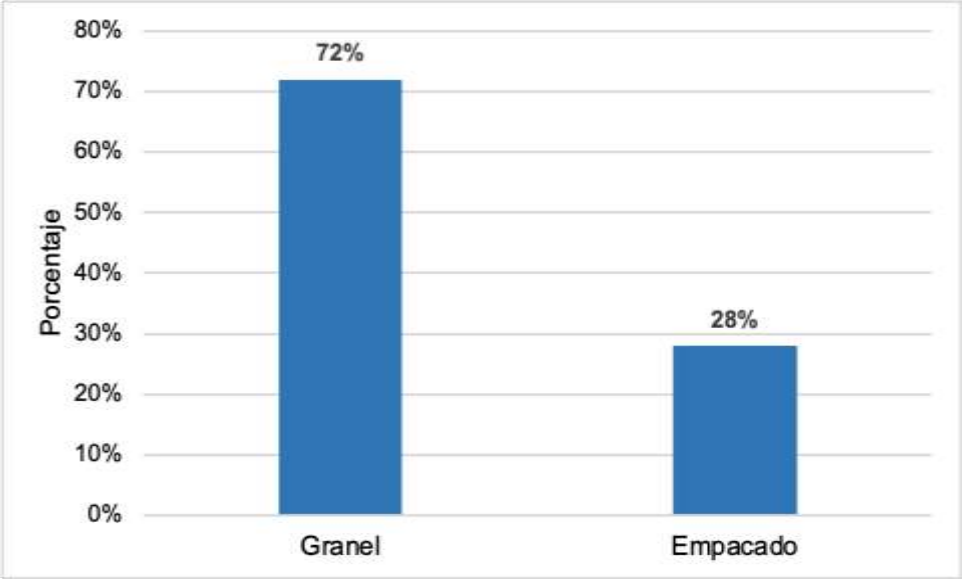
Existen una serie de características por las cuales el melón es rechazado en el empaque a los productores; el tamaño inadecuado del fruto es la principal característica por la cual se rechaza el melón a nivel empaque, la segunda característica por la que el melón se rechaza es el exceso de maduración del fruto, seguido de manchas en los frutos por daños de plagas y enfermedades (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características del melón por las cuales se rechaza en el empaque

	Frecuencia	Porcentaje
Fruto deforme	2	9
Manchas en los frutos por contacto con la humedad	2	9
Fruto con rajaduras	1	4
Manchas en los frutos por daños de plagas y enfermedades	3	13
Tamaño inadecuado	5	22
Exceso de maduración	4	17
Flojos	2	9
Picado	4	17
Total	23	100

Elaboración propia.

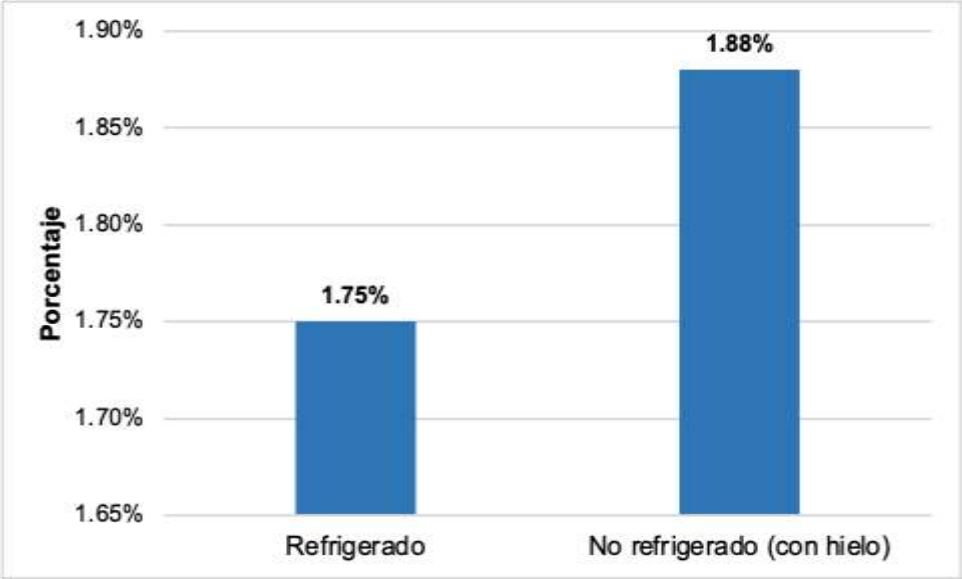
El tipo de comercialización del melón se divide de la siguiente manera, el 28 por ciento se comercializa empacado y el 78 por ciento a granel (Figura 3). Cuando se trata de melón empacado predomina el empaque en caja de madera, pero también se empaca en caja de plástico.



Elaboración propia.

Figura 3. Forma de comercialización del melón

Una vez empacado este se transporta a bodegas en las ciudades de México, Puebla, Zamora, Guadalajara, Monterrey, San Luis, Irapuato, Aguascalientes, Durango y León. Cuando el transporte cuenta con refrigeración se pierde 1.75 por ciento; mientras que si el transporte no presenta refrigeración las pérdidas de melón ascienden a 1.88 por ciento. (Figura 4). Cabe señalar que cuando el transporte no cuenta con refrigeración se le coloca hielo triturado encima del fruto.



Elaboración propia.

Figura 4. Promedio de pérdidas de melón por tipo de transporte

CONCLUSIONES

Después de que le melón es cosechado, éste se lleva al empaque para su comercialización. Las empacadoras inician operaciones en el mes de abril y se prolongan hasta el mes de noviembre, esto de acuerdo a las fechas de siembra del fruto.

Las pérdidas de melón se presentan durante las tres etapas de siembra y cosecha; sin embargo, las pérdidas de melón durante la etapa tardía son mayores (17 por ciento) debido a que las condiciones climáticas son adversas y estas influyen en las características del melón por las cuales son rechazadas por los empacadores. Es importante mencionar que el rechazo en el empaque se considera una pérdida.

La principal característica por la cual el melón es rechazado en el empaque es el tamaño inadecuado del fruto (22 por ciento) aunque el tamaño del melón no indica que este sea de mala calidad.

El 72 por ciento del melón que llega al empaque se comercializa a granel, mientras que el 28 por ciento se comercializa empacado, predomina el empaque en cajas de madera.

En el transporte las pérdidas de melón son mayores en el transporte que no cuenta con un sistema de refrigeración, aunque se le coloque hielo triturado encima del fruto, las pérdidas ascienden al 1.88 por ciento. En el transporte que si cuenta con sistema de refrigeración las pérdidas alcanzan el 1.75 por ciento.

REFERENCIAS

Espinoza, A. J.J., I. Orona I, V. Molina y L. Guerrero. 2019. Análisis del financiamiento, comercialización y rentabilidad del cultivo del melón con enfoque de "siembras por etapas" en la Comarca Lagunera de Coahuila, México. *Ciencia UAT*, 13(2):71–82.

Food and Agriculture of the United Nations. (01 de 08 de 2021). *Food and Agriculture of the United Nations*. Obtenido de http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/239393/

EVALUACIÓN DE APLICACIÓN WEB PARA PRONOSTICAR HELADAS EN CHIHUAHUA (HELADET)

González Jasso, Luis. A.*; Chávez Sánchez, Noé; Corrales Suastegui, Arturo*; González González, Miguel A.*; Narváez Mendoza, Mario P.***

***Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Pabellón, Km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. Correo electrónico: gonzalez.luis@inifap.gob.mx**
****Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Delicias, Carretera Km 2 Delicias-Rosales, Delicias, Chihuahua. México.**

RESUMEN

México es afectado por varios tipos de fenómenos hidrometeorológicos que pueden provocar la pérdida de vidas humanas o daños materiales importantes. Principalmente está expuesto a lluvias e inundaciones, granizadas, nevadas, heladas, tormentas eléctricas y tornados (Prieto G., R.; Avendano G., Ma. A.; Matias R., 2010). El ingreso de frentes fríos sobre la República Mexicana está dado por los movimientos de masas de aire polar, asociadas generalmente a nubes convectivas que provocan precipitaciones y descensos de temperaturas. Los frentes fríos y nortes causan descensos abruptos en la temperatura. Implementar un sistema de predicción de eventos meteorológicos a escala regional con alerta temprana puede llegar a tender un impacto importante en la prevención de desastres en el sector agropecuario y forestal.

ABSTRACT

Mexico is affected by various types of hydrometeorological phenomena that can cause loss of human life or significant material damage. It is mainly exposed to rains and floods, hailstorms, snowfalls, frosts, electrical storms and tornadoes (Prieto G., R .; Avendano G., Ma. A .; Matias R. 2010). The entry of cold fronts on the Mexican Republic is given by the movements of polar air masses, generally associated with convective clouds that cause precipitation and decreases in temperatures. Cold and northern fronts cause steep drops in temperature. Implementing a system for predicting meteorological events on a regional scale with early warning can have an important impact on disaster prevention in the agricultural and forestry sector.

INTRODUCCION

Las diferencias marcadas en las características del medio físico de la República Mexicana determinan el origen de la circulación atmosférica en los diferentes puntos de la superficie. El ingreso de frentes fríos está dado principalmente por los movimientos de masas de aire polar, asociadas a nubes convectivas que provocan precipitaciones y descenso de las temperaturas. Esas condiciones atmosféricas a su vez dan lugar a varios tipos de fenómenos meteorológicos (lluvias torrenciales, granizadas, nevadas, tormentas eléctricas y tornados) que pueden provocar pérdidas materiales, humanas y crisis económicas importantes (Prieto G., R.; Avendano G., Ma. A.; Matias R., 2010). Un sistema de alerta o de detección de eventos extremos es un conjunto de técnicas (computacionales,

matemáticas, físicas, etc.) encaminados a la previsión de eventos meteorológicos extremos con el fin de tomar medidas sobre la población (sectores productivos) hacia los que está encaminada. Se enfoca exclusivamente a fenómenos específicos o magnitudes específicas de estos ya que son de interés en diferentes polos de la sociedad o región geográfica (CENAPRED). Por otra parte, un evento meteorológico extremo es aquel evento raro cuya magnitud sale de los valores estadísticos de una distribución usual y de las características de los parámetros atmosféricos obtenidos a lo largo del tiempo. De acuerdo con el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), en el territorio mexicano los desastres naturales que más pérdidas reportan en toda la historia son huracanes, inundaciones, lluvias torrenciales y heladas. Una helada es definida por la condición que existe cuando la temperatura de la superficie cae por debajo de los cero grados centígrados. Las heladas pueden ser del tipo advectiva o por radiación una combinación de ambas (Verdes, P., Granitto, P., Navone, H. and Ceccatto, 2000). Una helada advectiva es aquella que se asocia con el paso de un frente frío, mientras que una helada por radiación es aquella en la que se enfrían las capas bajas de la atmósfera (Moller-Acuna, Ahumada-Garcia and Reyes-Suarez, 2016) y existe un viento en calma que no permite que se mezcle con las capas superiores que son más cálidas. Cualquier tipo de helada que se trate puede representar graves consecuencias en la agricultura (Instituto de Estudios, Meteorologia y Ideam, 2019). La temperatura es uno de los principales factores que influyen en el crecimiento de las plantas y su distribución geográfica, siendo las heladas por radiación particularmente peligrosas para la agricultura y la horticultura en regiones entre 15 ° S y 40 ° S y entre 12 ° N y 40 ° N (Verdes, P., Granitto, P., Navone, H. and Ceccatto, 2000). Por el peligro que representa una helada para la agricultura, es necesario contar un sistema de alerta temprana contra heladas. La predicción de heladas puede tratarse cómo predicción determinista de un fenómeno adverso y evaluarse **SI** o **NO** según la predicción y la observación (Martínez Albaladejo, 2003). Por este motivo, se desarrolló una plataforma web llamada HELADET que permite predecir heladas por radiación con una anterioridad de 4 a 6 horas, para la región de Chihuahua. En la Figura 1 se muestra la pantalla principal de esta aplicación.

Figura 8 Aplicación HELADET que permite contar con un pronóstico de helada por radiación.

MATERIALES Y METODOS

Para realizar el pronóstico local de heladas, se utilizaron tablas psicrométricas para el cálculo de la humedad relativa del aire. Para el uso de esta tabla se toma el valor de la temperatura ambiente (termómetro seco) y el de un termómetro húmedo. La diferencia de ambos datos se busca en la tabla psicométrica y se obtiene el valor de la humedad relativa. En algunos casos la diferencia de ambas temperaturas es tan alta que la humedad en muy cercana a cero y por lo tanto es casi imposible la ocurrencia de una helada, por lo que se establece que no existe riesgo de helada sin continuar con el proceso. Los datos de temperatura y humedad relativa se obtuvieron de las Red de Estaciones Agrometeorológicas (EMA) del estado de Chihuahua. La Figura 2 muestra la ubicación de las EMA en el estado de Chihuahua.

Figura 2 Ubicación de las EMA en el estado de Chihuahua.

Las EMAs que se utilizan no cuentan con el dato de temperatura de termómetro húmedo, pero sí de la humedad relativa, de esta manera se realiza el proceso inverso mediante el uso de tablas psicométricas. Este proceso inverso consiste en buscar la temperatura de termómetro húmedo dada la temperatura ambiente y la humedad relativa. La Tabla 1 muestra un fragmento de la tabla psicométrica usada en la conversión.

Tabla 2 Tabla psicométrica para el cálculo de la humedad relativa en el aire.

Temperatura (°C) del termómetro seco	Diferencia (°C) entre las temperaturas del termómetro seco y húmedo																			
	0,0°	0,5°	1,0°	1,5°	2,0°	2,5°	3,0°	3,5°	4,0°	4,5°	5,0°	5,5°	6,0°	6,5°	7,0°	7,5°	8,0°	8,5°	9,0°	9,5°
0	100	90	80	72	64	55	48	42	35	30	24	19	15	10	5	-	-	-	-	-
1	100	90	80	73	64	55	48	42	35	30	24	19	15	10	5	-	-	-	-	-
2	100	90	81	73	64	55	48	42	35	30	24	19	15	10	5	-	-	-	-	-
3	100	91	83	74	65	57	48	43	35	30	24	19	15	10	5	-	-	-	-	-
4	100	91	83	75	66	59	50	45	35	30	24	19	15	10	5	-	-	-	-	-
5	100	92	84	76	68	60	52	48	38	31	24	19	15	10	5	-	-	-	-	-

RESULTADOS Y DISCUSION

En general el modelo estima de forma aceptable las condiciones de probables heladas por irradiación que se presentan en el estado de Chihuahua. Para complementar este tipo de alertas, es necesario integrar las heladas por advección que se estiman con modelos numéricos globales como WRF, MM5, UKMO, entre otros. El problema de este tipo de modelos es su alto requerimiento de poder de cómputo para estimación de pronósticos de heladas. Para evaluar la aplicación, se aplicaron los datos generados por las EMA durante el periodo de octubre de 2018 a febrero de 2019 y este mismo periodo, pero para 2019-2020. Para estos periodos se conocía la ocurrencia o no de helada, a partir de la temperatura mínima del día siguiente. La aplicación predijo correctamente el 72% de las heladas registradas. Este porcentaje se podría considerar un tanto bajo, pero considerando que las heladas pueden ser por advección o por radiación, al complementar este tipo de pronóstico de helada con uno de modelos numéricos globales, este porcentaje podría subir significativamente. La otra opción sería contabilizar solo aquellas heladas que se dieron por radiación y contrastar los resultados solo con este tipo de heladas para subir el porcentaje, pero ya que para un cultivo que se daña por la presencia de alguna helada, es indiferente si fue por radiación o por advección.

CONCLUSIONES

En conclusión, la aplicación web HELADET sirve como una herramienta en la toma de decisiones al predecir una helada por radiación hasta con 6 horas de anticipación y con mayor certeza de presentarse una helada de este tipo, ya que un registro bajo de temperatura (por debajo de los 2 °C) no necesariamente termina en una helada ya que, si la humedad relativa es lo suficientemente alta, lo que se presenta es una neblina solamente. Por esta razón representa una amplia ventaja saber de la posible helada antes de gastar recursos en intentar mitigarla. Sin embargo, tiene su limitante ya que no predice con mucha certeza una helada abrupta por los movimientos de masa de aire frio, ay que independiente a la humedad relativa se puede llegar a presentar una helada agrícola. Para este tipo de heladas por masas frías, es necesario consultar otro tipo de alertas como algún pronóstico dinámico a corto plazo (e.g., Weather Resarch Forecast (WRF)).

REFERENCIAS

Instituto de Estudios, Meteorologia y Ideam, A. (2019) ‘Glosario meteorológico’.

Martínez Albaladejo, A. (2003) ‘EVALUACIÓN DE LA PREDICCIÓN DE HELADAS EN EL ÁREA DE LLEIDA’, in, pp. 2–7.

Moller-Acuna, P., Ahumada-Garcia, R. and Reyes-Suarez, J. (2016) ‘Prediction of frost episodes based in agrometeorological information and machine learning techniques’, in 2016 IEEE International Conference on Automatica (ICA-ACCA). IEEE, pp. 1–7. doi: 10.1109/ICA-ACCA.2016.7778386.

Prieto G., R.; Avendano G., Ma. A.; Matias R., L. (2010) Tormentas severas.

Verdes, P., Granitto, P., Navone, H. and Ceccatto, H. (2000) ‘FROST PREDICTION WITH MACHINE LEARNING TECHNIQUES’, in, p. 11.

EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE NARANJA TEMPRANA EN NUEVO LEÓN, MÉXICO

EVALUATION OF EARLY ORANGE CULTIVARS IN NUEVO LEÓN, MEXICO

Emilia Raquel Pérez-Evangelista[1]; Carlos Miguel Ramos-Cruz[2]*; Isidro Humberto Almeyda-León[2]; Juan Martínez-Medina[2]; Efraín Acosta-Díaz[2]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez y carretera Santa Fe. C.P. 27054. Torreón Coahuila.
[2]Campo Experimental, General Terán-INIFAP, Km 31 Carretera Montemorelos-China. C. P. 67400. General Terán, Nuevo León.
*ramos.carlos@inifap.gob.mx

RESUMEN

La naranja con fenología de maduración temprana no es preferida por el productor, debido a que el fruto se mantiene menos tiempo en el árbol y presenta menor tolerancia al manejo durante su transporte. Sin embargo, es una excelente alternativa al uso preferencial de la variedad valencia, ya que en ocasiones adquiere buen precio cuando disminuye la oferta de la naranja tardía en el mercado. En el Estado de Nuevo León existe muy poca información sobre sobre la calidad de los frutos de la naranja temprana. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue caracterizar un grupo de cultivares de naranjas tempranas, mediante la determinación de caracteres morfológicos de los frutos. Se utilizaron siete cultivares de naranja temprana, los cuales forman parte de la colección *ex situ* del Banco de Germoplasma de cítricos dulces del INIFAP en el Campo Experimental General Terán. Los resultados indican que el cultivar Marrs presentó características morfológicas del fruto sobresalientes, lo cual representa una alternativa, ya que cumple las expectativas de manejo y de los requerimientos del mercado estatal, lo cual puede contribuir a diversificar la producción del cultivo de la naranja tardía Valencia.

ABSTRACT

The orange with early ripening phenology is not preferred by the producer, because the fruit is kept on the tree for less time and has less tolerance to handling during transport. However, it is an excellent alternative to the preferential use of the Valencia variety, since it sometimes acquires a good price when the supply of late orange in the market decreases. In the State of Nuevo León there is very little information on the quality of the early orange fruits. Therefore, the objective of this study was to characterize a group of early orange cultivars, by determining the morphological characters of the fruits. Seven early orange cultivars were used, which are part of the ex situ collection of the INIFAP Sweet Citrus Germplasm Bank in the General Terán Experimental Field. The results indicate that the Marrs cultivar presented outstanding morphological characteristics of the fruit, which represents an alternative, since it meets the management expectations and the requirements of the state market, which can contribute to diversify the production of the Valencia late orange crop.

INTRODUCCION

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 sembrada con cítricos se ha incrementado un 7.5%, pasando de 530,364 ha a 569,914 ha del 2010 al 2017. Asimismo, la superficie cosechada paso de 514,740 ha a 530,381 ha en esos mismos años (Solleiro y Mejía, 2019), lo cual, representa un incremento del 3.0% y ubica a México en el quinto lugar en la producción de cítricos a nivel mundial (USDA, 2019).

En México, la naranja es la especie de cítrico con mayor importancia debido principalmente a la superficie sembrada (340 mil ha) y producción (rendimientos promedio de 13.95 Ton ha^{-1}), con un valor de 10 .18 mil millones de pesos (Rivera *et al*., 2020; SIAP, 2020). En el estado de Nuevo León, este cultivo se desarrolla en poco más de 25,820 ha con una producción de 339,138 Ton y un valor de 1,398.1 millones de pesos (SEDAGRO, 2021). El periodo de máxima producción es de octubre a febrero, mientras que el 40% de la producción está disponible de mayo a agosto (Franco *et al*., 2015). Se estima que el 75% de la producción es para el mercado en fresco y el 25% restante para la agroindustria (Rocha, 2009).

La naranja temprana no es tan preferida por los productores, debido a que el fruto se mantiene menos tiempo en el árbol y presenta menor tolerancia al manejo durante su transporte, pero adquiere buen precio cuando disminuye la oferta de la naranja tardía en el mercado (Medina *et al*., 2007). Se tienen pocos reportes a nivel local sobre la calidad de estas variedades de cítricos, como son: tamaño del fruto, color, contenido de jugo, sólidos totales, entre otros (Ariza *et al*., 2010). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue caracterizar un grupo de cultivares de naranjas tempranas en la región citrícola del estado de Nuevo León, mediante caracteres morfológicos de los frutos, que permitan encontrar alternativas para diversificar la producción de naranja tardía y reducir el uso casi exclusivo del cultivar Valencia.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron siete cultivares de naranja temprana, injertadas sobre naranjo agrio (*Citrus aurantium* L.). El origen del germoplasma incluido representa diversos ambientes y estatus genético, ya que incluye materiales procedentes del estado de Nuevo León y estados de EUA. (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Cultivares de naranja temprana evaluados del Banco de Germoplasma *ex situ* del Campo Experimental General Terán; General Terán, Nuevo León.

Cultivar	Estatus genético	Procedencia
Qeen	Línea vieja	Florida, EUA
Hamlin	Línea vieja	Texas, EUA
Parson Brown	Nuclear	Texas, EUA
San Miguel	Selección regional	General Terán, N.L.
Temprana	Selección regional	General Terán, N.L.

Marrs	Línea vieja	Texas, EUA
Pineapple	Nuclear	California, EUA

Los árboles de naranjo pertenecen a la colección *ex situ* del Banco de Germoplasma del INIFAP, el cual está establecido en el Campo Experimental General Terán, perteneciente al municipio de General Terán, Nuevo León, México (25° 02' y 25° 30' Latitud Norte, 99° 00' y 99° 48' Longitud Oeste y 267 msnm).

Variables evaluadas

Peso de fruto. Se determinó en gramos (g) con una báscula OHAUS Scout ® modelo ITEAM No. SC4010. La longitud polar (mm), el diámetro ecuatorial (mm) y el grosor de cáscara (mm) del fruto se midieron con un vernier electrónico digital marca STAINLESS HARDENED®.

Solidos Solubles Totales (SST). Se determinaron con un refractómetro digital de bolsillo de la marca ATAGO® modelo PAL-1 con compensación automática de temperatura y los resultados se expresaron en °Brix. Para el caso de la dureza o firmeza del fruto se utilizó un penetrometro AMETEK modelo LKG-14 Hunter Spring®.

Volumen total de jugo. Se realizó exprimiendo de manera manual cada uno de los frutos colectados y con una probeta graduada de 250 ml se determinó el volumen total.

Análisis estadístico

Los datos se procesaron con el programa de estadística SAS (Statistical Analysis Systems) versión 9.3 (SAS. 1999), en un diseño experimental completamente al azar. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 0.01 de nivel de significancia.

RESULTADOS Y DISCUSION

Peso del fruto. Se determinó diferencia estadística significativa ($\rho < 0.0001$) en el peso del fruto entre los cultivares evaluados. La variedad Marrs presentó el mayor peso promedio del fruto (251.4 g), y el cultivar Temprana fue quien tuvo el menor peso promedio (146.3 g) (Cuadro 2). Lo anterior coincide con Medina *et al* (2007), quienes reportaron a la naranja Marrs con el mayor tamaño de fruto (289.0 g) en comparación con los cultivares Qeen (217.8 g), Pineaple (198.4 g) y San Miguel (196.0 g).

Diámetro polar y ecuatorial del fruto. Se registraron diferencias estadísticas significativas ($\rho < 0.0001$) en el diámetro polar y ecuatorial del fruto entre los diferentes cultivares de naranja temprana evaluados. Los menores valores se obtuvieron en el cultivar Temprana (D.E. 65.7 mm y D.P. 62.6mm), mientras que Marrs presento los mayores valores (D.E. 79.4 mm y D.P. 75.3 mm) (Cuadro 2).

Grosor de cáscara. Es uno de los atributos más importantes de la naranja, los frutos preferidos son de cascara delgada y fáciles de quitar. Los valores encontrados en las siete variedades evaluadas varían de 3.0 mm (Temprana) a 4.5 mm (Hamlin y Marrs). Aunque no existen un valor especifico reportado como ideal para el grosor de la cáscara, Ariza et al. (2010) indican que valores de 5 mm en naranja valencia son considerados como

normales. Asimismo, Futch y Tucker (2020), señalan que el grosor de la cascara se debe principalmente a la deficiencia de fosforo. Lo anterior, implica que probablemente el naranjo agrio como portainjerto es ineficiente para absorber fosforo (Pérez, 2004).

Numero de semillas. Se registraron diferencias significativas entre los cultivares (ρ <0.0001). Los frutos de la variedad Qeen presentaron significativamente el mayor número de semillas por fruto (17.9) respecto a la variedad Temprana que presento el menor número (3.2) (Cuadro 2). De acuerdo con Agustí et al (2003) y Ladaniya (2008), los frutos sin semillas son los más aceptados por los consumidores, mientras que frutos con gran cantidad de semilla presentes son comercialmente inviables.

Sólidos Solubles Totales (SST). La variedad Marrs presentó a mayor concentración de SST (13.7 °Brix), seguida de Pineapple (13.6 °Brix). Los valores más bajos de SST se registraron en los frutos de Hamlin y Parson Brown (11.9 °Brix) (Cuadro 2). Sin embargo, los valores obtenidos cumplen con lo mínimo requerido por la Norma Mexicana NMX-F-118-1984 que señala valores de SST entre 10.5 – 13.5 °Brix para jugos de naranja. Niveles relativos de SST están relacionados con el sabor y la palatabilidad de los jugos de frutas cítricas, por lo que se consideran como un indicador de madurez y calidad del sabor (Rodríguez *et al*., 2020).

Volumen de Jugo. La diferencia en el contenido de jugo de los distintos cultivares evaluados fue estadísticamente significativa (ρ <0.0001). Los cultivares San Miguel (110.6 ml) y Marrs (100.7 ml), produjeron los frutos con mayor volumen de jugo, mientras que el cultivar Temprana produjo los frutos con menor contenido (49.7 ml) (Cuadro 2).

Dureza de fruto. No se registraron diferencias significativas entre los cultivares para esta variable. La dureza del fruto fluctúo de 3.5 a 4.5 $kg^{-1}cm^{-2}$, y los mayores valores se presentaron en el cultivar Parson Brown, mientras que el cultivar Hamlin presentó los menores valores (Cuadro 2). Las frutas que presentan menor firmeza son más susceptibles a deteriorarse durante el manejo poscosecha (Villalba *et al*., 2014). Asimismo, Barbosa *et al*. (2003), señalan que la firmeza como indicador de maduración de frutos determina los niveles óptimos de calidad para su consumo y está relacionado con las condiciones de transporte y manejo poscosecha.

Cuadro 2. Comparación de medias de atributos del fruto de los siete cultivares de naranja temprana.

	Atributos del fruto							
Variedades	**P.F. (g)**	**D.P. (mm)**	**D.E. (mm)**	**G.C. (mm)**	**N.S.**	**°Brix**	**V.J (ml)**	**DUR**
Qeen	217.4±40.2 ^{ab}	71.1±3.0^{a}	75.1±4.8^{ab}	3.8±0.5^{ab}	17.9±3.8^{a}	12.7±0.5^{abc}	93.8±19.7^{ab}	4.4±1.2
Hamlin	231.5±39.9^{ab}	71.6±6.5^{a}	76.0±4.8^{ab}	4.4±0.9^{a}	7.0±2.3^{cd}	11.9±0.8^{c}	64.5±17.0^{cd}	3.5±0.5
Parson Brown	205.9±46.8^{ab}	71.5±6.3^{a}	73.1±5.6^{ab}	4.0±0.8^{a}	13.5±3.8^{ab}	11.9±0.6^{c}	89.4±24.3^{ab}	4.5±1.0
San Miguel	225.0±28.8^{ab}	69.54±5.2^{ab}	77.2±4.2^{ab}	4.1±0.6^{a}	14.6±5.1^{ab}	12.6±0.7^{bc}	110.6±12.5^{a}	4.2±0.7
Temprana	146.3±26.1^{c}	62.6±4.2^{b}	65.7±4.1^{c}	3.0±0.3^{b}	3.2±2.2^{d}	13.1±0.8^{ab}	49.7±12.1^{d}	4.0±0.7
Marrs	251.4±34.9^{a}	75.3±5.2^{a}	79.4±3.8^{a}	4.5±0.6^{a}	9.9±5.5^{bc}	13.7±0.7^{a}	100.7±14.0^{ab}	4.4±0.8
Pineapple	196.3±40.6^{bc}	69.7±4.6^{a}	72.90±4.8^{b}	4.3±0.8^{a}	16.5±2.7^{a}	13.6±0.9^{ab}	77.6±18.2^{bc}	4.2±0.8

P.F.= Peso de fruto; D.P.= Diámetro polar; D.E.= Diámetro ecuatorial; G.C.= Grosor de cáscara; N.S.= Número de semillas; V.J. Volumen de jugo. DUR=Dureza del fruto.

CONCLUSIONES

Con base en los atributos del fruto evaluados, se considera a la variedad Marrs como el cultivar de maduración temprana más sobresaliente en la región citrícola de Nuevo León, lo cual, se refleja en una mayor adopción por parte de los productores como alternativa de sustitución o complemento a las variedades de maduración tardía.

REFERENCIAS

Agustí, M., Martínez, A., Mesejo, C., Juan, M., y Almela, V. (2003). Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos, Instituto Agroforestal Mediterráneo, Universidad Politécnica Valencia. 82 pp.

Ariza, R., Alia, I., Nicolás, M., Rafael., A., Lugo, A., Barrios, A., y Barbosa, F. (2010). Calidad de los frutos de naranja 'valencia' en Morelos, México. Rev. Iber. Tecnología Postcosecha 11 (2): 148-153.

Barbosa, G., Fernández, J., Alzamora, S., Tapia, M., López, A., y Welti, J. (2003). Handling and Preservation of Fruits and Vegetables by Combined Methods for Rural Areas. TECHNICAL MANUAL. FAO Agricultural Services Bulletin 149. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 99 pp.

Franco, A., García, J., Rodríguez, E., and Castillos, S. (2015). Situación de la citricultura en Nuevo León. Corporación para el Desarrollo Agropecuario de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León. 85 pp.

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 pp.

González, Á., Guillén, D., Alia, I., López, V., Juárez, P., y Bárcenas, D. (2020). Comportamiento de variedades de naranja injertadas en diferentes portainjertos en Xalostoc, Morelos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 11 (5): 1123-1134.

Ladaniya, M. (2008). Citrus Fruit. Biology, Technology and Evaluation, Elsevier Inc. All rights reserved, Goa, India. 593 pp.

Medina, V. M., Zapiaín, G., Robles, M. M., Pérez, O., Orozco, M., Williams, T., y Becerra, S. (2007). Fenología, eficiencia productiva y calidad de fruta de cultivares de naranjo en el trópico seco de México. Revista Fitotecnia Mexicana 30 (2): 133-143.

NMX-F-118-1984 Alimentos para humanos. Bebidas no alcohólicas jugo de naranja envasado. Foods for humans. Soft drinks. Canned orange juice. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.

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.

Rivera, S., Perales, A., Del Valle, M., y Caamal, I. (2020). Panorama de la producción y comercialización de naranja en México. Agro productividad 13 (7): 9-14.

Rocha, M. (2009). Los cítricos en el estado de Nuevo León. En: El cultivo de los cítricos en el estado de Nuevo León (M. Rocha y J. Padrán, eds.), Vol. Libro cientifico No. 1, pp. 19-26. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agricolas y Pecuarias, Campo Experimental General Terán, General Terán Nuevo León.

Rodríguez, J., Florido, L., y Hernández, M. (2020). Determinación de parámetros fisicoquímicos en jugos de frutas cítricas. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 5: 233-238.

SEDAGRO (2021). Producción agrícola en Nuevo León. Año agrícola 2020. Secretaría de Desarrollo Agropecuario. Gobierno de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León. 7 pp.

SIAP (2020). Panorama Agroalimentario 2020. Datos de un campo que avanza sin dejar a nadie atrás. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, México.

Solleiro, J., y Mejía, O. (2019). Producción de cítricos e innovación: una oportundad para México. TecnoAgro. Avances Tecnológicos y agrícolas, México. Disponibles en: https://tecnoagro.com.mx/no.-132/produccion-de-citricos-e-innovacion-una-oportunidad-para-mexico

USDA (2019). Agricultural Statistics 2019. United States Department of Agriculture, Washington.

Villalba, L., Herrera, A., y Orduz, J. (2014). Parámetros de calidad en la etapa de desarrollo y maduración en frutos de dos variedades y un cultivar de mandarina (Citrus reticulata Blanco). ORINOQUIA - Universidad de los Llanos - Villavicencio, Meta, Colombia 18 (1): 22-34.

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE MAIZ EN PARCELA CONVENCIONAL DE BAJA CALIFORNIA SUR

Navejas Jiménez Jesús[1], Melgoza Villagómez Claudia María[1], Gutierres Pérez Erasmo[1], Preciado Ortíz Ricardo Ernesto[1].

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, INIFAP[1]
E-mail:navejasjesus@hotmail.com

RESUMEN

El cultivo de maíz en el estado de Baja California Sur representa una importante superficie y aportación a la economía del Estado, debido a las variaciones climáticas se sugieren genotipos con adaptación agroecológica, así como el manejo de tecnologías de bajo costo y alta eficiencia en el uso de agua, manteniendo la calidad para la industria de la masa y la tortilla. Por lo anterior, se realizó el presente trabajo con el objetivo de evaluar genotipos de maíz en parcela convencional de BCS. Se evaluaron ocho genotipos de maíz híbrido: Armadillo, Hipopótamo, Kepler, Galileo, Titan, Coronel, NB787, y Rinoceronte. Se realizó un Anova para genotipos complementado con una prueba de comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$). Se encontró diferencia significativa entre genotipos. Los mayores rendimientos fueron: 14.285, y 12.435 t ha^{-1}, que se obtuvieron con los genotipos Rinoceronte, y NB 787, con manejo convencional, respectivamente. La comparación de rendimiento, entre el mejor tratamiento y la media regional de 9.1 t ha^{-1}, indica brechas del 57 y 37%. Las desviaciones en la relación b/c fueron de 42 y 24%, y en la productividad en relación al agua utilizada, se obtuvieron índices de 4.35 y 3.29 \$ m^{-3} y 1.930 y 1.680 kg m^{-3} de agua con los genotipos Rinoceronte y NB 787, desviaciones de 93 y 21% en Rinoceronte con el manejo convencional, comparando a los índices productivos regionales.

ABSTRACT

The cultivation of corn in the state of Baja California Sur represents an important area and contribution to the economy of the State, due to climatic variations genotypes with agroecological adaptation are suggested, as well as the management of low-cost technologies and high efficiency in the use of water, maintaining the quality for the industry of the dough and tortilla. Therefore, the present work was carried out with the aim of evaluating maize genotypes in conventional BCS plot. Eight genotypes of hybrid corn were evaluated: Armadillo, Hipopotamo, Kepler, Galileo, Titan, Coronel, NB787, and Rinoceronte. An Anova was performed and complemented with the comparison Tukey test analysis ($p \leq 0.05$). A significant difference was found between genotypes. The highest yields were: 14,285, and 12,435 t ha^{-1}, which were obtained with the Rinoceronte genotypes, and NB 787, with conventional handling respectively. The performance comparison, between the best treatment and the regional average of 9.1 t ha^{-1}, indicates gaps of 57 and 37%. The deviations in the b/c ratio were 42 and 24%, and in the productivity in relation to the water used, indices of 4.35 and 3.29 \$ m^{-3} and 1,930 and 1,680 kg m^{-3} of water were obtained with the genotypes Rinoceronte and NB 787; deviations of 93 and 21% in Rinoceronte with conventional management, comparing to regional production rates.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz en el estado de Baja California Sur representa una importante superficie y aportación a la economía del Estado (Navejas *et al*., 2016). El rendimiento promedio durante el período de 2014 a 2017, fue de 6.31 t ha^{-1}, osciló entre 5.4 y 7.60 t ha^{-1}. Para el año 2017y 2019 el rendimiento promedio fue de 7.60 y 9.1 t ha^{-1}. El impacto por la sequía puede disminuir en 14% la cosecha de maíz, también en períodos de lluvia anormal se pueden esperar afectaciones del 23%. Debido a las variaciones climáticas se sugieren genotipos con adaptación agroecológica, así como el manejo de tecnologías de bajo costo y alta eficiencia en el uso de agua, manteniendo la calidad para la industria de la masa y la tortilla (Navejas y Melgoza, 2018). Por lo anterior, se realizó el presente trabajo con el objetivo de evaluar genotipos de maíz en parcela convencional de BCS.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el ciclo O-I 2020, en un lote de productor cooperante en el Valle de Santo Domingo, B.C.S, en condiciones de aridez típicas de la zona, con ubicación en las coordenadas geográficas 25° 15´ 25” LN y 111° 39´55” LO, se estableció una parcela de evaluación con ocho híbridos comerciales: Armadillo, Hipopótamo, Kepler, Galileo, Titan, Coronel, NB787, y Rinoceronte. Se sembraron 60 surcos de 0.80 m de ancho y 100 m de longitud, para una superficie de 4800 m^2 con cada hibrido, aproximadamente 4.0 ha en total, con orientación Norte-Sur.

La preparación del terreno consistió en un paso de arado y rastreo cruzado para acondicionar apropiadamente la cama de siembra. La fecha de establecimiento fue el día 6 de octubre de 2020, se realizó la siembra en terreno húmedo, en forma mecanizada con una sembradora de precisión marca Monosem con platos para maíz con 60 hoyos, calibración para depositar 9 semillas/m a 10 cm de profundidad. Se sembró en terreno húmedo, se surcó a 0.8 m de ancho, se usaron 30 kg ha^{-1} de semilla, y se depositaron de 9 semillas por metro lineal, equivalente aproximado a 112 mil plantas ha^{-1}. En la parcela convencional se fertilizó a la siembra con una mezcla de NPK, posteriormente se utilizó amoniaco y fosfonitrato para una fertilización de 336-45-40. Se realizó una aplicación química para complejo de insectos chupadores y larvas de gusano, con insecticidas palgus y lorsban en dosis 0.15 y 1.5 L ha^{-1}, respectivamente. Para el combate de maleza, se realizaron una escarda y una aplicación de herbicida en dosis de 2 L ha^{-1}. Se comparó el genotipo sobresaliente con la media regional como testigo. Se realizaron un riego de aniego

con lámina de 26cm y cuatro auxilios a los 34, 54, 74 y 89 días con láminas de 12 cm cada uno, con una lámina total de 74.0 cm.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento obtenido con manejo convencional mostró diferencia significativa entre tratamientos o genotipos Tukey (p≤ 0.05) el valor más alto fue 14.285 t ha^{-1}, obtenido con el genotipo Rinoceronte. También en el peso específico de grano en la parcela con manejo convencional se encontró diferencia significativa entre tratamientos o genotipos Tukey (p≤ 0.05) el valor más alto fue 78.1, obtenido con el genotipo NB787 (Figura 1).

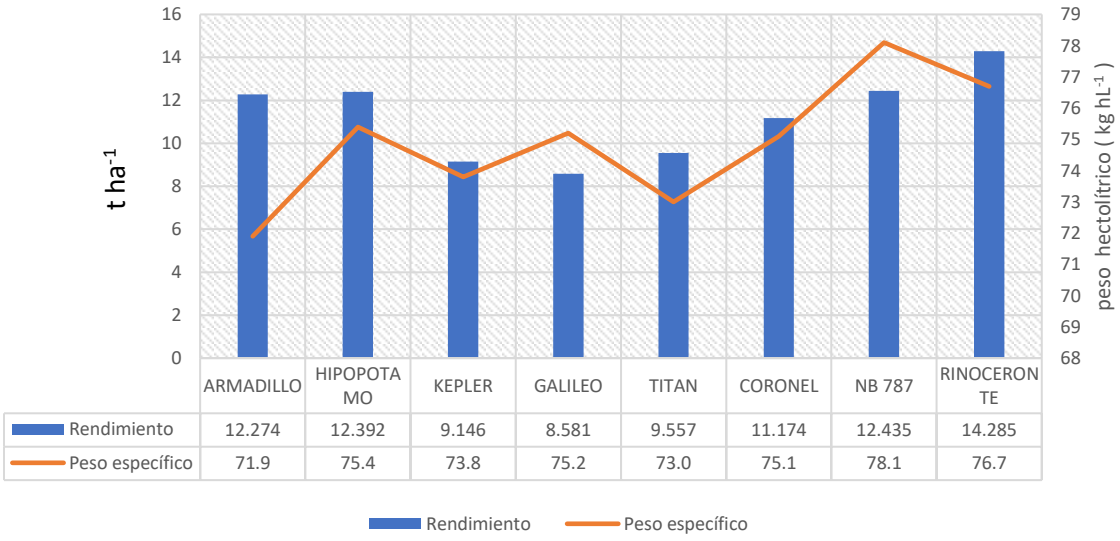


Figura 1. Rendimiento y peso específico del grano en 8 genotipos de maíz con manejo convencional en B.C.S. INIFAP. 2021

Factores edafoclimáticos como textura media, la precipitación media anual de 200 mm, irregularmente distribuidos a lo largo del año y la temperatura superior a los 40°C en el verano reducen el potencial productivo de los materiales en la región (Navejas *et al.*, 2015).

El rendimiento mayor obtenido con los genotipos Rinoceronte y NB 787, comparados con la media regional, de 9.1 t ha^{-1}, significa brechas de 57 y 37 %, las desviaciones en la relación beneficio-costo (b/c) fueron de 42 y 24 % mayor en los genotipos evaluados, y la productividad en relación al agua utilizada, resultó con índices de 4.35 \$ m^{-3} y 1.930 kg m^{-3} , de agua con el genotipo Rinoceronte en condiciones convencionales lo cual representa una desviación de 93 y 21% (Cuadro 1). Los índices de productividad económica y de uso

del agua fueron altos, por lo que se debe continuar validando *in situ* con productores. El laboreo escaso o nulo y la aplicación de materia orgánica al suelo favorecen su estructura, con resistencia a la erosión eólica y facilidad para los cultivos a la humedad a menudo escasa. Algunos cultivos utilizan fertilizantes alternativos a los fertilizantes químicos, tales como abonos orgánicos, estiércol, lixiviado y abonos verdes (Trujano *et al.*, 2008).

Cuadro 1. Comparación de la productividad por unidad de superficie y por utilización del agua de riego de los mejores genotipos de maíz convencional y la media regional.

	Indices Productivos								
Tratamiento	R	p	b	c	b/c	utilidad	lámina	productividad	
	t ha^{-1}	\$ t^{-1}	\$ ha^{-1}	\$ ha^{-1}		\$ ha^{-1}	m^3	\$ m^{-3}	kg m^{-3}
Rinoceronte	14.285	4,250	60711	28520	2,13	32191	7400	4,35	1,930
NB 787	12.435	4,250	52849	28520	1,85	24329	7400	3,29	1,680
Testigo DDR	9.100	4,250	38675	25850	1,50	12825	5700	2,25	1,596
Desv Rinoceronte %	57			10	42		30	93	21
Desv NB 787 %	37			10	24		30	46	05

R= rendimiento, P= precio, b= beneficio, c= costo, maíz 14% hum,

Las características del suelo utilizado para la evaluación de los genotipos de maíz con manejo convencional, fueron: textura media franco arenosa, capacidad de campo: 16.1%, punto de marchitez permanente: 9.6%, densidad aparente: 1.43 g cm^{-3}, pH: 8.62, conductividad eléctrica: 0.26 d S m^{-1}, y materia orgánica: 1.07 %. resultaron con concentración pobre de nitrógeno en el suelo 6 ppm, el potasio alto 345 ppm, el pH medianamente alcalino 8.62 y la conductividad eléctrica 0.26 dS·m-1, denotan condición normal no 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 maíz requiere de 20 a 25 kg ha^{-1} de N por cada tonelada de grano producida. Por ello, para producir por ejemplo 10 t ha^{-1} de grano, el cultivo debería disponer de alrededor de 200 a 250 kg de N ha^{-1} para ser absorbidos por el cultivo. Esta cantidad sería la demanda de N para este nivel de rendimiento. La disponibilidad en el terreno (N en el suelo + N del fertilizante) debería mantener el sistema en equilibrio nutricional. Esta aproximación es lo que se conoce como criterio o modelo de balance. Sin embargo, las diferencias entre las cantidades de N en el suelo y las absorbidas por el cultivo son determinadas por las llamadas eficiencias de absorción, que varían según se considere

al N presente en el suelo a la siembra, al N mineralizado durante el cultivo y al N aportado como fertilizante (Melgar y Torres, 2006).

CONCLUSIONES

Los mejores genotipos fueron Rinoceronte y NB 787 en parcela con manejo convencional La comparación productiva mostró que el rendimiento medio de 9.1 t ha^{-1} para el manejo convencional significa una brecha potencial de 57 y 37% respectivamente, la desviación en la relación b/c fue de 42 y 24 % y en la productividad en relación al agua utilizada, se lograron índices de 4.35 y 3.29 \$ m^{-3} y 1.930 y 1.680 kg m^{-3} de agua con el genotipo Rinoceronte y NB 787 respectivamente; lo que representa una desviación de 93 y 21 % para el genotipo Rinoceronte con respecto a los índices regionales. Para mejorar la respuesta en la capacidad productiva del maíz en condiciones convencionales resulta estratégico contar con análisis de suelo.

REFERENCIAS

Melgar, R. y Torres, M. 2006. Manejo de la Fertilización en Maíz. Proyecto Fertilizar. INTA Pergamino. IDIANº 6. Bs.As. Ed. INTA-IDIAXXI p. 114-121.

Navejas, J. J., Gutierres, P. E., Zamora, S. S., y Loya, R. J.G. 2015. Comportamiento productivo de genotipos de maíz bajo condiciones de aridez. Memoria XVIII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. UABC. 818-822pp.

Navejas, J.J., Geraldo, M.J.B., Loya, R.J.G., Mercado, M.G. 2016. Productividad de genotipos de maíz con manejo convencional y orgánico. Memoria XIX Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. UABC. Mexicali, B.C. México. pp. 595-600.

Navejas, J. J., Melgoza, V. C.M. 2018. Genotipos de maíz recomendados para el Valle de Santo Domingo, Baja California Sur. Desplegable para productores No.61. Campo Experimental Todos Santos. Inifap. La paz, B.C.S.

Trujano, S.L.D., González, P.A., Jaimes, J.J., Cueto, W.J.A., Hernández, S.J.R. 2008. Evaluación de fertilizantes sobre la avena. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. 7: 73-82.

EVALUACIÓN DE OCHO GENOTIPOS DE SOYA EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Aispuro-Arana, Francisco H[1]; Marroquín-Morales, José A[3]; Salazar-Huerta, Francisco Javier[2]; Borbón-Gracia, Alberto[3]; Montoya-Coronado, Lope[3]

[1]Departamento de Recursos Naturales, Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero 818 Sur, 85000 Cd. Obregón, Sonora, México. aispuro1996@hotmail.com
[2]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui. Av. Tecnológico, Calle 600, Block 611. C. P. 85275. San Ignacio Río Muerto, Bácum, Sonora, México.
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug. km. 12. Cajeme, Obregón, Sonora, México.

RESUMEN

El cultivo de soya (*Glycine max* L.) es una de las leguminosas más importantes en México debido a su alto valor nutrimental de proteína y aceite, el cual se utiliza para mejorar la alimentación tanto ganadera como la humana y por el bajo costo de producción y procesamiento industrial. El presente trabajo se realizó en el Valle del Yaqui, en donde se evaluaron ocho genotipos de soya con el objetivo de identificar sus características agronómicas y facilitar su producción. los cuales se establecieron en un diseño experimental de bloques al azar de cuatro repeticiones en parcelas de 4 surcos por 6 m de longitud a una separación de 0.80 m y una población de 15 plantas por metro lineal. Las variables evaluadas fueron: altura total de la planta, altura de la primera vaina, número de vainas por planta, peso 100 granos, peso hectolitrito y rendimiento kg ha^{-1}. El análisis de la información se realizó por medio del programa de paquete estadístico ‘’FAUANL’’, con la técnica de comparación de media de tratamientos con el método de la diferencia mínima significativa (DMS) ($p < 0.05$). Se obtuvieron rendimientos en un intervalo de 2787 a 2355 kg ha^{-1}, Nainari precoz el rendimiento más alto y Cu04-238 el rendimiento más bajo, lo que se atribuye al peso específico del grano. mientras que la altura de los genotipos se expresó con valores de un rango entre los 60 a 87 cm, siendo el genotipo suaqui D-1-2-M el de mayor altura y Balbuena el de menor.
Palabras clave: *Glycine max* L.*, Carácter Agronómico, Rendimiento potencial.*

ABSTRACT

The soybean crop (Glycine max L.) is one of the most important legumes in Mexico due to its high nutritional value of protein and oil, which is used to improve both livestock and human diets and due to the low cost of production. and industrial processing. The present work was carried out in the Yaqui Valley, where eight soybean genotypes were evaluated in order to identify their agronomic characteristics and facilitate their production. which were established in an experimental design of blocks at random of four repetitions in plots of 4 rows by 6 m in length at a separation of 0.80 m and a population of 15 plants per linear meter. The variables evaluated were: total plant height, height of the first pod, number of pods per plant, weight 100 grains, hectolitrite weight and yield kg ha-1. The analysis of the information was carried out by means of the statistical package program "FAUANL", with the technique of comparison of the mean of treatments with the method of the least significant difference (DMS) ($p <0.05$). Yields were obtained in a range from 2787 to 2355 kg ha-1, early Nainari the highest yield and Cu04-238 the lowest yield, which is attributed to the specific gravity of the grain. while the height of the genotypes was expressed with

values ranging from 60 to 87 cm, the Suaqui D-1-2-M genotype being the highest and Balbuena the lowest.
Keywords: *Glycine max* L., *Agronomic Character, Potential yield.*

INTRODUCCION

La soya (*Glycine max* L.) es una leguminosa de suma importancia en México, es considerada una especie estratégica para mejorar la nutrición animal y humana esto por su alto porcentaje de proteína y aceite, la cual es utilizada para la elaboración de alimentos balanceados para la ganadera y la alimentación humana (Torres, 2013). Se considera como cultivo de bajo costo de producción debido a que el cultivo se desarrolla en una gran variedad de suelos, incluyendo suelos con características pobres, dando como resultado una semilla que contiene alto contenido de proteína (40%), aceite (20%), hidratos de carbono (25%), agua (10%) y ceniza (5%) (Gill, 2005). Seleccionar e identificar variedades con un carácter agronómico adecuado es de suma importancia ya que puede afectar y disminuir considerablemente, por ejemplo, La altura y vigor de una planta es de gran importancia porque influyen en el rendimiento y desarrollo, acame y cosecha ya que genotipos que presentan una atura media presentan menos problemas en la cosecha, se debe tomar en cuenta que la altura de un cultivo puede variar dependiendo de la época de siembra (Zapata y Mejía, 2011). El objetivo del presente trabajo fue identificar algunas características agronómicas de ocho genotipos de soya consideradas importantes durante el manejo y producción del cultivo.

MATERIALES Y METODOS

Se evaluaron ocho genotipos de soya, Nainari'98, Nainari precoz, Suaqui D-1-2-M, Guayparime S-10, Suaqui'86, Balbuena, Cajeme Y Cu04-238, con el objetivo de comparar el desarrollo y rendimiento de materiales promisorios comerciales en el Valle del Yaqui, estableciéndose en un diseño experimental de bloques al azar de cuatro repeticiones en parcelas de 4 surcos por 6 m de longitud a una separación de 0.80 m y una población de 15 plantas por metro lineal. La siembra se realizó el 30 de mayo del 2020 de manera directa, sin fertilización.

Para controlar malezas se aplicó una mezcla de Flex 1 L Ha^{-1} y Select en dosis de 1 L Ha^{-1}, Para plagas se aplicó Venece 480 1 L Ha^{-1} el producto químico Arrivo 200 CE 500 ml ha^{-1} y Veltar 100 CE 400 ml ha^{-1}. Las variables evaluadas fueron: altura total de la planta, altura de la primera vaina, número de vainas por planta, peso 100 granos, peso hectolitrito y rendimiento kg Ha^{-1}. El análisis de la información se realizó por medio del programa de paquete estadístico ''FAUANL'', con la técnica de comparación de media de tratamientos con el método de la diferencia mínima significativa (DMS) ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis estadístico detecto que existe diferencia significativa a un nivel de ($p<0.05$) entre las variables agronómicas colectadas (altura de planta, número de vainas por planta y altura de la primera vaina), Seleccionar variedades que presenten altura media considerable del suelo es sumamente importante porque presentan menos problemas de acame y cosecha, factores que influyen directamente en el rendimiento. Seleccionar variedades que producen su primera vaina a una altura considerable del suelo es sumamente importante debido a que es una planta con características que producir vainas cerca del suelo, por lo que es un problema para su corte y recolección y al momento de cosechar no se recolectan y se pierde

grano por lo que afecta en el rendimiento (Linares, 2006). Dejar de cosechar una vaina puede llegar a disminuir casi 150 kg/ha en rendimiento (Menjívar *et al*, 2017).

Se debe resaltar que durante el manejo de campo los materiales no presentaron problemas de acame y el número de semillas por vaina variaba de dos a tres, sin embargo, variedades como Balbuena, Cajeme y Cu04-238 presentaron mayor número de vainas, pero el desarrollo del grano no llenaba totalmente a la vaina. El rendimiento de grano reflejo una diferencia significativa de 115.8 kg ha^{-1} y un coeficiente de variación de 8.7 % entre los ocho genotipos evaluados, el genotipo Nainari precoz fue el tratamiento rendimiento más alto y CU04-230 con el rendimiento más bajo (cuadro 1) demostrando que existen genotipos que poseen excelente rendimiento potencial, puesto que, rendimientos de 2500 - 3000 kg ha^{-1} y con potencial de alcanzar 4 kg ha^{-1}, son promedios aceptables económicamente en México.

Cuadro 1. Comparación de medias de ocho genotipos de soya, de las variables colectadas en el Valle del Yaqui, Sonora 2020. CENEB-INIFAP.

GENOTIPO	AP (cm)	N VP	APV (Cm)	Peso 100 granos (Gr)	hL (Gr)	REND kg ha^{-1}
Nainari Precoz	61.1cd	46d	11.4a	16.0a	739.3a	2788a
Nainari'98	70.15bc	59cd	10.1bc	16.0a	735ab	2740ab
Suaqui D-1-2-M	86.8a	85bcd	10.6b	13.7ab	726.8b	2641ab
Guayparime S-10	81.15ab	78abc	11.7a	12.2bc	716.8c	2659b
Suaqui '86	70.8bc	56cd	10.6b	13.3ab	729.8ab	2641bc
Balbuena	55.75d	117cd	8.8d	12.8b	711.5cd	2538cd
Cajeme	62.55cd	91abc	9.6c	12.2bc	701.8de	2483d
Cu04-238	60.95cd	95ab	10.8b	10.3c	701.5e	2355e
DMS	11.8	36.2	4.7	2.3	9.9	115.8
CV (%)	17.8	38.0	27.2	17.0	2.0	8.7

AP= Altura total de la planta; NVP= Numero de vainas por planta; AVP; Altura de la primera vaina; hL= Peso hectolitrito; REND= Rendimiento de grano; DMS = diferencia mínima significativa; CV = coeficiente de variación a $p < 0.05$

CONCLUSIONES

Los genotipos Nainari precoz, Nainari'98, Suaqui D-1-2-M presentaron los rendimientos más altos 2788, 2740, 2641 Kg Ha^{-1} respectivamente por lo cual se pueden consideran como las mejores opciones para la región. En base a los resultados en el rendimiento se puede concluir que los genotipos demostraron poseer excelentes características agronómicas puesto que no presentaron problemas durante su manejo agronómico en condiciones de la región del valle del Yaqui.

REFERENCIAS

Gill H. 2005. Caracterización morfoagronómica y genética de germoplasma mejorado de soya [*Glycine max*(L.)Merr.]. Universidad Politécnica Nacional. Reynosa. Tamaulipas. Pp 1-2.

Linares, R. 2006. Evaluación de la adaptabilidad y potencial de rendimiento de 6 cultivares de soya (*Glycine max* L.), para producción de semilla, en época de invierno (agosto

a diciembre) en tres localidades del Departamento de Chiquimula. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Chiquimula. Pp 31- 32

Menjivar A., Rivera S. B, Vásquez K. V. 2017. Evaluación fenológica y morfo-agronómica de ocho genotipos de soya (glycine max l.) en la estación experimental y de prácticas, facultad de ciencias agronómicas, Universidad de El Salvador, San Luis Talpa, La Paz. Pp 8-9.

Torres J. 2013. Evaluación de materiales de soya (*Glycine max.* L.) de varias procedencias en la zona de Montalvo, provincia de Los Ríos. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. Pp 1-4.

Zapata S., Mejía N. 2011. Evaluación de rendimiento del cultivo de soya (*Glycine Max*. (L) Merr) bajo fertilización orgánica, sintética y combinada, en la Finca del plantel (Masaya) postrera 2009. Managua, Nicaragua. P 12.

EVALUACIÓN DE OCHO HIBRIDOS DE MAIZ (*Zea mays* L.) EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Marroquín-Morales José Á.[1]; Gayosso-Barragán Odilón[2]; Díaz-ceniceros Huizar L.[1]; Hidalgo-Ramos Dreyli M.[3]; Montoya-Coronado Lope[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug. km. 12. Cajeme, Obregón, Sonora, México.
marroquin.jose@inifap.gob.mx
[2]CENID-AF-INIFAP. Carretera Ojuelos-Lagos de Moreno km 8.5, Ojuelos, Jalisco, México.
[3]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui. Av. Tecnológico, Calle 600, Block 611. C. P. 85275. San Ignacio Río Muerto, Bácum, Sonora, México.

RESUMEN

La superficie de maíz del 2010 al 2021 ha variado pasando de 7,500 a 57,843 ha, el área se ha incrementado y una de las razones es por los buenos rendimientos que se han obtenido aunado al precio del grano. Una limitante es el costo de la semilla ya que varía en función de la densidad de siembra, es importante que haya diferentes materiales de maíz validados que compitan en rendimiento para esta región y así tener alternativas, para tener más biodiversidad y competencia en precios. Por lo que el objetivo de este trabajo fue validar genotipos de maíz para identificar cuales se adaptan a esta región e identificar cuales obtienen buenos rendimientos. Este trabajo se realizó en el ciclo 2020-2021 en el Block 910 del Valle del Yaqui, se validó con el sistema de riego por superficie en un área de 7 ha. Los resultados del estudio mostraron que el tratamiento donde se obtuvo el mayor rendimiento fue en el hibrido comercial P-3230W de Pioneer con un rendimiento total de 11,191 kg ha^{-1} y un total de cinco riegos de auxilio.

Palabras clave: *Maíz, Rendimiento, Riego por gravedad.*

ABSTRACT

The maize area from 2010 to 2021 has varied from 7,500 to 57.843 ha, the area has increased and one of the reasons is because of the good yields that have been obtained and the price of the grain. One limitation is the cost of the seed since it varies depending on the sowing density, it is important that there are different validated maize materials that compete in yield for this region and thus have alternatives, to have more biodiversity and price competition. Therefore, the objective of this work was to validate maize genotypes to identify which ones are adapted to this region and identify which ones obtain good yields.

This work was carried out in the 2020-2021 cycle in Block 910 of the Yaqui Valley, it was validated with the surface irrigation system in an area of 7 ha. The results of the study showed that the treatment where the highest yield was obtained was in the Pioneer commercial hybrid P-3230W with a total yield of 13,200 kg ha^{-1} and a total of five auxiliary irrigations.

Keywords: *Corn, Yield, Gravity irrigation.*

INTRODUCCIÓN

La agricultura es una de las actividades socioeconómicas y ambientales más importantes en México, genera una gran cantidad de empleos e influye directamente en la alimentación de millones de personas, por otro lado, esta depende inmensamente de los recursos hídricos requiriendo hasta un 77% del agua administrada en el país (Salazar, *et al*., 2014). México es uno de los principales países consumidores de maíz a nivel mundial, ya que éste es la base de su alimentación, además de ser el cultivo más producido en el país y de ocupar el cuarto lugar como productor en el mundo. A nivel nacional se identifican aproximadamente 2 millones de productores dedicados al cultivo de maíz, de estos 85% lleva a cabo su labor en predios cuya extensión es menor o igual a 5 hectáreas (SIAP, 2007). En el sur de sonora, localizado en el noroeste de México, con una precipitación anual promedio de 300 mm, que proviene en un 70%, aproximadamente, de las lluvias de verano y el resto por las lluvias durante los meses de invierno. El principal usuario de esta cuenca es el Distrito de Riego 041 Río Yaqui, con más del 85.0% del agua superficial asignada, el cual se utiliza para irrigar las más de 227,224 hectáreas. Este distrito es un sistema agrícola que produce principalmente trigo, cártamo, hortalizas, maíz, sorgo, algodón, garbanzo, alfalfa y frutales, (Minjares *et al.,* 2009).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el ciclo otoño-invierno 2019-20 y primavera-verano 2020 en terrenos del CENEB-INIFAP, Cd. Obregón, Sonora. El tipo de suelo fue arcilloso, La fertilización fue de 450 unidades de nitrógeno por hectárea en forma de urea y 76 unidades de fosforo por hectárea en forma de fosfato monoamónico (MAP), se aplicó el 50 % de fertilizante en pre-siembra, 25 % antes del primer riego de auxilio y el resto antes del segundo riego de auxilio. El trazo de las camas fue de 0.8 m de separación por 100 m de longitud, la distancia entre plantas de 11.11 cm para así tener un total de 112,500 plantas por ha. se aplicaron 5 riegos de auxilio. Los materiales genéticos evaluados fueron los híbridos comerciales (Rinoceronte

de Asgrow, Galileo de Ceres, NB789 y NB787 de Novasem, Coronel y Titán de Aspros, P3270 y P3230 de Pioneer). La siembra se realizó el11 de enero, a tierra venida (húmedo). para el control de maleza de hoja ancha se utilizó el herbicida Veltarane ultra (fluroxipir-meptil 45.52 %) en dosis de 400 ml/ha, para el control de gusano cogollero *(Spodoptera frugiperda)* se aplicó el insecticida granulado pounce (permetrina) dosis de 8 kg/ha, para el control de la mosca de los estigmas (Euxesta stigmatias). La unidad experimental fue de ocho surcos por diez metros de largo y la parcela útil de dos surcos centrales de seis metros de largo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cosecha se realizó manualmente del 14 al 18 de junio del 2021, se realizó a los 180 días después de la siembra. En la figura 1 se presentan los valores promedio de rendimiento para los ocho híbridos evaluados. Se ajustó al 14 % de humedad que es la base para comercializar el grano de maíz. En la gráfica se observa que los híbridos P-3230 y P-3270 de Pioneer obtuvieron el mayor rendimiento promedio con 11,188 y 11,191 kg ha^{-1}. También se aprecia que los materiales con el menor rendimiento fueron NB-787 y Titán con 8,050 y de 7,250 kg ha^{-1}. (Figura 1).

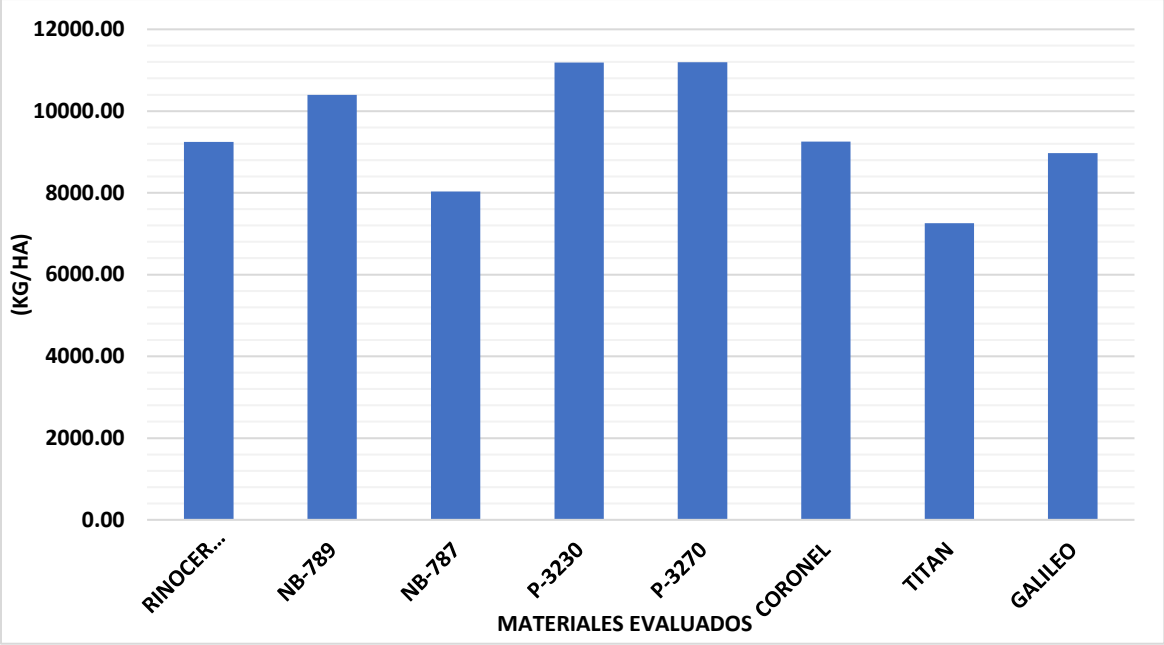


Figura 1. Rendimiento de grano de maíz para ocho materiales evaluados en el Valle del Yaqui, Sonora.

Se tomaron todas las variables de componentes de rendimiento en la etapa vegetativa y reproductiva para el cultivo de maíz, los datos nos indican que el mayor grosor de mazorca se obtuvo con el material de NB-789 (4.6 cm) de Novasem y el dato menor obtenido (4.2 cm) con galileo de Ceres y Coronel de aspros. La mayor altura de mazorca se obtuvo con galileo de Ceres con (157.8 cm) y la menor con titán de aspros (127.6 cm). Por último, se obtuvieron la longitud de mazorca siendo mayor coronel de aspros (15.2 cm) y el mayor número de carreras en la mazorca se obtuvo con los materiales de NB-787, NB-789, coronel, titán y galileo (Cuadro 1). Donde se obtuvo el mayor peso de 1000 semillas fue el híbrido P-3270, y el mayor en peso hectolitrito fue NB-789.

Cuadro 1. Componentes de rendimiento para todos los materiales evaluados en el cultivo de maíz en el Valle del Yaqui.

MATERIAL	GROSOR DE MAZORCA (CM)	ALTURA DE MAZORCA (CM)	LONGITUD DE MAZORCA (CM)	NUMERO DE CARRERAS	PESO 1000 SEMILLAS (KG)	PESO HECTOLITRICO
RINOCERONTE	4.3	146.2	13.5	14	0.24	0.754
NB-789	4.6	142.8	14.5	16	0.267	0.761
NB-787	4.3	145.4	13.5	16	0.242	0.760
P-3230	4.5	162	13.9	14	0.268	0.733
P-3270	4.5	162	13.0	14	0.274	0.749
CORONEL	4.2	146	15.2	16	0.22	0.747
TITAN	4.5	127.6	13.2	16	0.212	0.720
GALILEO	4.2	157.8	13.8	16	0.257	0.767

CONCLUSIONES

Los materiales donde se obtuvieron los mayores rendimientos fueron P-3270 y P-3230 de Pioneer con un rendimiento de 11,191 y 11,188 kg ha^{-1}, un rendimiento aceptable para esta región, Se necesitaron 5 riegos de auxilio diferidos en todo el ciclo del cultivo, siendo el primer riego de auxilio donde más se puede estresar la planta, es decir el primer riego se puede dar entre los 45 y 55 días después de la siembra, esto dependerá del tipo de suelo, material a evaluar y la fecha de siembra. Se identificaron los materiales P-3230, P-3270 y NB-789 para esta región ya que anduvieron arriba de 10 t ha^{-1}, un rendimiento aceptable debido a la media regional que se tiene registrado para este ciclo. Es necesario seguir

evaluando estos materiales en diferentes ambientes ya que puede variar según la región y el manejo agronómico.

REFERENCIAS

José Luis Minjares y Lugo Roberto F. Salmón-Castelo. 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.

Salazar R., Rojano A., López I. L., 2014. La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. Tecnología y Ciencias del Agua. Vol. V, Pp 177-183.

SIAP, 2007. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Estadísticas. Consultado en línea 19 de julio de 2021. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do

EVALUACIÓN DE PLÁNTULAS DE TOMATE CON DIFERENTES TIPOS DE ENRAIZADOS

[1]Irvin Robles Castro, [1*]Ramiro Maldonado Peralta, [1]Delfina Salinas Vargas, [1]Andrés León Villanueva, [1]Adalid Graciano Obeso,

[1]Instituto Tecnológico Superior de Guasave, Carretera a Brecha Sin Número. Ej. Burrioncito, Guasave, Sinaloa C.P. 81149.
***Autor para correspondencia: ramiro.mp@guasave.tecnm.mx**

RESUMEN

El aumento del vigor de las plántulas de tomate incrementa la capacidad de competencia del vegetal al momento del trasplante. Los enraizadores son compuestos sintetizados químicamente u obtenidos de Palabras claves: fitohormonas, cultivo vegetal, crecimiento vegetal, enraizamiento, metabolismo vegetal. Se plante el siguiente objetivo para evaluar el efecto de los diferentes tipos de enraizados en plántulas de tomate para mejoramiento en el desarrollo. Se usaron los siguientes tratamientos; 1) Smart track, 2) Cystar, 3) Toor Maxx, 4) Fiamin R, 5) Root Quattro, 6) PM RADIX, 7) Enraiz Max y 8) testigo (agua). Las variables medidas fueron: Altura de planta, Numero de hojas, Diámetro del tallo, Área Foliar y Biomasa Acumulada. Las resultados muestran que los enraizados usados en plántulas de tomate resultaron significativamente ($P \leq 0.05$) en todas las variables que se evaluaron. El enraizado PM RADIX fue el mejor de todos los estimuladores de crecimiento en número de hojas, área foliar y biomasa total. Como conclusión tenemos que enraizado PM RADIX es un producto eficiente para en la producción de plántulas de tomate comercial, ya que mejora su calidad para llevar a transplante a campo.

ABSTRACT

The increased vigor of tomato seedlings increases the competition capacity of the vegetable at the time of transplantation. Rooters are compounds chemically synthesized or obtained from Keywords: phytohormones, plant cultivation, plant growth, rooting, plant metabolism. The following objective was set to evaluate the effect of the different types of rooted in tomato seedlings for improvement in development. The following treatments were used; 1) Smart track, 2) Cystar, 3) Toor Maxx, 4) Fiamin R, 5) Root Quattro, 6) PM RADIX, 7) Enraiz Max and 8) witness (water). The variables measured were: plant height, number of leaves, stem diameter, foliar area and accumulated biomass. The results show that the roots used in tomato seedlings resulted significantly ($P \leq 0.05$) in all the variables that were evaluated. The rooted PM RADIX was the best of all growth stimulators in number of leaves, leaf area and total biomass. In conclusion we have that rooted PM RADIX is an efficient product for the production of commercial tomato seedlings, since it improves their quality to carry them to field transplantation.

INTRODUCCION

El tomate (*Solanum lycopersicum)* es la hortaliza de mayor importancia en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio (Ruiz *et al*., 2012). En México, en el año 2017, en Sinaloa se cultivaron 71 000 014 hectáreas de hortalizas de las cuales, para el cultivo de chile verde

15 000 952 hectáreas, el 22.46 %; tomate rojo 14 000 611 hectáreas, el 20.57%; papa 12 000 944 hectáreas, el 18.23% (SIAP, 2019). Por lo antes mencionado, ha surgido la necesidad de la obtención de plántulas sanas y vigorosas provienen de un almácigo donde encuentran las condiciones fisicoquímicas y nutrientes necesarios para su desarrollo, que garantiza la obtención de una producción (Ortega-Martínez *et al*., 2010).

Las plantas dentro de su desarrollo requieren de reguladores hormonales, capaces de controlar toda la actividad metabólica en función de garantizar la homeostasis intracelular y extracelular. Cada fitohormona de acuerdo con su estructura química realiza diferentes interacciones para poder cumplir con sus funciones. Las principales fitohormonas utilizadas en el crecimiento vegetal son las auxinas, giberelinas, citoquininas, entre otras (Seeta et al., 2002; Borjas-Ventura *et al*., 2020).

El uso enraizados con reguladores del crecimiento vegetales son sustancias que actúan sobre el desarrollo de las plantas y que, por lo general, son activas a concentraciones muy pequeñas. Dentro de este grupo de moléculas podemos diferenciar entre las que son producidas por la planta y aquellas de origen sintético (Hernández y García 2016). Las que se encuentran de forma natural en las plantas se denominan fitohormonas u hormonas vegetales (Halliday, 2004). La regulación del crecimiento de las plántulas con fines comerciales es un aspecto vital en la producción, puesto que permite mejorar su calidad visual (tamaño, compacidad, ramificación, color, etc.) y su calidad fisiológica (resistencia a estreses, salida del reposo, mejorar la poscosecha. Las nuevas tendencias exigen que la aplicación de fitorreguladores deba adaptarse a este cambio de gestión hortícola respetuosa con el medio ambiente, adaptación que pasa por tres aspectos principales: (1) el desarrollo de nuevos productos menos contaminantes; (2) la mejora de nuestro conocimiento en la aplicación y uso de fitorreguladores; (3) optimizar con las primeras técnicas de regulación. Hoy día disponemos de importantes avances en la tecnología de los invernaderos, riego, climatización, fertilización, etc., que facilitan y permiten una mayor eficacia de estas técnicas (Alcántara-Cortés *et al*., 2019). El manejo de la temperatura, luz, humedad relativa, fertilización, riego, e incluso la estimulación mecánica, son importantes herramientas para dirigir el crecimiento y desarrollo de las plantas, y pueden usarse independientemente o de forma complementaria a los fitorreguladores (Hernández y García 2016). Se plante el siguiente objetivo para evaluar el efecto de los diferentes tipos de enraizados en plántulas de tomate para mejoramiento en el desarrollo.

MATERIALES Y METODOS

El proyecto se llevó a cabo en los invernaderos de la empresa Productora Agrícola San José SPR de RL ubicado por el km. 16 carretera internacional tramo Guasave- los Mochis, col. nuevo batámoste, Guasave, Sinaloa.

Para la comparación de los ocho tratamientos resultantes se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con dos repeticiones (con 50 planta por repetición). La siembra de las semillas se realizó el 11 de octubre de 2020, en charolas germinadoras de poliestireno de 200 cavidades de 9 mL, en las que se utilizó turba como sustrato. La siembra se realizó en charolas previamente desinfectados con cloro (2 %) y como sustrato uso peat moss húmedo y donde se colocó una semilla de tomate por cavidad de la variedad SUN 6200, después se colocó una capa de vermiculita en la charolas y se agregó agua para humedecer y se colocaran en bolsas negras para mantener la húmeda, se mantiene durante cuatro días o hasta cuando comienzan a emerger se sacan de la bolsa y se colocan en el invernadero de crecimiento.

Las plantas germinadas se regaron cada dos días con agua así llevándola hasta que surgieran .las primeras hojas verdaderas, para empezar la aplicación de las soluciones a base de estimuladores.

Los tratamientos se prepararon en bidones de 20 L con una dosis recomendad que se aplica en la empresa y en las plántula de tomate (Cuadro 1).

Cuadro 1. Los tratamientos fueron las siguientes.

	Enraizados	**DOSIS (ml,g/ L-Agua)**
1	Smart track	(15g/20L agua)
2	Cystar	(30ml/20L agua)
3	Toor Maxx	(150ml / 20L agua)
4	Fiamin R	(200ml / 20L agua)
5	Root Quattro	(200ml /20L agua)
6	PM RADIX	(200ml / 20L agua)
7	Enraiz Max	(200ml / 20L agua)
8	Testigo	(agua)

La aplicación de los tratamientos comenzó cuando las plantas tenían 15 días de crecimiento y se aplicaron dos veces por semana hasta la saturación del sustrato con la solución, el resto de los días de la semana solo regar con agua.

Las variables agronómicas evaluadas en las plántulas de tomate fueron: 1) Altura de planta (m), medida con flexómetro desde la base hasta el ápice de la planta. 2) Número de hojas presentes en la planta. 3) Diámetro de tallo 4) área foliar (m^2) por planta; que se determinó en todas las hojas frescas de cada plántulas muestreada, con un medidor portátil de área foliar CI 202 (CID Bio-Science, NE, USA). 5) Biomasa total se determinó con un muestreos destructivos al azar a los 35 dias de edad, y se tomaron dos plantas por unidad experimental, las cuales se diseccionaron en el laboratorio y después de secar en una estufa con circulación de aire forzado (Riossa®, México) a 70 °C por 72 horas hasta peso constante.

Las variables agronómicas y biomasa fueron evaluadas con un análisis de varianza con el diseño experimental completamente al azar una prueba de medias usando el método de Tukey ($P \leq 0.05$). Todos los análisis se efectuaron mediante el programa estadístico SAS (versión 9.0). En adición, las variables de biomasa total se graficaron con sus parámetros estadísticos básicos (medias), las gráficas y cuadros se elaboraron con el programa Microsoft Excel 2010®.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las resultados muestran que los enraizados usados en plántulas de tomate resultaron significativamente ($P \leq 0.05$) en todas las variables que se evaluaron: altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo y área foliar (Cuadros 2).

Cuadro 2. Sumas de cuadrados (SC) de las variables agronómicas medidas en plántulas de tomates con diferentes enraizadores.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Altura de planta (cm)	Número de hojas	Diámetro de tallo	Área foliar (cm^2)	Biomasa total
		Suma de cuadrados				
Tratamientos	7	86.96**	86.42**	0.0001**	228.19**	42.46**
Error	24	0.07	13.45	0.00001	0.14	0.16
Total	31	87.03	99.88	0.0001	228.34	42.62

**: Significancia estadística.

Comparación de medias

En altura de plántulas (Cuadro 3.) el tratamiento el Enraiz Max genero una altura mayor y diámetro de tallo y esto se debe a que es un fertilizante orgánico mineral con extractos de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*), fosforo y potasio, siendo la alga la cual ayuda a una mejor absorción de nutrientes vía foliar ayudando a un mejor desarrollo. De acuerdo con Casanova *et al*., (2003); Arébalo-Madrigal *et al*. (2019), para la producción de plántulas de tomate en almácigo o semillero, se debe tomar en cuenta la longitud y diámetro del tallo y el número de hojas, porque estas variables intervienen en el manejo de las plántulas en el momento del trasplante, aumentando o disminuyendo la resistencia al estrés que constituye esta labor para las plántulas, además del establecimiento de las mismas en el área de producción.

El enraizado PM RADIX fue el mejor de todos los estimuladores de crecimiento en número de hojas, área foliar y biomasa total y se debe a su contenido de Auxinas, Citoquininas y gibelinas y aminoácidos y vitaminas. Según Balaguera-López *et al*. (2021) el uso de inductores de crecimiento inducen elongación y división celular, procesos que se traducen en la obtención de mayor área foliar, la cual aumenta la eficiencia de la fotosíntesis.

Cuadro 3. Comparación de medias de variables medidas en plántulas de tomate.

Enraizado	Altura de planta (cm)	Número de hojas	Diámetro de tallo	Área foliar (cm^2)	Biomasa total
Cystar	8.64 f	8.50 cd	0.022 d	19.11 h	6.56 f
Toor			0.024 bc		
Maxx	7.26 g	6.25 e		21.10 g	6.36 g
Fiamin			0.023 cd		
R	8.53 f	7.13 de		26.96 c	7.63 e
Smart			0.023 cd		
track	10.38 c	11.25 a		24.64 d	8.40 c
Root			0.025 b		
Quattro	10.13 d	10.00 abc		24.15 e	7.94 d
PM			0.025 bc		
RADIX	11.50 b	11.00 ab		31.16 a	10.11 a
Enraiz			0.028 a		
Max	12.81 a	9.25 bc		28.67 b	9.04 b
Testigo	9.82 e	9.50 abc	0.022 d	23.94 f	7.93d

Uno de los enraizados que resulto con el menor efecto fue Toor Maxx donde los efectos fueron menos al testigo que solo recibió agua y según Mesén (1998) mociona que un uso excesivo se presenta toxicidad y genera una reducción en calidad de la planta y la FAO (2013), no dice que las plantas listas para el transplante deben tener un sistema de raíces bien desarrollado que permita contener el sustrato.

CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis estadístico aplicado a los distintos tratamientos, se determinó que al menos un tratamiento tuvo un efecto diferente sobre las variables: altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo, área foliar y biomasa total en la reproducción de plántulas de tomate.

Este trabajo el enraizado PM RADIX usado es un producto eficiente para en la producción de plántulas de tomate comercial, ya que mejora su calidad para llevar a transplante a campo.

REFERENCIAS

Arébalo-Madrigal, M., Escalante-González, J., Yáñez-Coutiño, J., & Gallegos-Castro, M. (2019). Evaluación de tres enraizadores comerciales en la producción de plántulas de tomate indeterminado (*Solanum lycopersicum* (L.) Lam). *Agro Productividad*, *12*(12). https://doi.org/10.32854/agrop.v12i9.1491

Balaguera-López H. E., Y. A. Deaquiz y J. G. Álvarez-Herrera 2009. Plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) provenientes de semillas embebidas en diferentes soluciones de giberelinas (GA3). Agronomía Colombiana 27(1), 57-64

Casanova, A. S.; Gómez, O.; Laterrol, H. y Anais, G. 2003. Manual para la producción protegida de hortalizas. Editorial Agroinfor, Minag. La Habana, Cuba. 250 p.Borjas-Ventura, Ricardo, Julca-Otiniano, Alberto, y Alvarado-Huamán, Leonel. 2020. Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, *8*(2), 150-164.

FAO 2020. Crop production manual. Preparación de semilleros. Rome. http://www.fao.org/3/ca7556en/CA7556EN.pdf

Halliday, K. J. 2004. Plant hormones: the interplay of brassinosteroids and auxin. Current Biol. 14:1008-1010.

Hernández-Silva, E, y García-Martínez I. 2016. Brasinoesteroides en la agricultura. I. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *7*(2), 441-450.

Mesén F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: Uso de propagadores de sub-irrigación. CATIE, Serie Técnica, Manual Técnico (30).pp 43.

Ortega-Martínez L. D., Sánchez-Olarte J., Díaz-Ruiz, R., Ocampo-Mendoza, J. 2010. Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* MILL). Ra Ximhai 6(3): 365-372.

SIAP. (2017). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Producción agrícola. Recuperado de http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/ produccion-agricola-33119

Seeta, S.; Vidya, B.; Sujatha, E. and Anuradha, S. 2002. Brassinosteroids- a new class of phytohormones. India. Current Sci. 10(82):1239-1245.

Ruiz *M. J., Vicente A. A., Montañez S., Rodriguez H. R. y Aguilar C. N.* 2012. Un tesoro perecedero en México: el tomate, tecnologías para prolongar su vida de anaquel. Investigación y ciencia (54): 57-63.

EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CORTADORA DE FRIJOL PARA SIEMBRAS A ALTAS DENSIDADES.

Martínez Reyes, Ernesto[1]; Arellano Arciniega, Sergio[1]; García Hernández, Raúl Vidal[1]; Rojas Santillán, Carlos[1]

[1] Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, INIFAP. Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de Arteaga Aguascalientes. C.P. 20660. martinez.ernesto@inifap.gob.mx

RESUMEN

El frijol es un cultivo de gran importancia en México, es el segundo cultivo por superficie sembrada y se hace principalmente en condiciones de temporal. De los problemas que enfrenta el cultivo destaca la degradación de los suelos y la maquinaria insuficiente. La cosecha del frijol presenta dificultades debido a sus características botánicas, por lo que normalmente se hace en tres pasos. Para poder tomar acciones respecto a las pérdidas de grano, es importante determinarlas en cada paso. Debido a la necesidad proponer alternativas al corte manual del frijol, el área de mecanización de INIFAP, diseñó y construyó un prototipo de cortadora recolectora para frijol por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar dicho prototipo. Esto se hizo cortando la variedad Negro Verdín y se midieron parámetros como rendimiento operativo y cantidad pérdidas de grano. Finalmente se compararon con el corte realizado de manera manual. Se encontró que con la cosecha manual no hubo pérdidas durante el arranque, pero el tiempo necesario para esta labor es alto. El prototipo ocasionó pérdidas de. 1.7%, sin embargo, permitió una reducción del tiempo de 95 %, por lo que para grandes áreas de cultivo y zonas en donde sea escasa la disponibilidad de mano de obra, es recomendable el uso del prototipo desarrollado por INIFAP.

ABSTRACT

The dry bean is a crop of great importance in Mexico, it is the second crop by area planted and it is done mainly in rainy conditions. The main problems of the crop are the degradation of soils and insufficient machinery. The dry bean harvest presents difficulties due to its botanical characteristics, so it is normally done in three steps. It is important to determine the grain losses in each of these steps to take action and reduce losses. Due to the need to propose alternatives to the manual cutting of dry beans, INIFAP's mechanization area designed and built a prototype of a bean cutter, so the objective of this work was to evaluate this prototype. It was done by cutting the Negro Verdín variety. Parameters such as operating yield and amount of grain losses were measured. Finally, they were compared with the manual cut. It was found that with manual harvesting there were no losses during cutting, but the time required for this work is high. The prototype caused losses of 1.7%, however, allowed a time reduction of 95%, so for large cultivation areas and where labor availability is scarce, the use of the prototype developed by INIFAP is recommended.

INTRODUCCION

El frijol es un cultivo de gran importancia en México. Es el segundo cultivo por superficie sembrada en México es el frijol, en el año 2020 se establecieron 1.7 millones de ha y se obtuvo una producción nacional de 1.056 millones de toneladas. El cultivo de esta

leguminosa se hace principalmente en condiciones de temporal, ya que el 88.5% de la superficie sembrada corresponde a este tipo de tecnología. Los principales estados productores son: Zacatecas y Durango, que en suma representan más de 50% de la superficie sembrada nacional (SIAP, 2021). La producción de esta leguminosa de da fundamentalmente en pequeñas superficies, el área promedio por productor es de 5 ha (Serrano, 2004; citado por De Los Santos- Ramos, 2017).

Uno de los problemas que enfrenta el cultivo, que fundamentalmente es bajo condiciones de temporal, es la errática y escasa precipitación, por lo que se han propuesto tecnologías que permitan un mejor aprovechamiento del recurso agua. Las cuales consisten en el establecimiento del cultivo a hileras estrechas y con la formación de microcuencas dentro del cultivo. (Osuna *et al.*, 2013). Un problema más, es la degradación de los suelos, así como la poca inversión en el sector lo que ocasiona que la maquinaria sea insuficiente y de manera frecuente este en mal estado (De Los Santos-Ramos, *et al.,* 2017).

Si la superficie siembra supera una hectárea, es necesario el empleo de maquinaria agrícola, sobre todo en la cosecha y trilla. Lo anterior fundamentalmente debido a que es muy difícil encontrar mano de obra en el momento idóneo para la cosecha (Lépiz *et al.*, 2015). Entre las etapas del cultivo, la cosecha destaca por el altos costo que implica ya sea si se realiza manual o mecánicamente. En el cultivo del frijol la cosecha presenta un alto grado de dificultad, debido a sus características botánicas como; facilidad de dehiscencia, y como se trata principalmente de plantas postradas y que tienen vainas muy cerca del suelo, la utilización de combinadas puede implicar grandes pérdidas (Pereira *et al.* 2008).

La cosecha de frijol normalmente incluye tres operaciones separadas; el corte o arranque, el hilerado-secado y la trilla, esta última se realiza de tres a siete días después del corte. El éxito de cada una de éstas operaciones depende del tipo de equipo utilizado, los ajustes del mismo, las condiciones atmosféricas, las características del terreno y la habilidad del operador. Es de gran importancia determinar las pérdidas de grano de cada operación individual con el fin de tomar acciones que permitan la reducción de dichas mermas y asegurar una cosecha óptima (Smith, 1984).

Debido a la necesidad proponer alternativas al corte manual del frijol, el área de mecanización de INIFAP, diseñó y construyó un prototipo de cortadora recolectora para frijol, que pueda adaptarse ya sea a cultivos con arreglos en surcos tradicionales como a siembras a altas densidades (Martínez, *et al.,* 2019). El objetivo del presente trabajo fue evaluar dicho prototipo de cortadora para determinar sus parámetros, rendimiento y pérdida que ocasiona al utilizarlo.

MATERIALES Y METODOS

Para la evaluación de la cortadora se estableció una parcela de pruebas de 44 x 36 m, con la variedad Negro Verdín, el arreglo topológico fue a cuatro hileras en camas, con separación de 30 cm entre hileras y 14 cm entre plantas. Esta parcela se localizó en el campo experimental Pabellón en Aguascalientes, perteneciente al Instituto Nacional de

Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), cuyas coordenadas son: 22°09'41.7" latitud norte y 102°17'37.6" longitud oeste.

Una vez que las plantas presentaron hojas de color amarillento, una defoliación mayor al 80% y las vainas presentaban un color marrón con una humedad en el grano del 25 al 30%, se inició con la evaluación del prototipo. Para delimitar el tamaño de las muestras en campo, se construyó un rectángulo de 130 x 50 cm, de tal manera que abarcara el ancho de una cama de siembra, que es el ancho de trabajo del implemento, de acuerdo a la metodología para determinar las pérdidas de cosecha propuesta por Smith (1984).

Antes de iniciar con el corte de las plantas, se muestreó la densidad de población y rendimiento, para lo cual se seleccionaron tres sitios al azar y con ayuda del rectángulo de pruebas se contó la cantidad de plantas por unidad de superficie. Además, se determinó la fuerza necesaria para el arranque de las plantas de frijol, esto se hizo sujetando los tallos de las plantas y utilizando una báscula Steren MED-020 con capacidad máxima de 50 kg y resolución de 0.01 kg se aplicó fuerza en sentido vertical hasta desprenderla del suelo y se registró la fuerza máxima. También se midió el diámetro de las plantas cosechadas, para lo cual se empleó un vernier digital Truper CALDI 6MP que tiene una tolerancia de 0.05 mm. Finalmente se seleccionaron tres sitios al azar para observar si se presentaban pérdidas pre-cosecha.

Como testigo se cosecharon a mano tres sitios de 5 x 1.2 m, se midió el tiempo necesario para el arranque de las plantas y se inspeccionaron 3 sitios seleccionados al azar y delimitados por el rectángulo de muestra para cuantificar las pérdidas ocasionadas por éste método de arranque. El prototipo utilizado fue el descrito por Martínez *et al.* (2019), con la configuración de barra giratoria para el corte de las plantas. Se acopló a un tractor New Holland 5610s y se ajustó de acuerdo a lo especificado en el folleto del implemento.

Una vez hechos los ajustes correspondientes se introdujo el implemento para cortar el resto de las plantas (Figura 1). Durante el funcionamiento del agregado se midió la velocidad de operación. Una vez que terminó el corte se seleccionaron tres sitios al azar para cuantificar las pérdidas de grano y la cantidad de plantas sin cortar. Para determinar las pérdidas de granos que pudieran estar entre el suelo se extrajeron 5 cm de suelo de área muestreada y se cribaron en busca de semillas.

Figura 1. Corte de las plantas con el prototipo

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de la densidad de población, rendimiento, fuerza necesaria para el arranque, diámetro de los tallos y la perdida precosecha se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Parámetros del cultivo previo a la cosecha.

Parámetro	**Valor**
Densidad de Población (plantas/ha)	154 000
Rendimiento (kg/ha)	2050
Fuerza para el arranque de las plantas (N)	70.7
Diámetro de los tallos (mm)	5.4
Pérdida pre cosecha (%)	0

La densidad de población que se presentó resultó menor a la esperada, ya que de acuerdo a la calibración de distancias entre hileras y plantas se esperaba una densidad de 178 000 plantas/ha, lo que significa 14.5% menor a lo esperado. Esto puede deberse al fallo que pudo haber tenido la sembradora, el porcentaje de germinación de la semilla y las plantas que hayan muerto antes de llegar a la madurez. Respecto al rendimiento obtenido de las muestras se muestra alto respecto al promedio reportado bajo condiciones de no estrés hídrico que es de 1844 kg (Tosquy, *et al.* 2016), esto se puede explicar por el método de siembra que es a altas densidades. La fuerza de corte es baja respecto a otros estudios que obtuvieron un promedio de 140.9 N (Martínez *et al.* 2019), y esto puede deberse fundamentalmente al contenido de humedad en el suelo, sin embargo, esta fuerza representa un alto desgaste físico en la cosecha manual. En el muestreo general de la parcela previo al corte de las plantas no se encontraron pérdidas.

Los resultados de la pérdida de grano y el rendimiento para la cosecha realizada de manera manual y de manera mecánica se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Parámetros del arranque de plantas de frijol.

	Manual	Con el Prototipo
Rendimiento (horas/ha)	60.83	3.1
Pérdida de grano (%)	0	1.7

Se nota que, si bien con el arranque manual de las plantas no hay pérdidas, el tiempo invertido o la cantidad de jornales es alta ya que, si se consideran jornadas de 8 horas, solo en el arranque se requiere de 7.5 jornales/ha, esto se explica por la alta fuerza que se requiere para desprender las plantas del suelo, y por la alta cantidad de plantas. La cantidad de jornales requeridos son similares a lo reportado por Martínez *et al.* (2019), que menciona 9 jornales/ha en el proceso de corte y recolección de frijol.

En el caso del corte mecánico de las plantas, el tiempo requerido para esta labor se reduce considerablemente con el uso del prototipo, ya que solo representa el 5 % del tiempo requerido en la cosecha manual. Sin embargo, un aspecto importante es que en este caso si se presenta perdida de grano que varió desde los 0.7 hasta el 3% de merma, lo que en términos de rendimiento representarían entre 15 y 63 kg/ha, considerando que en el experimento se tuvo un rendimiento de 2050 kg/ha. Estos resultados se encuentran en el rango de lo reportado por Erckert *el atl.* (2011), que menciona que para la cosecha semimecanizada, que es el caso del estudio, las pérdidas fluctúan entre el 2.9 y el 7.7%. Tanto en el corte manual como en el mecanizado, el porcentaje de pérdidas se encuentra en el rango más bajo ya que el presente estudio solo consideró el corte, mas no el secado y la recolección, con lo cual, al incluirlos, este porcentaje podría incrementarse. Aun con las perdidas la cosecha oportuna requiere que las labores se realicen en corto tiempo y dada la escases de la mano de obra en el campo se hace factible el uso del prototipo de cortadora recolectora.

CONCLUSIONES

La cosecha manual presenta una menor pérdida de grano respecto a la cosecha mediante el prototipo de cortadora, sin embargo, comparada con el tiempo que implica realizar esta labor hay un ahorro considerable de tiempo. Por lo que para grandes áreas de cultivo y zonas en donde sea escasa la disponibilidad de mano de obra y el tiempo para la cosecha sea reducido sobre todo por las condiciones meteorológicas, resulta recomendable el uso del prototipo de cortadora recolectora para frijol diseñada por el INIFAP.

REFERENCIAS

De los Santos-Ramos, Mauricio; Romero-Rosales, Teolincacihuatl; Bobadilla-Soto, Encarnación Ernesto. 2017. Dinámica de la producción de maíz y frijol en México de 1980 a 2014. Agronomía Mesoamericana, vol. 28, núm. 2. Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

Martínez R. E., Garibaldi M. F., Arellano A. S., Rojas S. C. y Osuna C. E. S. 2019. Cosechadora para frijol sembrado en camas e hilera sencilla. Folleto Técnico Núm. 78. INIFAP, CIRNOC, Campo Experimental Pabellón. Pabellón de Arteaga, Ags. México. 40 p.

Pereira da Silva, Rouverson; Reis, Leandro Daniel; Naves dos Reis, Gustavo; Angeli Furlani, Carlos Eduardo; Lopes, Afonso; Cortez, Jorge Wilson. 2008. Desempenho operacional do conjunto trator-recolhedora de feijão. Ciência Rural, Santa Maria, v.38, n.5, p.1286-1291.

SIAP, 2021. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Acciones y Programas. Cierre de la producción agrícola. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. SADER. México. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

Smith A John. 1984. G84-725 Measuring Harvest Loss of Dry Edible Beans. Historical Materials from University of Nebraska-Lincoln Extension.

EVALUACIÓN de VARIEDADES DE CEBADA EN EL VALLE DE SANTO DOMINGO Baja california sur

Navejas Jiménez Jesús[1], Gámez Vázquez Francisco Paúl[1], Gámez Vázquez Alfredo Josué[1], Loya Ramírez José Guadalupe[2], Mercado Mancera Gustavo[3].

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, INIFAP[1]
E-mail:navejasjesus@hotmail.com
Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS[2]
Departamento de Ciencias Agrícolas, FES-C, UNAM. Cuautitlán Izcalli, México[3]

RESUMEN

Por la introducción de variedades de cebada para producir cerveza de calidad y el desconocimiento de los riesgos que esto implica en los temas agronómico y económico (rentabilidad), entre otros, como la nula investigación al respecto en el estado de Baja California Sur. El presente trabajo se estableció con el objetivo de evaluar variedades de cebada e inducir a productores el interés por la tecnología para la producción del cultivo, por lo que se evaluaron 10 variedades de cebada: Esperanza, Esmeralda, Alina, Guanajuato, Josefa, Brennus, Prunella, Metcalfe, Estelar y Maravilla. Se utilizó un diseño experimental de Bloques al Azar. Se encontró diferencia significativa entre tratamientos o variedades ($p \leq 0.05$). Los mayores rendimientos fueron: 5.8, 5.5, 5.3, 4.8 y 4.7 t ha^{-1}, obtenidos con las variedades Estelar, Maravilla, Josefa, Esmeralda, y Alina, respectivamente. Las variedades Guanajuato y Esperanza, mantuvieron un comportamiento similar entre ellas, obtuvieron 4.3 y 4.2 t ha^{-1}, respectivamente. Resultaron con mayor peso hectolítrico las variedades: Guanajuato, Brennus, y Estelar, con 63.3, 60.2 y 56.6 kg hL^{-1} respectivamente. La comparación productiva mostró que el rendimiento mayor significa una brecha potencial de 39 %, la desviación en la relación b/c fue de 39 % y en la productividad con relación al agua utilizada, se lograron índices de 1.19 \$ m^{-3} y 1.183 kg m^{-3} de agua con la variedad Estelar; lo que representa una desviación de 39 % con respecto a la variedad Esperanza.

Palabras Clave. *Cebada, variedades, manejo.*

ABSTRACT

For the introduction of varieties of barley to produce quality beer and the ignorance of the risks that this implies in the agronomic and economic issues (profitability), among others, such as the lack of research in this regard in the state of Baja California Sur. This activity was carried out with the aim of evaluating varieties of barley and inducing interest to farmers in technology to produce, 10 varieties of barley were evaluated: Esperanza, Esmeralda, Alina, Guanajuato, Josefa, Brennus, Prunella, Metcalfe, Estelar and Maravilla. An experimental randomized block design was used. A significant difference was found between treatments or varieties ($p \leq 0.05$). The highest yields were 5.8, 5.5, 5.3, 4.8 and 4.7 t ha^{-1}, obtained with the varieties Estelar, Maravilla, Josefa, Esmeralda, and Alina, respectively. The varieties Guanajuato, Esperanza, maintained a similar behavior between them, obtained 4.3, 4.2 t ha^{-1}, respectively. The varieties were higher hectolitric weight: Guanajuato, Brennus, and Estelar, with 63.3, 60.2 and 56.6 respectively. The production comparison showed that the highest yield means a potential gap of 39%, the deviation in the b/c ratio was 39% and in the productivity in relation to the water used, indices of 1.19 \$

m^{-3} and 1,183 kg m^{-3} of water were achieved with the Stellar variety; this represents a deviation of 39% from the Esperanza variety.

INTRODUCCIÓN

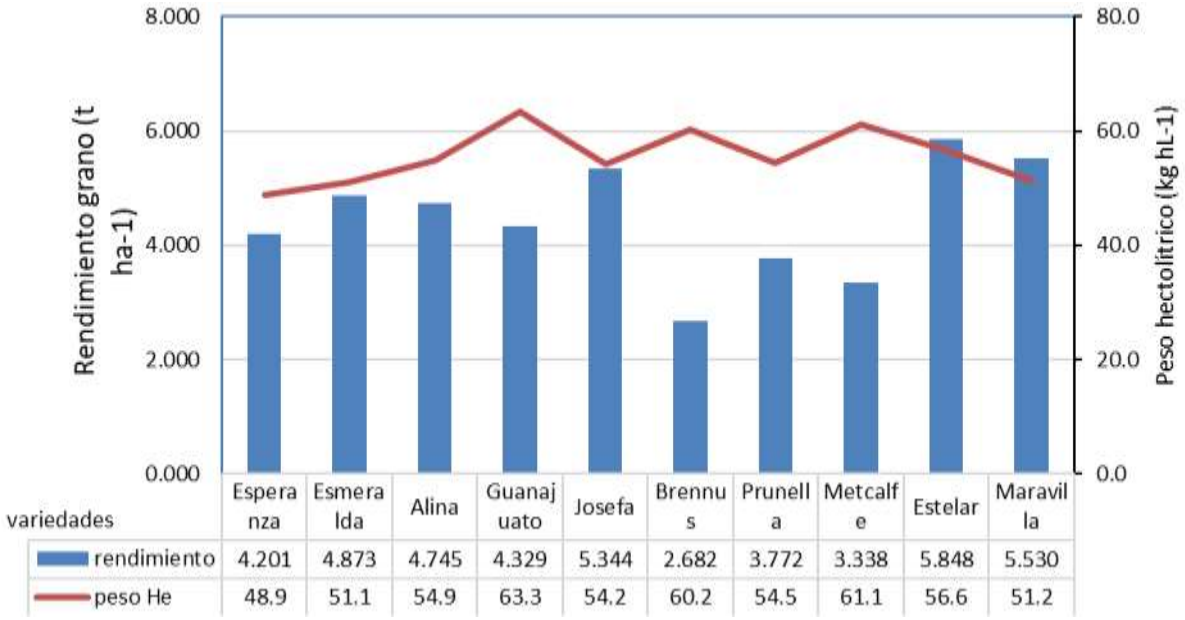
La cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) es un cultivo económicamente importante para los productores mexicanos, principalmente aquellos establecidos en las regiones de los Valles Altos y El Bajío en México; cuya producción concentra cerca del 95 % del total nacional en una superficie superior a 300,000 ha (SIAP, 2016). Estudios recientes han definido que la temperatura de las zonas agrícolas de México se ha incrementado de manera apreciable desde la década de los años noventa del siglo pasado. Este aumento de la temperatura trae consigo alteraciones en variables agroclimáticas como puede ser la acumulación de frío en el periodo invernal. Un ascenso en la temperatura acelera el proceso de madurez de los cultivos, reduce la duración del área foliar y con ello el requerimiento hídrico total a la madurez de plantas (Medina *et al*., 2016). Por la introducción de variedades de cebada para producir cerveza de calidad y el desconocimiento de los riesgos que esto implica en los temas agronómico y económico (rentabilidad), entre otros, como la nula investigación al respecto en el estado de Baja California Sur. Se realizó esta investigación con el objetivo de evaluar variedades de cebada en Baja California Sur, e inducir a productores el interés por la tecnología para la producción de cebada para diversos usos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el año 2021, 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 24º 30’ latitud norte y 111º 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 18 de enero de 2021, en seco, manualmente dejando 50 a 60 semillas por metro lineal, con surcos de 0.80 metros de ancho, con dos hileras separadas a 0.30 m entre ellas. Se usaron 80 kg ha^{-1} de semilla. La fertilización se efectuó con 160 kg ha^{-1} de nitrógeno y 40 kg ha^{-1} de fósforo aplicándose después de la germinación; el fósforo en las primeras etapas del cultivo en desarrollo, y el nitrógeno (N) fraccionado en dos ocasiones, Para el control de maleza se realizó un deshierbe manual, una aplicación de150 l ha^{-1}, de herbicida amina 2-4 d. Sin aplicación de insecticida. Se realizaron 13 riegos frecuentes mediante cinta de goteo calibre 6.0 mil, cuyo gasto fue de 4.35 lhm, con una lámina total de 49.4 cm. Se evaluaron las variables agronómicas de la planta, como peso hectolítrico (He) y rendimiento de grano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos de variedades de cebada, 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: 5.8, 5.5, 5.3, 4.8 y 4.7 t ha^{-1}, obtenidos con los genotipos Estelar (9), Maravilla (10), Josefa (5), Esmeralda (2), y Alina (3), respectivamente. Las variedades Guanajuato (4) y Esperanza (1), mantuvieron un comportamiento similar entre ellas, obtuvieron 4.3 y 4.2 t ha^{-1}, 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 hectolítrico. Resultaron con mayor peso hectolítrico las variedades (4) Guanajuato, (6) Brennus, y (9) Estelar, con 63.3, 60.2.1 y 56.6 kg He^{-1} respectivamente (Figura 1).



variedades	Esperanza	Esmeralda	Alina	Guanajuato	Josefa	Brennus	Prunella	Metcalfe	Estelar	Maravilla
rendimiento	4.201	4.873	4.745	4.329	5.344	2.682	3.772	3.338	5.848	5.530
peso He	48.9	51.1	54.9	63.3	54.2	60.2	54.5	61.1	56.6	51.2

Figura 1. Rendimiento de 10 variedades de cebada en B.C.S. INIFAP 2021

Las características del suelo utilizado para la evaluación de las variedades de cebada 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^{-1}, y MO: 0.67 %. resultaron con concentración regular de nitrógeno en el suelo 42 mg Mg^{-1}, el potasio alto 150 mg Mg^{-1}, el pH medianamente alcalino 8.26 y la conductividad eléctrica 1.25 dS·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. La cebada requiere de 26 kg ha^{-1} de N por cada tonelada de grano producida (IPNI, 2007). Por ello, para producir por ejemplo 7.0 t ha^{-1} de grano, el cultivo debería disponer de alrededor de 182 kg de N ha^{-1} para ser absorbidos por el cultivo. La dosis recomendada para la siembra de cebada en El Bajío bajo condiciones de riego es 180-60-00 de nitrógeno, fósforo, y potasio, respectivamente. Dicha práctica fue generada para variedades de ciclo intermedio y precoz; sin embargo, para variedades más tardías, como es el caso de las extranjeras de dos hileras recientemente introducidas, se esperaría una variación en los requerimientos de elementos nutricionales. Los estándares óptimos de proteína de la cebada maltera se encuentran entre 10 a 12 % debido a efectos en el proceso cervecero y la calidad final de la misma, la fertilización del cultivo es un factor determinante. El nitrógeno (N) es el elemento de mayor importancia que afecta parámetros relacionados con la calidad, como la concentración de proteína y el peso hectolítrico, así como el tamaño y peso del grano (Navarrete, 2015).

El empleo de las variedades con mayor rendimiento, (9) Estelar, (10) Maravilla, (5) Josefa, (2) Esmeralda, y (3) Alina comparadas con (1) Esperanza, significa una brecha de 39 %, la desviación de 39 % en la relación beneficio-costo (b/c), en la productividad en relación al agua utilizada se obtuvieron índices de 1.19 $ m3- y 1.183 kg m3- de agua con el genotipo (9) Estelar lo que representa desviaciones de 39 % con respecto a estos índices (Cuadro 1).

Cuadro 1. Productividad por unidad de superficie y por utilización del agua de riego de dos genotipos de cebada (INIFAP, 2021).

	Indices Productivos								
Tratamiento	R	P	b	c	b/c	utilidad	lámina	productividad	
	t ha^{-1}	\$ t^{-1}	\$ ha^{-1}	\$ ha^{-1}		\$ ha^{-1}	m^3	\$ m^{-3}	kg m^{-3}
Estelar	5.848	5000	29240	24600	1.19	5905	4940	1.19	1.183
Esperanza	4.201	5000	21005	24600	0.85	-3595	4940	-073	0.850
Desviación %	39		39		39				39

R= rendimiento, P= precio, b= beneficio, c= costo, cebada12 % 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, 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

Las variedades sobresalientes fueron: Estelar, Maravilla, Josefa, Esmeralda y Alina. La comparación productiva mostró que el rendimiento con la mayor, significa una brecha potencial de 39 %, la desviación en la relación b/c fue de 39 % y en la productividad con relación al agua utilizada, se lograron índices de 1.19 \$ m^{-3} y 1.183 kg m^{-3} de agua con la variedad Estelar; lo que representa una desviación de 39 % con respecto a la variedad Esperanza. Para mejorar la capacidad productiva de la cebada en condiciones de aridez, resulta recomendable un paquete tecnológico de menor costo, superar el límite de 5.0 t ha^{-1}, contar con el apoyo para el empleo de variedades de alto rendimiento y promoción de la cadena sistema producto.

REFERENCIAS

FAO.2002. Seguridad alimentaria y medio ambiente. Cumbre mundial sobre desarrollo sostenible. disponible en: www.fao.org/3/y1780s/y1780s06.htm#TopOfPage. Consultado el 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.

Medina G. G., J. A. Ruiz C., V. M. Rodríguez M., J. Soria R., G. Díaz P., P. Zarazúa V. 2016. Efecto del cambio climático en el potencial productivo del frijol en México. Rev. Mex. C. Agríc. Pub. Esp. 13: 2465-2474.

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.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), SAGARPA. 2016. Indicadores económicos. Disponible en: www.siap.gob.mx Consultado el 12 de Julio de 2016.

EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE HIGUERILLA EN AGUASCALIENTES

EVALUATION OF HIGUERILLA VARIETIES IN AGUASCALIENTES

Sergio Arellano Arciniega[1], Mercedes Borja Bravo[1], Rigoberto Rosales Serna[2], Ernesto Martínez Reyes[1] y Raúl Vidal García Hernandez[1]

[1]Campo Experimental Pabellón, INIFAP. Km. 32.5 carr. Ags- Zac., Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. [2]Campo Experimental Valle del Guadiana, INIFAP. Km. 4.5 carr. Durango-El Mezquital, Durango, Dgo. Autor responsable: arellano.sergio@inifap.gob.mx

RESUMEN

La higuerilla es un cultivo alternativo que puede contribuir en la diversificación agrícola en Aguascalientes. El objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de la higuerilla cultivada durante el ciclo primavera-verano en el Campo Experimental Pabellón de INIFAP. Se evaluaron las variedades: Ferrería, Guanajuato Oil, Mex Oil, Rosita y un híbrido comercial (K 855). La siembra se realizó en abril de 2020 en surcos con 0.80 m de separación entre surcos y plantas para una densidad de población de 15,000 plantas por hectárea. Se evaluó el número de días a floración (DF), altura de planta, longitud de la espiga y peso de 100 semillas. Se realizó una comparación de medias para los datos obtenidos, solo para la variable DF se utilizó estadística descriptiva. En promedio, la variedad Rosita mostró el valor más alto para altura de planta con 282 cm, seguida del hibrido K 855 con 262 cm, entre ambos materiales no hubo diferencias estadísticas y superaron al resto. Los días a floración variaron de 51 días en Guanajuato Oil, a 107 días en Ferrería. La longitud de la espiga fue más alta en el híbrido K 855 (67 cm) y Rosita (59 cm); mientras que las variedades Guanajuato Oil y Ferrería mostraron la espiga más corta 29 y 28 cm respectivamente. Se observaron diferencias significativas entre las variedades para el peso de cien semillas. Rosita presento un tamaño intermedio de semilla, con un peso de 51 g/100 semillas y el promedio oscilo entre 84 g para Mex Oil y Ferrería 10 g en 100 semillas. El cultivo de la higuerilla puede ser una alternativa productiva para el estado de Aguascalientes, la variedad Rosita puede ser una opción por su adaptación al mostrar un desarrollo vegetativo más estable y una productividad aceptable con respecto a los demás materiales evaluados.

ABSTRACT

Castor is an alternative crop that can contribute to agricultural diversification in Aguascalientes. The objective of the work was to evaluate the agronomic behavior of the

castor bean crop grown during the spring-summer cycle in the INIFAP Pavilion Experimental Field. The varieties were evaluated: Ferrería, Guanajuato Oil, Mex Oil, Rosita and a commercial hybrid (K 855). The sowing was carried out in April 2020 in rows with 0.80 m of separation between rows and plants for a population density of 15,000 plants per hectare. The number of days to flowering (DF), plant height, spike length and weight of 100 seeds were evaluated. A comparison of means was made for the data obtained, only descriptive statistics were used for the DF variable. On average, the Rosita variety showed the highest value for plant height with 282 cm, followed by hybrid K 855 with 262 cm, between both materials there were no statistical differences and they surpassed the rest. Days to flowering ranged from 51 days in Guanajuato Oil, to 107 days in Ferrería. The length of the spike was higher in the hybrid K 855 (67 cm) and Rosita (59 cm); while the Guanajuato Oil and Ferrería varieties showed the shortest spike 29 and 28 cm respectively. Significant differences were observed between the varieties for the weight of one hundred seeds. Rosita presented an intermediate seed size, with a weight of 51 g / 100 seeds and the average ranged between 84 g for Mex Oil and Ferrería 10 g in 100 seeds. The cultivation of castor can be an productive alternative for the state of Aguascalientes, the Rosita variety can be an option for its adaptation by showing a more stable vegetative development and an acceptable productivity with respect to the other materials evaluated.

INTRODUCCIÓN

La higuerilla *Ricinus communis* es una planta originaria de África, que se ha cultivado alrededor del mundo en varios tipos de climas (Woo *et al*.,2019). Esta planta se cultiva por sus semillas oleaginosas multipropósito, que pueden ser utilizadas en la agricultura bioenergética, sus principales ventajas como cultivo es su amplia adaptación a diferentes climas y tolerancia a la sequía (Weiss, 1983), de acuerdo a Mazzani y colaboradores (2009) su desarrollo radicular le permite un buen crecimiento en épocas de sequía en zonas áridas y semiáridas con una precipitación mínima entre 500 y 600 mm de lluvia.

El INIFAP ha trabajado en la validación y transferencia de tecnología de higuerilla, con la finalidad de determinar rendimientos y componentes tecnológicos que permitan la producción comercial en diversos estados, así como su aprovechamiento destinado a diversos usos (Jiménez *et al*., 2016). Por sus ventajas agronómicas y tecnológicas para la producción de biodiesel lo hacen un cultivo importante, que además no compite con las necesidades alimentarias y para su producción pueden utilizarse tierras con suelos pobres

(Barrios *et al*., 2013; Soratto *et al*., 2011), de acuerdo a la diversidad de ambientes donde se desarrolla, rusticidad, de poca inversión y buenas proyecciones de comercialización, la higuerilla puede considerarse como un cultivo con alto potencial para México (Navas, 2008).

En Aguascalientes se ha promovido un programa de reconversión productiva donde se busca apoyar la producción de cultivos que gasten un menor porcentaje de agua y que sean de mayor rentabilidad para los productores. Así mismo, tratan de incentivar el uso de suelo agrícola que se encuentra en desuso y que representa la oportunidad para los pequeños productores de mejorar los ingresos agrícolas. Es así como, el objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento agronómico de la higuerilla cultivada durante el ciclo primavera-verano 2020 en Aguascalientes, con la finalidad de determinar su respuesta de adaptación a las condiciones agroclimáticas del estado y esta pueda ser incluida entre los cultivos de reconversión productiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se estableció durante el ciclo agrícola primavera-verano de 2020 en el Campo Experimental Pabellón de INIFAP en Aguascalientes (22°09'34" N y 102°17'39" O; 1912 msnmm), bajo condiciones de riego, con fecha de siembra el 13 de abril de 2020 y el suelo es de textura franco arenosa.

Las variedades consideradas en el estudio fueron: Ferreria, Guanajuato Oil, Mex Oil, Rosita y un híbrido comercial (K 855). El diseño estadístico fue bloques completos al azar con tres repeticiones, cada parcela constó de 12 surcos de 10 m de largo y 0.80 m de separación entre surcos y plantas. La densidad de población fue de 15 mil plantas por hectárea. El manejo agronómico desde la preparación del terreno incluyó un paso de subsuelo, un paso de rastra, surcado, el control de malezas se llevó a cabo de manera manual, se aplicaron riegos de auxilio por goteo con cintilla y se realizó una fertilización a los 30 días después de la siembra con una dosis 60-30-00.

Las variables de respuesta medidas fueron: días a floración, altura de planta, longitud de la espiga y al final del ciclo de cultivo se determinó el peso de 100 semillas. Se utilizó una regla de 4 m de altura y báscula digital con precisión de 1 g, para la toma de estas variables se realizó un muestreo completamente al azar, donde se tomaron seis muestras (dos por repetición).

La floración se contó a partir de los días transcurridos a partir de la fecha de siembra hasta la emisión del primer racimo floral, para medir la altura de la planta se colocó de manera vertical a un costado de la planta la regla y se tomó la lectura en la hoja más alta, la longitud de la espiga principal se midió desde la unión del raquis con el tallo y hasta el ápice de la misma. El peso de 100 semillas se determinó en muestras de grano cosechado en cada repetición. Para el análisis de los datos se realizó una comparación de medias entre variedades utilizando el programa MATLAB.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los días a floración se observó diferencia entre variedades, y variaron de 51 días en Guanajuato Oil, a 107 días en Ferrería, con un promedio de 74 días, Cuadro 1. Los tres materiales de higuerilla precoces a floración tienen mayor oportunidad de producir un rendimiento alto, en comparación con los materiales tardíos, al favorecer un subsecuente ciclo de cultivo y estos materiales evaluados.

Cuadro 1. Días a floración de los materiales de higuerilla cultivados en Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, 2020

Variedad	Días a Floración
Mex Oil	91
Guanajuato Oil	51
Rosita	69
Ferreria	107
K 855	53
Promedio	74

En la figura 1 se muestran diferencias altamente significativas entre los materiales de higuerilla con respecto a la altura de planta. Rosita mostró el valor más alto (282 cm), aunque resulto estadísticamente similar al registrado en la variedad Mex Oil (268 cm), ambos materiales superaron de forma significativa al resto de germoplasma evaluado y la diferencia mayor fue con respecto al híbrido K 855 (116 cm), que fue el que obtuvo una menor altura de planta. Gonzalez (2009) menciona que algunos materiales evaluados producen rendimientos de 3 t de grano por hectárea, con una altura promedio de planta de 2.75 m y precoces a floración, y estos datos son similares a los obtenidos en la variedad Rosita.

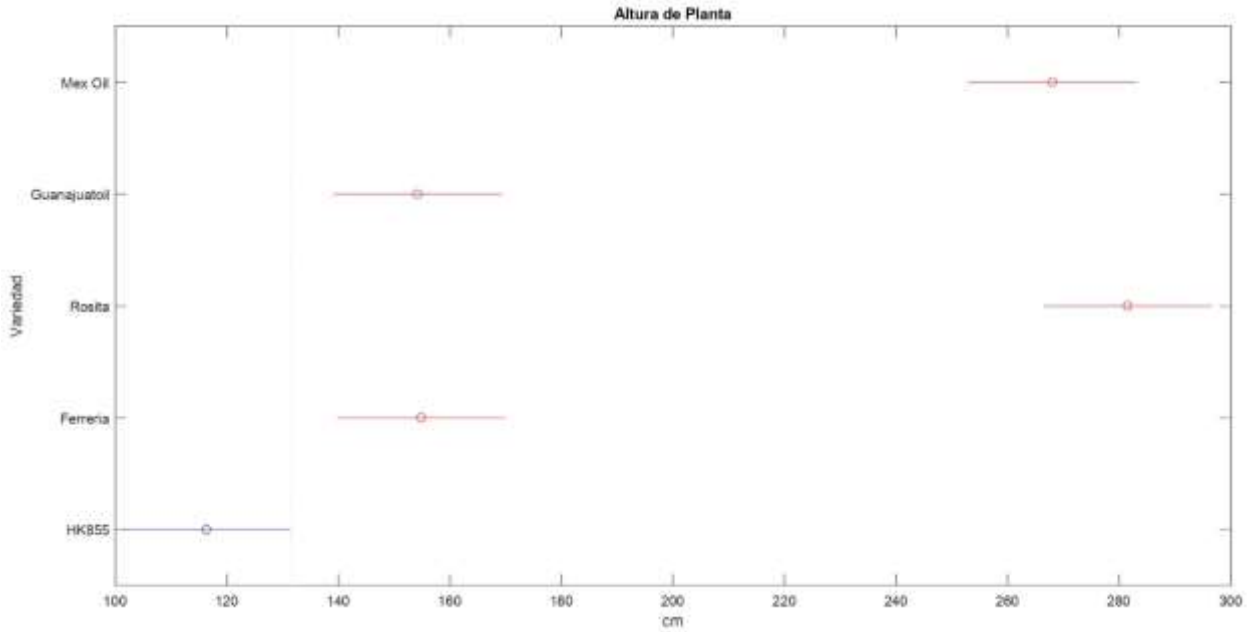


Figura 1. Comparación de medias de altura de planta de los materiales de higuerilla.

En la longitud de espiga se observan diferencias significativas entre los materiales, en la Figura 2 se muestra que el híbrido K 855 (67 cm) y la variedad Rosita (59 cm) fueron estadísticamente similares; mientras que las variedades Guanajuato Oil y Ferrería presentaron la espiga más corta 29 cm y 28 cm respectivamente.

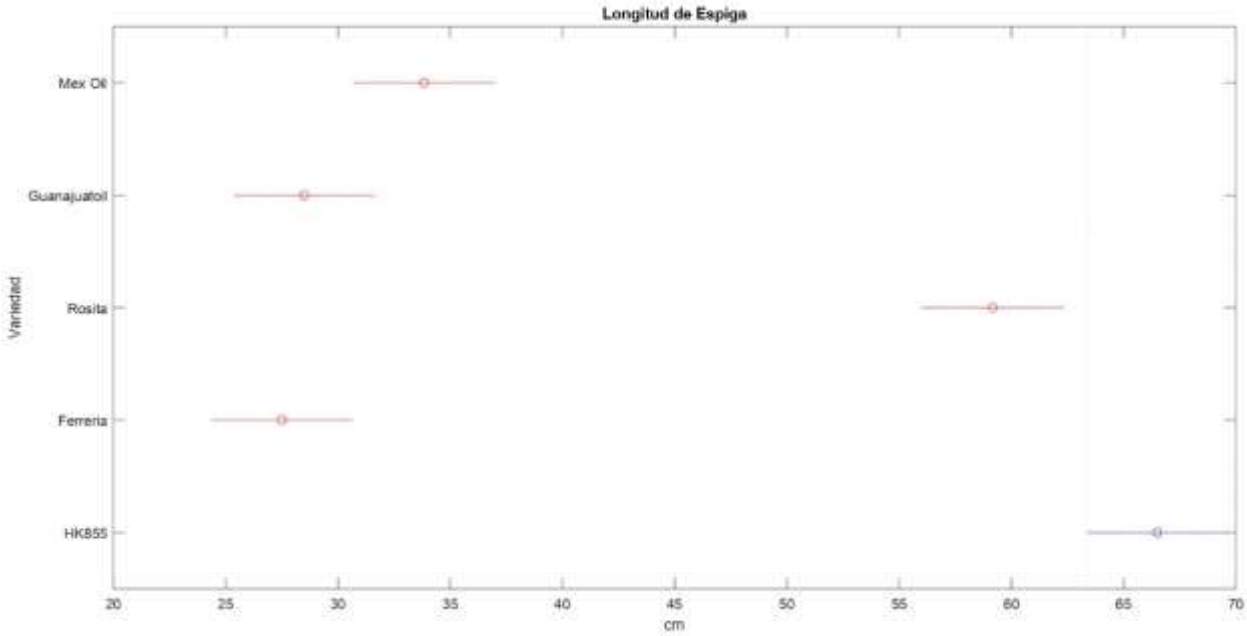


Figura 2. Comparación de medias de longitud de espiga de los materiales de higuerilla.

La variedad Mex Oil (84 g/100 semillas) mostró el valor medio para el peso de 100 semillas significativamente más alto que los otros materiales, Rosita y el hibrido K 855 fueron estadísticamente similares en el tamaño de semilla; mientras que el valor más bajo se registró en la variedad Ferrería (10 g/100 semillas).

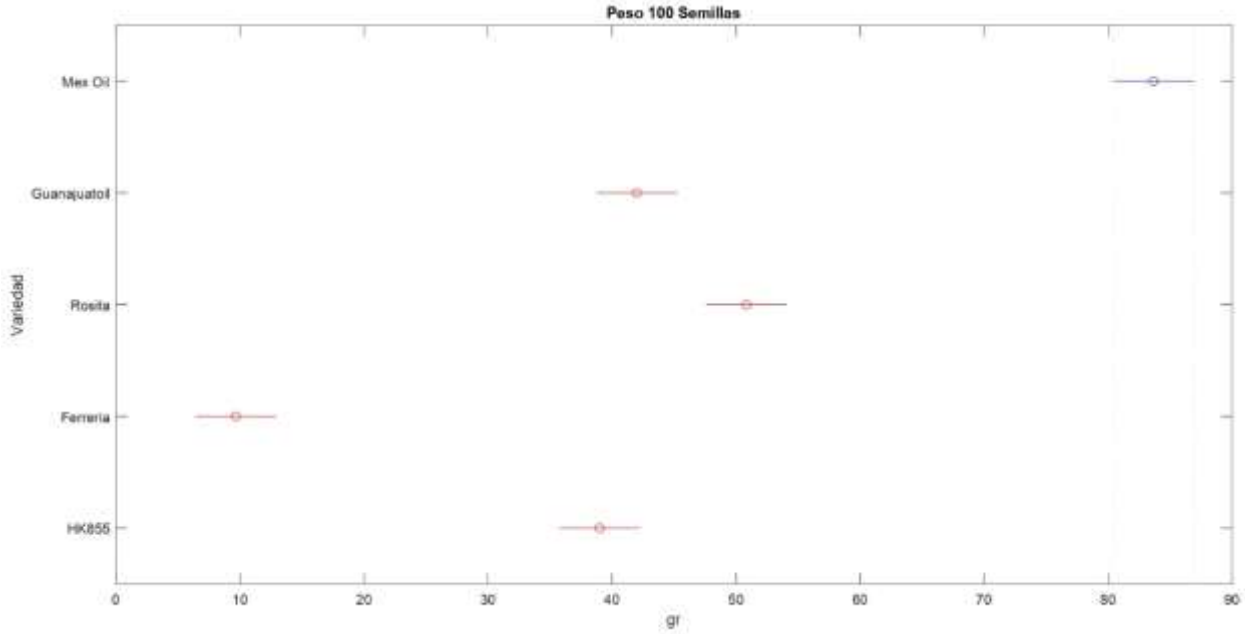


Figura 3. Comparación de medias para el peso de 100 semillas de los materiales de higuerilla.

Los datos obtenidos en la longitud del racimo, así como los materiales de tamaño de semilla grande y medio pueden ser una opción para obtener un rendimiento alto en la región de estudio, como lo señalan Goytia y colaboradores (2011) al mencionar que los valores altos del tamaño de la semilla son variantes altamente productivas en el cultivo, así como el número de racimos, longitud de los racimos.

CONCLUSIONES

Se concluye que, para las condiciones agroclimáticas de la región de estudio, la variedad Rosita puede ser una opción debido a su adaptación al mostrar un desarrollo vegetativo más estable y una productividad aceptable con respecto a los demás materiales evaluados. El cultivo de la higuerilla puede ser una alternativa para el estado de Aguascalientes; sin embargo, se sugiere continuar con la evaluación agronómica de las variedades para confirmar los resultados obtenidos, en un periodo más amplio de ciclos agrícolas, así como determinar la tecnología adecuada para el manejo agronómico en la región que permita al productor obtener una relación beneficio-costo.

REFERENCIAS

Barrios, G. E.; Zamarripa, C. A.; Canul, K. J.; Hernández, A. M.; Alarcón, C. N. y Chepetla, C. V. H. 2013. Evaluación de materiales elite de higuerilla en Morelos. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 1(2):27-32.

González, A. A. 2009. Evaluación de genotipos de higuerilla (*Ricinus communis* L.) en el sur de Jalisco. Memoria: crisis alimentaria y energética: retos para el siglo XXI de la LV Reunión Anual de la Sociedad del PCCMCA, Impresos Herrera. San Francisco de Campeche, MEX. 116 p.

Goytia, J. M. A.; Gallegos, G. C. H. y Núñez, C. C. A. 2011. Relación entre variables climáticas con la morfología y contenido de aceite de semillas de Higuerilla (*Ricinus communis* L.) de Chiapas. Rev. Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 17(1):41-48.

Jiménez O., R., et al., 2016. Estrategias para el uso integral de la higuerilla en México. Libro Técnico Núm. 6. SAGARPA, INIFAP, CIRNOC, Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Dgo. México.181p.

Mazzani E. y E. Rodriguez. 2009. Estudio de la variabilidad presente en germoplasma de tártago (*Ricinus communis* L.) en cuanto a racimos, frutos y semillas. Revista UDO Agrícola Vol 9 (4)764-769.

Navas G. 2008. Fertilización. En: Higuerilla: Alternativa Productiva, Energética y Agroindustrial para Colombia. Navas A. (Ed.) Centro de Investigación La Selva-CORPOICA. Rionegro Antioquia, Colombia.

Soratto, R. P.; Souza-Schlick, G. D.; Giacomo, B. M. S.; Zanotto, M. D. and Fernandes, A. M. 2011. Low-height castor bean row spacing and plant population for mechanical harvest. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 46:245-253.

Weiss, E. A. 1983. Oilseed crops. Longman, NY, USA. 389 p.

Woo J. Y.; Jamil M.; Rha S.E. 2019. Effect of planting density on yield and yield components in different castor beans varieties (*Ricinus communis* L.). Life Science Journal. 16(6).

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO EN LÍNEAS EXPERIMENTALES DE SORGO EN LA COMARCA LAGUNERA

Flores-Naveda Antonio[1]*; Franco-Luna Hugo[1], Camposeco-Montejo Neymar[1], Ruiz-Torres Norma Angélica[1], García-López Josué Israel[1]

[1] Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas. Calzada Antonio Narro No. 1923 Buenavista, Saltillo, Coahuila. Autor para correspondencia: *naveda26@hotmail.com

RESUMEN

El sorgo es el quinto cereal más importante del mundo en cuanto a superficie cultivada por los mecanismos de tolerancia al calor y la sequía. Se cultiva principalmente para la alimentación animal y también se utiliza en la industria alimenticia. El objetivo de la presente investigación fue evaluar 27 genotipos experimentales de sorgo por su comportamiento agronómico en campo y su potencial de rendimiento de grano. Los genotipos fueron sembrados, bajo un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones en San Pedro, Coahuila. En campo, se seleccionaron plantas de cada genotipo, para realizar la evaluación de variables agronómicas: altura de planta (AP), longitud de panícula (LP), longitud de excersión (LE), rendimiento en gramos por planta (RGP), incidencia de daño por aves (IDA), índice de enfermedades foliares (IEF) y color de grano (CG). Los resultados muestran que los genotipos de sorgo con buen comportamiento agronómico en el ambiente evaluado, fueron las Líneas Experimentales de Sorgo 267 y 232.

ABSTRACT

Sorghum is the fifth most important cereal in the world in terms of the cropped area by the mechanisms of heat and drought tolerance. It is grown mainly for animal feed and is also used in the food industry. The objective of this research was to evaluate a set of twenty-seven experimental sorghum genotypes for their agronomic performance in the field, and their grain yield potential. The genotypes were planted under a randomized complete block design with two replicates in San Pedro, Coahuila. At the field, plants of all set genotypes were selected to evaluate the following agronomic variables: plant height (AP), panicle length (LP), exertion length (LE), yield in grams per plant (RGP), incidence of bird damage (IDA), foliar diseases (IEF) and grain color (CG). The results show that the sorghum genotypes with good agronomic performance in the evaluated environment, were experimental sorghum genotypes 267 and 232.

INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moech), se adapta a climas cálidos áridos y semiáridos. El sorgo es el quinto cereal más importante del mundo, por el volumen de producción y la superficie cultivada. (FAO, 2017). Según el informe estadístico del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), la superficie sembrada de sorgo grano en México en la modalidad de riego más temporal, durante el año agrícola 2020, fue de 1,475,162 hectáreas, en donde se cosecharon 1,317,399 hectáreas con un rendimiento promedio de 3.2 toneladas por hectárea (SIAP, 2021).

El sorgo es una gramínea de origen tropical que ha sido adaptada, a través del mejoramiento genético, a una gran diversidad de ambientes, siendo considerado uno de

los cultivos mundiales de seguridad alimentaria. Por otro lado, son muy variados sus posibles usos para la alimentación ganadera, pudiendo ser utilizado como verdeo, bajo sistemas de pastoreo directo y como reservas en forma de silo de grano húmedo y de planta entera o como concentrado (INTA, 2011).

El sorgo es un cultivo que en algunas regiones del mundo está sustituyendo al cultivo de maíz, por su resistencia a enfermedades foliares y poca demanda de agua. La importancia de este cultivo, ha aumentado considerablemente en los últimos años, debido a su utilización en la alimentación humana. En la industria de la panificación se puede utilizar la harina de sorgo, ya que se ha comprobado que puede sustituir hasta en un 50% a la harina de trigo en las mezclas para la elaboración de pan artesanal, sin afectar la calidad de éste. (CENTA, 2007).

MATERIALES Y MÉTODOS

En el presenta trabajo de investigación se utilizaron 27 líneas experimentales de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) del Programa de Mejoramiento de Sorgo del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS), del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con 27 genotipos y dos repeticiones, para el análisis estadístico de los datos de campo en cada una de las variables evaluadas, se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias por Tukey (P≤0.05), con el paquete estadístico SAS.

Variables evaluadas

Se seleccionaron tres plantas al azar de cada genotipo y en cada repetición a evaluar, para el registro de datos en las siguientes variables:

Altura de la planta (AP)

Se utilizó una cinta métrica y se midió desde la base del tallo de la planta hasta la punta superior de la panícula, reportándose en centímetros (cm).

Longitud de panícula (LP)

Se realizó la medición desde la base del cuello hasta el ápice de la panícula, de tres plantas de sorgo al azar en competencia completa por parcela. El resultado se reportó en centímetros (cm).

Longitud de excersión (LE)

Para la estimación de esta variable se utilizó una cinta métrica, se midió la distancia que hay entre la hoja bandera a la base de la panícula, en tres plantas que se encontraran en competencia completa en cada parcela y se expresó en cm.

Rendimiento de grano en g/planta (RGP)

Se cosecharon y desgranaron tres panículas al azar por parcela experimental, se determinó el promedio de su peso con ayuda de una balanza analítica.

Indicé de daño por aves (IDA)

Se realizó la evaluación de acuerdo al porciento de granos del sorgo que habían sido comidos por aves, donde 0% indica que no tuvo daño por aves y 100% es pérdida total del grano.

Indicé de enfermedades foliares (IEF)

Se evaluó en forma visual mediante una escala de 1 al 5. Dónde: (1) es completamente sana; (2) de 1 a 10% de daño; (3) de 11 a 25% de daño; (4) de 26 a 40% de daño, y (5) más de 41% de daño. La toma de datos (IEF), se realizó de acuerdo a las recomendaciones sugeridas por (House, 1985).

Color de grano (CG)

Se realizó evaluación visual de la coloración del grano de sorgo en etapa de postcosecha a nivel de laboratorio de acuerdo a los descriptores cualitativos que recomienda la guía técnica para la descripción varietal de sorgo (UPOV, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se observa diferencia altamente significativa entre tratamientos, para la variable altura de planta (AP) y para las demás variables agronómicas evaluadas LP, LE, RGP, IDA, IEF, solo se presenta diferencia significativa entre los genotipos de sorgo evaluados.

Según reporta Montes *et al.,* (2012) en un estudio realizado en variables agronómicas en genotipos de sorgo para grano evaluados en Tamaulipas, reporta altura promedio de planta de 170 ± 19 cm, en este estudio los valores se encuentran en un rango de 240 a 74 cm. A su vez, estos autores reportan para longitud de panícula de 28.8 ± 3.2 cm y presenta moderada tolerancia al acame, estos resultados coinciden con los valores reportados en la presente investigación en donde se reportan valores promedios de 26.5 para esta variable. Para la variable rendimiento de grano en gramos por planta de acuerdo con León *et al*., (2009), reportaron en híbridos de sorgo de primera generación con una media de 36.52, bajo condiciones de riego, estos resultados coinciden con los reportados en la presente investigación con valores reportados en un rango de 10.5 a 69.8 g por planta en líneas experimentales de sorgo. Por lo tanto, es importante evaluar los genotipos en diversos ambientes en la búsqueda de líneas progenitoras para la producción de semilla híbrida en donde se busca la heterosis, la cual puede manifestarse mediante precocidad, mayor número de hojas, porte y amacollamiento, mayor producción de grano, mayor velocidad de emergencia, vigor y peso seco de plántulas (Yu y Tuinstra, 2001; Cisneros-López *et al.*, 2007).

RESULTADOS Y DISCUSION

Cuadro 1. Análisis de varianza de las variables agronómicas evaluadas en campo en líneas experimentales de sorgo, durante el ciclo agrícola primavera-verano 2019, en el Municipio de San Pedro, Coahuila.

F.V.	G.L.	AP (cm)	LP (cm)	LE (cm)	RGP (g/planta)	IDA	IEF
Genotipos	26	2974.14**	17.86*	36.25*	521.88	1428.84*	1.38*
Bloque	1	668.51	4.44	53.00	166.98	28.16	0.96
Modelo	27	2888.74**	16.36	36.87*	508.74*	1376.96*	1.36*
Error	26	243.44	7.48	15.27	284.53	469.05	0.56
CV%		11.8	12.6	40.2	39.6	114.9	23.6

F. V= Fuentes de variación; G.L.= Grados de libertad; CV= Coeficiente de variación; AP= Altura de planta; LP= Longitud de panícula; LE= Longitud de excersión; RGP= Rendimiento de grano en gramos por planta; IDA= Incidencia de daño por aves; IEF= Índice de enfermedades foliares *, ** = Significativos al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Rendimiento de grano en gramos por planta (RGP)

En la Figura 1, se muestran los resultados de los promedios para la variable RGP, para cada genotipo de sorgo evaluado, donde se observa que el mejor genotipo fue el tratamiento 27 con 69.8 g, que corresponde a la línea experimental de sorgo con denominación LES-267, este genotipo presenta potencial para utilizarse como sorgo para doble propósito (grano y forraje).

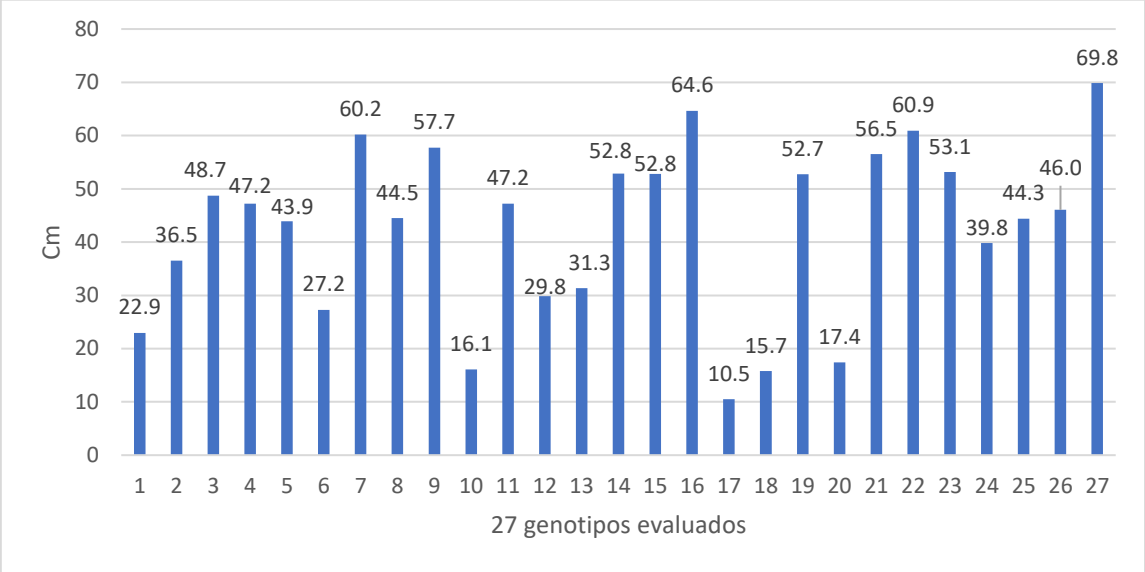


Figura 1. Comparación de medias para la variable rendimiento de grano en gramos por planta en genotipos de sorgo evaluados, durante el ciclo agrícola primavera-verano, 2019 en San Pedro, Coahuila.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza y de la prueba de comparación de medias, en el presente trabajo de investigación, la Línea Experimental de Sorgo LES-267, fue el genotipo más sobresaliente de los 27 evaluados, ya que presentó un comportamiento agronómico aceptable, de acuerdo a las variables agronómicas evaluadas como altura de planta (AP), longitud de panícula (LP), longitud de excersión (LE), rendimiento de grano en gramos por planta (RGP), índice de daño por aves (IDA) e índice de daño de enfermedades foliares.

REFERENCIAS

CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal.). 2007. Guía Técnica del Sorgo. San Andrés, La Libertad, El Salvador. CENTA, 31 p.

Cisneros-López, M. E., L. E. Mendoza-Onofre, G. Mora-Aguilera, L. Córdova-Téllez, and M. Livera-Muñoz. 2007. Cold tolerant sorghum hybrids and parental lines. I: Seed quality and its effects on seedling establishment. Agrociencia 41: 45-55.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017. FAOSTAT. ProdStat database, yearly production (en línea). Consultado abril 2018. Disponible en http://www.faostat.fao.org

House, L.R., 1985. A guide to Sorghum breeding., Segunda ed. ed. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). Patancheru, Andhra Pradesh, India.

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2011. Manual de sorgo. Ministerio de Asuntos Agrarios, Buenos Aires, La Provincia. 112 p.

León-Velasco, H., Mendoza-Onofre, L. E., Castillo-González, F., Cervantes-Santana, T., & Martínez-Garza, Á. 2009. Evaluación de dos generaciones de híbridos y progenitores de sorgo tolerantes al frío. II: aptitud combinatoria, heterosis y heterobeltiosis. Agrociencia, 43(6), 609-623.

Montes-García, N., Williams-Alanís, H., Moreno-Gallegos, T., Cisneros-López, M., & Pecina-Quintero, V. 2012. 'RB-Paloma', variedad de sorgo blanco para producción de grano y forraje. Revista Fitotecnia Mexicana. 35(2), 185-187.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021. Avance de siembras y cosechas resumen nacional por cultivo. Consultado agosto, 2021. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx

UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales). 2017. Sorgo. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. Documento TG/122/4. Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. Ginebra. 35 p. http://www.upov.int/edocs/tgdocs/es/tg122.pd.

Yu, J., and M. R. Tuinstra. 2001. Genetic analysis of seedling growth under cold temperature stress in grain sorghum. Crop Sci. 41: 1438-1443.

EVALUACIÓN *PER SE* DE GRANO EN HÍBRIDOS EXPERIMENTALES DE MAÍZ

PER SE EVALUATION OF GRAIN IN EXPERIMENTAL HYBRIDS OF CORN

José Luis Maya de León [1*]Ulises Aranda Lara[2], José Ángel Cid Rios[3], Odilon Gayosso Barragán[4], Rosendo Hernández Martínez[2]

[1]Ex Investigador del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque. [2]INIFAP-Campo Experimental Río Bravo. Carretera. Matamoros-Reynosa Km-61. CP. 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México. [3]INIFAP. Campo Experimental Zacatecas km 20.5 Carretera Zacatecas Fresnillo, Calera, V. R., Zacatecas México. CP 98500. [4]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar, INIFAP Carretera Ojuelos- Lagos de Moreno km 8.5, Ojuelos de Jalisco, Jal CP.47540. Autor de correspondencia: ulises.aranda.lara@gmail.com

RESUMEN

Con el fin de evaluar el potencial de rendimiento de nuevos híbridos de maíz, se establecieron bajo un diseño latice cuadrado 5x5, con tres repeticiones, veintiún genotipos de cruza simple más cuatro híbridos comerciales, en condiciones de riego por gravedad en terreno de un productor cooperante en San Juan de la Vega, Guanajuato. Las variables evaluadas fueron; floración, altura de planta, rendimiento en t ha^{-1}, del grano ajustado al 14% de humedad. Los datos obtenidos se analizaron usando el paquete estadístico SAS.

ABSTRACT

In order to evaluate the yield potential of new corn hybrids, twenty-one single-cross genotypes plus four commercial hybrids were established under a 5x5 square latice design, with three replications, under gravity irrigation conditions in a cooperating producer's field in San Juan de la Vega, Guanajuato. The variables evaluated were: flowering, plant height, yield in t ha-1, grain yield adjusted to 14% moisture. The data obtained were analyzed using the SAS statistical package.

INTRODUCCIÓN

El maíz ocupa el primer lugar en la canasta básica de los mexicanos, aunque el grano tiene una gran diversidad de usos, la forma tradicional del consumo sigue siendo como tortilla (Massieu y Lechuga, 2002). En el 2017, se sembraron 7,540,942.12 hectáreas de maíz de las cuales se siniestraron 213, 440. 69 hectáreas. En el municipio de Celaya Guanajuato se sembraron 84,730.0 hectáreas, de las cuales el 80.06 % fueron establecidas bajo condiciones de temporal y el 19.93 % bajo condiciones de riego (SIAP, 2017).

México es considerado como el centro de origen del maíz, por lo que existe una amplia diversidad genética, la cual poco se ha aprovechado en los programas de mejoramiento genético del cultivo (Ramírez-Díaz *et al.,* 2015). El uso de semilla mejorada es uno de los componentes clave para el incremento de la productividad del maíz (Espinoza *et al.,* 2002). Para incrementar la productividad es necesaria la generación de híbridos que aporten al desabasto del grano, así como, características adaptabilidad a la región (Borroel *et al.,* 2018).

Para la formación de híbridos de alta productividad se requiere la identificación de progenitores superiores, además del avance generacional de los mismos (Gaytán y Mayek,

2010). El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial de rendimiento de veintiún híbridos Experimentales y cuatro híbridos comerciales bajo condiciones de riego por gravedad en un terreno de un agricultor cooperante en la comunidad de San Juan de la Vega, Guanajuato.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron bajo condiciones de riego por gravedad 25 híbridos de maíz, en la comunidad de San Juan de la Vega, ubicado a 13.5 km al sur de Comonfort, sobre la carretera federal 51 Celaya-San Miguel de Allende, Guanajuato, en el ciclo PV 2014. La siembra se realizó el día 25 de abril, bajo un diseño de látice cuadrado 5x5, con tres repeticiones, en el diseño consto de cuatro híbridos comerciales utilizados como testigos y 21 híbridos experimentales. La parcela experimental de cada tratamiento estuvo formada por 2 surcos con una distancia de 5.2 m de longitud y con una distancia entre ellos de 0.76 m, la distancia entre plantas fue de 14 cm. Al momento de la siembra se aplicó la formula química 120- 80-60 (N-P-K, Nitrógeno Fosforo y Potasio respectivamente). Se realizaron dos escardas durante el desarrollo del cultivo, la primera se realizó a los veinte días y la segunda a los treinta días después de la nacencia, donde se aprovechó para aplicar la fertilización inorgánica 120-00-00 (N-P-K). También se aplicaron tres riegos de auxilio el primero a los treinta días después de la nacencia, el segundo en floración y en llenado de grano. Para el control de plagas se realizaron dos aplicaciones para el control de (*Spodoptera frugiperda*), la primera a los 20 y 60 días después de la siembra. Las variables evaluadas fueron; floración, altura de planta, rendimiento en t ha^{-1}, del grano ajustado al 14% de humedad. Los datos obtenidos se analizaron usando el paquete estadístico SAS.

Tabla 1. Híbridos experimentales y testigos establecidos bajo condiciones de riego en San Juan de la Vega, Guanajuato en el ciclo P-V 2014.

TRATAMIENTO	GENEALOGIA	
1	PUMA	Híbridos Comerciales
2	CIMARRON	
3	DK2061	
4	SAN ANDRES	
5	HIB-1	
6	HIB -2	
7	HIB-3	
8	HIB-4	
9	HIB-5	
10	HIB-6	
11	HIB-7	
12	HIB-8	
13	HIB-9	
14	HIB-10	
15	HIB-11	
16	HIB-12	
17	HIB-13	

18	HIB-14
19	HB-15
20	HIB-6
21	HIB17
22	HIB18
23	HI-19
24	HI-20
25	HIB-21

HIB: Híbridos Experimentales

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el (Cuadro 1) se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza, donde se observan diferencias significativas ($P \leq 0.01$) de los genotipos en las variables de DFM, ALTP para RENDTON se observan diferencias ($P \leq 0.05$) por lo que se atribuye a la variabilidad entre los progenitores de los híbridos. Resultados similares fueron encontrados por Hernández *et al.* (2020); Picón-Rico *et al.* (2018), al evaluar las mismas variables en líneas de maíz.

Cuadro 1. Análisis de la variancia de las variables días a floración masculina, altura de planta y rendimiento, de 25 híbridos de maíz.

F.V.	DFM		ALTP (cm)		RENDTON (kg/ ha^{-1})	
TRAT	24.17	**	601.12	**	3.97	*
BLOQ	1.80	NS	121.26	NS	1.54	NS
REP(BLOQ)	2.60	NS	152.95	NS	1.09	NS
Error	2.41		120.32		2.21	
C.V.	1.96		3.83		9.85	

F.V: Fuente de variación, TRAT: Tratamiento, C.V: Coeficiente de variación, DFM: Días a floración, ALTP: Altura de planta. RENDTON: Rendimiento ajustado al 14% de humedad, *, **: significativo a 0.05 y 0.01.

En el (Cuadro 2) se puede observar la comparación de medias de los 25 híbridos, se puede observar que, aunque no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los híbridos, se encontraron ocho líneas que superan en un 13 % en rendimiento a los testigos.

El rendimiento de los híbridos experimentales osciló entre 13,150 y 17,730 kg ha^{-1}, mostrando el buen potencial genético. En cuanto a los días de floración, se encontraron materiales con DFM de 73 a 83 días después de siembra, lo anterior permite identificar materiales de ciclo precoz, intermedios y tardíos. Con respeto a ALTP, de los híbridos fluctuaron de 251 a 312 cm, lo que pone de manifiesto la gran variabilidad de los progenitores con base en su evaluación per se.

Cuadro 2. Comparación de medias de híbridos Experimentales evaluados en Primavera – Verano, San Juan de la Vega Guanajuato

DFM			ALTP (cm)			RENDTON		
Trata	Media		Trata	Media		Trata	Media	
18	82.33	a	21	312.33	a	18	17.73	a
5	82.00	ab	14	303.33	ab	7	17.30	a
15	82.00	ab	11	300.67	ab	11	16.51	a
12	82.00	ab	20	300.67	ab	21	16.47	a
16	82.00	ab	5	299.67	abc	24	16.27	a
25	80.67	abc	16	299.67	abc	17	16.08	a
11	80.67	abc	18	296.67	abcd	5	15.49	a
22	80.67	abc	25	296.00	abcd	10	15.42	a
21	80.67	abc	15	291.67	abcd	4	15.42	a
20	80.67	abc	8	290.67	abcd	19	15.27	a
8	80.67	abc	7	289.00	abcd	3	15.25	a
19	80.33	abc	9	287.00	abcd	16	15.00	a
13	79.33	abcd	12	285.67	abcde	2	14.93	a
14	79.33	abcd	22	285.00	abcde	14	14.70	a
4	79.33	abcd	24	283.33	abcde	15	14.70	a
3	78.67	abcde	13	282.00	abcde	13	14.47	a
1	78.00	abcde	10	281.67	abcde	9	14.46	a
6	78.00	abcdef	2	281.67	abcde	1	14.39	a
7	77.33	bcdef	6	280.67	abcde	12	14.33	a
17	76.67	cdefg	19	280.33	abcde	8	14.25	a
23	76.67	cdefg	4	274.00	bcde	6	14.19	a
24	74.67	defg	17	269.00	bcde	20	13.96	a
10	74.00	efg	3	264.67	cde	23	13.75	a
2	73.33	fg	23	262.67	de	22	13.69	a
9	73.00	g	1	251.67	e	25	13.15	a

DFM: Días a floración masculina, ALTP: Altura de planta. RENDTON: Rendimiento ajustado al 14% de humedad.

CONCLUSIONES

Los híbridos presentan un mayor potencial de rendimiento en comparación con los híbridos comerciales, sin embargo, es conveniente realizar la evaluación de los mismos en diferentes ambientes y localidades para poder realizar una selección adecuada de adaptabilidad en la región de estudio.

REFERENCIAS

Borroel García, V. J., Salas Pérez, L., Ramírez Aragón, M. G., López Martínez, J. D., & Luna Anguiano, J. (2018). Rendimiento y componentes de producción de híbridos de maíz en la Comarca Lagunera. Terra Latinoamericana, 36(4), 423-429.

Espinoza A., Sierra M. M., y Gómez M. N. 2002. Producción y tecnología de semilla mejoradas de maíz por el inifap en el escenario sin la pronase. Agronomía Mesoamericana. 14(1):117-121

Gaytán B. R. y Mayek P. N. 2010. Heterosis en híbridos de maíz producidos entre cruzamientos entre progenitores de valles altos x tropicales. agronomía y ciencia. 48(4-8): 4-8

Hernández, M. R., Santacruz, V.A., Augusto, R. C., Aranda, L.U., Alfaro, M.L.G 2020. Evaluación de líneas per se en maíz amarillo en el norte de Tamaulipas 32 Semana Internacional de Agronomía. Universidad Juárez Estado de Durango. 561-566 p.

Massieu T. Y.; Lechuga M. J. 2002. El maíz en México: biodiversidad y cambios en el consumo. Análisis Económico. 6(36): 281-303

Picón-Rico, R., R. E. Preciado-Ortiz, F. Cervantes-Ortiz, J. Covarrubias-Prieto y A. Terrón Ibarra. 2018. Efectos genéticos en líneas doble haploides de maíz de grano amarillo y alto contenido de aceite. Revista Fitotecnia Mexicana 41: 301-310.

Ramírez-Díaz J. L.; Ledesma-Miramontes A.; Vidal-Martínez V. A.; Gómez-Montiel N. O.; Ruiz-Corral J. A.; Velázquez-Cardelas G. A.; Ron-Parra J. R.; Salinas-Moreno Y. y Nájera-Calvo L. A. 2015. Selección de maíces nativos como donadores de características agronómicas útiles en híbridos comerciales. Revista Fitotecnia Mexicana. 38(2): 119-131.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Anuario estadístico de la producción agrícola. http://siap.gob.mx

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD NUTRICIONAL DEL GRANO DE FRIJOL CULTIVADO EN RIEGO

Rigoberto Rosales Serna[1], Jesús Armando García Chávez[2], Saúl Santana Espinoza[1], Cynthia Adriana Nava Berumen[2*], y Julio César Ríos Saucedo[1]

[1]INIFAP – Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango – El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. [2]Tecnológico Nacional de México – Campus Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana. Carretera Durango – México km 22.5. Villa Montemorelos, Dgo., México. C. P. 34371. *e-mail: rosales.rigoberto@inifap.gob.mx

RESUMEN

En Durango, se utilizan diferentes métodos de fertilización en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y se desconoce el efecto sobre la calidad nutricional del grano. El objetivo fue evaluar la calidad del grano en dos variedades de frijol cultivadas con diferentes métodos de fertilización. Se utilizaron las variedades preferentes Pinto Saltillo (PS) y Negro San Luis (NSL), cosechadas en Durango, Méx., en 2020. Los cinco tratamientos de fertilización fueron: 1) Sin aplicación, 2) Foliar (UAN 32 + Fertigro P®), 3) Químico (35-50-00), 4) Orgánico y 5) NB Soil®. En laboratorio se determinó, en tres repeticiones, la proporción de proteína, grasa cruda, fibra, cenizas y extracto libre de nitrógeno (ELN) en el grano. Los datos obtenidos fueron utilizados en el análisis de varianza, con base en un diseño en bloques completos al azar con arreglo factorial y tres repeticiones. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Se detectaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$), entre variedades, para el contenido de proteína y ELN. NSL (23.2%) superó significativamente a PS (20.7%) en la proporción de proteína, aunque los tratamientos resultaron estadísticamente iguales (Sin aplicación 18.3% y Químico 24.4%). La proporción de cenizas mostró igualdad estadística entre tratamientos de fertilización y variedades, con fluctuaciones entre 4.1% (Orgánico) hasta 4.5% (NB Soil®). El contenido de fibra fue estadísticamente igual entre variedades (NSL= 3.6% y PS= 3.9%) y tratamientos, con valores altos (4.6%) en Fertilización orgánica, para las dos variedades bajo estudio. El contenido de grasa mostró diferencias estadísticamente significativas entre variedades (NSL= 0.9% y PS= 1.0%) y tratamientos, con valores entre 1.20% (NSL) con Fertilización química y 1.58% en PS con Fertilización orgánica. El contenido de carbohidratos (ELN) mostró diferencias estadísticas entre variedades, con valores entre 68.1% (NSL) y 70.0% (PS) e igualdad estadística entre tratamientos, con 70.5% en NSL en Fertilización orgánica y 72.3% para PS Sin aplicación. Las variaciones en el contenido de proteína y otros componentes nutricios del frijol fueron influenciados por las diferencias varietales y la interacción de éstas con la fertilización.

Palabras clave. *Phaseolus vulgaris*, variedades, nutrición, calidad nutricia, sostenibilidad.

ABSTRACT

Different fertilizer application methods are used in Durango for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), but their effect on grain nutritional quality is unknown. The objective was to evaluate the grain quality in two common beans cultivars grown under different fertilization methods. Common bean cultivars locally preferred were used: Pinto Saltillo (PS) and Negro San Luis (NSL), grown in Durango, Méx., in 2020. Five fertilizer application treatments were applied: 1) Without application, 2) Foliar (UAN 32 + Fertigro P®), 3) Chemical (35-50-00), 4) Organic and 5) NB Soil®. In the laboratory, the seed proportion of protein (P), crude fat, fiber, ash and nitrogen-free extract (NFE) were determined in three replications. The data obtained was used in the analysis of variance (ANOVA), based on a randomized complete block design with factorial arrangement and three replications. The means comparison was carried out with the Tukey test ($p \leq 0.05$). Highly significant differences ($p \leq 0.01$) were detected, between cultivars, for protein content and NFE. NSL (23.2%) significantly surpassed PS (20.7%) for P portion, although statistically similitude was observed among treatments (Without fertilization 18.3% and Chemical 24.4%). The ash proportion showed statistical similitude between fertilization treatments and cultivars, with variations between 4.1% (Organic) and 4.5% (NB Soil®). The fiber content resulted statistically similar between cultivars (NSL = 3.6% and PS = 3.9%) and fertilization treatments, with higher values under Organic fertilization (4.6%), for both cultivars. Significant differences were observed for the crude fat content between cultivars (NSL = 0.9% and PS = 1.0%) and treatments, with values between 1.20% (NSL) in Chemical fertilization and 1.58% for PS under Organic fertilization. The carbohydrate content (NFE) showed statistical differences between cultivars, with values between 68.1% (NSL) and 70.0% (PS) and statistical similitude between treatments, ranging from 70.5% in NSL with Organic fertilization to 72.3% in PS Without fertilization. Variations in seed protein content and other nutritional components of the common bean grain were influenced by varietal differences and their interaction with fertilization methods.

Key words. *Phaseolus vulgaris*, cultivars, plant nutrition, nutritious quality, sustainability.

INTRODUCCIÓN

El frijol es considerado como una fuente importante de proteínas de costo bajo y carbohidratos (Jacinto *et al*., 2002) y además, muestra otras propiedades físico-químicas, nutricias y funcionales, que lo convierten en un alimento humano de calidad excelente. Por ello, en Durango, entre 2015 y 2019, se sembró con frijol una superficie promedio anual de 228 mil hectáreas y se produjeron anualmente 103 mil toneladas de grano (INFOSIAP, 2020). En el mismo periodo, el rendimiento medio obtenido en temporal fue de 460 kg/ha y las clases comerciales de grano más populares para la siembra fueron: pinto y negro. En dicha entidad la mayoría de los suelos agrícolas muestran contenido bajo de materia orgánica (< 1.5 %), lo cual reduce su fertilidad y productividad (Reyes *et al*., 2019). Lo anterior, se ha derivado de la falta de incorporación de los residuos de cosecha, estiércol y otros abonos orgánicos. La proporción baja de materia orgánica agrava los problemas de estrés hídrico y desnutrición de las plantas de frijol, debido a que afecta negativamente la captación, infiltración y retención de agua, así como la disponibilidad de los nutrientes. Además, se dificulta la supervivencia de organismos benéficos del suelo, tales como bacterias del género *Rhizobium* y hongos micorrízicos, los cuales ayudan a las plantas en la obtención de agua y nutrientes.

El nivel bajo de materia orgánica, combinado con pH alcalino (> 8.0) del suelo, dificulta la extracción de nutrientes por las plantas, aunque haya un nivel apropiado de éstos para la nutrición del cultivo. Lo anterior, influye en la calidad comercial y nutricional del grano de frijol, por lo que es necesario estabilizar el pH del suelo (pH= 6.5-7.0), mediante la incorporación de materia orgánica, con la finalidad de liberar los nutrientes de las partículas del suelo y que éstos estén disponibles para las plantas. Con lo anterior, se reduce el requerimiento de fertilizantes químicos y se mejora la calidad comercial y nutricia del grano. A pesar de lo anterior, se requiere la evaluación de opciones que se puedan utilizar en el corto plazo para incrementar la disponibilidad de nutrientes en siembras comerciales de frijol.

Se ha observado que el estrés hídrico reduce el rendimiento y calidad comercial del grano de frijol, el cual muestra tamaño reducido y aceptación comercial pobre en años con precipitación irregular y escaza. Se desconoce el efecto del nivel de nutrientes del suelo sobre la calidad comercial y nutricia del grano de frijol, por lo que es necesario evaluar el efecto que tienen diferentes métodos de fertilización sobre dichas características del grano de frijol producido en Durango. En esta entidad, algunos productores evitan el uso de fertilizante químico para reducir costos, riesgos productivos y contaminación ambiental, aunque también disminuye el rendimiento y calidad del grano. Otros productores aplican fertilizantes foliares, luego de asegurarse que se registra regularidad de las lluvias y con ello, esperan incrementar la productividad.

Las recomendaciones muestran que es posible ampliar la superficie cultivada con frijol en condiciones de riego y se incluye la aplicación de fertilizante químico con la dosis 35-50-00 (INIFAP, 2017). También, se recomienda la incorporación de materia orgánica a razón de 6 toneladas por hectárea, para mejorar el rendimiento y la calidad del frijol, al mismo tiempo que se conserva el ambiente. Se considera que la aplicación de fertilizantes foliares es efectiva únicamente para micronutrientes, de los cuales se requieren cantidades bajas para la nutrición vegetal. Además, en el caso de algunos micronutrientes, como el hierro, se aprovechan de manera más eficiente en las formas queladas (quelatadas), las cuales están contenidas en los fertilizantes foliares. Con base en lo anterior, se recomienda la validación conjunta de diferentes formas de fertilización, química y orgánica, con la finalidad de identificar formas sostenibles para incrementar la productividad y calidad del frijol producido en Durango. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad nutricional del grano en dos variedades de frijol cultivadas con diferentes métodos de fertilización en condiciones de riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Genético. Se utilizó grano de dos variedades de frijol, consideradas como preferentes en Durango: Pinto Saltillo y Negro San Luis. La semilla de ambas variedades fue cosechada en 2020 y seleccionada manualmente en el Campo Experimental Valle del Guadiana durante 2021.

Descripción del Sitio de Cosecha. Se cosechó grano en el Campo Experimental Valle del Guadiana (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), situado en la carretera Durango-El Mezquital km 4.5. El sitio se ubica a los 23° 59’ 21” N, 104° 37’ 33” O y una altitud de 1 877 m. El suelo predominante del sitio es de tipo franco-arcilloso, el cual tiene profundidad media, pendiente de 0 a 4 %, pH de 8.2 y es pobre en contenido de materia orgánica, fósforo y nitrógeno. El clima predominante es templado semiárido [BS_1 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).

Manejo Agronómico. La siembra se realizó el 10 de julio de 2020, en suelo húmedo y bajo condiciones de riego por gravedad. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con arreglo factorial y cuatro repeticiones. Se aplicaron cinco tratamientos de fertilización al momento de la primera escarda, los cuales fueron: 1) Sin fertilización, 2) Fertilización foliar (UAN 32 + Fertigro P®), 3) Fertilizante químico (35-50-00), 4) Fertilización orgánica y 5) NB Soil®. Se realizó el análisis químico, para determinar el estado actual de la fertilidad del suelo (Cuadro 1), el cual mostró valores altos de nitrógeno, medianamente bajo de fósforo y muy alto de potasio.

Cuadro 1. Análisis de suelo del sitio de siembra del experimento de evaluación del efecto de diferentes métodos de fertilización en frijol de riego. 2020.

Profundidad (cm)	Nitrógeno (mg/kg)	Fósforo Disponible (mg/kg)	Potasio Extraible (mg/kg)	Materia Orgánica (%)	pH
0-20	43 (alto)	11 ([1]mb)	1,000 (muy alto)	1.5 (medio)	8.2 ([2]ma)
21-40	50 (alto)	8 (bajo)	775 (alto)	1.4 (bajo)	8.3 (ma)

[1]mb= moderadamente bajo, [2]ma= moderadamente alcalino.

El tratamiento testigo (Sin fertilización) se dejó sin aplicación de fertilizante granulado, abono o producto de aplicación foliar. En la Fertilización foliar se utilizaron 6 L/ha de UAN 32 y 5 L/ha de Fertigro P®. La fertilización química se basó en las recomendaciones del INIFAP para el cultivo de frijol en Durango en riego, que incluye la dosis 35-50-00 para nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O). Para obtener dicha dosis se utilizaron 109 kg de fosfato diamónico (18-46-00) y 37 kg de urea (46-00-00). La fertilización orgánica consistió en la incorporación de abono obtenido a partir de biomasa de maralfalfa (*Pennisetum* sp.), aplicado a razón de 6 t/ha. El abono NB Soil® se aplicó de forma foliar, en una proporción de 8 L por cada 10 L de agua (80:20 v:v). El control de la maleza se logró mediante dos escardas, una aplicación de herbicida (Fomesafén= Flex®) y dos deshierbes manuales realizados con azadón. Se efectuaron tres aplicaciones de insecticida (dimetoato: Danapyr®) para el control de la conchuela (*Epilachna varivestis*) y picudo de la vaina (*Apion* spp.). Se aplicó un riego de auxilio, para evitar el estrés hídrico en las plantas de frijol y con ello, obtener una expresión alta del potencial genético de rendimiento.

Variables Evaluadas. En laboratorio se realizó el análisis químico proximal, que incluye el contenido de cenizas, grasa cruda, fibra cruda, proteína cruda y extracto libre de nitrógeno (AOAC, 1990). La cantidad de cenizas se cuantificó mediante la incineración de una submuestra a 550 °C. El contenido de grasa cruda se midió por el método de extracción continua en el aparato Soxhlet con éter de petróleo. La fibra cruda fue determinada después de digerir las submuestras, libres de grasa, en soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio y luego de la calcinación de los residuos. El contenido de proteína fue determinado mediante el método microKjeldahl, multiplicando el valor de nitrógeno total por el factor de 6.25. El Extracto Libre de Nitrógeno (carbohidratos solubles) se determinó mediante la sustracción, con respecto al 100 %, de las fracciones: proteína, cenizas, grasa cruda y fibra cruda, expresadas en base seca.

Análisis Estadístico. Las variables evaluadas fueron utilizadas en el análisis de la varianza (ANOVA), para contar con la información necesaria para la selección de la variedad y tratamiento de fertilización sobresaliente. Los datos fueron analizados con base

en un diseño en bloques completos al azar con arreglo factorial, con tres repeticiones y la comparación de medias se realizó con base en la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad del Grano. Se detectaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$), únicamente entre variedades, para el contenido de proteína y extracto libre de nitrógeno (Cuadro 2). La interacción Fertilización x Variedad fue significativa, lo cual demostró que las variedades respondieron de manera diferente a los tratamientos de fertilización. La variedad Negro San Luis (23.2%) superó significativamente a Pinto Saltillo (20.7%) para el contenido promedio de proteína (Cuadro 3). En ambas variedades, se observó igualdad estadística entre tratamientos de fertilización para el contenido de proteína, con variaciones entre 18.3% (Sin fertilización) y 23.5% (NB Soil ®) en Pinto Saltillo; mientras que, en el caso de Negro San Luis se registraron valores entre 21.3% (NB Soil ®) y 24.4% (Químico). Los valores para el contenido de proteína fueron similares a los observados en otros estudios con múltiples variedades, en los que se registraron niveles entre 18.55 a 29.69% (Gouveia *et al*., 2014). Las variaciones en el contenido de proteína fueron relacionados principalmente con las diferencias varietales y la interacción de éstas con los tratamientos de fertilización incluidos en el estudio.

La proporción de cenizas, relacionada con el contenido de minerales en el grano de frijol, mostró igualdad estadística entre tratamientos de fertilización y variedades (Cuadros 2 y 3). En Pinto Saltillo el contenido de ceniza fluctuó entre 4.1 % (Orgánico) hasta 4.5 % (NB Soil®); mientras que en Negro San Luis se observaron valores entre 4.2 % (Sin Fertilizante) y 4.4 % (NB Soil ® y UAN 32+FGP). Los valores registrados se situaron entre el intervalo registrado en otros estudios con frijol, en los cuales se observaron niveles entre 3.64 y 5.67% (Gouveia *et al*., 2014). Sin embargo, en otros estudios con frijol blanco se obtuvieron valores más altos (7.18%) (Adamu *et al*., 2016). La fertilización foliar mostró tendencia a favorecer la acumulación de minerales en el grano de frijol, aunque esta respuesta fue reducida. Lo anterior, debido a que en frijol común el contenido de algunos minerales, como hierro y zinc, es influenciado por el genotipo y el ambiente (Broughton *et al*., 2003; Bulyaba *et al*., 2020).

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para la calidad del grano de variedades de frijol cultivadas en diferentes tratamientos de fertilización. Durango, Dgo. 2020.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Proteína (%)	Ceniza (%)	Fibra (%)	Grasa (%)	ELN (%)
Repetición (R)	2	0.9	0.63	0.10	0.01	2.8
Fertilización (F)	4	$1.5^{N.S.}$	$0.03^{N.S.}$	1.61**	0.30**	$2.2^{N.S.}$
R*F (Error a)	8	3.0	0.05	0.32	0.01	2.8
Variedad (V)	1	44.6**	$0.06^{N.S.}$	$0.67^{N.S.}$	0.10*	28.0**
F*V	4	14.2**	$0.07^{N.S.}$	0.31	0.86**	15.7**
Error b	10	1.3	0.09	0.14	0.02	1.4
Promedio		22.0	4.35	3.71	0.96	69.0
[1]C. V. (%)		5.2	7.0	10.0	14.5	1.7

N. S. = no significativa, *Diferencias significativas ($p \leq 0.05$), **altamente significativas ($p \leq 0.01$), [1]C. V. = coeficiente de variación.

Cuadro 3. Calidad del grano de variedades de frijol cultivadas en diferentes tratamientos de fertilización bajo condiciones de riego. Durango, Dgo., 2020.

Factor	Proteína (%)	Ceniza (%)	Fibra (%)	Grasa (%)	ELN (%)
			Pinto Saltillo		
Químico	20.2±0.9	4.4±0.51	3.9±0.06^{b}	0.58±0.06^{b}	71.0±1.0
Sin Fertilizante	18.3±1.6	4.3±0.48	3.2±0.46^{b}	1.52±0.19^{a}	72.3±1.1
NB Soil	23.5±1.4	4.5±0.31	4.2±0.16^{a}	0.63±0.08^{b}	67.3±1.8
Foliar	20.8±0.8	4.4±0.07	3.4±0.61^{b}	0.77±0.09^{ab}	70.6±1.0
Orgánico	20.9±1.1	4.1±0.36	4.6±0.50^{a}	1.58±0.23^{a}	68.8±0.5
Promedio	**20.7^{B}**	**4.3**	**3.9**	**1.0^{A}**	**70.0^{A}**
			Negro San Luis		
Químico	24.4±1.2	4.3±0.48	3.2±0.37^{b}	1.20±0.17^{ab}	66.9±0.71
Sin Fertilizante	24.2±1.2	4.2±0.63	3.4±0.51^{b}	0.52±0.06^{b}	67.7±0.94
NB Soil	21.3±1.5	4.4±0.26	3.3±0.41^{b}	0.59±0.07^{b}	70.5±2.20
Foliar	23.7±1.8	4.4±0.32	3.3±0.36^{b}	1.38±0.11^{a}	67.3±2.00
Orgánico	22.3±1.9	4.3±0.11	4.6±0.72^{a}	0.80±0.11^{b}	68.0±1.92
Promedio	**23.2^{A}**	**4.3**	**3.6**	**0.9^{B}**	**68.1^{B}**
Promedio Gral.	22.0	29.2	3.71	0.96	69.0
[2]C. V. (%)	6.6	4.7	9.87	8.64	2.0

$^{A-B}$Letras diferentes en columnas denota diferencias significativas entre variedades y $^{a-b}$ tratamientos de fertilización (Tukey; $p \leq 0.05$). [2]C. V. = Coeficiente de variación.

El contenido de fibra mostró igualdad estadística entre variedades, con valores entre 3.6% (Negro San Luis) y 3.9% (Pinto Saltillo). Se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, con valores altos en Pinto Saltillo con Fertilización orgánica (4.6%) y NB Soil® (4.2%). En Negro San Luis los valores más altos se observaron en la Fertilización orgánica (4.6%). Los valores de fibra fueron similares en algunos casos y en otros más altos, con respecto al nivel reportado en frijol blanco (3.23%; Adamu *et al*., 2016). La fertilización orgánica favoreció el contenido de fibra saludable en el grano de frijol, la cual corresponde a los carbohidratos solubles e insolubles, y por ser indigestible, no produce energía y forma parte de la testa (Kotue *et al*., 2018).

El contenido de grasa mostró diferencias estadísticas entre variedades, con valores entre 0.9% (Negro San Luis) y 1.0% (Pinto Saltillo). Se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, con los valores más altos en Pinto Saltillo con Fertilización orgánica (1.58%) y Sin fertilizante (1.52%). En Negro San Luis los valores más altos se observaron en la Fertilización foliar UAN32+FGP (1.38%) y Química (1.20%). Los valores registrados se situaron en el intervalo planteado en otros estudios con frijol, en los cuales se observaron valores entre 0.57 y 2.86% (Gouveia *et al*., 2014; Barros y Prudencio, 2016); aunque fueron inferiores a los registrados en frijol común de grano blanco (4.42%; Adamu *et al*., 2016). Los valores bajos de grasa se relacionaron con la necesidad reducida,

en plantas de frijol común para utilizar los lipidos como compuestos de reserva en la semilla (Medeiros-Coelho y Benedito, 2008).

El contenido de carbohidratos (ELN) mostró diferencias estadísticas entre variedades, con valores entre 68.1% (Negro San Luis) y un valor significativamente mayor en Pinto Saltillo (70.0%). Se observó igualdad estadística entre tratamientos, con valores entre 67.3% (NB Soil®) y 72.3% en Pinto Saltillo Sin fertilización. En Negro San Luis los valores más altos se observaron en el tratamiento Orgánico (70.5%); mientras que, el más bajo se registró en la Fertilización química (66.9%). Los valores registrados en el presente estudio fueron menores a los observados en otros trabajos, en los que el frijol común de grano blanco alcanzó un valor de 54.79% (Adamu *et al*., 2016). Los carbohidratos del frijol están constituidos principalmente por almidón y representan la fuente principal de energía en el grano de esta leguminosa (Kotue *et al*., 2018). Los resultados mostraron que la composición nutricional del grano del frijol registró variaciones entre tratamientos de fertilización y variedades.

CONCLUSIONES

- Las variaciones en el contenido de proteína y otros componentes nutricios del grano de frijol estuvieron relacionados principalmente con las diferencias varietales y la interacción de éstas con los tratamientos de fertilización incluidos en el estudio.

- Además, la proporción de cada una de las fracciones nutrimentales del grano de frijol fueron el resultado de su importancia relativa como fuente de reserva en la semilla.

REFERENCIAS

Adamu, A. S., M. J. Ajayi, and J. G. Oyetunde. 2016. Inorganic and proximate nutritional composition of common beans in Nigeria. European Journal of Pure and Applied Chemistry 3(2): 25-28.

AOAC, Association of Official Analytical Chemists (1990) Official Methods of Analysis. 5th Edition. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA. 1285 p.

Barros, M., e S. H. Prudencio. 2016. Physical and chemical characteristics of common bean varieties. Semina: Ciencias Agrarias. 37(2): 751-762.

Broughton, W.J., G. Hernandez, M. Blair, S. Beebe, P. Gepts, and J. Vanderleyden. 2003. Beans (*Phaseolus* spp.)-Model food legumes. Plant Soil 252: 55-128.

Bulyaba, R., D. M. Winham, A. W. Lenssen, K. J. Moore, J. D. Kelly, M. A. Brick, E. M. Wright, and J. B. Ogg. 2020. Genotype by location effects on yield and seed nutrient composition of common bean. Agronomy 10(347): 16 p.

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.

Gouveia, C. S. S., G. Freitas, J. H. de Brito, J. J. Slaski, M. Â. A. Pinheiro de Carvalho. 2014. Mineral and mineral variability in 52 accessions of common bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) from Madeira Island. Agricultural Sciences 5: 317-329.

INFOSIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Anuario estadístico de la producción agrícola. Documento consultado en línea. 23 de noviembre de 2020. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2017. Agenda técnica agrícola. Durango y La Laguna. INIFAP-SAGARPA-COFUPRO. México. 196 p.

Jacinto H., C., H. Hernández S., H. S. Azpiroz R., J. A. Acosta G., e I. Bernal L. 2002. Caracterización de una población de líneas endogámicas de frijol común por su calidad de cocción y algunos componentes nutrimentales. Agrociencia 36(4): 451-459.

Kotue, T. C., M. M. Josephine, L. Y. Wirba, S. R. H. Amalene, D. C. Kwuimgoin, W. N. B. Djote, G. Kansci, E. Fokou, D. P. Fokam. 2018. Nutritional properties and nutrients chemical analysis of common beans seed. MOJ Biology and Medicine 3(2): 41-47.

Medeiros-Coelho, C. M. and V. A. Benedito. 2008. Seed development and reserve compound accumulation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Seed Science and Biotechnology 2(2): 42-52.

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.

Reyes R., C. M., R. Rosales S., S. B. Rosales A., J. C. Ríos S., I. A. Ortíz S., S. Santana E., 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.

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DEL FRIJOL CULTIVADO EN RIEGO

Rigoberto Rosales Serna[1], Jesús Armando García Chávez[2], Saúl Santana Espinoza[1], Ixchel Abby Ortiz Sánchez[2], y Julio César Ríos Saucedo[1]

[1]INIFAP – Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango – El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. [2]Tecnológico Nacional de México – Campus Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana. Carretera Durango – México km 22.5. Villa Montemorelos, Dgo., México. C. P. 34371. *e-mail: rosales.rigoberto@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se requiere actualización para la fertilización del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en forma eficiente y a costo razonable. El objetivo fue evaluar el rendimiento y tamaño del grano en frijol cultivado con diferentes métodos de fertilización. Se sembró un lote con dos variedades: Pinto Saltillo (PS) y Negro San Luis (NSL). El experimento se estableció en el Campo Experimental Valle del Guadiana (INIFAP), ubicado en las coordenadas 23° 59' 21" N, 104° 37' 33" O y una altitud de 1 877 m. La siembra se realizó el 10 de julio de 2020, en un diseño en bloques completos al azar con arreglo factorial y cuatro repeticiones. Se aplicaron cinco tratamientos de fertilización: 1) Sin aplicación, 2) Foliar (UAN 32 + Fertigro P®), 3) Química (35-50-00), 4) Orgánica y 5) NB Soil®. Se evaluaron los días a floración (DF), días a madurez (DM), rendimiento y peso de 100 semillas (P100S). Los datos obtenidos fueron utilizados en el análisis de varianza, con base en un diseño en bloques completos al azar con arreglo factorial y cuatro repeticiones. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Además, se calcularon los promedios de temperatura (máxima y mínima) y lluvia acumulada en periodos de cinco días. La temperatura mínima promedio fue baja (12.8 ºC), con valores altos en julio-agosto (14.0 a 16.6 ºC), lo que favoreció el crecimiento y desarrollo del frijol. La lluvia acumulada fue suficiente (425 mm), aunque su distribución irregular hizo necesaria la aplicación de un riego de auxilio. La variedad PS mostró menor número DF (41 días después de la siembra; DDS) y DMF (95 DDS), comparado con NSL (48 y 107 DDS). Se registró igualdad estadística entre tratamientos de fertilización y variedades para rendimiento, con variaciones entre 2,653 kg/ha (Fertilización química) y 3,180 kg/ha (NB Soil). La mayoría de los tratamientos mostraron igualdad estadística para la calidad del grano, basado en su peso (28.1 a 28.8 g/100S) y fueron superados por los tratamientos foliares (30.1 y 30.5 g/100S). La variedad PS (31.6 g/100S) superó a NSL (26.8 g/100S), debido a las diferencias genéticas para el tamaño del grano. La Fertilización química, foliar y orgánica incrementaron el rendimiento del frijol, aunque resultaron ineficientes en suelos ricos en nutrientes. La Fertilización foliar mejoró la calidad del grano, incrementando su peso y tamaño.

Palabras clave. *Phaseolus vulgaris*, productividad, calidad de grano, sostenibilidad.

ABSTRACT

Recommendation update is required for efficient and reasonable cost in fertilizer use in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). The objective was to evaluate the yield and seed size in common beans grown under different fertilization methods. An experimental plot was established using two cultivars: Pinto Saltillo (PS) and Negro San Luis (NSL). The experiment was established in the Valle del Guadiana Experiment Station (INIFAP), located at 23° 59' 21" N, 104° 37' 33" W and an altitude of 1 877 m. The sowing was carried out on July 10th 2020, under a randomized complete block design with factorial arrangement and four replications. Five fertilization treatments were applied: 1) Without application, 2) Foliar (UAN 32 + Fertigro P®), 3) Chemical (35-50-00), 4) Organic, and 5) NB Soil®. Days to flowering (DF), days to maturity (DM), yield and weight of 100 seeds (W100S) were evaluated. The data obtained was used in the analysis of variance, based on a randomized complete block design with factorial arrangement and four replications. The means comparison was carried out with the Tukey test ($p \leq 0.05$). In addition, averages for maximum and minimum temperatures and accumulated rain were calculated in five days periods. After sowing the average minimum temperature was low (12.8 ºC), and then increments were observed in July-August (14.0 to 16.6 ºC), which favored common bean growth and development. The accumulated rainfall was sufficient (425 mm), although its irregular distribution made necessary to apply irrigation one time. PS cultivar showed lower number for DF (41 days after sowing; DAS) and DM (95 DAS), compared to NSL (48 and 107 DAS). Statistical similitude was registered between fertilization treatments and varieties for seed yield, with variations between 2,653 kg/ha (Chemical fertilization) and 3,180 kg/ha (NB Soil ®). Most of the treatments showed statistical similitude for grain quality, based on seed weight (28.1 to 28.8 g/100S) and were surpassed by foliar applications (30.1 and 30.5 g/100S). The PS cultivar (31.6 g/100S) outperformed NSL (26.8 g/100S), due to genetic differences for seed size. Chemical, foliar and organic fertilization increased common bean seed yield, although these treatments were inefficient in nutrient-rich soils. Foliar fertilizer application improved the grain quality increasing its weight and size.

Key words. *Phaseolus vulgaris*, productivity, seed quality, sustainability.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de frijol es una de las actividades económicas más importantes en Durango, donde se sembró una superficie promedio anual de 228 mil hectáreas durante el periodo 2015 a 2019 y se produjeron anualmente 103 mil toneladas de grano (INFOSIAP, 2020). En el mismo periodo, el rendimiento medio obtenido en temporal fue de 460 kg/ha y las clases comerciales de grano más populares para la siembra fueron: pinto y negro. Los factores principales que limitan la producción de frijol en Durango son el estrés hídrico (sequía), causado por la lluvia escasa y mal distribuida, y la fertilidad baja del suelo. Con base en lo anterior, se ha propuesto ampliar la superficie sembrada con frijol en condiciones de riego y mejorar de forma sostenible la fertilidad del suelo, para incrementar el rendimiento, asegurar la disponibilidad para el consumo local y mejorar la calidad comercial del grano, con base en el tamaño de la semilla típica de cada variedad. La mayoría de los suelos agrícolas de Durango muestran contenido bajo de materia orgánica (< 1.5 %), lo cual reduce su fertilidad y productividad (Reyes *et al*., 2019). Lo anterior, se ha derivado de la falta de incorporación de los residuos de cosecha, estiércol y otros abonos orgánicos.

La proporción baja de materia orgánica agrava los problemas de estrés hídrico y desnutrición de las plantas de frijol, debido a que afecta negativamente la captación, infiltración y retención de agua, así como la disponibilidad de los nutrientes. Además, se dificulta la supervivencia de organismos benéficos del suelo, tales como bacterias del género *Rhizobium* y hongos micorrízicos, los cuales ayudan a las plantas en la absorción de agua y nutrientes. La reducción en el contenido de materia orgánica del suelo incrementó la dependencia de los fertilizantes químicos, los cuales son indispensables para aumentar el rendimiento del frijol. A pesar de que los fertilizantes químicos muestran un efecto temporal positivo para el rendimiento, tienen costo alto y contaminan el ambiente. Por el contrario, la incorporación de materia orgánica fortalece la disponibilidad hídrica para la planta y la fertilidad del suelo, en forma natural y prolongada, ocasionando otros cambios positivos, como el incremento de la productividad del agua y disminución de la compactación y erosión del suelo. Además, se puede lograr un aumento considerable y sostenible de las ganancias derivadas de la producción agrícola.

Se requiere la evaluación del efecto que tienen diferentes métodos de fertilización sobre el rendimiento y calidad del frijol cultivado en Durango. En esta entidad, algunos productores evitan el uso de fertilizante químico por razones económicas y para reducir los riesgos productivos y ambientales, aunque también disminuye el rendimiento y calidad del grano, que muestra peso y tamaño bajos. Otros productores aplican fertilizantes foliares, después de observar un patrón regular de las lluvias y con ello, esperan incrementar la productividad, lo cual es difícil conseguir por el periodo corto de crecimiento en frijol. Las recomendaciones técnicas del INIFAP incluyen el uso de fertilizante químico con la dosis 35-50-00 para el frijol cultivado en condiciones de riego (INIFAP, 2017). También, se recomienda la incorporación de materia orgánica a razón de 6 toneladas por hectárea, para mejorar el rendimiento y la calidad del frijol, al mismo tiempo que se conserva el ambiente.

Se considera que la fertilización eficiente, con productos granulados, foliares e incorporación de materia orgánica, aumentará la fertilidad del suelo y la producción agropecuaria en Durango. Con ello, se incrementará la disponibilidad de alimentos, al mismo tiempo que se generan mayores beneficios económicos y se avanza hacia la sostenibilidad de la producción agropecuaria. Con base en lo anterior, el objetivo fue evaluar en condiciones de campo dos variedades de frijol con base en el rendimiento y calidad (peso-tamaño) de grano cuando son cultivadas con varios métodos de fertilización bajo condiciones de riego en Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció un lote experimental con dos variedades de frijol, consideradas como preferentes en Durango: Pinto Saltillo y Negro San Luis. La semilla de ambas variedades fue cosechada y seleccionada manualmente en 2019. El presente estudio se desarrolló en el Campo Experimental Valle del Guadiana (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), situado en la carretera Durango-El Mezquital km 4.5. El sitio se ubica a los 23° 59’ 21” N, 104° 37’ 33” O y una altitud de 1 877 m. El suelo predominante del sitio es franco-arcilloso, el cual tiene capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 4 %, pH de 7.9 y es pobre en contenido de materia orgánica, fósforo y nitrógeno. El análisis del suelo mostró valores altos de nitrógeno, medianamente bajo de fósforo y muy alto de potasio (Cuadro 1). El clima predominante es templado semiárido [BS_1 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).

La siembra se realizó el 10 de julio de 2020, en suelo húmedo y bajo condiciones de riego por gravedad. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con arreglo factorial y cuatro repeticiones. Se aplicaron cinco tratamientos de fertilización al momento de la primera escarda, los cuales fueron: 1) Sin fertilización, 2) Fertilización foliar (UAN 32 + Fertigro P®), 3) Fertilizante químico (35-50-00), 4) Fertilización orgánica y 5) NB Soil®. Se realizó el análisis químico, para determinar el estado actual de la fertilidad del suelo (Cuadro 1). Como parcela experimental se utilizaron cuatro surcos de 10 m de longitud y 0.80 m de separación (32 m^2).

Cuadro 1. Análisis de suelo del sitio de siembra del experimento de evaluación del efecto de diferentes métodos de fertilización en frijol de riego. 2020.

Profundidad (cm)	Nitrógeno (mg/kg)	Fósforo Disponible (mg/kg)	Potasio Extraible (mg/kg)	Materia Orgánica (%)	pH
0-20	43 (alto)	11 ([1]mb)	1,000 (muy alto)	1.5 (medio)	8.2 ([2]ma)
21-40	50 (alto)	8 (bajo)	775 (alto)	1.4 (bajo)	8.3 (ma)

[1]mb= moderadamente bajo, [2]ma= moderadamente alcalino.

El tratamiento testigo se dejó sin aplicación de fertilizante; mientras que, en la Fertilización foliar se usaron 6 L/ha de UAN 32 y 5 L/ha de Fertigro P®. La Fertilización química se basó en las recomendaciones del INIFAP para el cultivo de frijol en Durango, que incluye la dosis 35-50-00 para nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O). Para obtener dicha dosis se utilizaron 109 kg de fosfato diamónico (18-46-00) y 37 kg de urea (46-00-00). La Fertilización orgánica consistió en la incorporación de abono obtenido a partir de biomasa de maralfalfa (*Pennisetum* sp.), aplicado a razón de 6 t/ha. El abono NB Soil® se aplicó de forma foliar, en una proporción de 8 L por cada 10 L de agua (80:20 v:v).

El control de la maleza se logró mediante dos escardas, una aplicación de herbicida (Fomesafén= Flex®) y dos deshierbes con azadón. Se efectuaron tres aplicaciones de insecticida (dimetoato: Danapyr®) para el control de la conchuela (*Epilachna varivestis*) y picudo de la vaina (*Apion* spp.). Se aplicó un riego de auxilio, para evitar el estrés hídrico severo en las plantas de frijol. Se evaluó el número de días a floración, reacción a enfermedades, días a madurez, rendimiento y peso de 100 semillas, utilizado para evaluar el tamaño del grano, cuya calidad es afectada por el déficit hídrico y de nutrientes. Los días a floración y madurez fisiológica (CIAT, 1986) fueron contabilizados en días después de la siembra (DDS). Cuando las variedades de frijol llegaron a la etapa fenológica de llenado de grano (R_8), se evaluó la reacción a las enfermedades que mostraron incidencia mayor en Durango, como son: antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), roya (*Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus*) y tizón común [*Xanthomonas axonopodis* (syn. *campestris*) pv. *phaseoli*]. En la evaluación se utilizó la escala de 1 a 9 (CIAT, 1987).

Después de la madurez, se determinó el rendimiento y peso de 100 semillas en cada una de las variedades y tratamientos evaluados. Para ello, se tomó como parcela útil una muestra de dos surcos de 5 m, separados 0.81 m (8.1 m^2), en cada una de las cuatro repeticiones. Las plantas de cada muestra se trillaron mecánicamente y después, se limpió el grano mediante la eliminación de impurezas con tamiz y sopladora eléctrica. El grano

obtenido se pesó en una balanza digital con precisión de (0.1 g), para la estimación del rendimiento en kilogramos por hectárea (kg/ha). El peso de 100 semillas (g), se determinó en cada una de las muestras obtenidas en campo, mediante la obtención de una sub-muestra aleatoria de cien granos, enteros y bien desarrollados. Además, se analizaron los registros diarios de las temperaturas máximas y mínimas (CONAGUA-INIFAP, 2020); así como, la lluvia acumulada durante el periodo entre la siembra y madurez de las variedades evaluadas. Después, se calcularon los promedios (temperaturas máximas y mínimas) y lluvia acumulada en periodos de cinco días.

Las variables evaluadas se utilizaron en el análisis de la varianza (ANOVA), para contar con la información necesaria en la selección de la variedad y tratamiento de fertilización sobresalientes. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con arreglo factorial, con cuatro repeticiones y la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), en ambos casos con el uso del parograma estadístico SAS (Ver. 9.4).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones Agroclimáticas. En el ciclo primavera-verano, julio a octubre de 2020, la temperatura mínima registrada en el CEVAG fue baja (Figura 1) y alcanzó un valor promedio de 12.8 ºC; aunque mostró valores altos en julio-agosto (14.0 a 16.6 ºC), lo que favoreció el crecimiento y desarrollo del frijol, aunque también la incidencia de insectos plaga, como picudo de la vaina (*Apion* spp.). Lo anterior, influyó directamente sobre el rendimiento y calidad del frijol obtenido en 2020. El valor para la lluvia acumulada durante el ciclo fue aceptable (425 mm) (Figura 1), aunque se observaron periodos de varias semanas sin precipitación considerable, entre los meses de julio y octubre. El nivel de acumulación de lluvia superó el promedio histórico (357 mm), observado en la estación del INIFAP de Durango (Medina *et al*., 2005). A pesar de lo anteior, la distribución de la lluvia fue irregular e hizo necesaria la aplicación de un riego de auxilio, para evitar estrés de humedad en las plantas durante la etapa vegetativa. Se registraron eventos de lluvia abundante en julio (197 mm) y septiembre, cuando se acumularon 158 mm, en un periodo de 15 días de lluvia constante. Los resultados mostraron, que en 2020, se tuvieron condiciones hídricas desfavorables para la producción de frijol y se hizo necesaria la aplicación de riego para incrementar el rendimiento.

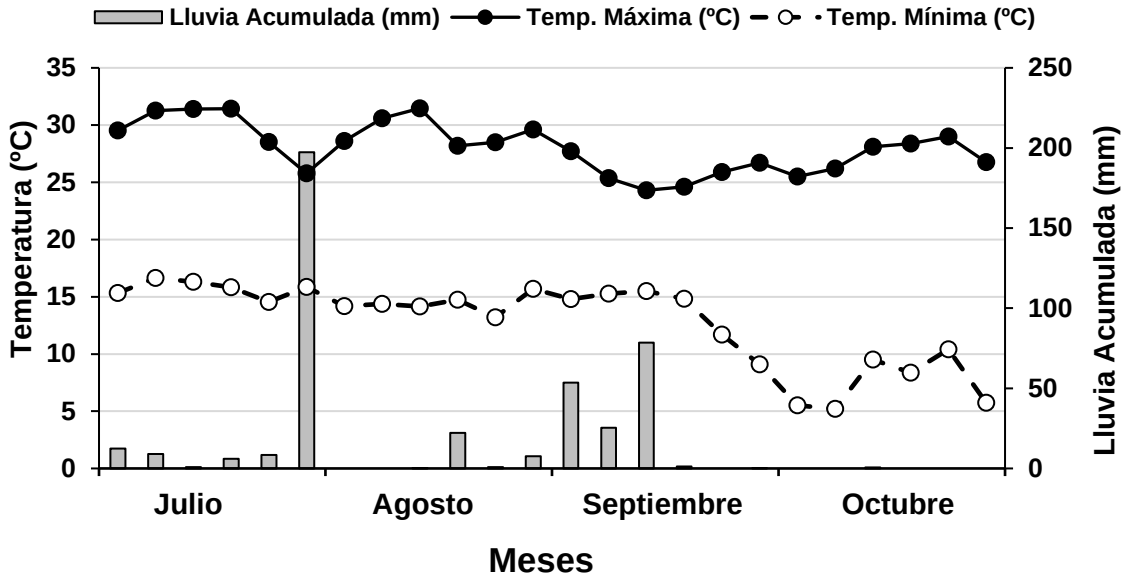


Figura 1. Promedios de temperatura máxima, temperatura mínima y lluvia acumulada en periodos de cinco días en CEVAG-Durango. (CONAGUA-INIFAP, 2020).

Fenología. Se detectaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$), únicamente entre variedades, para el número de días a floración y madurez (Cuadro 2). La variedad Pinto Saltillo (41 DDS) mostró precocidad a floración, mientras que Negro San Luis fue tardía con 48 DDS (Rosales *et al*., 2004). En ambas variedades se observaron síntomas ausentes de antracnosis, débiles de roya (3) en Negro San Luis y niveles intermedios a generalizados (5 y 6) de bacteriosis común en las dos variedades. La variedad Pinto Saltillo mostró también precocidad a madurez (95 DDS), en comparación con Negro San Luis (107 DDS). El ciclo biológico tardío de Negro San Luis favoreció el escape al ataque del picudo de la vaina, el cual inició en la etapa de prefloración; aunque también lo expuso al estrés hídrico terminal y las temperaturas bajas registradas al final del ciclo de cultivo.

Cuadro 2. Valores promedio para características evaluadas en variedades de frijol cultivadas en diferentes tratamientos de fertilización. Durango, Dgo. 2020.

	Días a	Reacción a :			Días a
Variedad	Floración	Antracnosis	Roya	Bacteriosis	Madurez
Negro San Luis	48[a]	1	3	5	107[a]
Pinto Saltillo	41[b]	1	1	6	95[b]
Promedio	45				101
[1]C. V. (%)	1.4				1.3

[1]C. V. = coeficiente de variación. [a-b]Letras diferentes en la columna denota diferencias significativas con base en Tukey ($p \leq 0.05$).

Rendimiento y Peso de 100 Semillas. Se registró igualdad estadística entre tratamientos de fertilización y variedades para rendimiento (Cuadro 3), con variaciones entre 2,653 kg/ha

(Fertilización química) y 3,180 kg/ha (NB Soil®). La variedad Pinto Saltillo presentó rendimiento alto (3,034 kg/ha), aunque fue estadísticamente igual al observado en Negro San Luis (2,752 kg/ha). La mayoría de los tratamientos mostraron igualdad estadística para el peso del grano (28.5 a 30.5 g/100 semillas) y los foliares superaron al resto (30.1 a 30.5 g/100 semillas). En el caso de las variedades de frijol, se detectó que Pinto Saltillo (31.6 g/100 semillas), superó a Negro San Luis (26.8 g/100 semillas), debido principalmente a las diferencias genéticas.

Cuadro 3. Rendimiento de variedades de frijol cultivadas en diferentes tratamientos de fertilización bajo condiciones de riego. Durango, Dgo., 2020.

Factor	Rendimiento (kg/ha)	Peso de 100 Semillas (g)
	Fertilización	
NB Soil	3180	30.5[a]
Sin Fertilizante	2963	28.5[b]
Orgánico	2876	28.1[b]
UAN 32+FGP	2835	30.1[a]
Químico	2653	28.8[b]
	Variedad	
Pinto Saltillo	3034	31.6[a]
Negro San Luis	2752	26.8[b]
Promedio	2893	29.2
[2]C. V. (%)	20.4	4.7

[a-b]Letras diferentes en la columna denota diferencias significativas con base en Tukey ($p \leq 0.05$).

Los resultados de campo mostraron que la Fertilización foliar (principalmente NB Soil®), química y orgánica incrementaron el rendimiento y el tamaño del grano en frijol, al compararlo con el promedio estatal en riego (1,382 kg/ha; INFOSIAP, 2020), aunque resultaron poco efectivos en suelos ricos en nutrientes, especialmente cuando se compararon con el tratamiento sin fertilización. La variedad Pinto Saltillo mostró rendimiento alto y tiempo menor de exposición a los factores ambientales (estrés hídrico y temperaturas bajas) que afectan en forma negativa el cultivo de frijol. Por su parte, la variedad de frijol Negro San Luis mostró potencial alto de rendimiento, relacionado con su ciclo biológico tardío, lo que a su vez lo expone a factores ambientales negativos. Se observó que la Fertilización foliar (NB soil®) incrementó el rendimiento del frijol común, con base en el promedio de los tratamientos incluidos en el estudio, similar a lo reportado en otros estudios en los que se determinó que la aplicación foliar de micronutrientes es benéfico para obtener el rendimiento máximo en frijol común (Rahman *et al*., 2014).

El tamaño de la semilla, evaluado con base en el peso de 100 semillas, resultó favorecido por la Fertilización foliar (NB Soil® y UAN 32+FGP) debido a los niveles altos de nutrientes en el suelo y al suministro adicional proporcionado a través de las hojas. La Fertilización química, orgánica y el testigo Sin fertilización mostraron tamaño significativamente inferior de la semilla. Lo anterior, fue similar a lo observado en otros estudios en los cuales se obervó que la fertilización foliar favoreció el tamaño del grano de frijol (Arcín, 2011; Abu Seif *et al*., 2016).

CONCLUSIONES

La Fertilización química (granulada y foliar) y orgánica incrementaron el rendimiento del cultivo de frijol, en relación con la media estatal en Durango, aunque resultan poco efectivos en suelos ricos en nutrientes. Pinto Saltillo mostró madurez intermedia y valores altos de rendimiento y peso de la semilla, debido a factores genéticos, Fertilización foliar y tiempo menor de exposición a los factores ambientales negativos (estrés hídrico y temperaturas bajas) que afectan el frijol al final del ciclo de cultivo en Durango. Negro San Luis mostró potencial alto de rendimiento y peso bajo de la semilla, relacionado con su ciclo biológico tardío y herencia genética, lo que a su vez lo expone a factores ambientales negativos. La Fertilización foliar favoreció el incremento en el tamaño del grano, lo que mejoró su calidad comercial.

REFERENCIAS

Abu Seif, Y. I., S. El-Din M. El-Miniawy, N. A. I. Abu El-Azm, and A. Z. Hegazi. 2016. Response of snap bean growth and seed yield to seed size, plant density and foliar application with algae extract. Annals of Agricultural Sciences 61(2): 187-199.

Arcín R., M. 2011. Evaluación de diferentes tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var. Alubia) en el distrito de San Juan de Castrovirreyna-Huancavelica (Perú). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Pública de Navarra. Perú. 97 p. Consultada en línea 29/04/2021. http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/3454/577423.pdf?sequence=1

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1986. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). F. Fernández de C., P. Gepts, y M. López. Cali, Colombia. 33 p.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. *In*: A. van Shoonhoven y M. A. Pastor-Corrales (comps.). Cali, Colombia. 87 p.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2020. Dirección local Durango. Observaciones meteorológicas 2018. Durango, Méx. 3 p.

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.

INFOSIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Anuario estadístico de la producción agrícola. Documento consultado en línea. 23 de noviembre de 2020. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2017. Agenda técnica agrícola. Durango y La Laguna. INIFAP-SAGARPA-COFUPRO. México. 196 p.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2020. Consultado en línea 15/11/2020. http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/.

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.

Rahman, I. U., A. Afzal, Z. Iqbal, F. Ijaz, Sohail, S. Shad, S. Manan, and M. Afzal. 2014. Response of common bean (*Phaseolus vulgaris*). to basal applied and foliar feeding of different nutrients application. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 14 (9): 851-854.

Reyes R., C. M., R. Rosales S., S. B. Rosales A., J. C. Ríos S., I. A. Ortíz 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. A. Acosta G., J. S. Muruaga M., J. M. Hernández C., G. Esquivel E., y P. Pérez H. 2004. Variedades mejoradas de frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico 6. Campo Experimental Valle de México. INIFAP. Chapingo, Edo. de México. 148 p.

FERTILIZACIÓN TEMPRANA EN MAGUEY CENIZO Y SU EFECTO SOBRE LA ACUMULACIÓN DE AZÚCARES

Sierra-Zurita Donaji [1], Rosales-Serna Rigoberto [1], Ríos-Saucedo Julio César [1], Rodríguez-Vargas Jesús Humberto [2] y Nava-Berumen Cinthya Adriana [2]

[1]INIFAP – Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango – El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. [2]Tecnológico Nacional de México – Campus Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana. Carretera Durango – México km 22.5. Villa Montemorelos, Dgo., México. C. P. 34371. *e-mail: rosales.rigoberto@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se requieren criterios sencillos para medir la eficiencia de la fertilización aplicada durante el establecimiento de plantaciones comerciales de maguey cenizo (*Agave durangensis*). El objetivo fue evaluar el efecto de la fertilización temprana sobre la acumulación de azúcares en plantas de maguey cenizo cultivadas en Durango. Se utilizó una plantación comercial de maguey cenizo establecida en Durango, con riego por cintilla. El trasplante se realizó el 25 de abril de 2018 y la parcela experimental consistió en tres hileras de longitud variable (20 a 65 m). Se utilizó el sistema de plantación en tresbolillo, con 3 m de separación entre hileras y 2 m entre plantas, para una densidad poblacional de 1,666 plantas/ha. En los primeros 540 días después de la plantación, se aplicaron cuatro tratamientos de fertilización: 1) Fertilización química con fertilizante granulado (58-80-140) para nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O), 2) Fertilizante de liberación controlada multicote® (18-06-12), 3) Composta aplicada a razón de 6 t/ha y 4) Tratamiento testigo (sin fertilización). El experimento se analizó en un diseño en bloques completos al azar con arreglo factorial (condición del tejido y fertilización) y dos repeticiones. La parcela útil consistió en una hilera de cuatro plantas, con dos repeticiones para cada condición del tejido (crudo y cocido) y tratamiento de fertilización. Se evaluó el contenido de azúcares (ºBx) en el tallo (piña) y base foliar, mediante el uso del refractómetro. El jugo de los tejidos se obtuvo en dos condiciones: crudo y luego de la cocción del tejido durante 8 h en autoclave (110 ºC y 0.05 Mpa de presión). Los datos obtenidos se utilizaron en el análisis estadístico (ANOVA) y comparación de medias (Tukey; $p \leq 0.05$). El contenido de azúcares mostró igualdad estadística entre condiciones (crudo y cocido) del tejido de maguey cenizo y diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos de fertilización. La mayoría de los tratamientos mostraron valores estadísticamente iguales, entre 9.5 ºBx (fertilización química) y 7.4 ºBx (abono orgánico). Las plantas con fertilizante de liberación controlada presentaron contenido de azúcares estadísticamente inferior (7.2 ºBx). En tejido cocido se observó el valor más alto para el contenido de azúcares en plantas con fertilización química (9.5 ºBx), el cual resultó estadísticamente igual al registrado en las plantas cultivadas sin fertilización (8.4 ºBx). Las plantas cultivadas en los tratamientos con fertilizante de liberación controlada (6.8 ºBx) y abono orgánico (7.0 ºBx) presentaron contenido significativamente inferior de azúcares. Los niveles de azúcares obtenidos en el presente estudio fueron bajos, en comparación con otros reportes en maguey (6.4-15.1 ºBx). Los resultados se relacionaron con la etapa de desarrollo (juvenil) de las plantas y el sistema de producción, por lo que en el presente estudio pudo influir el riego proporcionado durante la época seca del año y la competencia con la maleza. La cocción influyó de manera limitada sobre el contenido de azúcares en el tejido de maguey cenizo, por lo que se puede determinar esta variable en piñas crudas y con ello, evitar el uso de equipo especializado que genera costos adicionales. La fertilización química temprana con fertilizante granulado, falta de fertilización y en menor medida, la aplicación de abono orgánico incrementaron el contenido de

azúcares en “piñas” de maguey cenizo. Es recomendable evaluar el contenido de azúcares en tallos crudos de maguey cenizo, lo que evita el uso de tiempo y equipo adicional para la cocción. El refractómetro puede utilizarse en la evaluación del efecto de la fertilización y como criterio de selección individual en plantas de maguey cenizo sobresalientes por la acumulación de azúcares en etapas tempranas de crecimiento.

ABSTRACT

Plant selection criteria are required to measure the efficiency of the fertilization applied during the establishment of commercial plantations of maguey cenizo (*Agave durangensis*). The objective was to evaluate the effect of early-growth fertilizer application on the accumulation of sugars in maguey cenizo plants grown in Durango. A commercial plantation of maguey cenizo established in Durango was used, including drip irrigation. The transplant was carried out on April 25th, 2018 and the experimental plot consisted of three plant rows with variable length (20 to 65 m). The staggered planting system was used, with 3 m separation between rows and 2 m between plants, for a population density of 1,666 plants/ha. In the first 540 days after planting, four fertilization treatments were applied: 1) Chemical fertilization with granular fertilizer (58-80-140) for nitrogen (N), phosphorus (P_2O_5) and potassium (K_2O), 2) Controlled release fertilizer (multicote®; 06-18-12), 3) Compost applied at a rate of 6 t/ha and 4) Control treatment (without fertilization). The experiment was conducted in a randomized complete block design with factorial arrangement (tissue condition and fertilization treatment) and two replications. The useful plot consisted of a row of four plants, with two replications for each tissue condition (raw and cooked) and fertilization treatment. The sugar content (ºBx) in the stem (“pineapple”) and foliar base was evaluated, by using the refractometer. The tissue juice was obtained under two conditions: raw and after cooking the tissue for 8 h in an autoclave (110 ºC and 0.05 MPa pressure). The data obtained were used in the statistical analysis (ANOVA) and comparison of means (Tukey; $p \leq 0.05$). The sugar content resulted statistically similar between conditions of the maguey cenizo tissue and significant differences ($p \leq 0.05$) between fertilization treatments. Most of the fertilization methods showed statistically similar values, between 9.5 ºBx (chemical fertilization) and 7.4 ºBx (organic fertilizer). Plants with controlled release fertilizer showed statistically lower sugar content (7.2 ºBx). In cooked tissue, the highest value for sugar content (9.5 ºBx) was observed in plants with chemical fertilization, which was statistically equal to that registered in plants grown without fertilization (8.4 ºBx). The plants grown in the treatments with controlled release fertilizer (6.8 ºBx) and organic fertilizer (7.0 ºBx) presented significantly lower sugar content. The sugar levels obtained in the present study were low, in comparison with other reports related to maguey plants (6.4-15.1 ºBx). The results were related to the stage of development (juvenile) of the maguey cenizo plants and the production system, so that in the present study influence was observed for drip irrigation provided during the dry season of the year and weed competence. Limited influence was observed of the tissue cooking on the maguey cenizo sugar content, so this variable could be determined in raw “pineapples” and thus avoid the use of specialized equipment that generates additional costs. Early chemical fertilization with granulated fertilizer, lack of fertilization and, to a lesser extent, the application of organic fertilizer increased the sugar content in stems and foliar bases of maguey cenizo plants. Evaluation of the sugar content in raw maguey cenizo stems is recommended, avoiding the use of additional time and equipment for the tissue cooking. Refractometer readings could be used to evaluate the effect of fertilization and for the individual selection in populations of maguey cenizo showing higher sugar accumulation in the early stages of plant growth.

INTRODUCCIÓN

El maguey cenizo (*Agave durangensis* L.) es un insumo importante en la industria destiladora del estado de Durango, donde se utiliza principalmente para la elaboración de mezcal joven de tipo artesanal, que ha mostrado aceptación creciente de mercado. Se ha generado tecnología para la producción de planta de maguey tequilero (*Agave tequilana* Weber), especialmente en el manejo de los nutrientes minerales requeridos durante el ciclo vegetativo de la planta, previo a la fase reproductiva y jima (Zúñiga, 2013). Además, se puede considerar el riego por cintilla, lo cual puede contribuir al crecimiento acelerado del maguey cenizo, medido con base en altura del tallo y diámetro de la roseta. La validación y adopción de tecnología incrementará la eficiencia productiva del maguey cenizo y sotol en Durango, lo que a su vez facilitará el abastecimiento de materias primas de costo bajo para la industria.

Se ha observado variabilidad considerable entre poblaciones y plantas obtenidas a partir de semilla colectada en poblaciones naturales de maguey cenizo. Dicha respuesta se determinó con base en variables morfológicas y fisiológicas, como es el caso de la acumulación de azúcares en los tejidos del tallo y bases foliares de la planta (IPN, 2006). El contenido de azúcares se puede determinar en forma relativamente fácil, mediante el uso del refractómetro. Aunque, es necesario considerar la existencia de cadenas complejas de azúcares en maguey cenizo, entre las que se incluye la inulina (IPN, 2006; Zúñiga, 2013). Con base en lo anterior, se ha propuesto realizar la cocción del maguey, con lo cual se logra la hidrolización de los azúcares y se obtienen evaluaciones más precisas para la determinación de esta variables. La identificación de criterios eficientes para la selección favorecerá la obtención de individuos y poblaciones sobresalientes en condiciones de cultivo. Con ello, se podrán reducir los ciclos de jima sin descuidar la calidad de los azúcares contenidos en tallos y bases foliares del maguey cenizo.

La fertilización del suelo, se considera entre los componentes tecnológicos más importantes para favorecer el crecimiento del maguey cenizo. Además, se ha tratado de identificar fuentes de nutrientes que permitan la optimización de la eficiencia productiva del maguey cenizo en condiciones de vivero, invernadero y campo (Zúñiga, 2013; Sandoval, 2019; Rosales *et al*., 2020). Además, es necesario evaluar el crecimiento de esta especie en plantaciones comerciales establecidas directamente en campo, con la finalidad de evaluar la necesidad de proporcionar nutrientes adicionales para el crecimiento de la planta, sin incrementar de forma significativa los costos de producción. Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización temprana sobre la acumulación de azúcares en plantas de maguey cenizo cultivadas en Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Sitio. El presente proyecto se desarrolló en el Campo Experimental Valle del Guadiana, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Dicho Campo Experimental está situado en la carretera Durango-El Mezquital km 4.5 y se ubica en las coordenadas 23° 59’ 21” N, 104° 37’ 33” O y una altitud de 1,877 m. El suelo predominante del sitio es de tipo franco-arcilloso, el cual tiene capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 4%, pH de 7.9 y es pobre en contenido de materia orgánica, fósforo y nitrógeno. El clima predominante es templado semiárido [BS_1 kw (w) (e)], con régimen de lluvias en verano, variación fuerte de temperatura y una media anual para esta variable 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).

Plantación. La plantación inicial se realizó el 25 de abril de 2018 y la parcela experimental consistió en tres hileras de longitud variable (20 a 65 m). La cintilla utilizada fue de polietileno de 16 mm y goteros situados en cada planta (2 m). Se utilizó un modelo de plantación en tresbolillo, con una separación entre hileras de 3 m y distancia entre plantas de 2 m, para una densidad poblacional de 1,666 plantas/ha. En los primeros meses después de la plantación se aplicaron cuatro tratamientos de fertilización: 1) Fertilización química con fertilizante granulado (58-80-140) para nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O) (Zúñiga, 2013), 2) Fertilizante de liberación controlada multicote® (18-06-12) para igualar el suministro de nitrógeno (58-80-140), 3) Composta aplicada a razón de 6 toneladas por hectárea (600 g/m^2) y 4) Tratamiento testigo (sin fertilización). En el tratamiento que incluyó fertilizante granulado se aplicó según las recomendaciones generadas para *Agave tequilana* (Zúñiga, 2013).

Registro de Datos de Campo. El registro del contenido de azúcares (ºBx), se realizó entre el 15 de mayo y 11 de junio de 2021. Las evaluaciones se realizaron en 4 plantas por cada repetición para determinar la cantidad de azúcares (fructosa) en el tallo (piña) del maguey cenizo, mediante el uso del refractrómetro (Alla France® 950.032B-ATC; 0-32 ºBx). Se utilizó el método destructivo, que consitió en el corte de la planta, eliminación de las hojas, para separar las bases foliares y tejidos internos del tallo que serían utilizados en la evaluación del contenido de azúcares. En cada lectura se utilizaron dos gotas de savia, las cuales fueron extraídas en crudo con pinzas mecánicas y luego colocadas en la pantalla del refractómetro con la pipeta. Después, se cerró la tapa traslúcida y se tomó la lectura de ºBx con base en las indicaciones del fabricante.

Las muestras de campo se almacenaron en frascos de vidrio de 30 mL, con tapa “twist off”, colocados en cajas de cartón que se introdujeron al refrigerador antes del procesamiento de los tejidos en autoclave. La cocción se realizó por 8 h en autoclave, con una temperatura de procesamiento de 113 ºC y 0.05 Mpa de presión (IPN, 2006). Luego de la cocción, se dejaron enfriar las muestras y se refrigeraron, hasta que se realizaron las lecturas en el refractómetro después de atemperar las muestras del tejido cocido y refrigerado. La muestra se recolectó del líquido liberado por el tejido en el fondo del frasco, tomado con un hisopo de algodón y colocado en el refractómetro. El hisopo fue dehechado después de cada lectura, para evitar contaminación entre muestras.

Análisis Estadístico. Los datos obtenidos para el nivel de ºBx se utilizaron en el análisis estadístico (ANOVA), bajo un diseño en bloques completos al azar, con cuatro tratamientos de fertilización, dos condiciones del tejido (crudo y cocido) y dos repeticiones. La comparación de medias se realizó con base en la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). El análisis de varianza y la comparación de medias se realizaron con el programa de cómputo SAS Ver. 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectó igualdad estadística entre condiciones del tejido del maguey cenizo (crudo o cocido) y diferencias significativas ($p \leq 0.05$) cuando se compararon los tratamientos de fertilización (Cuadro 1 y 2). La mayoría de los tratamientos de fertilización mostraron valores estadísticamente iguales, con 9.5 ºBx en fertilización química y 7.4 ºBx en el tratamiento con abono orgánico. En contraste, las plantas en las que se aplicó fertilizante químico de liberación controlada mostraron un valor estadísticamente inferior (7.2 ºBx). En tejido cocido

se observó el valor más alto para el contenido de azúcares (9.5 ºBx), el cual resultó estadísticamente igual al registrado en las plantas cultivadas sin fertilización (8.4 ºBx). Las plantas cultivadas en el tratamiento con fertilizante de liberación controlada (6.8 ºBx) y con abono orgánico (7.0 ºBx) presentaron contenido significativamente inferior de azúcares.

Los niveles de azúcares obtenidos en el presente estudio fueron bajos en comparación con los reportados en otros estudios, en los que se obtuvieron valores entre 6.4-15.1 ºBx en maguey sacatoro, 18.9 ºBx en maguey espadín y 17.7 ºBx en maguey papalote; además se detectó contenido mayor en los tallos o piñas, en comparación con las hojas (pencas) (Barrientos, 2020). Los resultados se relacionaron con la etapa de desarrollo de las plantas y el sistema de producción, lo anterior debido a que se ha demostrado que las piñas de *Agave tequilana* Weber tienen un contenido mayor de azúcares en la época seca del año, debido a la proporción menor de agua en el jugo (Barrientos, 2020; Bautista, 2001). En las piñas de esa especie se requiere un nivel mínimo de 24% de azúcares totales para que el precio de compra se mantenga (Martínez *et al*., 2012). En el presente estudio, pudo influir el riego proporcionado durante la época seca del año, lo que redujo el contenido de sólidos solubles; aunque en otros experimentos se estableció que los ºBx no se modificaron por el fertilizante y el agua aplicada (Zúñiga *et al*., 2018). La cocción influyó de manera limitada sobre el contenido de azúcares en el tejido de maguey cenizo cultivado en condiciones de cielo abierto, por lo que se puede determinar esta variable en piñas crudas y con ello, evitar el uso de equipo especializado que genera costos adicionales.

Cuadro 1. Análisis de varianza para el contenido de azúcares en tejido crudo y cocido de maguey cenizo cultivado en diferentes tratamientos de fertilización.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	ºBx
Condición (C)	1	$0.5^{N.\ S.}$
Fertilización (F)	3	5.5*
C x F	3	$0.3^{N.\ S.}$
Error	8	0.9
Promedio		**8.1**
C. V. (%)		**11.4**

[1]gl= grados de libertad, N. S. = no significativo, *significativo ($p \leq 0.05$), [2]C. V. = coeficiente de variación.

Cuadro 2. Valores promedio para el contenido de azúcares en tejido crudo y cocido de maguey cenizo cultivado en diferentes tratamientos de fertilización.

Ambiente	Especie	ºBx Crudo	ºBx Cocido
Química (162-150-250)	Maguey	9.5 ± 0.73^{a}	9.5 ± 0.4^{a}
Lib. Con. (162-150-250)	Maguey	7.2 ± 0.65^{b}	6.8 ± 0.7^{b}
Orgánico	Maguey	7.4 ± 0.25^{ab}	7.0 ± 0.9^{b}
Sin Fertilización	Maguey	9.4 ± 0.01^{a}	8.4 ± 0.5^{ab}

Promedio Maguey		**8.3**	**7.9**
[1]C. V. (%)		**11.1**	**11.7**
Química (162-150-250)	Sotol	19.0 ± 3.6	16.7 ± 2.9

[1]C. V. = coeficiente de variación. Las letras en cada columna representan diferencias significativas entre tratamientos de fertilización ($^{a-b}$) de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

- La fertilización temprana con fertilizante químico granulado, la falta de fertilizante y en menor medida, la aplicación de abono orgánico incrementaron el contenido de azúcares en tallos y bases foliares de hojas de maguey cenizo.
- Es recomendable evaluar el contenido de azúcares en tallos crudos de maguey cenizo, lo que evita el uso de tiempo y equipo adicional para la cocción.
- El refractómetro puede utilizarse en la selección individual de plantas de maguey cenizo sobresalientes por la acumulación de azúcares en etapas tempranas de crecimiento.

REFERENCIAS

Barrientos R., G. 2020. Programa de manejo para la conservación de los *Agaves angustifolia* y *cupreata* en el estado de Guerrero. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Guerrero. Acapulco, Gro., México. 151 p.

Bautista J., M., L. García O., R. Salcedo H., y L. A. Parra N. 2001. Azúcares en agaves (*Agave tequilana* Weber) cultivados en el estado de Guanajuato. Acta Universitaria 11(001): 33-38.

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.

IPN (Instituto Politécnico Nacional). 2006. Evaluación del contenido de azúcares en piñas de agave mezcalero producido en la región SE del estado de Durango. Informe Técnico Final. (Proyecto SIP No. 20060256). México. 14 p. Consultado en línea 25/07/2021. http://www.sappi.ipn.mx/cgpi/archivos_anexo/20060256_2900.pdf

Martínez R., S., A. Trinidad S., C. Robles, A. Galvis S., T. M. Hernández M., J. A. Santizo R., G. Bautista S., y E. C. Pedro S. 2012. Crecimiento y sólidos solubles de *Agave potatorum* Zucc. Inducidos por riego y fertilización. Revista Fitotecnia Mexicana 35(1): 61-68.

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.

Sandoval R., G. 2019. Producción de plántulas de maguey sacatoro (*Agave angustifolia* HAW.) y determinación de nitrógeno y fósforo total, con diferentes sustratos y concentración de solución nutritiva. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Guerrero. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Tuxpan, Iguala, Gro. México. 108 p.

Zúñiga E., L. 2013. Nutrición de *Agave tequilana* y manejo de los fertilizantes en un sistema de producción intensiva (riego por goteo). INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Las Huastecas. Villa Cuauhtémoc, Tamps. México. 46 p.

Zúñiga E., L., E. Rosales R., M. de J. Yáñez M., C. Jacques H. 2018. Características y productividad de una planta MAC, *Agave tequilana* desarrollada con fertigación en Tamaulipas, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 9(3): 553-564.

GERMINACIÓN DE CHILE CHILTEPIN (*Capsicum Annuum Var Glabriusculum*) BAJO DIFERENTES METODOS PREGERMINATIVOS.

CHILE CHILTEPIN (Capsicum Annuum Var Glabriusculum) GERMINATION UNDER DIFFERENT PREGERMINATIVE METHODS.

Saúl De Lira Covarrubias[1], Dr. Obed Gabriel Gutiérrez Gutiérrez[2*], M.C. Judith Puentes Gutiérrez[1], Dr. José Luis García Hernandez[1], Dr. Miguel Ángel Gallegos Robles[1].

1Universidad Juárez del estado de Durango- Facultad de Agricultura y Zootecnia Gómez palacio Dgo. Carretera Gómez Palacio Tlahualillo.
2Campo Experimental Valle de Culiacán, INIFAP-CIRNO. Carretera Culiacán-Elaborado km 17.5. gutierrez.obed@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Chiltepín (*C. annuum* Var. glabriusculum) is one of the natural resources of the Sierra Sinaloa, which reaches a commercial value of approximately $ 1000.00 per kg. Chiltepín is difficult to cultivate, because it is a native plant of the mountain region and the germination of the seed is achieved when the fruit is ingested by birds and passes through their digestive tract. The objective of this study was to compare the effect of different pre germinative methods on the germination percentage of chiltepín. The methods were: leachate from cattle with different percentages (100, 50 and 1% leachate, 100% commercial chlorine and a control). The start of germination takes place after 8 days. The germination percentage that was reached under these conditions was 91%. It is carried out in pre-germination treatments that the percentage of 50% leachate with 50% water helps the seed to have a high germination speed. Since the commercial chlorine with the percentage of 100% is the one that had a high percentage of germinated seeds. It is necessary to carry out research related to the growth, development and establishment of chiltepin cultivation in order to generate economic resources derived from this activity in the region.

Key words: commercial chlorine, chiltepín. Germination.

RESUMEN

El chiltepín (*C. annuum Var.* Glabriusculum) es uno de los recursos naturales de la sierra sinaloense, el cual alcanza un valor comercial de $1000.00 por kg aproximadamente. El chiltepín es difícil de cultivar, debido a que es una planta nativa de la región serrana y la germinación de la semilla se logran cuando el fruto es ingerido por aves y pasa por su tracto digestivo. El objetivo de este estudio fue comparar el efecto de diferentes métodos pre germinativos en el porcentaje de germinación de semillas de chile chiltepín. Los métodos

fueron: lixiviado de ganado bovino con diferentes porcentajes (100, 50 y 1% de lixiviado, 100% cloro comercial y un testigo). El inicio de la germinación se observó a los 8 días. El porcentaje de germinación que se alcanzó bajo estas condiciones fue de 91 %. Se observó en los tratamientos pre germinativos que el porcentaje de 50 % de lixiviado con 50 % de agua ayuda a la semilla a tener una alta rapidez de germinación. Ya que el cloro comercial con el porcentaje de 100 % es el que tuvo un elevado porcentaje de semillas germinadas. Es necesario realizar investigaciones relacionadas con el crecimiento, desarrollo y establecimiento del cultivo de chiltepín para generar en la región recursos económicos que deriven de esta actividad.

Palabras clave: cloro comercial, chiltepín. Germinación.

INTRODUCCIÓN

La superficie mundial sembrada de chile asciende a 1.7 millones de hectáreas y una producción de 29, 939,029 ton (Macías-Rodríguez et al., 2013). En el ámbito mundial, China es el mayor productor, seguido de México, Turquía, EE.UU., España e Indonesia. Los principales países importadores son EE.UU, Alemania, Reino Unido, Francia, Holanda y Canadá SAGARPA 2017). La producción de chile seco es de gran importancia en México; el chile guajillo (*C. annuum L.)* es uno de ellos y se utiliza principalmente para la elaboración de pastas para moles que se incorporan en diferentes platillos regionales. Los estados donde más se cultiva este tipo de chile son Zacatecas y Durango y, en menor escala San Luis Potosí, Chihuahua, Aguascalientes y Jalisco. Es importante señalar que los agricultores prefieren sembrar variedades nativas, ya que las mejoradas o los híbridos no tienen el mismo sabor y, por lo tanto, el sabor del mole y otros platillos cambia o no es de la calidad acostumbrada (Macías-Rodríguez et al., 2013).

De las variedades cultivadas en México, por su importancia económica, sobresalen diez variedades o tipos diferentes, donde se incluye al chile piquín silvestre, que se ubica dentro de *C. annuum* L. var. glabriusculum (Dunal) Heiser and Pickersgill syn. C. annum L. var. aviculare (Dierbach) (Reddy *et al.,* 2014). En México, la importancia de este cultivo reside en que al ser un cultivo intensivo, requiere una elevada cantidad de mano de obra, de 120 a 200 jornales por hectárea cosechada (Arroyo, 2012). Se caracteriza por la heterogeneidad de formas, tamaños y colores del fruto.

El chile piquín se encuentra ampliamente distribuido principalmente en toda la zona costera del país desde Sonora hasta Chiapas por el Océano Pacífico y desde Tamaulipas hasta Yucatán y Quintana Roo por el Océano Atlántico en donde es muy conocido y recibe una

diversidad de nombres locales (González lara *et al*., 2011). Este tipo de chile es pequeño, es más picoso que otros y se torna rojo al madurar. La composición bioquímica del chile piquín presenta una amplia variación en las etapas de maduración de los frutos; C. annuum var. aviculare es considerado como el ancestro silvestre de todas las formas de chiles cultivados conocidos dentro de esta especie (Jalapeño, Serrano, Ancho, Pasilla, Guajillo, de Árbol, entre otros.) (Vela, 2009). El chile Piquín tiene un sabor agradable característico y una pungencia identificada por sus consumidores, quienes lo describen como "arrebatado" o "no rabioso", lo cual significa que, aunque es muy picoso, esa sensación desaparece rápidamente. La cosecha del ciclo otoño-invierno inicia en diciembre y concluye en agosto, los principales estados productores son Chihuahua, Sinaloa y Zacatecas (SIAP, 2010; SAGARPA, 2017). Debido a que existe muy poca información sobre la germinación del chile chiltepín y su posible domesticación, siendo este un recurso alimenticio y económico para los pobladores de la región, es necesario implementar alternativas que garanticen el recurso para las futuras generaciones. Por tal motivo, en el presente trabajo se pretendió valorar la semilla del chile chiltepín de la región sonorense, tratadas con diferentes tratamientos pre germinativos para la estimulación de la germinación y desarrollo de las plántulas de acuerdo con las condiciones ambientales de la comarca lagunera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección del material vegetal. El presente trabajo se realizó en la Facultad de Agricultura y Zootecnia Universidad Juárez del Estado de Durango ubicado en el municipio de Gómez Palacio Dgo. Se utilizaron semillas de la variedad chiltepín *C. annuum var. glabriusculum* obtenidas de la región lagunera. Se colecto 1 kg de chile de forma manual, se realizó la selección de frutos que tuvieran color rojo intenso y tamaño similar. Posteriormente, se dejó secar durante dos semanas, una vez trascurridas las semanas del secado se abrió el fruto y se extrajeron las semillas seleccionando aquellas que estuvieran en buen estado, color, tamaño, y ausencia de necrosis.

Tratamiento de la semilla. Se colocaron semillas de chile chiltepín en un recipiente con agua, con el objetivo de eliminar semillas consideradas vanas al permanecer flotando.

Tratamiento del sustrato. Se utilizaron cajas Petri para ahí ser depositadas las semillas con el porcentaje de lixiviado y el porcentaje de cloro comercial. Posteriormente se utilizaron cajas Petri para su duración de 12 horas en el tratamiento pre germinativo para luego ser incorporadas a la siembra en charolas.

Siembra. Se llenaron 5 charolas con el Pitt Most luego en cada orificio de la charola se colocó una semilla previamente tratada a una profundidad de 0.5 cm, una vez incorporadas las cinco repeticiones con 50 semillas cada una, se remojaron con agua destilada. Se colocaron las 5 charolas con los diferentes tratamientos pre germinativo bajo sombra a una temperatura de 35 grados y un periodo de 10 horas luz y 14 horas en la oscuridad.

Riegos. El riego se realizó durante la mañana y en la noche durante las tres primeras semanas. Después de este periodo, solamente se realizaron los riegos una vez al día.

Tratamientos pre germinativos. Para el ensayo de germinación se utilizaron cinco tratamientos con 5 repeticiones cada uno. Los tratamientos utilizados fueron: T1 = 50% agua + 50% lixiviado; T2 = testigo; T3 = 100% lixiviado; T4 = 99% agua + 1% lixiviado; T5 = 100% cloro comercial.

Diseño experimental. Se utilizó un diseño con bloques completamente al azar con 5 tratamientos y 5 repeticiones cada repetición

Variables evaluadas. Se evalúo la emergencia y se contabilizó el número de plantas emergidas del sustrato a los 7 días después de la siembra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el estudio de las semillas del chiltepín, tratadas con diferentes tratamientos pre germinativos se evaluaron los parámetros de germinación. Así mismo, se valoró el desarrollo de la plántula en cada tratamiento. También, se muestra el porcentaje de germinación promedio de cada uno de los tratamientos. El tratamiento 5 con cloro comercial al 100 % obtuvo el mayor porcentaje de germinación (91.67 %). Esto indica que puede ser un método adecuado para poder estimular la germinación de la semilla. Después le sigue el tratamiento 1 con 50 % de agua y 50 % de lixiviado de ganado bovino obteniendo un porcentaje de 87.7 % de semillas germinadas. En este tratamiento durante su germinación se pudo observar que presentaron un mayor índice de velocidad de germinación. Esto podría favorecer el establecimiento de la especie durante la época de lluvias que es cuando hay mayor competencia con las malezas.

tratamientos	% de germinacicon
T1	87.5
T2	68.75
T3	81.25
T4	85.42
T5	91.67
Total general	**82.91666667**

Tabla 1. Porcentaje de germinación de semillas de chile chiltepín con diferentes métodos pre germinativos.

Se puede observar que hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados, siendo el tratamiento 1 y 5 los que presentaron el mayor porcentaje de germinación. En general su tuvo un promedio de 82. 91 % de semillas germinadas en los 5 tratamientos pre germinativos.

CONCLUSIÓN

Sin embargo, en la presente investigación se trataron semillas silvestres provenientes del estado de sonora se observó que la semilla previamente tratada con cloro comercial se obtiene un mayor número de porcentaje de semillas emergidas. las semillas tratadas con el porcentaje de 50 % de agua y 50 % de lixiviado de ganado bovino ayuda a la semilla a tener un buen índice de velocidad de germinación.

El cloro comercial con el porcentaje de 100 % es un tratamiento pre germinativo viable para la germinación de semillas de chiltepín pro- cedente de la región sonorense ya que con solo 2 semanas de haberlas incorporado a las charolas en esta se observó el porcentaje elevado de semillas germinadas. Es factible la germinación de la semilla realizando previo tratamiento sumergiéndola con cloro comercial. Es así como los agricultores pueden contar con una alternativa para germinar planta.

BIBLIOGRAFIA

Arroyo-Vargas L. 2012. Normas preliminares de diagnóstico nutrimental compuesto y correlaciones nutrimentales en pimiento (Capsicum annuum L.). Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Edo de México. México. 44 pp.

González-Jara, P.; Moreno-Letelier, A.; Fraile, A.; Piñero, D.; García-Arenal, F. 2011. Impact of Human Management on the Genetic Variation of Wild Pepper,Capsicum annuum var. glabriusculum. PLoS ONE 6(12): e28715. doi:10.1371/journal.pone.0028715.

Macias-Rodriguez, H.; Muñoz-Villalobos, J.A.; Velásquez-Valle, M.A.; Potisek-Talavera, M.C.; Villa-Castorena, M.M. 2013). Chile Habanero: Descripción de su cultivo en la península de Yucatán. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas 12: 37-43.

Ramírez, L. E.; Castillo, A.C. de la C.; Aceves, N.E.; Carrillo, Á. E. 2005. Efecto de productos con reguladores de crecimiento sobre la floración y amarre de fruto en chile habanero. Revista Chapingo serie Horticultura 11(1):93-98.

Reddy, U.K.; Almeida, A.; Abburi, V.L.; Alaparthi, S.B.; Unselt, D.; Hankins, G. 2014. Identification of Gene-Specific Polymorphisms and Association with Capsaicin Pathway Metabolites in Capsicum annuum L. Collections. PLoS ONE 9(1): e86393. doi:10.1371/journal.pone.0086393.

Tucuch-Haas, C.J.; Alcantar-Gonzalez, G.; Ordaz Chaparro, V.M.; Santizo-Rincón, J.A.; LarquéSaavedra, A. 2012. Producción y Calidad de Chile habanero (Capsicum chinense Jacp.) con diferentes relaciones NH4+/NO3- y tamaño de partícula de sustratos. Terra Latinoamericana 30 (1): 9-15.

Vela, E. 2009. Los chiles de México. Arqueología Mexicana. Edición especial. Número 32.

HÍBRIDOS DE SORGO PARA GRANO EN GUANAJUATO

SORGHUM HIBRIDS FOR GRAIN IN GUANAJUATO

Lourdes Icxel Cornejo Méndez[1], Ulises Aranda Lara[2], Ricardo Yáñez López[3], Jorge Covarrubias Prieto[1], Alfredo Josué Gámez Vázquez[2]

[1]Tecnológico Nacional de México- Roque, km 8 carretera Celaya-Juventino Rosas; [2]INIFAP-Campo Experimental Río Bravo. Carretera Matamoros-Reynosa, km 61.
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, km 6.5 carretera Celaya-San Miguel.
Autor de correspondencia: icxelcm@hotmail.com

RESUMEN

A nivel mundial el sorgo ocupa el 5º lugar en producción después del maíz, trigo, arroz y cebada. Al ser un cultivo de origen tropical adaptado a través de mejoramiento genético a diversos ambientes y por sus requerimientos nutricionales y algunas características de origen como resistencia a la sequía y tolerancia a altas temperaturas; se convierte en uno de los cereales de más importancia en diversas partes del mundo. La investigación de nuevos híbridos que muestren tolerancia al ataque de plagas y enfermedades hoy en día es un tema relevante debido al cambio climático. El presente trabajo se realizó para determinar el comportamiento agronómico de 25 híbridos de sorgo en las localidades de Celaya y Acámbaro, Guanajuato. La parcela experimental constó de cinco surcos de 5 m de longitud y 0.80 m de ancho, se estableció bajo un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Se realizó el análisis de varianza combinado y, la comparación de medias mediante la prueba de rango múltiple de Tukey con $P \leq 0.05$.

ABSTRACT

Sorghum ranks 5th in production worldwide after corn, wheat, rice and barley. Being a crop of tropical origin adapted through genetic improvement to various environments and due to its nutritional requirements and some characteristics of origin such as resistance to drought and tolerance to high temperatures; it becomes one of the most important cereals in various parts of the world. The investigation of new hybrids that show tolerance to the attack of pests and diseases is today a relevant topic due to climate change. The present work was carried out to determine the agronomic behavior of 25 sorghum hybrids in the localities of Celaya and Acámbaro, Guanajuato. The investigation of new hybrids that show tolerance to the attack of pests and diseases is today a relevant topic due to climate change. The present

work was carried out to determine the agronomic behavior of 25 sorghum hybrids in the localities of Celaya and Acámbaro, Guanajuato.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la FAO (2020), Estados Unidos de América ocupa el primer lugar en producción de sorgo, seguido de Nigeria, Etiopia y México con una producción de 8.67, 6.66, 5.26 y 4.35 millones de toneladas de este grano. No obstante, México solo satisface un 60.60% de su propio requerimiento nacional, por lo que depende en poco más del 39 %, de importaciones provenientes de Estados Unidos. (SAGARPA, 2017). De acuerdo al SIAP (2020), el 87 % de la superficie sembrada de sorgo se concentrado en los estados de Tamaulipas, Guanajuato, Sinaloa, Michoacán, Nayarit Morelos y Jalisco (en orden de importancia para la producción de este grano). Esta producción abastece al sector industrial con materia prima para la elaboración de alimentos balanceados para animales, que a su vez son esenciales para proveer de proteínas de origen animal para consumo humano (ONU, 2018). En los últimos cinco años la superficie de sorgo se ha disminuido hasta un 30%, lo que equivale a 600 mil hectáreas menos y una reducción en la producción del 40% equivalente a 3.7 millones de toneladas al año, principalmente por las infestaciones de pulgón amarillo. Debido a la necesidad de coadyuvar en el desarrollo y evaluación de materiales de sorgo con características que permitan elevar la productividad en el Bajío, este trabajo ser planteo con el objetivo de determinar el comportamiento agronómico de 25 híbridos de sorgo en las localidades de Celaya y Acámbaro, Guanajuato.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del experimento, se estableció la evaluación en las localidades de Acámbaro y Celaya, Gto en el ciclo primavera verano 2020. (Instituto Tecnológico de Roque). El experimento se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, por localidad y para estimar el efecto de localidades y la interacción de estas con los 25 genotipos de sorgo.

Como preparación del lote se realizó un barbecho, un paso de rastra y surcado, ambos terrenos tienen condiciones similares en cuanto a nivelación. La siembra se realizó manualmente el 25 de Julio en el municipio de Acámbaro y el 27 de Julio en Celaya, a una

densidad de 8 kg ha^{-1}, con tres surcos de 5 m de longitud a una distancia de 0.75 m de ancho, como parcela experimental.

En ambas localidades y con base en el muestreo de suelo, se llevó a cabo la estimación de dosis de fertilización (39-26-08-24S) con respecto a una meta de rendimiento, tomando en cuenta, la fuente requerida, (Fórmula 18-26-08 +MIC y Sulfato de Amonio (21-0-0-24S), y el momento oportuno de aplicación que se dividió en tres etapas, a la siembra, a los 45 días después de la emergencia y una última aplicación antes de floración, simultáneamente se aplicó un fertilizante foliar 20-30-10 para cubrir las necesidades totales.

Con la finalidad de detectar a tiempo el umbral económico de los insectos plaga, se realizaron muestreos por tratamiento con el método de cinco de oros. Para contabilizar el daño por gusano cogollero se contabilizaron 50 plantas por repetición a partir de los 30 días después de la siembra (DDS). La severidad e incidencia de pulgón amarillo se contabilizó con base en la tabla de monitoreo rápido, revisando el envés de las hojas (alados y ápteros). El control de maleza se realizó de forma mecánica con una escarda y dos deshierbes manuales en inicios de la etapa 4 de última hoja visible. En la localidad de Celaya, a los 19 días se realizó el control de gusano cogollero con novaluron: al 9.34% y en Acámbaro a los 21 DDS con benzoato de emamectina a razón de 150 mL ha^{-1} y dosis de 200 mL ha^{-1} respectivamente. En el caso de pulgón amarillo, cuando se alcanzó el umbral de control, se aplicó imidacloprid a los 46 DDS en Roque y a los 52 DDS en Acámbaro. Se realizó un riego en Celaya a los 36 DDS, y el 2° experimento se condujo bajo temporal. Las variables evaluadas en campo fueron diámetro del tallo, altura de planta, longitud de panoja, diámetro de la panoja, número de hojas y rendimiento de grano (tonha^{-1}). A los resultados se les realizó un análisis combinado y la prueba múltiple de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado del análisis de varianza combinado se presenta en el Cuadro 1, en el que se puede apreciar que existieron diferencias significativas ($p \leq 0.01$), entre los híbridos y en la interacción híbridos x localidad, para todos los rasgos del experimento. El factor de estudio, que no presentó diferencias estadísticas, fueron las localidades (ambientes), ya que aportaron el 85.8 y 98.5 %, de la variación total en la expresión de las variables longitud y diámetro de panícula; mientras que diámetro del tallo, peso volumétrico y rendimiento 88.5 %, 77.7 %, 74.5 % respectivamente. Los híbridos con diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$), como era de esperarse, por ser genéticamente diferentes entre sí, se conformaron como el

segundo factor de estudio en importancia de la variabilidad generada en la expresión de las variables longitud (8.3 %) y diámetro de panícula (0.8 %), excersión (39.8 %), diámetro de tallo (6.6 %), peso de cien semillas (45.1 %), peso volumétrico (13.4 %) y rendimiento (19.1 %).Como bien lo menciona (Moana, 2016) muchos híbridos de sorgo son liberados y registrados, para zonas agroecológicas que varían en altitud, temperaturas y precipitación; no obstante, la mayoría se recomiendan para zonas específicas; no solo debido a estos efectos de interacción se realizan investigaciones, agronómicas, sino también sobre la calidad y el contenido nutricional (Wirnas *et al.,* 2015), además de modificar el contenido de solutos totales (De Souza *et al.,* 2013).

De acuerdo con Gómez y Gómez (1984), los coeficientes de variación obtenidos se pueden considerar como aceptables y por lo tanto su establecimiento, conducción y análisis estadísticos.

Cuadro 1. Análisis de varianza combinado bajo un diseño de bloques completos al azar por localidad.

Fuentes/ variación	Longitud panícula	Diámetro panícula	Excersión	Diámetro de tallo	Peso cien semillas	Peso volumétrico	Rendimiento
Localidad (Loc)	303.0	315.0	7.1	5.8	0.07	469.5	145.4
Loc/Rep	134.5	17.2	89.3	1.75	3.12	698.5	13.8
Genotipos (Var)	29.4**	2.6**	59.94**	0.43**	0.55**	80.7**	37.19**
Gen*Loc	20.8**	2.1**	83.64**	0.32**	0.6**	54.3**	12.54**
CV Loc (%)	19.5	11.1	7.8	22	19.2	17.5	21.6
CV Gen (%)	7.1	6.5	5.8	8.3	8.9	6.4	5.1

G L: Grados de libertad; **, *, Significativa al 0.01 y 0.05 niveles de probabilidad respectivamente; CV: Coeficiente de variación.

Con la prueba de Tukey entre localidades, se encontraron diferencias en las variables evaluadas, a favor de la localidad de Acámbaro, diferencias que solo se pueden interpretar como tendencias estadísticas. En cuanto a longitud de panícula el valor fue superior por 2.84 cm, la variable diámetro de panícula por 2.84 cm, superando con aproximadamente

1.9 t ha^{-1} a la localidad de Celaya en cuanto a la variable rendimiento. Como se muestra a continuación en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Comparación de medias (Tukey, 0.05) entre localidades de la evaluación de 25 híbridos de sorgo grano en El Bajío, México.

Localidad	Longitud panoja	Diámetro panoja	Excersión	Diámetro de tallo	Peso cien semillas	Peso volumétrico	Rendimiento
Acámbaro	28.1ª	28.1A	16.1a	1.9a	2.8A	65.9a	8.0a
Celaya	25.2ª	25.2A	16.6a	1.5a	2.7A	62.3a	6.1a

En el cuadro 3, se observan las medias de rendimiento, donde el hibrido 16 con la mejor media de rendimiento y superó al segundo grupo de importancia conformado por los híbridos 13,15 y 22, superados con de 1.6 t ha^{-1}, además de superar al híbrido 14 con 3.5 t ha^{-1} y a los testigos con 8.9 t ha^{-1} en promedio, además de superarlos en peso volumétrico con 10.7 kg hL^{-1} y con 0.87 g por cada cien semillas. Las diferencias en rendimiento básicamente estuvieron soportadas por un mayor peso volumétrico y peso de cien semillas, que se conformaron como los componentes del rendimiento de mayor importancia al obtener similares respuestas al rendimiento, al clasificarse en grupos estadísticos equivalentes a los del rendimiento. Por lo que los híbridos experimentales nacionales resultaron con mayor rendimiento, lo que da lugar a mejores opciones para que los productores de Guanajuato obtengan mayores rendimientos, con menores inversiones en el concepto de adquisición de semilla.

Cuadro 3. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de rendimiento entre 25 híbridos de sorgo grano.

Híbrido	Rendimiento (t ha^{-1})			Híbrido	Peso volumétrico (kg hL^{-1})			Híbrido			Peso cien granos (g)	
16	12.4		a	16	69.2		a	16	3.3		a	
13	11.2		b	10	68.9		a	15	3.2	b	a	
15	10.6		b	11	68.4	b	a	14	3.1	b	a	c
22	10.5		b	18	68.1	b	a C	13	3.1	b	a	c
14	8.9		c	22	67.4	b	a C	5	3.1	b	a	c
10	8.5	d	c	8	67.0	b	a C	17	3.0	b	a	c
18	8.3	d	c e	17	66.8	b	a C	7	3.0	b	a	c

9	8.1	d	F	c	e		20	66.8		b		a	C		4	3.0		b			a		c		
8	7.9	d	F	g	e		25	66.5		b		a	C		12	3.0		b			a		c		
11	7.6	h	F	g	e		19	65.6		b	d	a	C		11	3.0		b			a		c		
12	7.4	h	F	g	i		12	65.1	e	b	d	a	C		18	2.9		b		d	a		c		
19	7.2	h		g	i		15	65.1	e	b	d	a	C		22	2.9		b		d	a		c		
20	7.1	h			i		14	64.9	e	b	d	a	C		20	2.9	e	b		d	a		c		
5	6.8			j	i		5	64.8	e	b	d	a	C		21	2.8	e	b		d	a		c	f	
4	6.7			j	i		7	64.4	e	b	d	a	C		19	2.8	e	b		d	a		c	f	
25	6.7			j	i		13	64.4	e	b	d	a	C		25	2.8	e	b		d	a	g	c	f	
24	6.3			j			4	64.1	e	b	d	a	C		10	2.8	e	b		d	a	g	c	f	
7	6.2			j			21	62.0	e	b	d	a	C		8	2.8	e	b		d	a	g	c	f	
21	5.2			k			9	61.6	e	b	d	a	C		9	2.6	e	b		d	h	g	c	f	
17	5.0			k			24	61.1	e	b	d	a	C		1	2.6	e			d	h	g	c	f	
3	4.5			k			1	59.6	e	b	d		C		2	2.4	e			d	h	g		f	
23	4.5			k			23	59.5	e	b	d		C		23	2.3	e				h	g		f	
6	3.5			l			2	59.2	e		d		C		3	2.3					h	g		f	
1	3.1			l			6	56.9	e		d				6	2.3					h	g			
2	2.8			l			3	56.6	e						24	2.2					h				

Medias con distinta letra en las columnas son estadísticamente diferentes (DMS, P ≤ 0.05).

CONCLUSIONES

Los híbridos 16, 13 y 15 son prospectos para continuar su evaluación ya que superaron a los híbridos de empresas trasnacionales con 8.9 t ha-1 en promedio, con base en una acumulación superior de peso volumétrico (10.7 kg hL^{-1}, más que los testigos) y 0.87 g extras a lo obtenido en el peso de cien semillas.

REFERENCIAS

Bernardi, L. (2019). Perfil del sorgo. Ministerio de Agricultura Ganaderia y Pesca.

FAOSTAT. (2020). Organización de las Naciones Unidas. Recuperado el 4 de Abril de 2020, de http://www.fao.org/food-agriculture-statistics/es/.

ONU. (2018). Cereales y granos. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura.

Pérez, A., Saucedo, O., Iglesias, J., Hilda, B., F, W., G, R., y otros. (2010). Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench). Scielo.

SAGARPA. (2017). Planeación agrícola nacional 2017-2030. Sorgo grano mexicano. Ciudad de México: Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación.

SAGARPA-SIAP. 2019. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuario estadístico de la producción agrícola, año agrícola 2015. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/.

Worede, F. M. (2020). Yield stability and adaptability of lowland sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench) in moisture-deficit areas of Northeast Ethiopia. Cogent food & agriculture., 14.

HIBRIDOS EXPERIMENTALES Y COMERCIALES DE MAÍZ PARA GRANO EN LA COMARCA LAGUNERA

EXPERIMENTAL AND COMMERCIAL CORN HYBRIDS FOR GRAIN IN THE LAGUNERA REGION

Armando Espinoza Banda[1], Oralia Antuna Grijalva[1], Jorge Quiroz Mercado[1], José Luis Coyac Rodríguez[1], Moisés Mauricio López Vázquez[1]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Periférico y Carretera Sta. Fé S/N, Torreón Coah. aebanda7@yahoo.com.mx

RESUMEN

Con el objeto de evaluar el potencial de rendimiento de grano, se evaluaron 17 mestizos, 19 híbridos tipo braquitico, 7 híbridos comerciales y dos testigos, una línea y una variedad de polinización libre. La siembra se realizó el 10 de abril del 2020 en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. El diseño experimental fue en bloques incompletos y tres repeticiones. La siembra se realizó en seco en surcos de tres metros de largo y 0.75 m entre surcos. El riego fue por goteo y se fertilizó con 180-90-00. Se cuantificaron las siguientes variables: Floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca, Longitud, diámetro, numero de hileras y granos por hilera en la mazorca, además de rendimiento de grano. El análisis de varianza detectó diferencia significativa ($p \leq 0.01$) para todas las variables evaluadas. Para rendimiento de grano el híbrido simple experimental L-6x EN-07-7 presentó el mayor rendimiento de grano con 14.496 t ha^{-1}, estadísticamente igual a seis híbridos comerciales, al híbrido experimental EN-08-1xEN-08-12 y a los mestizos L-28xCHOJO, TL-244xCHOJO y EN-03-9xCHOJO.

ABSTRACT

In order to evaluate the potential of grain yield, 17 mestizos, 19 brachytic-type hybrids, 7 commercial hybrids and two controls, a line and a variety of free pollination were evaluated. The sowing was carried out on April 10, 2020 in the Experimental Field of the University Antonio Narro. The experimental design was in incomplete blocks and three repetitions. The sowing was carried out dry in rows of three meters long and 0.75 m between rows. Irrigation was drip and fertilized with the formula 180-90-00. The following variables were quantified: male and female flowering, plant and ear height, length, diameter, number of rows and grains per row on the ear, as well as grain yield. The analysis of variance detected a significant difference ($p \leq 0.01$) for all the variables evaluated. For grain yield, the experimental simple hybrid L-6x EN-07-7 presented the highest grain yield with 14,496 t ha^{-}

[1], statistically equal to six commercial hybrids, to the experimental hybrid EN-08-1xEN-08-12 and to the mestizos L-28xCHOJO, TL-244xCHOJO and EN-03-9xCHOJO.

INTRODUCCIÓN

Un programa de mejoramiento genético de maíz es un proceso continuo (De la Cruz *et al.*, 2008) en el cual deberán seleccionarse fuentes de germoplasma orientadas a formar genotipos deseados (Vasal et al.,1994). Por tanto, si se desea obtener variedades o mejorar los hibridos se recurre a los métodos de mejoramiento de selección recurrente. Para ambos métodos es necesario desarrollar líneas endocriadas. La evaluación apropiada para desarrollar líneas puras es un aspecto muy crítico pues deben ser vigorosas, de buenas características agronómicas y alto rendimiento (Kahriman *et al.,* 2016 y Caicedo *et al*., 2017). La prueba de mestizos (línea x probador) es el método más adecuado para la elección de las líneas superiores (Tosquy *et al*., 1998). Un probador deseable se define como aquel que combine la simplicidad en su uso con la máxima información en el comportamiento de las líneas, pero ningún probador puede satisfacer completamente estos requisitos (Matzinger, 1953).

El programa de mejoramiento de la UAAAN-UL, ha estado trabajando un grupo de 112 líneas tipo braquitico derivadas de la cruza entre una línea tipo braquitico derivada del sintético Lucio Blanco y un grupo de colecciones criollas de diverso origen. Las líneas se evaluaron per-se durante 2014 a 2016 seleccionando 20 líneas. En 2017 se cruzaron con dos probadores contrastantes (variedad de PL y una línea) y, en 2018 se evaluaron los mestizos en los ciclos primavera y verano. En 2019 se formaron 17 mestizos, 19 híbridos con líneas tipo braquitico (Línea x Línea), los cuales se evaluaron durante la primavera 2020. El objetivo fue ccomparar el potencial de rendimiento y características agronómicas de los mestizos, híbridos tipo braquitico y los híbridos comerciales.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en la Unidad Laguna en Torreón Coahuila, ubicada entre los paralelos 25° 42’ y 24° 48’ de latitud norte; los meridianos 103° 31’ y 102° 58’ de longitud oeste. Se evaluaron 45 tratamientos, 17 mestizos, 19 híbridos tipo braquitico, 7 híbridos comerciales como testigos además de la variedad de polinización libre (PL) “Chojo” y la Línea 244. La siembra se realizó el 10 de abril de 2020, en seco depositando dos semillas por golpe. El diseño fue en bloques al azar en un alfa látice de 24 bloques y 12 tratamientos por bloque

con tres repeticiones. La parcela experimental constó de un surco de 3m de largo y 0.75m entre surco, con plantas separadas a 12.5 cm. El manejo agronómico fue el recomendado por INIFAP para la Comarca Lagunera. Se cuantificaron Floración masculina (FM) y femenina (FF), altura de planta (AP) y mazorca (AMZ), longitud (LM), diámetro (DMZ), numero de hileras (NH), granos por hilera (GH) en la mazorca y rendimiento de grano (REN). Para el análisis se usó el programa estadístico SAS® versión 9.4 (SAS Institute Inc., 2019).

RESULTADOS Y DISCUSION

En Cuadro 1, se concentra la significancia de los cuadrados medios de las variables evaluadas. Se observan diferencias significativas ($p \leq 0.01$) para las ocho variables agromorfológicas y para rendimiento de grano. Estos resultados muestran que los materiales evaluados tienen diferencias agromorfológicas muy diferentes al igual que su potencial de rendimiento. Los coeficientes de variación indican que existió un buen control experimental.

Cuadro 1. Valores significativos de nueve variables evaluadas en 45genotipos de maíz para grano. UAAAN-UL. 2020.

Fuente	DF	FM	FF	AP	AMZ	LM	DMZ	NH	GH	REN
Rep	2	65.0**	2.2	107.5	137.1	0.49	4.39	0.16	0.67	3.16
Blo(Rep)	8	25.2**	12.6**	789.7**	215.9**	3.24	10.1	1.66	21.8	1.09
Trat	40	24.7**	38.2**	3395.6**	1556.9**	8.05**	42.4**	8.60**	47.37**	18.51**
Error	80	3.4	2.9	165.4	49.5	2.19	7.75	1.16	8.29	1.52
CV(%)		2.9	2.6	7.1	6.9	9.8	6.07	6.7	8.4	13.67
	$\bar{x}$	63.2	65.4	181.4	101.2	15.05	45.9	16	34.2	9.02

** Significativos al 0.01 de probabilidad. FM=Floración masculina, FF=Floración femenina, AP= Altura de planta, AMZ=Altura de mazorca, LM=Longitud de mazorca, DMZ= Diámetro de mazorca, NH= Numero de hileras, GH= Granos por hilera, REN= Rendimiento de grano.

En el cuadro 2 se presentan los valores medios de cada variable de los 15 tratamientos con mayor rendimiento de grano. El rendimiento de grano promedio de los genotipos fue de 9.02 t ha^{-1} y osciló de 3.924 a 14.496 t ha^{-1}. El híbrido experimental **L-6(A-56-14) x EN-07-7** registró el mayor rendimiento de grano con 14.496 t ha^{-1}, estadísticamente igual ($p \leq 0.01$) a 11 genotipos, en los cuales están seis híbridos comerciales, un híbrido experimental y cuatro mestizos. Lo anterior indica la diversidad genética de los materiales y el potencial de los híbridos experimentales y mestizos.

Cuadro 2. Valor medio de los 15 genotipos con mayor rendimiento de grano y dos testigos con sus características agronómicas en el ciclo primavera en la UAAAN-UL. 2020.

Tratamientos	FM[1] Días	FF Días	AP cm	AMZ cm	LMZ cm	DMZ mm	NH	GH	REN t ha^{-1}
L-6xEN-07-7	64	66	240.7	144.1	16	50	19.0	38.3	14.496
ARMADILLO	64	68	216.7	118.0	**17**	56	18.0	35.3	14.304
BERRENDO	67	69	220.8	110.5	**17**	54	17.0	38.7	14.299
ANTILOPE	69	70	233.4	122.5	18	53	17.0	38.0	13.982
EN-08-1xEN-08-12	66	69	224.7	127.1	16	51	19.7	36.0	11.802
L-28xCHOJO	62	65	223.8	138.7	16	44	15.3	35.0	11.538
TL-244xCHOJO	63	64	224.7	123.7	16	42	15.0	38.7	11.509
RX717A	60	60	179.9	87.5	18	47	15.7	37.7	11.342
CARIBU	67	69	191.6	101.3	16	53	16.0	36.7	11.334
EN-03-9xCHOJO	61	63	197.8	128.2	**17**	45	13.7	37.3	11.187
CANGURO	67	70	214.9	106.9	**17**	51	17.7	34.0	10.877
EN-08-6xCHOJO	63	64	210.5	127.7	13	44	18.0	36.0	10.337
RX860	63	63	181.3	87.1	18	43	17.0	34.3	10.247
EN-07-8xEN-07-5	61	64	193.2	113.6	18	45	16.3	39.0	10.015
TL244	66	70	195.2	107.9	13	42	14.7	33.0	6.238
CHOJO (PL)	51	51	186.7	107.5	14	38	12.3	33.7	4.685
$\bar{x}$	**63.2**	**65.4**	**181.4**	**101.2**	**15.1**	**45.8**	**16**	**34.2**	**9.02**
Tukey (0.05)	**6**	**6**	**43.1**	**23.6**	**4.9**	**9.3**	**3.6**	**9.6**	**4.132**

[1]FM=Floración masculina, FF=Floración femenina, AP= Altura de planta, AMZ=Altura de mazorca, LM=Longitud de mazorca, DMZ= Diámetro de mazorca, NH= Numero de hileras, GH= Granos por hilera, REN= Rendimiento de grano.

Respecto las características agromorfológicas, los genotipos en promedio oscilaron de 63 y 65 días para floración masculina y femenina, este carácter es una medida para medir la precocidad (Ordás *et al.,* 2012). Lo que se considera un intervalo dentro de lo normal para una buena polinización. Antílope fue el más tardío con 69 y 70 días a FM y FF, en contraste con el híbrido comercial RX717A, la cruza EN-07-8xEN-07-5 y el mestizo EN-03-9xCHOJO con 60 y 61 días a FM respectivamente. Chojo (PL) presentó la mayor precocidad con 51 días a FM y FF. La altura de planta (AP) y mazorca (AMZ) de los genotipos en promedio osciló de 181.4 a 101.2 cm, lo cual se considera aceptable. En AP se observó una variación que osciló de 85 a 240.7 cm, en tanto para AMZ fue de 38.6 a 144.1 cm. Se observa 16 y 15 genotipos fueron estadísticamente iguales para ambas alturas (AP y AMZ) y de éstos, 9 y 7 también fueron los de mayor rendimiento de grano, tal como lo afirman Vianna y Silva (1978) y Selvaraj and Nagarajan**,** (2011) para variedades e híbridos . El genotipo con mayor AP y AMZ coincide con el genotipo con mayor rendimiento de grano (**L-6xEN-07-7)** y, los

híbridos comerciales ARMADILLO, BERRENDO ANTÍLOPE, RX717 y CANGURO, además al híbrido experimental EN-08-1xEN-08-12, el mestizo **EN-08-6xChojo** y la cruza **TL-244xCHOJO**. Para los componentes de rendimiento, longitud (LM) y diámetro de mazorca (DMZ), numero de hileras (NH) y numero de granos por hilera (GH), los genotipos fueron diferentes. La capacidad biológica para el crecimiento y desarrollo funcional de mazorcas es una característica que es influenciada por la genética de la planta, variedad o híbrido, condiciones del cultivo, y características ambientales (Laverde *et al*., 1986). La longitud promedio de mazorca (LM) fue de 15.1 cm con un valor máximo de 18 cm. El híbrido comercial ANTÍLOPE presentó la mayor longitud con 18 cm estadísticamente igual a los 15 genotipos y a Chojo y TL-244. Para el diámetro de mazorca (DMZ), los genotipos genotipos mostraron un promedio de 45.8 mm, con valores extremos de 56 mm a 38mm. El híbrido ARMADILLO registró el máximo valor (56mm) estadísticamente igual a 16 genotipos, donde se encuentran el resto de los híbridos comerciales, siete híbridos experimentales y tres mestizos. Ocho de los genotipos pertenecen al grupo de mayor rendimiento de grano.

El numero promedio de hileras por mazorca (NH) fue de 16, para un máximo de 19.7 y un mínimo de 12.3. El genotipo con mayor número de hileras fue la cruza EN-08-1xEN-08-12 estadísticamente igual a 21 genotipos. Siete de los híbridos también coincidieron con el grupo de mayor rendimiento: **L-6xEN-07-7**, **ARMADILLO**, **BERRENDO**, **ANTILOPE**, **EN-08-1xEN-08-12**, **L-28xCHOJO**, **CANGURO**, **EN-08-6xCHOJO**, **RX860** y **EN-07-8xEN-07-5**.

CONCLUSIONES

Los genotipos evaluados, híbridos comerciales, experimentales y mestizos fueron estadísticamente diferentes.

El híbrido experimental **L-6xEN-07-7** mostró el mejor rendimiento con 14.496 t ha^{-1}. Seis de los siete híbridos comerciales fueron estadísticamente igual al **genotipo** de mejor rendimiento. Los mestizos EN-03-9xCHOJO y EN-08-6xCHOJO mostraron un rendimiento igual estadísticamente al de mejor rendimiento.

REFERENCIAS

Caicedo, M., Luis Villavicencio , Á., & Saltos Ezequiel , P. (2017). Aptitud combinatoria general y específica de líneas puras de maíz amarillo duro y selección de híbridos simples. *Revista Científica Ecuatoriana, 4*, 36-52.

De la Cruz Larios, L., Sánchez González, J. J., Ron Parra, J., Santacruz Ruvalcaba, F., Rodríguez Guzmán, E., Ruíz Corra, J. A., & Morales Rivera, M. M. (2008). Probadores de maíz para factores de incompatibilidad gametofítica. *Rev. Fitotec. Mex. Vol. 31*, 341–349.

Kriedmann, P.E. and H.D. Barrs.1983. Photosynthetic adaptation to water stress and implications for drought resistance. In: Crop reactions to water and temperature stresses in humid and temperate climates. Westview Press. Boulder. pp. 201-230.

Laverde-Peña, H., R. de la Cruz y E. Rojas. 1986. Formación de mazorcas en diferentes nudos del eje de maíz ICA -V-51O. Agron. Colomb. 3: 63-81.

Matzinger, D.F. 1953. Comparison of three types of testers for the evaluation of inbred lines of corn. Agronomy Journal. 45: 493-495.

Ordás, A., P Revilla, B Ordás. 2012**.** Dieciocho ciclos de selección masal por precocidad en maíz. Actas de Horticultura No 69. Capítulo 3. Maíz y Básicas. (CSIC) Pontevedra España.

Selvaraj C. I. and P. Nagarajan**,** 2011. Interrelationship and Path-coefficient Studies for Qualitative Traits, Grain Yield and other Yield Attributes among Maize (*Zea mays* L.). International Journal of Plant Breeding and Genetics, 5: 209-223.

SAS Institute, Inc. 1988. SAS/STAT user's guide, version, 3rd ed. SAS Institute, Inc., Cary, NC.

Tosquy Valle , O. H., Castañón , N. G., Sierra Macías , M., & Rodríguez Montalvo, F. A. (1998). Aptitud combinatoria general y especifica de lineas de maiz usando como probadores cruzas simples en el estado de veracruz. Agric. Téc. Méx., *24*(1), 3-10.

Vasal S., K., F. Sn Vicente, S. Mc Lean., K., Ramanujan, M., Barandarián, A., Ramírez, y G., Ávila. 1997. Avances en el desarrollo de líneas como probadores en germoplasma tropical de maíz. En: Síntesis de resultados experimentales 1993-1995 del Programa Regional de Maíz para Centroamérica y el Caribe (PRM) p: 45-49.

Vianna R T y Silva J C (1978) Genetic correlations and combining ability in inbred lines of maize (Zea *mays* L.) Ceres 5: 242-265.

HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CHILE JALAPEÑO

De Lira-Quiroz, Gisela[1]; De Lira-Covarrubias, Saul[1]; Orona-Castillo, Ignacio[1]; Carballar-Hernández, Santos[2]; Moreno-Reséndiz, Alejandro[3]; Vázquez-Navarro, Manuel[1]; González-Mancilla, Apolinar[1*]

[1]Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo Km. 32. Venecia, Gómez Palacio, Dgo. México. apolinar.gonzalez@ujed.mx. **[2]Universidad de la Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo, Avenida Universidad, 3000, col. Lomas de la Universidad, 59103 Sahuayo, Michoacán, México. [3]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez S/N, Colonia Valle Verde, Torreón, Coahuila, México, CP. 27054.**

RESUMEN

Se estudiaron hongos micorrízicos arbusculares (HMA) asociados con agroecosistemas del chile jalapeño en la Comarca Lagunera, estos, fueron aislados con el objetivo de probar sus efectos como biofertilizantes en el crecimiento de plántulas de chile jalapeño. Se estableció un experimento completamente al azar con cinco tratamientos, tres fueron en base con HMA [S1 (*Claroideoglomus claroideum*, *C. etunicatum*, *Glomus postulatum* y *Diversispora spurca*), S2 (*C. etunicatum*, *C. claroideum* y *G. postulatum*) y S3 (*C. etunicatum*, *C. claroideum*, *D. spurca* y *G. postulatum*)] y dos testigos [un absoluto (TA) y otro fertilizado (TF)], con 15 repeticiones cada uno. Las semillas de chile jalapeño, fueron sembradas en semillero utilizando como sustrato peat moss, perlita y vermiculita, adicionalmente, los tratamientos con HMA se les agrego el suelo que contenía las esporas micorrízicas (relación 1:1). Las variables estudiadas fueron altura de plántula, número de hojas y biomasa seca. Al final del experimento, se encontró que las plántulas tratadas con el HMA provenientes del S1, presentaron mayor altura (7.6 cm) y mayor número de hojas (5.1 hojas por plántula), el inoculo del S3 permitió mejorar la biomasa seca total con 136 mg por planta. Se concluye que los HMA pueden ser alternativas para la producción de plántulas de chile jalapeño.
Palabras clave: Chile jalapeño, *Claroideoglomus claroideum*, *Glomus postulatum* y *Diversispora spurca*.

ABSTRACT

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) associated with agroecosystems of the jalapeño pepper in the Comarca Lagunera, these were isolated in order to test their effects as biofertilizers in the growth of jalapeño pepper seedlings. A completely randomized experiment was established with five treatments, three were based on AMF [S1 (Claroideoglomus claroideum, C. etunicatum, Glomus postulatum and Diversispora spurca), S2 (C. etunicatum, C. Claroideum and G. postulatum) and S3 (C. etunicatum, C. claroideum, D. spurca and G. postulatum)] and two controls [one absolute (TA) and one fertilized (TF)], with 15 repetitions each. The jalapeño pepper seeds were sown in a seedbed using peat moss, perlite and vermiculite as substrate, additionally, the AMF treatments were added to the soil that contained mycorrhizal spores (1: 1 ratio). The variables studied were seedling height, number of leaves and dry biomass. At the end of the experiment, it was found that the seedlings treated with AMF from S1, presented greater height (7.6 cm) and a greater number of leaves (5.1 leaves per seedling), the inoculum of S3 allowed to improve the total dry

biomass with 136 mg per plant. It is concluded that AMF can be alternatives for the production of jalapeño pepper seedlings.
Key words: Jalapeño Pepper, *Claroideoglomus claroideum*, *Glomus postulatum* y *Diversispora spurca*.

INTRODUCCION

El género Capsicum fue uno de los primeros cultivos domesticados en Mesó-América y desde entonces ha formado parte fundamental en la dieta del pueblo mexicano (Nuez *et al*., 1996). En el mundo, solo en el año 2018 se contó con un área cosechada de chiles (verdes y secos) de aproximadamente 3.7 millones de hectáreas, los cuales generaron una producción de más de 40.9 millones de toneladas. China ocupa el primer lugar con más de 1.6 M ha cosechadas y 3.4 Mt producidas; México en el tercer lugar, cosecha más de 188 mil ha y genero un volumen de producción de más de 3.4 millones de toneladas (FAOSTAT, 2020).

En el 2018, Sinaloa fue el principal productor de chile jalapeño, quien produjo aproximadamente 771 mil toneladas de frutos y un valor económico de 5.3 millones de pesos, seguido por el estado de Chihuahua quien en ese mismo año produjo 697 mil toneladas y un valor de 5.1 millones de pesos. El estado de Durango, se encuentra en lugar número trece con un volumen de producción de 35 mil toneladas y un valor económico 258, 320 pesos (SIAP-SAGARPA, 2020).

El rendimiento y la calidad del chile son afectadas por factores como la fertilidad del suelo, la incidencia de plagas y enfermedades, y por la calidad de plántulas al momento del transplante (Huerta *et al*., 2007; Bautista-Calles *et al*., 2006). Estos limitantes han sido controlados mediante el uso de productos químicos, mismos que han sido considerados como contaminantes del suelo; por lo que el uso de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), podrían ser una alternativa sustentable para mitigar los problemas de fertilidad y la incidencia de enfermedades en las plántulas, además de su mejor adaptación al momento del transplante.

Los HMA pertenecen al phylum Glomeromycota y se asocian simbióticamente con las raíces del 80% de las plantas terrestres (Shubler *et al*., 2010; Smith *et al*., 2008). Estos organismos, nativos de la rizosfera, proporcionan a las plantas mayor acceso a los nutrientes, principalmente de nitrógeno y fosforo (Olsson *et al*., 2014; Smith & Read 1997), incrementa la exploración radical y la absorción de agua (Zhang *et al*., 2014), mejoran la resistencia al estrés biótico y abiótico (Veresoglou *et al*., 2012), y son capaces de competir con fitopatógenos por espacio y nutrientes dentro de la raíz (Trotta *et al*., 1996).

El uso de consorcios micorrízicos nativos de la rizosfera, pueden ser las alternativas para mejorar la productividad de los cultivos agrícolas, especialmente en áreas como los de la Comarca Lagunera. Por lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo aislar HMA asociados con agroecosistemas de chile jalapeño en la Comarca Lagunera, y probar sus efectos como biofertilizantes en el crecimiento de plántulas del mismo chile jalapeño.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizó suelo rizosférico, como inoculo micorrízico, provenientes de tres agroecosistemas de chile jalapeño cultivado en la Comarca Lagunera. Se identificaron las esporas de los consorcios micorrízicos, encontrándose las especies de *Claroideoglomus claroideum* (47 %), *C. etunicatum* (37 %), *Glomus postulatum* (11 %) y *Diversispora spurca* (5 %) en el sitio 1 (S1), *C. etunicatum* (58 %), *C. claroideum* (31 %) y *G. postulatum* (11 %) predominaron

en el sitio dos (S2) y las especies *C. etunicatum* (64 %), *C. claroideum* (20 %), *D. spurca* (12 %) y *G. postulatum* (4 %) en el sitio tres (S3).

Se estableció un experimento con un diseño completamente al azar, estudiando 5 tratamientos y 15 repeticiones. Tres tratamientos consistieron en los inóculos de HMA provenientes de chile jalapeño (S1, S2 y S3) y dos tratamientos testigos, uno sin fertilizantes y sin micorriza (TA, Testigo absoluto) y otro fertilizado (TF). El fertilizante se agrego en el riego cada tercer día, utilizando una solución nutritiva para hortalizas (Hydro Environment h-e mx) en una dosis de 1 g L^{-1}, el cual contenía nitrógeno (10 %), fosforo (8 %) y potasio (18 %). Para el experimento, se utilizaron charolas de germinación con 200 cavidades; las semillas de chile fueron provenientes de productores de la Comarca Lagunera y se desinfectaron durante tres minutos con cloro al 1 % y se lavaron tres veces con agua destilada estéril. Las semillas se sembraron directamente en los semilleros, mismos que fueron regados con agua suficiente para mantener la humedad.

Se evaluó, en semillero, altura de plántula el cual fue medido con una regla graduada en centímetros; el número de hojas se cuantifico de manera visual; ambas variables fueron tomadas después de 15, 30 y 45 días después de la siembra (DDS). La biomasa fresca se cuantifico al final del experimento (45 DDS), para ellos al sacar las plantas, fueron colocadas en un horno de secado (Marca Novatech) durante 72 h a 70 °C, posteriormente las muestras fueron pesadas en una balanza analítica (marca Ohaus). Los datos obtenidos fueron analizados mediante el paquete estadístico SAS para Windows (SAS Institute Inc. 2002), realizando un análisis de varianza y prueba de comparación de medias según Tukey ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSION

La altura de las plántulas en semillero, se muestra en la (Figura 1). A los 15 días después de la siembra (DDS) no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey $\alpha = 0.05$), sin embargo, el tratamiento fertilizado presento mayor altura con 5.3 cm, los tres tratamientos inoculados con HMA obtuvieron 4.9 (S1) y 4.6 cm (S2 y S3), respectivamente. A los 30 DDS se observó un ligero incremento de las plantas inoculadas, principalmente en el sitio uno, al presentar 6.9 cm de altura, quien además fue estadísticamente diferente con los demás tratamientos; los tratamientos testigo y fertilizado obtuvieron menos altura en plántula con 6.6 y 6.4 cm respectivamente. A los 53 DDS se observó nuevamente un incremento en el sitio uno con 7.6 cm de altura, estadísticamente diferente a los demás tratamientos (Tukey $\alpha = 0.05$), el sitio 2 fue el que presento menor altura con 6.1 cm, respectivamente.

El efecto de los tres inóculos micorrízicos en el número de hojas por plántulas, se presenta en la (Figura 2). A los 15 DDS no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, ya que presentaron dos hojas por planta en todos los tratamientos. A los 30 DDS, tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Tukey $\alpha = 0.05$), sin embargo, numéricamente sobresalieron los tratamientos con HMA del S1, S2 y S3, todas con 4.6 hojas por planta, el menor número de hojas se localizó en plantas sin inoculo con 4.4 (TA) y 4.5 (TF) hojas, respectivamente.

Al final del experimento (53 DDS), los datos obtenidos si presentaron diferencias estadísticas significativas (Tukey $\alpha = 0.05$), siendo mejor el S1 con 5.1 hojas por plantas; el menor número de hojas (4.3) fue encontrado en plantas con HMA del S2. El número de hojas se incrementó 13 % más cuando se inoculo el HMA del S1 respecto a las plantas no inoculadas (TA y TF).

La inoculación de los HMA prevenientes de los tres sitios, presentaron diferencias estadísticas significativas en la producción de biomasa seca (Tukey α = 0.05) (Figura 3). Al final del experimento (53 DDS) las plántulas tratadas con HMA del S3, obtuvieron mayor producción de biomasa seca con 136 mg, mientras que los inóculos del S1 y S2 presentaron 99 y 62 mg de biomasa seca producida por plántula. La inoculación con el HMA del S3 represento 32 y 58 % más biomasa seca comparada con el TA y TF.

Los efectos positivos encontrados en este trabajo, respecto a la inoculación de HMA bajo condiciones de plántulas, han sido descritos y confirmados por muchos investigadores. Por ejemplo, Angulo-Castro *et al*. (2018), al inocular con *Funneliformis aff geosporum* en chile jalapeño, encontraron incrementos del 50 % en altura de planta, 28.5 % más en número de hoja, mientras que inoculando con *Rhizophagus fasciculatus* encontraron un 80% más de incremento en la biomasa seca total, respecto a las plantas sin micorrizas. En este trabajo, bajos las mismas condiciones, pero con *Claroideoglomus claroideum*, *C. etunicatum*, *Diversispora spurca* y *Glomus postulatum* provenientes del S1, permitieron incrementos del 13 % en altura y 13 % en número de hojas comparado con el testigo absoluto. Otro trabajo en base con *Glomus intraradices* inoculado en chile jalapeño, la altura y el número de hojas aumentaron un 28.5 y 144 % más respecto al testigo (González-Mendoza *et al*., 2015). Plantas de *Capsicum annuum* inoculadas con *G. clarum* presentaron mayor cantidad de fosforo en tejido vegetal (Grimaldo-Pantoja *et al*., 2017), en este trabajo, se encontró un incremento de 1.5 veces más el contenido de fósforo en las plantas con el S1 (0.045 %) comparado con el fósforo de las plantas sin micorrizas (0.029 %) (Datos no presentados).

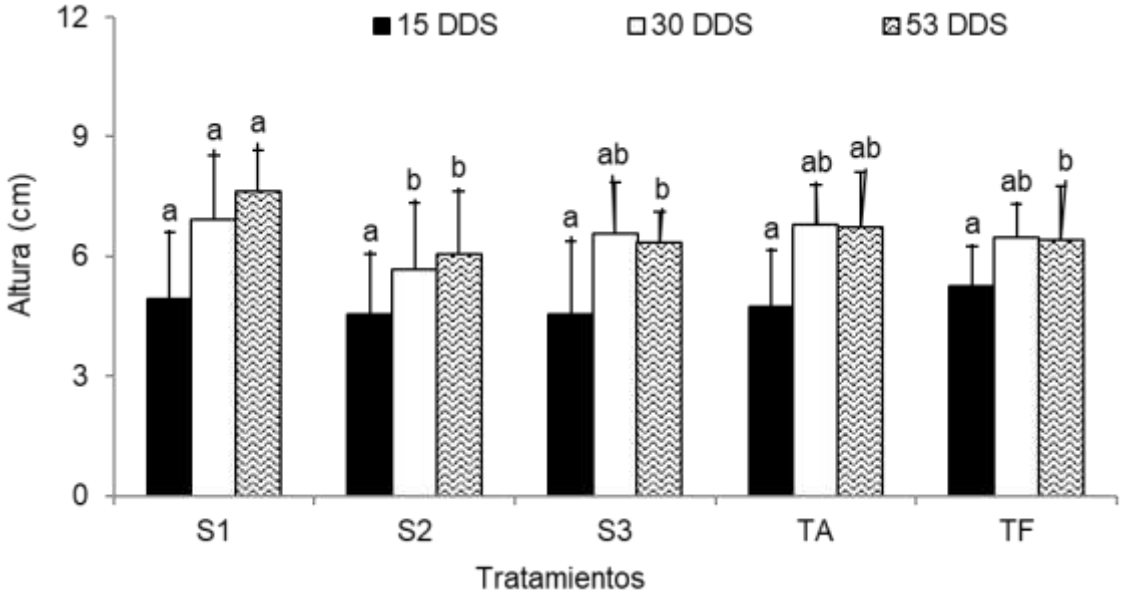


Figura 1. Altura en plántulas de chile jalapeño cultivado a nivel semillero. Barras del mismo color y con letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (Tukey α = 0.05). n = 15. ±EE. S1 = *Claroideoglomus claroideum*, *C. etunicatum*, *Glomus postulatum* y *Diversispora spurca*, S2 = *C. etunicatum*, *C. claroideum* y *G. postulatum*, S3 = *C. etunicatum*, *C. claroideum*, *D. spurca* y *G. postulatum*, TA = Testigo absoluto y TF = Testigo fertilizado.

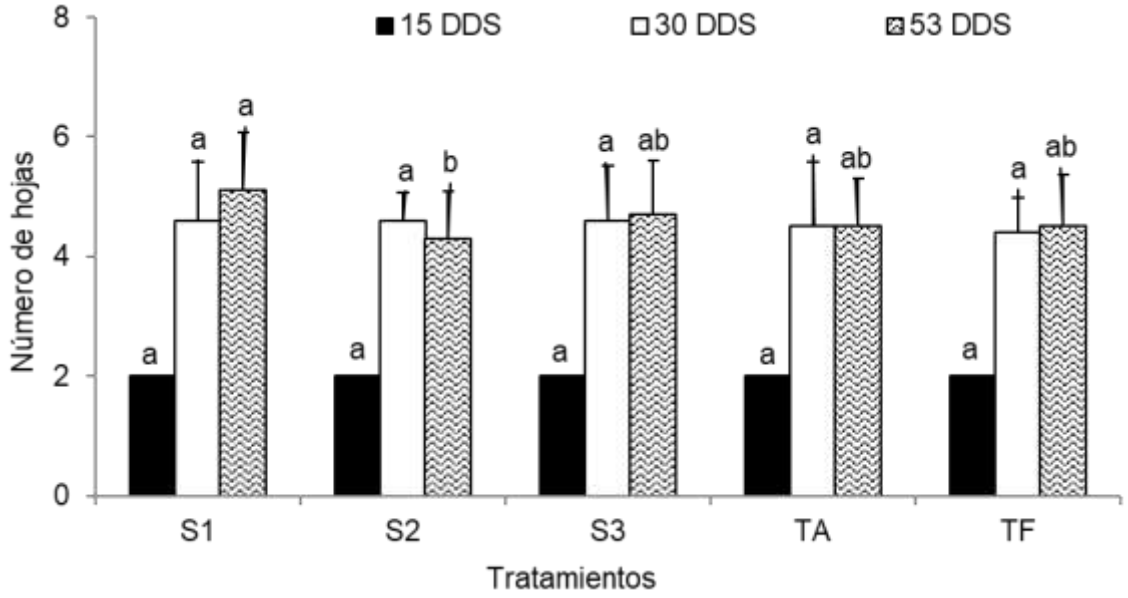


Figura 2. Numero de hojas en plántulas de chile jalapeño cultivado a nivel semillero. Barras del mismo color y con letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (Tukey α = 0.05). n = 15. ±EE. S1 = *Claroideoglomus claroideum*, *C. etunicatum*, *Glomus postulatum* y *Diversispora spurca*, S2 = *C. etunicatum*, *C. claroideum* y *G. postulatum*, S3 = *C. etunicatum*, *C. claroideum*, *D. spurca* y *G. postulatum*, TA = Testigo absoluto y TF = Testigo fertilizado.

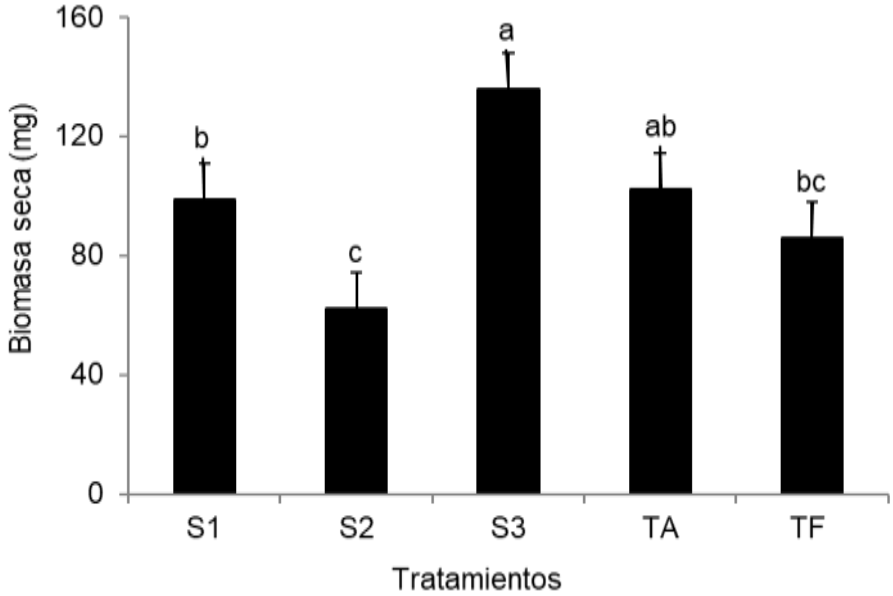


Figura 3. Producción de biomasa seca (mg) en plántulas de chile jalapeño cultivado en semillero, 53 días después de la siembra (DDS). Barras con letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (Tukey α = 0.05). n = 15. ±EE. S1 = *Claroideoglomus claroideum*, *C. etunicatum*, *Glomus postulatum* y *Diversispora spurca*, S2 = *C. etunicatum*, *C. claroideum* y *G. postulatum*, S3 = *C. etunicatum*, *C. claroideum*, *D. spurca* y *G. postulatum*, TA = Testigo absoluto y TF = Testigo fertilizado.

CONCLUSIONES

El consorcio de los HMA provenientes del S1 (*Claroideoglomus claroideum*, *C. etunicatum*, *Glomus postulatum* y *Diversispora spurca*) y S3 (*C. etunicatum*, *C. claroideum*, *D. spurca* y *G. postulatum*) permitieron mejorar sustancialmente la altura, el numero de hojas y la producción de biomasa seca por plántulas. Se recomienda continuar con el trabajo de investigación, sobre todo probar los efectos de estos consorcios a nivel de campo y en el rendimiento del cultivo.

REFERENCIAS

Angulo-Castro A., Ferrera Cerrato R., Alarcón A., Almaraz Suarez J., Delgadillo Martínez J., Jiménez Fernández M., García Barradas O. 2018. Crecimiento y eficacia fotoquímica del Fotosistema II en plántulas de dos variedades de Capsicum annuum inoculadas con rizobacterias y hongos micorrízicos arbusculares. 50 (2): 178-188.

Bautista- Calles J., Garcia-Espinoza R., Montes-Belmont R., Zavaleta-Mejia E., Pèrez-Moreno J., Ferrera-Cerrato R., Garcia C. R., y Huerta-Lara M. 2010. Disminucion de la marchitez de chile por introducción de antagonistas en cultivos de rotación. Interciencia 35(9): 673-679.

FAOSTAT, 2020. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. http://www.faostat.fao.org/. (consultado octubre de 2020).

González Mendoza D., García López A., Ceceña Duran C., Grimaldo Juárez O., Avilés Marín M., Pérez Luna Y., Álvarez Gutiérrez P. 2015. Hongos Micorrízicos Arbuscusculares y sus efectos en el crecimiento de diferentes cultivares de *Capsicum annuum* L. Revista internacional de botánica experimental (84): 345-350.

Grimaldo-Pantoja G.L, Niu G., Sun Y., Castro-Rocha A., Álvarez-Parrilla E., Flores-Márgez J.P., Corral-Díaz B., Osuna-Ávila P. 2017. Efecto negativo del riego salino en componentes del rendimiento y fitoquímicos de chile (*Capsicum annuum*) inoculados con hongos micorrícicos arbusculares. Revista Fitotecnia Mexicana 40(2): 141-149.

Huerta P. A., Fernández R. S., Ocampo F. I. 2007. Manual de chile poblano, Importancia económica y sociocultural. Colegio de Postgraduados Campus Puebla, Fundación Produce Puebla A.C., ALTRES COSTA-AMIC. Primera edición. México.80 p.

Nuez V.F., R.O. Gil y J.G. Costa 1996. El cultivo del pimiento, chiles y ajies. Mundi Prensa. Madrid, España. 607 p.

Olsson O, Olsson PA, Hammer EC. 2014. Phosphorus and carbon availability regulate structural composition and complexity of AM fungal mycelium. Mycorrhiza. 24: 443-51.

SIAP-SAGARPA, 2020. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural.https://www.gob.mx/siap (Consultado octubre 2020).

Shubler A, Walker C. 2010. The glomeromycota: a species list with ne families and new genera. Glusester, UK. 56 P. Honorary Research Associate, Royal Botanic Garden, Edinburgh and Honorary Research Fellow, University of Western Australia.

Smith S.E., Read D. J. 1997. Mycorrhizal Symbiosis. 3 edition. New York, USA. 800 p.

Trotta, A., Varese G. C., Gnavi E., Fusconi A., Sampo S., Berta G. 1996. Interactions between the soil-borne root pathogen Phytophthora nicotianae var. parasítica and the arbuscular mycorrhizal fungus in tomato plants. Plant Soil 185(2): 199-209.

Veresoglou S. D., Rillig M.C. 2012.Suppression of fungal and nematode plant pathogens through arbuscular mycorrhizal fungi. Bio Lett. 8: 214-217.

Zhang H., Franken P. 2014. Comparison of systemic and local interactions between the arbuscular mycorrhizal fungus Funneliformis mosseae and the root phatogen Aohanomyces euteiches in Medicago truncaula. Mycorrhiza 24: 419-30.

ÁREAS CON APTITUD PARA EL ESTABLECIMIENTO DE VAINILLA (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) EN LA HUASTECA HIDALGUENSE

Gámez-Vázquez Francisco Paul[1]; Vargas Hernández Juan[2]; García Rodríguez Juan José[1]; Gámez Vázquez Alfredo Josué[1]. Galeote Leyva Bernardo[3*]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Centro. Campo Experimental Bajío. Km 6.5 Carr. Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato, México, C.P. 38010, AP. 112.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental San Luis. Ejido Palma de la Cruz Soledad de Graciano Sánchez, C.P. 78431.
[3*]Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Km. 125.5 carretera federal México-Puebla. C.P. 72760, Puebla, Puebla, México.
***Autor de correspondencia: galeote.bernardo@colpos.mx**

RESUMEN

La vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) es una especie perteneciente a la familia Orchidaceae, cuyo fruto beneficiado alcanza el precio de US $ 250-400 kg^{-1}, sin embargo, el cultivo ha presentado altibajos tanto en unidades de producción como en rendimiento y para 2018 se obtuvieron menores valores de producción y productividad. No obstante, la demanda ha sido mayor que la oferta, porque los consumidores prefieren ingredientes naturales; sin embargo, la producción se ve afectada por varios factores, entre los que destacan, el cambio climático, incidencia de enfermedades, falta de variabilidad genética, periodo de desarrollo y crecimiento prolongado y mano de obra, entre otros. Bajo este escenario, se evaluó la distribución de esta especie con el objetivo de ubicar y describir características ambientales de las zonas con potencial de producción en la Huasteca Hidalguense. Los resultados refieren que Huejutla presentó mayor número de poblaciones de esta especie (51 %), en Jaltocan, Huautla y Xochiatipan solo el 2 %. El 50% de las parcelas presentaron tutores de *Bursera simaruba* siendo una especie cuyos requerimientos de clima tropical o subtropical lo colocan el tutor más abundante en la región de estudio.

ABSTRACT

Vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. Ex Andrews) is a species belonging to the Orchidaceae family, whose benefited fruit reaches the price of US $ 250-400 kg^{-1}, however, the crop has presented ups and downs both in production units and in yield. and for 2018 showed lower data in production and productivity were registered. However, the demand has been greater than the supply, because consumers prefer natural ingredients, however, production is affected by several factors, including climate change, disease incidence, lack of genetic variability, period of development and prolonged growth, workforce, among others. Under this scenario, the distribution of this species was evaluated in order to locate and describe environmental characteristics of the areas with production potential in the Huasteca Hidalguense. The results refer that Huejutla presented a greater number of populations of this species (51%), in Jaltocan, Huautla and Xochiatipan only 2%. 50% of the plots presented Bursera simaruba tutors, being a species its requirements for tropical or subtropical climate make it the most abundant tutor in the study region.

INTRODUCCIÓN

La vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) es una especia que se utiliza como saborizante natural cuya demanda se ha duplicado en las últimas dos décadas. Aunque México es centro de origen, ocupa el cuarto lugar en producción a nivel mundial. Madagascar es el mayor productor seguido de Indonesia y China (FAOSTAT, 2018). Existen tres especies dentro del género *Vanilla* de importancia económica: *V. planifolia*, *V. tahitensis* y *V. pompona*. De estas tres, *Vanilla planifolia* representa 95 % de la producción comercial a nivel mundial, además de ser la más apreciada por sus cualidades aromáticas, debido a que constituye el perfil más completo entre todos los extractos, apreciada en la industria alimentaria (Brunschwig *et al*., 2009). El cultivo de vainilla en México, históricamente se asocia con los estados de Veracruz y Puebla, y posteriormente se han incorporado, Oaxaca y San Luis Potosí. Se estima que se encuentran cultivadas alrededor de 874.5 hectáreas distribuidas en los cuatro estados, de los cuales 865.5 ha se encuentran en producción. Veracruz aporta 90 % de la producción nacional mientras que el 10 % restante lo aportan los demás estados (FAOSTAT, 2018). El cultivo ha presentado altibajos tanto en unidades de producción como en rendimiento; en los últimos años, la tendencia se ve a la baja sin presentar ningún repunte, a partir del 2010 se nota disminución en las unidades de producción y para 2018 se registran datos más bajo con respecto a los demás años (SIAP, 2018). Todo ello, por la inestabilidad de los precios en el mercado el cual provocó el abandono del cultivo, dejando a México sin oportunidad de competir en el mercado internacional (Santillán-Fernández *et al*., 2018). No obstante, en la última década, la demanda ha sido mayor que la oferta, porque los consumidores prefieren ingredientes naturales; sin embargo, la producción se ve afectada por varios factores, entre los que destacan, el cambio climático, incidencia de enfermedades, falta de variabilidad genética, periodo de desarrollo y crecimiento prolongado y mano de obra, entre otros (Bomgardner, 2016). Bajo este escenario, se evaluó la distribución de esta especie con el objetivo de ubicar y describir características ambientales de las zonas con potencial de producción en la Huasteca Hidalguense.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron recorridos de campo de marzo a diciembre de 2018, localizando a 37 productores y se georeferenció cada sitio con un GPS Garmin Etrex 10. Con los datos obtenidos se elaboró una base de datos incluyendo los sitios donde se reporta la existencia de la especie. Además, se obtuvo información sobre el tipo de tutor, altura en que se encuentra la planta, número de frutos y año de producción. Los sitios se utilizaron como entrenamiento del algoritmo de máxima entropía (Maxent), además del uso de variables ambientales provenientes de la base de Wordclim, edafológicas y de uso de suelo y vegetación. Dicho modelo permite inferir sitios de presencia de la especie, en función de registros reales de su existencia en localidades específicas y las condiciones ambientales predominantes (Cassini, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Huejutla presentó mayor número de poblaciones de esta especie (51 %), seguido de Atlapexco (16 %), Huazalingo y Yahualica (10 %), San Felipe (5 %), por ultimo Jaltocan, Huautla y Xochiatipan (2 %) (Figura 1). Se registraron altitudes de 202 a 1007 m.s.n.m. esto concuerda a lo reportado por Soto (2003) con altitudes (1 100 y 1 500 m.s.n.m) en México y en la India. El clima en la región es cálido húmedo, cálido sub-húmedo y semicálido húmedo del grupo C. El umbral del percentil 10 de los puntos de presencia determinó el límite del nicho ecológico de la especie, condicionado por barreras geográficas y climáticas.

El coeficiente de determinación fue de 0.98, representando una confiabilidad alta en la predicción del modelo. El modelo estimó una superficie de 12,594.70 hectáreas con potencial para el establecimiento del cultivo con fines de explotación comercial.
Se identificaron 12 tipos de tutorados, a una altura de planta de 6 m. (*Bursera simaruba, Cascabela gaumeri, Citrus sinensis, Cordia alliodora, Crataegus oxyacantha, Dendropanax trifidus, Guazuma ulmifolia, Hamelia patens* Jacq*, Heliocarpus appendiculatus* Turcz*, Inga vera, Piper aduncum, Zuelania guidonia*).
El 50 % de las parcelas presentaron tutores de *Bursera simaruba*, dicha especie se distribuye desde México hasta Venezuela, sus requerimientos de clima tropical o subtropical, de una precipitación anual media entre 500 y 1,400 (3,000) mm y una temperatura de 18 a 27 ºC (CONABIO, 2005), condiciones idóneas de la región de estudio. El 10% se encontró con tutores de *Citrus sinensis* principalmente naranja Valencia.

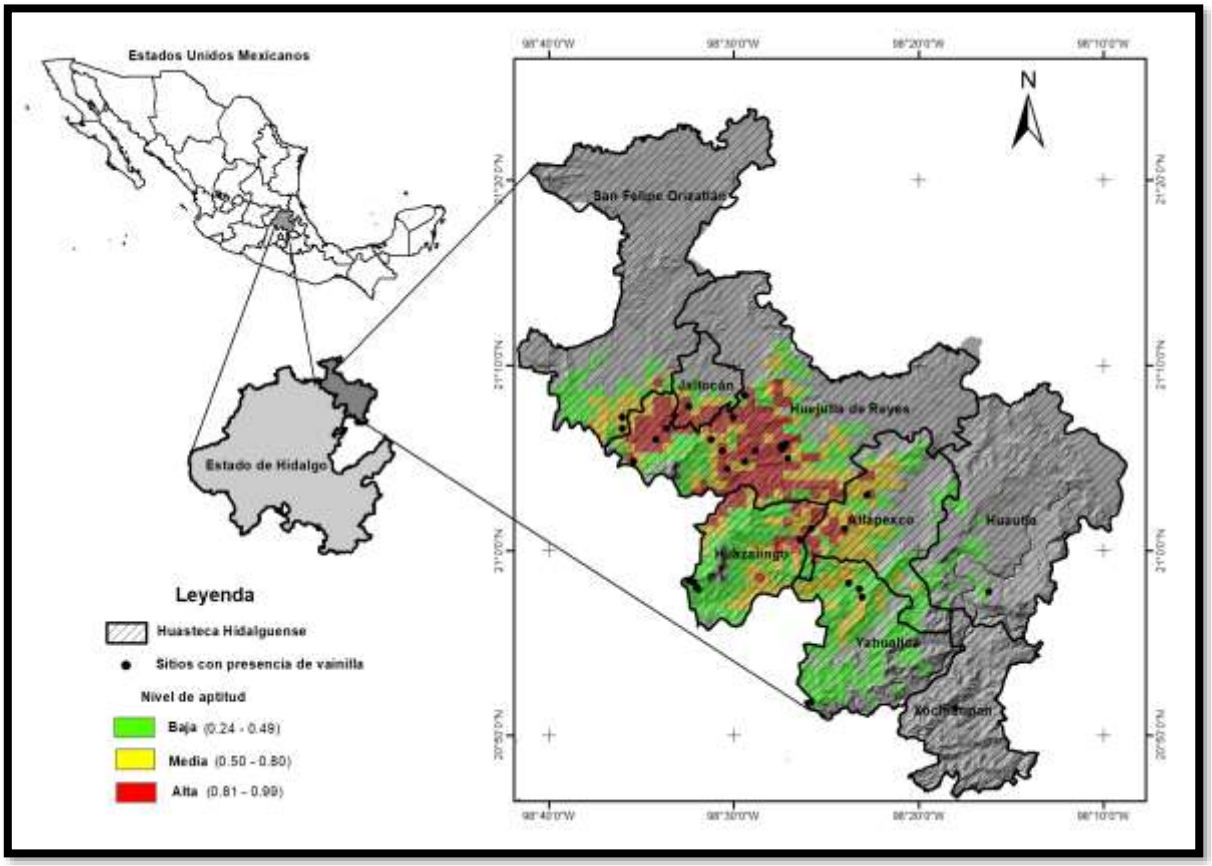


Figura 1. Distribución espacial de *Vanilla planifolia* en la Huasteca Hidalguense.

CONCLUSIONES

La detección espacial de áreas con alta probabilidad de establecimiento de vainilla en la región de estudio, representa una herramienta importante para identificar e incrementar las unidades con potencial de producción, fortalecer el sistema producto a nivel nacional y ofrecer alternativas económicas viables a los productores en la Huasteca Hidalguense.

REFERENCIAS

Bomgardner, M. M. 2016. The problem with vanilla. Chemical and Engineering News. 94(36):38-42. https://cen.acs.org/articles/94/i36/problem-vanilla.html.

Brunschwig, C.; Collard, F. X.; Bianchini, J. P. and Raharivelomanana, P. 2009. Evaluation of chemical variability of cured vanilla beans (*Vanilla tahitensis* and *Vanilla planifolia*). Natural Product Communications. 4(10):1393-1400. https://doi.org/10.1177/1934578X0900401016.

Cassini, M. H. 2011. Ecological principles of species distribution models: the habitat-matching rule. Journal of Biogeography 38(11):2057-2065. Doi: 10.1111/j.1365-2699.2011.02552.x.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, MX). 2005. Bursera simaruba. (en línea). Consultado 17 agosto 2021. 4 p. Disponible en http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/17-burse2m.pdf

FAOSTAT. 2018. The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical. Production Vanilla http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/S. Fecha de consulta 08 de diciembre de 2019.

Santillán Fernández, A., Salas Zúñiga, A., & Vásquez Bautista, N. (2018). La productividad de la vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) en México de 2003 a 2014. *Revista mexicana de ciencias forestales*, *9*(47): 50-69.

SIAP. 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), SAGARPA. Indicadores económicos. Disponible en: www.siap.gob.mx Consultado el 12 de junio de 2018.

Soto, M. A. (2003). Vanilla. En M. A. Pridgeon, P. J. Cribb, M. W. Chase, & F. M. Rasmussen (Eds.), Orchids of México, parts 2 and 3. Icones Orchidacearum fasc. 5-6 (pp. 321-334). México: Herbario AMO.

IDENTIFICACIÓN DE LAS ESTAPAS FENOLÓGICAS DE ONCE GENOTIPOS DE SOYA EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Aispuro-Arana, Francisco H[1]; Marroquín-Morales, José A[3]; Salazar-Huerta, Francisco Javier[2]; Montoya-Coronado, Lope[3]; Aispuro-Arana, Eduardo A[2]

[1] Departamento de Recursos Naturales, Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero 818 Sur, 85000 Cd. Obregón, Sonora, México. aispuro1996@hotmail.com
[2]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui. Av. Tecnológico, Calle 600, Block 611. C. P. 85275. San Ignacio Río Muerto, Bácum, Sonora, México.
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug. km. 12. Cajeme, Obregón, Sonora, México.

RESUMEN

La soya (*Glycine max* L.) es de las oleaginosas más importantes en el mundo, por su alto porcentaje de proteína y aceite. El cultivo estuvo fuera de rotación desde 1994 a causa del ataque de mosquita blanca (*Bemisia tabaci* Genn.) por altas poblaciones impidiendo su desarrollo, reincorporándose el año 2010 mediante estudios e investigaciones que permitieron identificar materiales con características adaptables para la región. El objetivo del trabajo fue evaluar once genotipos de soya para comparar e identificar las etapas fenológicas y rendimiento de materiales promisorios para la región, se evaluaron en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, en Valle del Yaqui, Sonora. La unidad experimental fue de cuatro surcos de 6 m de longitud, separados a 0.80 m y población de 15 plantas por metro lineal. Se registraron variables, Floración completa (R2), Inicio de vaina (R3), vaina completa (R4), Inicio de llenado de grano (R5), Llenado de grano completo (R6), Inicio de madurez (R7), Madurez completa (R8) y Rendimiento (kg ha^{-1}). El análisis de la información se realizó por medio del programa de paquete estadístico ‘’FAUANL’’, con la técnica de comparación de media de tratamientos con el método de la diferencia mínima significativa (DMS) ($p < 0.05$). Nainari Precoz y Nainari’98 se expresaron mayor precocidad. Se obtuvieron rendimientos en un rango de 2787 a 2355 kg ha^{-1}, Nainari precoz el rendimiento más alto y Cu04-238 el rendimiento más bajo.
Palabras clave: *Glycine max* L., *Genotipos, fenologia*

ABSTRACT

Soybean (Glycine max L.) is one of the most important oilseeds in the world, due to its high percentage of protein and oil. The crop was out of rotation since 1994 due to the attack of whitefly (Bemisia tabaci Genn.) By high populations preventing its development, reincorporating in 2010 through studies and research that allowed identifying materials with adaptable characteristics for the region. The objective of the work was to evaluate eleven soybean genotypes to compare and identify the phenological stages and yield of promising materials for the region, they were evaluated in a randomized block design with four repetitions, in Valle del Yaqui, Sonora. The experimental unit consisted of four rows of 6 m in length, separated at 0.80 m and a population of 15 plants per linear meter. Variables were recorded, Complete flowering (R2), Pod start (R3), pod complete (R4), Grain fill start (R5), Full grain fill (R6), Maturity start (R7), Complete maturity (R8) and Yield (kg ha-1). The analysis of the information was by means of ANOVA and a means comparison test, with the method of the least significant difference (DMS) ($p <0.05$). Nainari Precoz and

Nainari'98 expressed greater precocity. Yields were obtained in a range of 2787 to 2355 kg ha-1, early Nainari the highest yield and Cu04-238 the lowest yield.
Keywords: *Glycine max* L.*, Genotypes, Genotypes, phenology*

INTRODUCCION

La soya (*Glycine max* L.) es de las oleaginosas más importantes a nivel mundial debido a su alto porcentaje de proteína (35-50 %) y de aceite (15-25 %), constituye una fuente de proteína barata y de gran calidad (Romero *et al*. 2013). En 1950, se introdujo a México en la región del Valle del Yaqui, Sonora, 97 % de su proteína se destina a la alimentación animal y el 3 % a la alimentación humana (Olmedo, 2014). Durante 30 años se mantuvo en rotación con trigo, como cultivo principal de verano en el noroeste de México. En 1994, se redujo el rendimiento promedio de 2.1 a 1.5 ton ha^{-1} a causa de la mosquita blanca (*Bemisia tabaci* Genn.), ocasionando grandes pérdidas en el rendimiento de grano, descartándose del programa de siembra y reincorporándose hasta el año 2010 mediante el programa de mejoramiento genético identificando materiales con resistencia a mosquita blanca, impulsando el uso de nuevas variedades (Calzada, 2017). El objetivo del presente fue evaluar e identificar las etapas fenológicas de once genotipos de soya con el propósito de observar y comparar su interacción en condiciones del Valle del Yaqui, Sonora, con el rendimiento de grano, las cuales serán de utilidad para los productores con el propósito de aumentar la rentabilidad del cultivo de la región.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó dentro de las instalaciones del Campo Experimental Norman E. Borlaug ubicado en el block 910 del Valle del Yaqui. Se evaluaron once genotipos de soya, Embrapa, Cu04-238, Ciaric, Cajeme, Balbuena, Guayparime S-10, Esperanza, Suaqui'86, Suaqui D-1-2-M, Nainari'98 y Nainari precoz para comparar su comportamiento fenológico en relación con su rendimiento, estableciéndose en un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones. La unidad experimental fue de 4 surcos de 6 m de longitud, separados a 0.80 m y población de 15 plantas por metro lineal, siendo los dos surcos centrales la parcela útil. La siembra se realizó en mayo del 2019 de manera directa, sin fertilización. Se controló malezas con Flex (fomesafen) y Select (clethodim) en mezcla, ambos en dosis de un litro 1 L ha^{-1}, las plagas se controlaron con Venece 480 (Clorpirifos etil) 1 L ha^{-1}, Arrivo 200 CE (Cipermetrina) 500 mL ha^{-1} y Veltar 100 CE (Bifentrina) 400 mL ha^{-1}. Se registraron variables: Floración completa (R2), Inicio de vaina (R3), Vaina completa (R4), Inicio de llenado de grano (R5), Llenado de grano completo (R6), Inicio de madurez (R7), Madurez completa (R8). El análisis de la información se realizó por medio del programa de paquete estadístico ''FAUANL'', con la técnica de comparación de media de tratamientos con el método de la diferencia mínima significativa (DMS) ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación de genotipos de soya es un excelente método para incrementar el rendimiento, permite entender el desarrollo y requerimientos sanitarios de la planta e identificar el momento oportuno en la toma de decisiones. podemos decir que el rendimiento depende directamente de la interacción existente entre el genotipo y el ambiente y el número de granos por unidad de superficie (Kantolic, 2008), por lo que, es importante conocer el desarrollo de una vaina la cual puede llegar a formarse completamente en su máxima longitud después de aproximadamente 15 a 20 días que la flor se abrió, su crecimiento es más rápido entre la etapa R4 y R5, aunque muchas vainas se

desarrollan completamente en la etapa R6, temperaturas bajas promueven el desarrollo de malformaciones en las flores y favorecen el aborto y abscisión de vainas (Menjivar *et al*. 2017) y por ende el incremento puede ser resultado del total de vainas por planta aunado al peso del grano dentro de la misma (Syngenta, 2020). El análisis de datos detecto significancia a un nivel de ($p<0.05$) entre genotipos. Nainari Precoz y Nainari'98 se expresaron como genotipos más precoces, en las variables R5, R6, R7 y R8, Suaqui D-1-2-M registro mayor valor. Sin embargo, se observa que registro un rendimiento aceptable (Cuadro 1). Cu04-238 y Suaqui D-1-2-M expresaron un ciclo vegetativo más tardío. Nainari precoz obtuvo el rendimiento más alto y Cu04-238 el rendimiento más bajo.

Cuadro 2. Comparación de medias de 11 genotipos de soya, de las variables fenológicas en el Valle del yaqui, Sonora 2019.CENEB-INIFAP.

GENOTIPO	R2 DDS	R3 DDS	R4 DDS	R5 DDS	R6 DDS	R7 DDS	R8 DDS	REND kg Ha^{1}
SUAQUI D-1-2-M	63.5a	92.7a	98.2a	102.7a	120.2a	125.5a	134.7a	2740ab
EMBRAPA	62.7a	89.5a	96.2ab	100abc	116.7abc	123.7ab	129.2abc	2715abc
GUAYPARIME	62ab	91.7a	95.7ab	99abc	120.2a	123.2ab	133.2a	2659bc
CAJEME	59.7abc	89.2a	93.7b	98.5abc	118ab	124ab	131.2ab	2483ef
Cu04-238	59.2abc	93.2a	98a	101ab	119a	126.2a	134.2a	2355g
BALBUENA	58.7abc	91.5a	95.2ab	98.7abc	119a	125ab	133a	2538de
CIARIC	57.2bc	90.5a	93.5b	96.2abc	114.2bcd	125.2a	136.5a	2413fg
SUAQUI '86	56.5c	89a	92.5b	95bcd	113.2cde	118.5bc	128.7abc	2641bcd
ESPERANZA	56.2c	91.7a	95.7ab	100abc	113cde	124ab	132ab	2618cd
NAINARI '98	55.5c	83.5a	87c	90d	110de	115c	124.7bc	2740ab
NAINARI PRECOZ	55.5c	83.5a	87.7c	91d	109.2e	112.7c	122.7c	2788a
DMS	4.9	4.5	3.7	5.0	4.7	6.5	8.0	105.3
CV	7.0	4.6	4.5	5.0	4.2	5.0	5.3	8.6

DDS= Dias después de la siembra; REND= Rendimiento de grano DMS = diferencia mínima significativa; CV = coeficiente de variación a $p < 0.05$

CONCLUSIÓN

La evaluación de genotipos de soya es un excelente método para incrementar el rendimiento. El genotipo Nainari precoz demostró poseer las mejores características de precocidad al concluir su ciclo vegetativo a los 127 dias y un excelente rendimiento potencial de 2788 kg ha^{1}, no obstante, genotipos como Nainari'98, Suaqui D-1-2-M, Embrapa, Guayparime S-10, Suaqui'86, Esperanza y Balbuena demostraron poseer excelente adaptabilidad a condiciones del Valle del Yaqui, que se vieron reflejados en los resultados en relación con el rendimiento demostrando poseer un excelente rendimiento potencial.

REFERENCIAS

Calzada, J. 2017. Agenda Técnica Agrícola Sonora. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Progreso Núm. 5, Agrícolas y Pecuarias. Coyoacán, Cd México. p 151.

Kantolic A. 2008. Control ambiental y genético de la fenología del cultivo de soja: impactos sobre el rendimiento. Buenos Aires, Argentina. Facultad de agronomía UBA. Vol 28, num 1. Pp 63-81.

Menjivar A., Rivera S. B, Vásquez K. V. 2017. Evaluación fenológica y morfo-agronómica de ocho genotipos de soya (glycine max l.) en la estación experimental y de

prácticas, facultad de ciencias agronómicas, Universidad de El Salvador, San Luis Talpa, La Paz. Pp 7-11.

Olmedo, R. 2014. El cultivo de soya en México, actualidad y perspectivas. Universidad de Chapingo. Texcoco, Edo. de México. Pp 4-6

Romero A., Ruiz E., Gonzales M. 2013. Evaluación de siete cultivares de soya (Glycine max L.) en las condiciones edafoclimáticas del municipio Majibacoa, Las Tunas. Pastos y Forrajes, Vol. 36, num. 4. pp 459-462

Syngenta, 2020. Determinantes del rendimiento consultado en línea 15 de marzo de 2020. https://www.syngenta.com.ar/determinantes-del-rendimiento

IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS SOBRESALIENTES DE FRIJOL NEGRO BRILLANTE EN RIEGO POR GOTEO

[1]Cid- Ríos J. A; [2]Aranda-Lara U.; [1]Reveles-Hernández M.; [1]Ramírez-Cabral N. Y. Z. y [1]Sanchez-Gutierrez R. A.

[1]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 82320. [2]Campo Experimental Rio Bravo Tamaulipas INIFAP. Carretera Matamoros-Reynosa km 61. Autor para correspondencia:

RESUMEN

El frijol es la leguminosa de mayor importancia en México, ya que juega un papel importante en desarrollo social y económico. En la actualidad se requiere generar variedades de frijol negro para condiciones de riego, por lo que el objetivo de este trabajo fue la identificación de líneas sobresalientes de frijol negro brillante bajo condiciones de riego por goteo. Se establecieron bajo un diseño látice rectangular 200 líneas con dos repeticiones bajo riego por goteo, en el ciclo de primavera verano dentro de las instalaciones del Campo Experimental Zacatecas. Se encontraron 31 líneas de frijol negro brillante que superan en rendimiento al testigo regional Negro San Luis. La línea 122 presenta un 62.36 por ciento más de rendimiento en comparación con el testigo. Se recomienda tomar en cuenta las líneas sobresalientes y evaluar en diferentes ambientes para poder seleccionar líneas de menor interacción con el ambiente.

Palabras clave: frijol, riego, selección y adaptación

SUMMARY

The bean is the most important legume in Mexico, since it plays an important role in social and economic development. Currently, it is required to generate black bean varieties for irrigation conditions, so the objective of this work was to identify outstanding lines of shiny black beans under drip irrigation conditions. 200 lines with two repetitions under drip irrigation were established under a rectangular lattice design, in the spring-summer cycle within the facilities of the Zacatecas Experimental Field. 31 lines of glossy black beans were found that outperform the regional control Negro San Luis. Line 122 presents 62.36 percent more performance compared to the control. It is recommended to take into account the outstanding lines and evaluate in different environments to be able to select lines with less interaction with the environment.

KEYWORDS: beans, irrigation, selection and adaptation

INTRODUCCIÓN

En México, el frijol es considerado como estratégico para el desarrollo social y económico de los productores de este cultivo. Para el año 2021, a nivel nacional se establecieron 1,711,962.51, hectáreas de frijol de las cuales el 38.58 por ciento se siembra en el estado de Zacatecas de esta superficie el 96 por ciento es sembrada bajo condiciones de temporal y el 4 por ciento es bajo condiciones de riego (SIAP, 2020). En la actualidad existe la necesidad de disponer de variedades de frijol negro que cumplan con las características comerciales; buen tamaño de grano y buen rendimiento en condiciones de riego (Rosales *et al.,* 2020).

Por esa razón en el mejoramiento genético de frijol se está trabajando con la metodología de selección participativa, esto implica la selección y evaluación de poblaciones en generaciones tempranas, para después realizar ensayos de rendimiento para identificar una nueva variedad para su liberación comercial (Rosas *et al.,* 2003). En condiciones de buena humedad nos permite seleccionar líneas de frijol de buena adaptabilidad, sin embargo, es importante evaluar estas mismas bajo condiciones de estrés para observar si presentan interacción con el ambiente en peso de cien semillas y en rendimiento (Rodríguez *et al.,* 2009). Según Rosales-Serna *et al.* (2019), es conveniente realizar la evaluación de líneas mejoradas bajo condiciones de riego para poder observar el comportamiento morfo-agronómico de las líneas, así como calidad de grano, rendimiento y la calidad nutracéutica. El objetivo de este trabajo fue identificar las líneas sobresalientes de frijol negro brillante de acuerdo a la expresión de rendimiento por hectárea bajo condiciones de riego por goteo en el estado de Zacatecas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó bajo condiciones de riego por goteo 200 líneas de frijol brillante, dentro de las cuales se incluyó el material criollo Negro San Luis como testigo regional. Las cuales fueron establecidas dentro de las instalaciones del Campo Experimental Zacatecas, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el kilómetro 20.5 de la carretera Zacatecas–Fresnillo, en el municipio de Calera de Víctor Rosales del estado de Zacatecas.

Las líneas fueron establecidas en el ciclo primavera verano del 2019 bajo un diseño látice rectangular con dos repeticiones, donde la distancia entre surcos fue de 0.76 metros, debido a la poca disponibilidad de semilla se utilizaron parcelas de un surco de dos metros y medio de longitud, con distancia de 10 cm entre plantas. La siembra del experimento fue realizada el día ocho de julio, donde se registraron 24.5 mm de precipitación presentados en los primeros siete días del mes de julio del 2019, que se aprovecharon para el establecimiento del experimento. A los quince días después de la siembra se realizó la primera escarda y al mismo tiempo se colocó por surco la cintilla de calibre 6000 de alto flujo con distanciamiento de 20 cm entre emisores. Durante el ciclo de cultivo se realizaron cinco riegos con duración de tres horas cada uno, aplicando tres riegos en la etapa de desarrollo del cultivo, uno en floración y otro en llenado de grano. Se aplicó la fertilización inorgánica 50-60-30 expresada en kg/ha de nitrógeno fósforo y potasio respectivamente. Al llegar a la madurez fisiológica se colectaron las plantas de cada línea que mostraron vainas obteniendo 198 líneas, las cuales se desgranaron manualmente para obtener el rendimiento por hectárea. Los resultados obtenidos se analizaron mediante el programa estadístico SAS 9.0.

Resultados y Discusiones

Durante el ciclo del cultivo se presentaron 192 mm de precipitación, 56.7 mm se presentaron en los primeros quince días después de la siembra, 22.2 mm en la etapa de floración, en la etapa de llenado de grano se presentaron 47.6 mm. Al realizar el análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas entre líneas (P=0.190), sin embargo, en la comparación de medias por el método de Duncan con α = 0.05 (Cuadro 1), se puede observar que la línea con 122 mostró mayor rendimiento con 6.921 kg. ha^{-1}, en segundo lugar, se encontrá la línea 67 con un rendimiento de 5.763 kg. ha^{-1}, la línea con menor rendimiento fue la 161 con 526 kg. ha^{-1}. Se encontraron 31 líneas que mostraron mayor rendimiento que el testigo comercial Negro San Luis el cual esta con el número 193 con rendimiento de 4.316 kg. ha^{-1}. La línea 122 presenta 62.36 por ciento más en comparación con el testigo comercial.

Cuadro 1. Comparación de medias para rendimiento por hectárea de líneas de frijol negro brillante bajo condiciones de riego por goteo en Calera Zacatecas en ciclo P-V 2019.

Trat	Media (kg ha-1)		Trat	Media (kg ha-1)		Trat	Media (kg ha-1)		Trat	Media (kg ha-1)		Trat	Media (kg ha-1)		Trat	Media (kg ha-1)	
122	6.921	a[1]	11	4.198	abcdefghijk	194	3.527	abcdefghijk	135	3.000	abcdefghijk	54	2.421	bcdefghijk	116	1.921	bcdefghijk
67	5.763	Ab	48	4.198	abcdefghijk	1	3.500	abcdefghijk	21	3.000	abcdefghijk	44	2.408	bcdefghijk	28	1.908	bcdefghijk
140	5.421	Abc	157	4.184	abcdefghijk	124	3.487	abcdefghijk	93	2.974	abcdefghijk	39	2.382	bcdefghijk	173	1.884	bcdefghijk
151	5.408	abcd	187	4.184	abcdefghijk	156	3.461	abcdefghijk	45	2.947	bcdefghijk	27	2.369	bcdefghijk	117	1.816	cdefghijk
128	5.395	abcd	49	4.145	abcdefghijk	29	3.448	abcdefghijk	85	2.934	bcdefghijk	42	2.356	bcdefghijk	89	1.816	cdefghijk
166	5.395	abcd	13	4.145	abcdefghijk	114	3.448	abcdefghijk	57	2.921	bcdefghijk	47	2.355	bcdefghijk	88	1.803	cdefghijk
82	5.329	abcde	180	4.105	abcdefghijk	119	3.434	abcdefghijk	53	2.921	bcdefghijk	90	2.355	bcdefghijk	125	1.737	cdefghijk
167	5.289	abcdef	99	4.105	abcdefghijk	126	3.421	abcdefghijk	110	2.895	bcdefghijk	113	2.355	bcdefghijk	31	1.724	cdefghijk
33	5.25	abcdefg	142	4.092	abcdefghijk	98	3.408	abcdefghijk	50	2.895	bcdefghijk	184	2.343	bcdefghijk	145	1.711	cdefghijk
52	5.224	abcdefg	105	4.079	abcdefghijk	96	3.395	abcdefghijk	15	2.895	bcdefghijk	61	2.342	bcdefghijk	152	1.711	cdefghijk
138	5.066	abcdefgh	176	4.079	abcdefghijk	14	3.343	abcdefghijk	188	2.882	bcdefghijk	123	2.342	bcdefghijk	81	1.698	cdefghijk
131	5.027	abcdefgh	195	4.066	abcdefghijk	149	3.316	abcdefghijk	43	2.855	bcdefghijk	189	2.329	bcdefghijk	25	1.658	cdefghijk
139	4.974	abcdefgh	100	4.053	abcdefghijk	118	3.29	abcdefghijk	75	2.829	bcdefghijk	109	2.316	bcdefghijk	46	1.658	cdefghijk
154	4.934	abcdefgh	144	3.974	abcdefghijk	9	3.29	abcdefghijk	79	2.816	bcdefghijk	158	2.292	bcdefghijk	198	1.658	cdefghijk
107	4.921	abcdefgh	191	3.961	abcdefghijk	155	3.237	abcdefghijk	171	2.803	bcdefghijk	12	2.289	bcdefghijk	177	1.632	cdefghijk
164	4.908	abcdefgh	200	3.842	abcdefghijk	78	3.237	abcdefghijk	70	2.803	bcdefghijk	59	2.277	bcdefghijk	35	1.606	cdefghijk
7	4.829	abcdefghi	175	3.829	abcdefghijk	134	3.237	abcdefghijk	183	2.777	bcdefghijk	150	2.263	bcdefghijk	132	1.5	defghijk
127	4.816	abcdefghi	91	3.803	abcdefghijk	192	3.211	abcdefghijk	56	2.776	bcdefghijk	63	2.224	bcdefghijk	159	1.448	efghijk
84	4.777	abcdefghi	3	3.79	abcdefghijk	19	3.198	abcdefghijk	87	2.75	bcdefghijk	80	2.198	bcdefghijk	196	1.395	fghijk
73	4.737	abcdefghi	95	3.789	abcdefghijk	141	3.145	abcdefghijk	148	2.737	bcdefghijk	23	2.197	bcdefghijk	32	1.395	fghijk
62	4.658	abcdefghij	102	3.776	abcdefghijk	36	3.119	abcdefghijk	58	2.737	bcdefghijk	86	2.185	bcdefghijk	169	1.382	fghijk
137	4.632	abcdefghij	162	3.763	abcdefghijk	97	3.106	abcdefghijk	112	2.685	bcdefghijk	17	2.184	bcdefghijk	143	1.342	ghijk
130	4.632	abcdefghij	4	3.737	abcdefghijk	199	3.106	abcdefghijk	69	2.671	bcdefghijk	60	2.132	bcdefghijk	83	1.184	hijk
74	4.553	abcdefghij	136	3.711	abcdefghijk	165	3.079	abcdefghijk	146	2.605	bcdefghijk	65	2.092	bcdefghijk	179	0.947	ijk
5	4.527	abcdefghij	197	3.711	abcdefghijk	106	3.066	abcdefghijk	10	2.588	bcdefghijk	16	2.066	bcdefghijk	108	0.789	jk
170	4.526	abcdefghij	111	3.671	abcdefghijk	92	3.04	abcdefghijk	174	2.553	bcdefghijk	51	2.053	bcdefghijk	161	0.526	k
115	4.474	abcdefghij	178	3.632	abcdefghijk	55	3.04	abcdefghijk	190	2.553	bcdefghijk	8	2.04	bcdefghijk			
71	4.447	abcdefghijk	103	3.619	abcdefghijk	147	3.027	abcdefghijk	37	2.526	bcdefghijk	185	2.027	bcdefghijk			
186	4.395	abcdefghijk	34	3.605	abcdefghijk	172	3.027	abcdefghijk	38	2.5	bcdefghijk	22	2.014	bcdefghijk			
133	4.355	abcdefghijk	68	3.592	abcdefghijk	101	3.026	abcdefghijk	26	2.5	bcdefghijk	30	2.013	bcdefghijk			
94	4.329	abcdefghijk	64	3.579	abcdefghijk	77	3.026	abcdefghijk	163	2.5	bcdefghijk	121	2	bcdefghijk			
193*	4.316	abcdefghijk	24	3.566	abcdefghijk	66	3.013	abcdefghijk	20	2.492	bcdefghijk	41	2	bcdefghijk			
6	4.263	abcdefghijk	104	3.553	abcdefghijk	18	3	abcdefghijk	2	2.447	bcdefghijk	72	2	bcdefghijk			
153	4.237	abcdefghijk	168	3.527	abcdefghijk	129	3	abcdefghijk	181	2.422	bcdefghijk	160	1.987	bcdefghijk			

C.V. 45.19

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. Trat = Tratamiento; * Testigo

Conclusiones

Se encontraron 31 líneas de frijol negro brillante que son superiores en rendimiento al testigo comercial Negro San Luis, las cuales es conveniente evaluar en los programas de mejoramiento genético y evaluar en diferentes ambientes y localidades para verificar la adaptabilidad de las líneas y su baja interacción con el ambiente.

REFERENCIAS

Rodríguez O.; Chaveco O.; Ortiz R.; Ponce M.; Ríos H.; Miranda S.; Díaz O.; Potelles Y.; Torres R. y Cedeño L. 2009. Líneas de frijol común (*Paseolus vulgaris* L.) resistencia a la sequía. Evaluación de su comportamiento frente a condiciones de riego, sin riego y temporal. Temas de Ciencia y Tecnología. 13: 17-26

Rosales S. R.; Hilario G., H. y Santana E., S. 2020. NOD1, variedad mejorada de frijol negro opaco para el estado de Durango. Folleto Técnico Núm. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana Durango, Dgo. México. 28 p.

Rosales-Serna R.; Flores-Gallardo H.; Nava-Berumen C. A. y Ortiz-Sánchez I. A. 2019. Rendimiento y calidad de grano en líneas mejoradas de frijol cultivadas bajo riego en Durango, México. Revista Fitotecnia Mexicana. 42:39-42

Rosas J. A.; Gallardo O. J. y Jiménez J. 2003. Mejoramiento genético del frijol común mediante enfoques participativos en Honduras. Agronomía Mesoamericana. 14: 19

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2020. Anuario estadístico de la producción agrícola. http://siap.gob.mx

IDENTIFICACION DE RAMNOSA EN FRUTO VERDE Y BENEFICIADO DE VAINILLA EN LA HUASTECA POTOSINA

IDENTIFICATION OF RAMNOSE IN GREEN BEANS AND VANILLA CURED FROM HUASTECA POTOSINA

Vargas-Hernández, Juan[1*]; García-Osorio, Cecilia[2]; Jaén-Contreras, David[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental San Luis. Ejido Palma de la Cruz Soledad de Graciano Sánchez, C.P. 78431.
[2]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. C.P. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México.
***Autor de correspondencia: vargas.juan@inifap.gob.mx**

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar el contenido del azúcar ramnosa en fruto de vainilla en cuatro etapas de desarrollo: 20, 24, 28 y 32 semanas después de la polinización (SDP). Se realizó por el método modificado de Mustafa *et al*. (2003) con cromatografía de alta resolución (HPLC). Los resultados sugieren que el azúcar difiere en contenido por efecto de la etapa de desarrollo; en verde tiende a incrementar, el rango fue de 7.2 a 9.0 mg/g de 20 a 32 SDP, mientras que en fruto beneficiado disminuye de 31.8 a 5.8 mg/g.

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the content of rhamnose sugar in vanilla fruit benefited from four development stages 20, 24, 28 and 32 WAP (weeks after pollination). It was carried out by the modified method of Mustafa et al. (2003). To identify the sugar, it was used by high performance chromatography (HPLC). The results suggest that sugar differs in content due to the development stage in green it tends to increase the range was from 7.2 to 9.0 mg / g from 20 to 32 SDP, while in benefited fruit it seems to decrease from 31.8 to 5.8 mg / g.

INTRODUCCIÓN

Los carbohidratos son los constituyentes más abundantes en la mayoría de los frutos después del agua (Gutiérrez-Bello, 2000). En el fruto verde se presenta un contenido total de entre 15.1-25.8 %. Los azúcares como fuente de carbono juegan un papel importante en la vainilla para fuente de energía y precursor de la vainillina, además, ser cofactor de enzimas. En fruto verde la sacarosa es más abundante con 80 % del total de los azúcares (Sánchez-Galindo *et al*., 2018). Sin embargo, durante el proceso de beneficio las proporciones cambian, ya que se presenta un descenso de hasta el 95 % del contenido de sacarosa, y un leve incremento en glucosa y fructosa. Ramachandra y Ravishankar (2000) reportan en vainilla beneficiada contenido de azúcares de 70 a 200 g kg^{-1}, siendo (glucosa y fructosa) los componentes principales, y pequeñas cantidades de sacarosa. Vargas (2021) observó comportamiento similar en el contenido de fructosa y glucosa, mientras que de sacarosa el incremento es consistente en fruto verde. El fruto verde de la vainilla contiene precursores del aroma en forma glucosilada, la glucovainillina es el precursor directo de la vainillina, sin embargo, en el fruto verde existen otros tres precursores en menor

concentración entre ellos p-hidroxibenzaldehído, ácido p-hidroxibenzoico y ácido vainíllico (Leong *et al*., 1989). Los glucósidos son sustancias que están constituidas por dos tipos de sustancias, un glúcido o azúcar, generalmente es glucosa y una sustancia no azucarada llamada genina o aglucón, puede ser un ácido, un alcohol u otro compuesto orgánico. La glucosidasa en fruto verde de vainilla es cuantificable en todas las etapas del crecimiento del fruto. Sin embargo, la actividad de la enzima aumenta considerablemente al quinto mes después de la polinización, de tal forma que la evolución de la actividad de la β-glucosidasa durante el crecimiento de la vaina es similar al curso que sigue la concentración de la glucovainillina (Kanisawa *et al*.,1994).

Odoux y Brillouet (2009), en fruto verde identificaron la presencia de mucilago en la región que comprende a los tricomas, lámina placentaria y semillas en frutos con edad de 32 SDP. Así mismo, los autores encontraron que el mucilago estaba compuesto de polisacáridos como ácidos urónicos, arabinosa y galactosa; la arabinosa y galactosa son azúcares que se encontraron en mayor proporción, seguidos de manosa y glucosa además de xilosa, ramnosa y fucosa en menor concentración. Leong (1991), investigó la unión de distintos azúcares a la glucosa que tienen efecto en los compuestos aromáticos. Después, de hidrolizar un extracto glicosídico, el 20% del extracto en peso seco era glucosa, 1% de manosa y sólo una traza de ramnosa. También, ramnosa se ha encontrado en ápices de la planta de vainilla *Vanilla insignis* (Rosas, 2018). En este tenor el objetivo fue identificar el contenido de ramnosa en cuatro etapas de desarrollo de fruto verde y beneficiado de vainilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la localidad de Mahuajco, Coxcatlan, San Luis Potosí, México (21° 31´ 56´´ N y 98° 56´ 21´´ W) a 306 msnm de altitud, y con temperatura media anual de 24.5 °C. El clima de la región es semi cálido húmedo (A)C(m)(w) (García, 2004).

Por cada etapa de desarrollo (20, 24, 28 y 32 SDP) se cosecharon 30 frutos en periodos de un mes a partir del 8 de septiembre al 8 de diciembre del 2019. Las muestras se dividieron en 2 partes, 15 frutos se almacenaron en ultracongelador a -70°C hasta su análisis, mientras que los otros 15 frutos se enviaron a una casa beneficiadora en Jalpilla, Axtla de Terrazas, S.L.P. Por último, se determinó el contenido de ramnosa por HPLC en cada tipo de fruto.

Medición del contenido de azúcares: Se realizó por el método modificado de Mustafa et al. (2003) para lo cual se tomó 1.0 g de vainilla molida y se agregaron 60 mL de etanol (80 %) y por ebullición se concentró a volumen de 20 mL, posteriormente el extracto se filtró y refrigeró por 24 h. A continuación, la extracción en fase sólida se realizó según método MN Appl. No. 300160, para ello se acondicionó el cartucho (Cromabond C_{18ec}, 3 mL·500 mg^{-1}, 60Å, 45 µm) con 6 mL de metanol, seguido de 6 mL de agua, se transfirió 1 mL del extracto y se colectó el eluato, finalmente se realizó un lavado con 3 mL de agua para asegurar la elución de todos los azúcares, también se colectó el eluato. Ambos eluatos se mezclaron y se llevaron a volumen de aforo de 5 mL; de esta muestra se pasó 1 mL por acrodisco (Titan, 0.45 µm) para su análisis por HPLC (High Performance Liquid Chromatography); Series 200, Perkin Elmer con automuestreador y detector de índice de refracción a 35 °C. Se utilizó una columna Pinnacle II Amino de 5 mm 150 x 4.6 mm (Restek), y la fase móvil fue una solución de acetonitrilo: agua (80:20, v/v), flujo 1 mL·min^{-1} y volumen de inyección de 10 µL.

El contenido de ramnosa en las muestras se calculó a partir de una curva de calibración (peso/peso) de 0.041 a 0.43 mg g^{-1} en fase móvil. La ecuación encontrada fue y = 100856x

- 1395.6, r = 0.999 Figura 1. Finalmente, los valores de ramnosa se reportaron como porcentaje de azúcares en base seca.

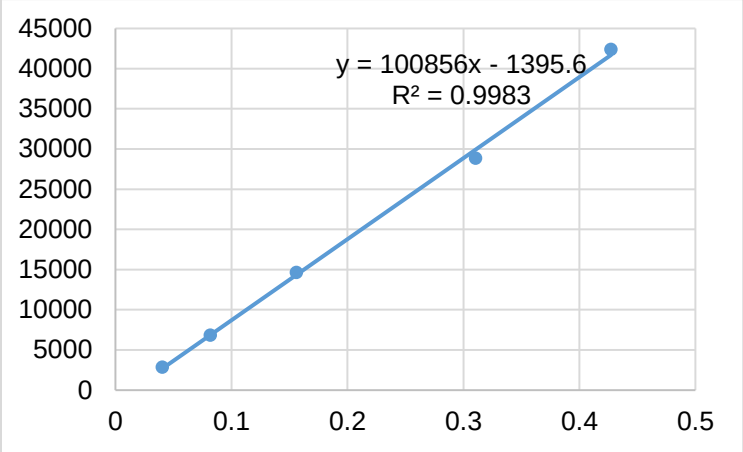


Figura 1. Curva de calibración para el contenido de ramnosa.

Análisis estadístico

Lo datos se analizaron mediante el paquete estadístico SAS® 9.4 (SAS Institute, 2002). Se realizó un análisis de varianza conjunto para el tipo de fruto (TF) y etapa de desarrollo T(SDP) mediante el procedimiento GLM. Posteriormente se realizó la comparación de medias por el método de Tukey (P ≤ 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza fue significativo en contenido de ramnosa entre tipo de fruto (TF) verde y beneficiado. Además, mostró diferencia significativa en etapa de desarrollo T(SDP), y existió interacción entre TF por T(SDP) Cuadro 1. El alto coeficiente de variación puede atribuirse por el número de reparticiones de las muestras evaluadas. La comparación de medias por etapa de desarrollo T(SDP) mostró que frutos con 20 SDP presentó diferencia significativa en contenido de ramnosa en comparación con las otras etapas de desarrollo Cuadro 2. En contenido de ramnosa por (TF) de verde a beneficiado se observó que a menor etapa de desarrollo (SDP) presentó mayor contenido de ramnosa con frutos cosechados a 20 SDP, en contraste, frutos verdes con mayor edad 32 SDP al beneficiado, mostraron menor contenido de este azúcar Figura 2. La variabilidad en el contenido de ramnosa tanto en fruto verde como en beneficiado puede atribuirse a diversos factores, entre los que destacan la edad del fruto, clima, que afectan la temperatura y humedad, y que intervienen en las reacciones enzimáticas, además de la experiencia del maestro beneficiador (Cervantes-Castillo *et al*., 2018). Este último puede atribuirse por el largo periodo del proceso de beneficiado, en el cual se llevan a cabo operaciones cíclicas de exposición al sol hasta alcanzar 45 °C, y empacado en cajones para el sudado. Estos pasos permiten la activación del metabolismo anaeróbico que permite la proliferación de microorganismos anaeróbicos y la aparición de moléculas asociadas con la anaerobiosis. Además, estas condiciones por periodos cortos de hipoxia estimulan la transformación glucolítica de glucosa en piruvato, que, puede formar acetaldehído y etanol. Ambos compuestos también en baja concentración son volátiles y están presentes en el aroma de la vainilla.

Cuadro 1. Análisis de varianza del contenido de ramnosa en fruto de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews).

FV	GL	RAM
TF	1	562.1176042**
T(SDP)	3	153.8315153**
TF*T(SDP)	3	196.3890708**
Error	16	21.595858
CV		36.3

Cuadro 2. Comparación de medias para el contenido de ramnosa por tipo de fruto y por etapas de desarrollo en vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews).

FV	CR
Tipo de fruto (TF)	
Verde	7.961 b
Beneficiado	17.640 a
Etapas de desarrollo T(SDP)	
20	19.537 a
24	11.037b
28	13.148ab
32	7.480b
DSH	7.6761

FV: Fuente de variación, CR: Contenido de ramnosa.

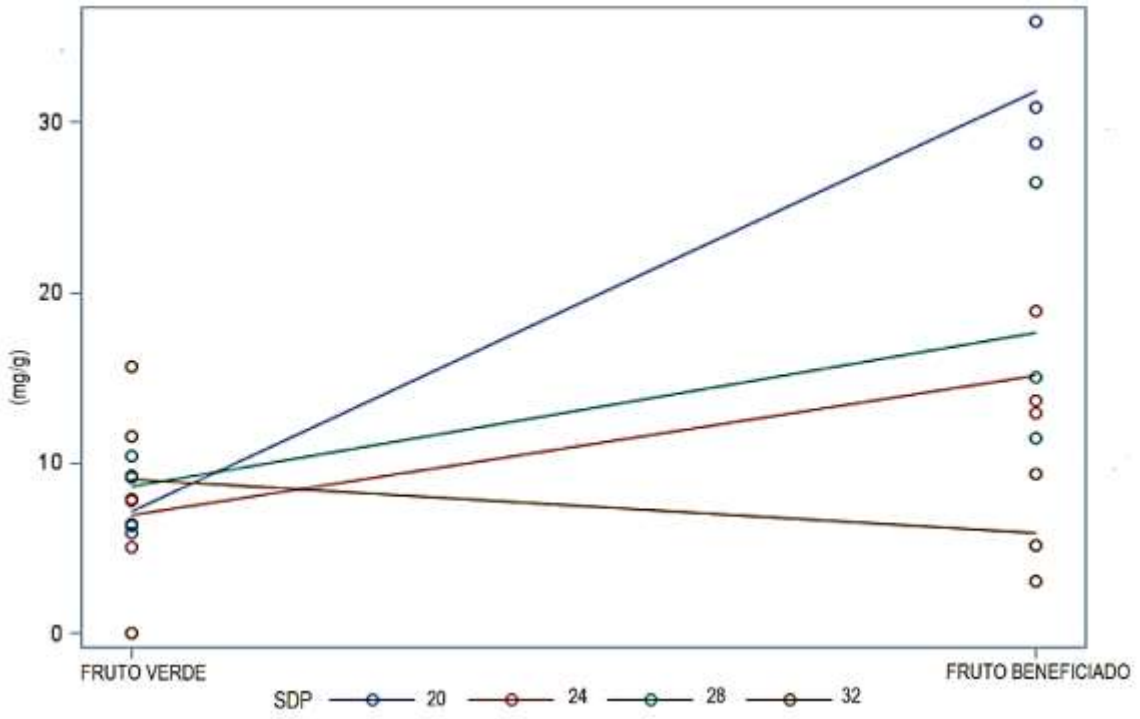


Figura 2. Contenido de ramnosa por efecto etapa de desarrollo (SDP) en tipo de fruto verde y beneficiado.

CONCLUSIONES

El estado de fruto de vainilla es un factor importante en la concentración de ramnosa, a mayor etapa de desarrollo del fruto verde al pasar a beneficiado el contenido del azúcar disminuye, en contraste, con fruto de menor edad de cosecha al llevarlo a beneficiado el contenido de azúcar incrementa.

REFERENCIAS

Cervantes-Castillo, A.; Lima-Morales, M.; Delgado-Alvarado, A.; Herrera-Cabrera, B.E.; Arévalo-Galarza G.A.; Soto-Hernández, R.M.; García-Osorio,C. y Arévalo-Galarza, Ma. L. C. 2018. Calidad de frutos vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) procedente de la Huasteca Potosina, México. Nova Scientia. No 21:360-378. ISSN 2007 - 0705.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. 5:23 -24.

Gutiérrez-Bello, J. 2000. Ciencia bromatológica: principios generales de los alimentos. Ediciones Díaz de Santos. 3 - 26. ISBN. 84-7978-447-4.

Kanisawa, T.; Tokoro, K. and Kawahara, S. 1994. Flavor development in the beans of Vanilla planifolia. In Olfaction and taste XI. Springer, Tokyo. 268-270. https://doi.org/10.1007/978-4-431-68355-1_100.

Leong, G. 1991. Contribution à l'étude des hétérosides des gousses de vanille vertes Doctoral dissertation, Aix-Marseille 3.

Leong, G.; Archavlis, A. and Derbesy, M. 1989. Research on the glucoside fraction of the vanilla bean. Journal of Essential Oil Research. 1(1):33-41. Doi.org/10.1080/10412905.1989.9699442.

Mustafa, K.; Mustafa, E.; Mustafa K. U. and Mehmet, A. 2003. Comparison of Different Extraction and Detection Methods for Sugars Using Amino-Bonded Phase HPLC. *Journal of Chromatographic Science*. 41(6):331-333. https://doi.org/10.1093/chromsci/41.6.331.

Odoux, E. y Brillouet, J. M. 2009. Anatomy, histochemistry and biochemistry of glucovanillin, oleoresin and mucilage accumulation sites in green mature vanilla pod (vanilla planifolia; Orchidaceae): a comprehensive and critical reexamination. *Fruits.* (64): 221-241. https://doi.org/10.1051/fruits/2009017.

Ramachandra RS. y Ravishankar, GA. 2000. Vanilla flavour: production by conventional and biotechnological routes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. *80*(3): 289-304.https://doi.org/10.1002/1097-0010(200002)80:3<289::AID-JSFA543>3.0.CO;2-2.

Rosas-Morales, MA. 2018. Análisis de la acumulación de osmolitos compatibles y del comportamiento térmico del agua durante la crioconservación de ápices de vainilla (Vanilla insignis)". Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Veracruzana. Orizaba. Veracruz.

Sánchez-Galindo, M.; Arévalo-Galarza, M.; Delgado-Alvarado, A.; Herrera-Cabrera, BE. And García-Osorio, C. 2018. Calidad de fruto verde y beneficiado de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) con relación a su edad a la cosecha. Revista Chapingo. Serie Horticultura. 24 (3): 203-213. https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2018.02.004.

Vargas, HJ. 2021. Edad a la cosecha y etapas del proceso de beneficiado que afectan la calidad de vainilla. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Texcoco, México.

IDENTIFICACIÓN GENÓTIPICA DE ACCESIONES DE LIMON MEDIANTE MICROSATÉLITES AMPLIFICADOS AL AZAR (RAMs)

GENOTYPIC IDENTIFICATION OF LEMON ACCESSIONS USING RANDOM AMPLIFIED MICROSATELLITES (RAMs)

Isidro Humberto Almeyda-León[1]*, Juan Martínez-Medina[1], Carlos Miguel Ramos-Cruz[1], Raúl Rodríguez Guerra[1], Efraín Acosta Díaz[2]

[1]INIFAP-CIRNE-Campo Experimental General Terán, Km 31 Carretera Montemorelos-China, General Terán, N.L., C.P. 67400. [2]Investigador Asociado al CE General Terán-CIRNE-INIFAP. *halmeyda30@hotmail.com

RESUMEN

Los bancos de germoplasma se constituyen como fuente para incrementar variabilidad genética y obtener o generar variedades con mayor rendimiento, así como resistencia a plagas y enfermedades. Sin embargo, se requiere conocer de manera precisa su identidad genética para evitar duplicados e identificar introducciones promisorias para procesos de selección y mejoramiento genético. El objetivo de este trabajo fue identificar genéticamente accesiones de limón (*Citrus* spp.) mediante la técnica RAMs resguardados en el Banco de Germoplasma de Cítricos del Campo Experimental General Terán. Se colectaron seis accesiones (dos réplicas establecidas en condiciones de invernadero y otra en condiciones de campo para cada accesión). La identificación genética de los materiales se realizó con la técnica de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs), con el iniciador CA, el cual, se seleccionó debido a que puede generar hasta 26 fragmentos polimórficos. Se pudo constatar la identidad de cada accesión y sus réplicas tanto a nivel de invernadero como de campo. Sin embargo, en algunas especies se observó diferencia entre el germoplasma en condiciones de invernadero y de campo. La técnica utilizada y los resultados obtenidos en este trabajo pueden ser utilizados en estudios futuros de caracterización genética como apoyo a programas de mejoramiento genético de cítricos.

ABSTRACT

Germplasm banks are constituted as a source to increase genetic variability and obtain or generate varieties with higher yields, as well as resistance to pests and diseases. However, precise knowledge of their genetic identity is required to avoid duplicates and identify promising introductions for selection and genetic improvement processes. The objective of this work was to genetically identify lemon accessions (*Citrus* spp.) using the RAMs technique kept in the Citrus Germplasm Bank of the General Terán Experimental Field. Six accessions were collected (two replicas established under greenhouse conditions and one under field conditions for each accession). The genetic identification of the materials was carried out with the Random Amplified Microsatellites (RAMs) technique, with the CA primer, which was selected because it can generate up to 26 polymorphic fragments. The identity of each accession and its replicas could be verified both in the greenhouse and in the field. However, in some species a difference was observed between the germplasm under greenhouse and field conditions. The technique used and the results obtained in this work can be used in future genetic characterization studies to support citrus genetic improvement programs.

INTRODUCCIÓN

Los cítricos son producidos en zonas subtropicales y tropicales, sus frutas son consumidas por millones de personas en el mundo (Nicolosi *et al*., 2000). En los bancos de germoplasma vegetal la caracterización y documentación de las introducciones permiten evitar duplicados e identificar materiales promisorios para procesos de selección, mejoramiento genético o procesos agroindustriales (Ganopoulos *et al*., 2015). Sin embargo, la caracterización de los bancos de germoplasma de algunas especies de cítricos como las naranjas no ha sido exitosa debido a características de biología reproductiva: alta fertilidad interespecifica, reproducción apomíctica y poliembrionía, una larga fase juvenil y la escasez de marcadores de ADN polimórficos (Breto *et al.,* 2001; Corazza *et al*., 2002). La identificación varietal es uno de los aspectos básicos para el estudio del material vegetal utilizado en la producción y su importancia aumenta cuando éste se utiliza para la generación de conocimiento científico. Cuando se tiene el interés de comenzar un programa de mejoramiento genético con los materiales sobresalientes, surge la necesidad de generar información sobre el valor genético de los bancos de germoplasma y de las colecciones de trabajo, razón por la cual, se requiere una identificación genética que permita identificar duplicados, detectar genes de interés para después asociarlos con sus características agronómicas y generar información que represente la diversidad genética y maximice los recursos para conservarlos y utilizarlos (Martínez, 2013).

El uso de marcadores moleculares ha sido una herramienta valiosa y precisa para la evaluación de la diversidad genética en cítricos y géneros relacionados, incluyendo marcadores isoenzimaticos (Poondla *et al*., 2014), SRAP (Uzun *et al*., 2009), RAPD (Chynniewta *et al*., 2014), AFLP (León, 1987). Los marcadores moleculares RAMs son útiles para medir la diversidad genética en plantas y animales, diferencia entre familias, entre especies y al interior de la especie (Morillo *et al*., 2010). También, muestran la base misma de la variación de los individuos, permiten seleccionar regiones concretas dentro de la molécula de ADN para estudios determinados, el número de polimorfismos detectables es teóricamente ilimitado y permiten analizar tanto la información que se expresa como la que no lo hace (Mahuku *et al*., 2002). El objetivo de este trabajo fue identificar genéticamente mediante la técnica RAMs seis accesiones de limón (*Citrus* spp.) resguardados en el Banco de Germoplasma de Cítricos del Campo Experimental General Terán.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el Campo Experimental General Terán (CEGET), ubicado en el Km 31 Carretera Montemorelos-China, General Terán, N.L**.,** 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.

Material vegetativo. Se colectaron hojas aparentemente sanas de seis accesiones de limón (*Citrus* spp.) del Banco de Germoplasma del CEGET (dos árboles por accesión), desarrolladas en condiciones de invernadero y de cinco de esas mismas accesiones cultivadas en condiciones de campo (Cuadro 1).

Extracción de ADN. La extracción del ADN de los materiales colectadas se realizó a partir de la metodología reportada por Almeyda *et al.* (2001). El protocolo general de extracción del ADN utilizado fue el siguiente: Se pesaron 150 mg de la muestra, se colocaron en tubos Ependorff de 2.0 mL y se trituraron mecánicamente. Se agregaron 750 µl de solución de

extracción CTAB/2-ME precalentada a 65 °C (CTAB 2 % p/v, Tris – HCl pH 8.0 100 mM, EDTA pH 8.0 20 mM, NaCl 1.4 M, polivinylpyrrolidona 40,000 1 % p/v), (a la solución se le agrega 2-ME para que quede a una concentración final de 0.2 %) y se incubó durante 45 minutos a 65 °C. Posteriormente se le agregó un volumen (de acuerdo al volumen de la muestra recuperada) de cloroformo-alcohol isoamílico 24:1 y se centrifugó a 10,000 rpm durante 10 min a temperatura ambiente. Se recuperó la fase acuosa y se le agregó 1 volumen de cloroformo-alcohol isoamílico 24:1 y se centrifugó a 10,000 rpm durante 10 min a temperatura ambiente. Se recuperó la fase acuosa y se agregó 0.5 volumen de acetato de amonio (7.5 M), dejándolo 10 min en hielo y se centrifugó por 10 min a 14,000 rpm a temperatura ambiente. Para precipitar el ADN, al volumen recuperado se le agregó 0.6 volumen de isopropanol y se dejó precipitar durante 60 min a temperatura ambiente. Posteriormente se centrifugó a 10,000 rpm durante 20 minutos y se eliminó el sobrenadante, el precipitado se lavó dos veces con etanol al 70 % frío (centrifugando a 10,000 rpm durante 15 min), el precipitado se secó a temperatura ambiente y se resuspendió en 100 µl de agua ultrapura estéril y fue almacenado a 4 °C hasta su uso. Para establecer la calidad del ADN extraído, se realizó una electroforesis en un gel de agarosa al 0.8 %, se tiño con el colorante GelRed® y se analizó en un transiluminador de luz ultravioleta.

Cuadro 1. Accesiones de limón (*Citrus* spp.) cultivadas en condiciones de invernadero y campo, pertenecientes al banco de germoplasma del CEGET

No. de accesión	Nombre común	No. de árbol	Condición
51	Limón sin espinas	1	Invernadero
51	Limón sin espinas	2	Invernadero
51	Limón sin espinas	1	Campo
52	Eureka Ross	1	Invernadero
52	Eureka Ross	2	Invernadero
52	Eureka Ross	1	Campo
53	Nicaragua Sweet Lim	1	Invernadero
53	Nicaragua Sweet Lim	2	Invernadero
53	Nicaragua Sweet Lim	1	Campo
54	Eureka Frost	1	Invernadero
54	Eureka Frost	2	Invernadero
54	Eureka Frost	1	Campo
55	Eureka	1	Invernadero
55	Eureka	2	Invernadero
80	Villa Franca	1	Invernadero
80	Villa Franca	2	Invernadero
80	Villa Franca	1	Campo
81	Limón sin espinas	1	Invernadero
81	Limón sin espinas	2	Invernadero
81	Limón sin espinas	1	Campo

Reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Las reacciones de PCR fueron realizadas en un termociclador (BioRad Thermal Cicler), las cuales, fueron preparadas en un volumen final de 25 µl conteniendo: Buffer de PCR (1X), MgCl2 (4.0 mM), dNTP´s (0.2 mM), Iniciador CA (5´-DBDACACACACACACACA-3´) (0.4 µM), Taq™ DNA-polimerasa (1 U), y ADN (50 ng). El programa de amplificación utilizado para la amplificación se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Ciclos del programa de amplificación utilizado

Etapa	Temperatura	Tiempo	Ciclos
Desnaturalización inicial	95 °C	5:00 min	1
Desnaturalización	95 °C	0:30 seg	37
Alineamiento	50 °C	0:30 seg	
Extensión	72 °C	2:00 min	
Extensión final	72 °C	10:00 min	1
	4 °C	∞	

Electroforesis en geles de agarosa. Los fragmentos amplificados en las PCR´s se fraccionaron en geles de agarosa al 2.0 %, durante una hora treinta minutos a 100 V. Los geles fueron teñidos con el colorante GelRed® y analizados en un transiluminador de luz ultravioleta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El iniciador CA, utilizado en este trabajo para identificar la identidad genética de las diferentes especies de limones, fue seleccionado con base en los resultados reportados por Gallego *et al*. (2017), quienes mencionaron que este iniciador puede generar hasta 26 fragmentos polimórficos bajo las condiciones de amplificación ya descritas y dependiendo de la especie, así como de las variaciones realizadas en la técnica.

Con la metodología de RAMs utilizada en este trabajo, por una parte, en algunos casos se pudo constatar la identidad de cada accesión y sus réplicas a nivel de invernadero y de campo (Figura 1-2, 1-3, 1-4). Sin embargo, en el caso de la especie Eureka Frost, de acuerdo con el perfil electroforético la réplica cultivada en condiciones de campo (Figura 1-7), es diferente a las réplicas mantenidas bajo condiciones de invernadero (Figura 1-5, 1-6). Para el caso del limón Villa Franca, se pudo identificar que una de las réplicas mantenida en condiciones de invernadero (Figura 1-9) es diferente o no corresponde a esta especie de acuerdo con el perfil electroforético que se observa en una de las réplicas desarrollada en invernadero y la réplica en condiciones de campo (Figura 1-8, 1-10).

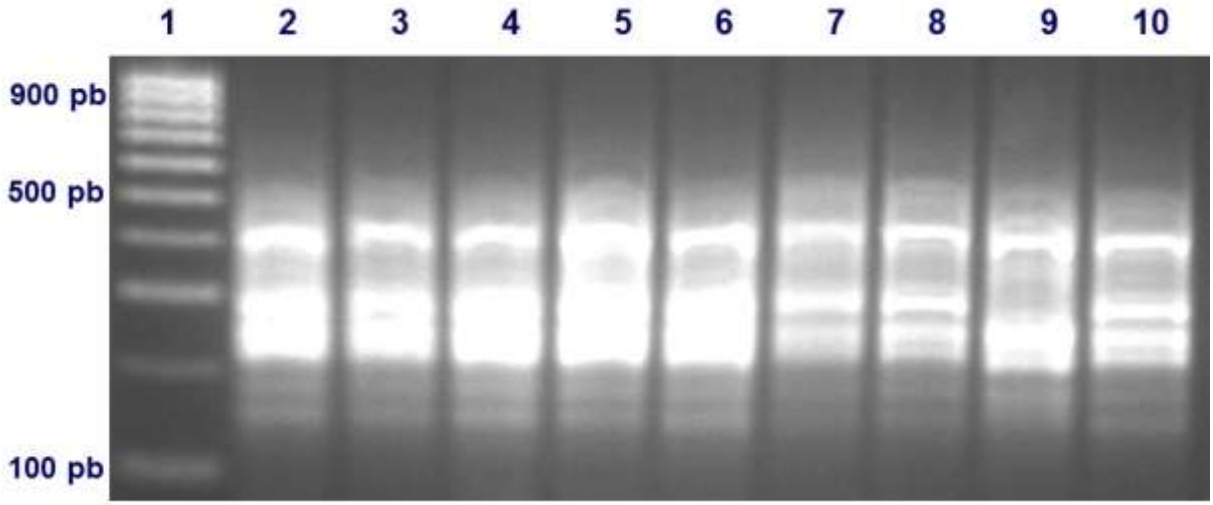


Figura 1. Amplificación de fragmentos del genoma de diferentes especies de limones mediante la técnica de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs), utilizando el iniciador CA. Carriles 1: Marcador de Peso Molecular HiperLadder™ 100bp; Carril 2: Limón sin espinas (árbol 1, invernadero); Carril 3: Limón sin espinas (árbol 2, invernadero); Carril 4: Limón sin espinas (árbol de campo); Carril 5: Eureka Frost (árbol 1, invernadero); Carril 6: Eureka Frost (árbol 2 invernadero); Carril 7; Eureka Frost (árbol de campo); Carril 8: Villa Franca (árbol 1, invernadero); Carril 9: Villa Franca (árbol 2, invernadero), Carril 10: Villa Franca (árbol de campo).

Los resultados obtenidos en este trabajo, permite inferir que la técnica de RAMs es una herramienta útil para identificar rápidamente la identidad de las diferentes accesiones y sus respectivas réplicas desarrolladas en condiciones controladas (invernadero), o en condiciones de campo. Además, su uso se puede amplíar para caracterizar la diversidad genética de diferentes accesiones dentro del género *Citrus* e incluso a nivel intraespecie (Muñoz *et al*., (2008), intrapoblacional (Koehler *et al*., 2003), identificación de plantas zigóticas (Oliveira *et al*., 2002) y construcción e integración de mapas de ligamiento (Cristofani *et al*., 2003), pero es difícil identificar variabilidad intraespecfica en algunas especies de *Citrus,* sin embargo, para el caso de las especies de limón del banco de germoplasma de cítricos del CEGET si fue posible, identificar variabilidad intraespecífica. Además, es una técnica que no necesita información previa, utiliza un solo iniciador, puede ser fácilmente reproducible por el tamaño del iniciador, diferencia entre especies y variaciones intraespecíficas (como se pudo observar en este estudio), detecta relaciones entre grupos biológicos y grupos formados por la técnica, es de bajo costo y de fácil implementación (Morillo *et al*., 2009). Los resultados obtenidos pueden ser ampliados a otras especies de cítricos depositadas en el banco de germoplasma del CEGET para su caracterización genética y documentación de las introducciones para evitar duplicados e identificar introducciones promisorias para procesos de selección, mejoramiento genético o procesos agroindustriales como lo menciona Ganopoulos *et al*. (2015).

CONCLUSIONES

La técnica de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs), fue eficiente para la identificación genotípica, así como la variabilidad intarespecífica en las diferentes especies y réplicas de limón conservadas en el banco de Germoplasma de Cítricos del Campo Experimental General Terán (CEGET), y puede ser utilizada para estudios de caracterización genética en apoyo a programas de mejoramiento genético de cítricos.

REFERENCIAS

Almeyda, L. I.H., Rocha, P. M.A., Piña, R. J., Martínez, S. J.P. 2001. The use of polimerase chain reaction and molecular hybridazation in different plant species in México. Revista Mexicana de Fitopatología 19(1): 1-9.

Breto, M.P., Ruiz, C., Pina, J.A., Asíns, M.J. 2001. The diversification of *Citrus clementina* Hort. ex Tan., a vegetatively propagated crop species. Molecular Phylogenetics and Evolution 21(2): 285-293. doi: 10.1006/mpev.2001.1008

Chynniewta, M., Kumar, M.S., Rama, R.S. 2014. Genetic diversity and phylogenetic analysis of *Citrus* (L) from north-east India as revealed by meiosis, and molecular analysis of internal transcribed spacer region of rDNA. Meta Gene 2: 237–251.

Corazza, N. M.J., Machado, M.A., Nunes, W. M.C., Cristofani, M., Targon, M.L. P.N. 2002. Assessment of genetic variability in grapefruits (*Citrus paradisi* Macf.) and pummelos

(*C. maxima* (Burm.) Merr.) using RAPD and SSRs markers. Euphytica 126(2):169-176. doi:10.1023/A:1016332030738

Cristofani, M, Machado, M.A., Novelli, V.M., Souza, A.A., Targon, M.L.P.N. 2003. Construction of linkage maps of *Poncirus trifoliate* and *Citrus sunki* based on microsatellite markers. Proceedings of the 9th International Society of Citriculture Congress, Orlando, USA. 1: 175-178.

Gallego, C. J.S., Enríquez, V. A.L., Caicedo, A. A, Posso, T. A.M., Muñoz, F. J.E. 2017. Diversidad genética en patrones de cítricos mediante Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs). Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 15(1): 85-94.

Ganopoulos, I., Xanthopoulou, A., Mastrogianni, A., Drouzas, A., Kalivas, A., Bletsos, F., Krommydas, K., Ralli, P., Tsaftaris, A., 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.

Koehler, S. P., Dornelles, A.L., Freitas, L.B. 2003. Characterization of mandarin citrus germplasm from southern Brazil by morphological and molecular analyses. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 38: 797-806.

León, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. 3 ed. San José (Costa Rica): Iica/Catie. 84 Págs.

Mahuku, G. S., Henríquez, M. A., Muñoz, J. E., Buruchara, R. A. 2002. Molecular markers dispute the existence of the Afro-Andean group of the Bean Angular Leaf Spot pathogen, *Phaeoisariopsis griseola*. Phytopathology 96(6): 580-589.

Martínez, M.F. 2013. Caracterización molecular de genotipos de mandarinas *Citrus* spp. mediante marcadores RAM´s (Microsatélites Amplificados al Azar) y microsatélites. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas con especialidad en Biotecnología Vegetal. Universidad Nacional De Colombia, Sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira, Colombia. 127 Págs.

Morillo, A.C., Morillo, Y., Chagüeza, Y., Caicedo, A., Muñoz, J.E. 2009. Caracterización de la diversidad genética en naranja y comparación del polimorfismo de microsatélites amplificados al azar (RAMs) usando electroforesis de poliacrilamida y agarosa. Acta Agronómica, 58(4): 234-244.

Morillo, Y., Morillo, A.C., Chagüeza, Y., Caicedo, A., 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.

Muñoz, J.E., Morillo, A.C. y Morillo, Y. 2008. Microsatélites amplificados al azar (RAM) en estudios de diversidad genética vegetal. Acta agronómica 57(4): 219-226.

Nicolosi, E., Deng, Z.N., Gentile, A., La Malfa, S., Continella, G., Tribulato, E. 2000. *Citrus* phylogeny and genetic origin of important species as investigated by molecular markers. Theoretical and Applied Genetics 100(8): 1155-1166. doi: 10.1007/s001220051419

Oliveira, A.C., Novac, G. A., Cristofani, M., Machado, M.A. 2002. Identification of citrus hybrids through the combination of leaf apex morphology and SSR markers. Euphytica 128: 397-403.

Poondla, A.V., Bandikari, A.R., Subramanyam, B. R.A. Reddy, O. V.S. 2014. Low temperature active pectinases production by *Saccharomyces cerevisiae* isolate and their characterization. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 4: 1–7. doi: 10.1016/J.BCAB.2014.09.008

Uzun, A., Yesiloglu, T., Aka-Kacar, Y., Tuzcu, O., Gulsen, O. 2009. Genetic diversity and relationships within Citrus and related genera based on sequence related amplified polymorphism markers (SRAPs). Scientia Horticulturae, 121(3): 306-312. doi: 10.1016/j.scienta.2009.02.018

INDUCCIÓN DE LA GERMINACIÓN DE ESPORAS DEL HONGO ENTOMOPATÓGENO *Metarhizium*

Juan Jesús Balderas-Figueroa[1], Raúl Rodríguez-Guerra[2], J. Isabel López-Arroyo[2], Reyna Ivonne Torres-Acosta[1], Rodolfo Torres-de los Santos[1]

[1]Unidad Académica Multidisciplinaria Mante de la Universidad Autónoma de Tamaulipas Boulevard Enrique Cárdenas González No. 1201 Pte. C.P. 89840 Ciudad Mante, Tamaulipas, México.
[2]Campo Experimental General Terán, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 31 Carr. Montemorelos-China, CP 67400, General Terán, Nuevo León, México.
Autor de correspondencia: rodriguez.raul@inifap.gob.mx

RESUMEN

El gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*, es una plaga de importancia en diversas plantas cultivadas en el estado de Tamaulipas, México. Se realizó un muestreo de suelo para el aislamiento de hongos entomopatógenos en cinco municipios de Tamaulipas. El objetivo fue formar una colección de hongos entomopatógenos para ser evaluados contra plagas como *S. frugiperda*. Dos cepas de *Metarhizium* fueron evaluadas por la capacidad de la espora de germinar en agua, así como en el fertilizante Aminocel 500®, ambos en condiciones estériles y sin esterilizar. Las cepas fueron aisladas de suelo cultivado con soya en los municipios de Bustamante y Mante. Los factores cepa, inductor de germinación y condición de esterilidad fueron considerados en el análisis. Los resultados mostraron diferencias dentro de ellos. El efecto más relevante fue el causado por los inductores de germinación. El porcentaje promedio de germinación de las esporas en agua y Aminocel 500® fue de 10.6 y 89.6%, respectivamente. Sólo se encontró interacción entre cepas e inductores evaluados. Se demostró en la cepa de *Metarhizium* obtenida en Mante mayor capacidad de germinación en agua (15.0 %) que la cepa colectada en Bustamante (6.2 %). El fertilizante Aminocel 500® incrementó significativamente la germinación de esporas de cepas de *Metarhizium* en comparación con el agua.

ABSTRACT

The fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, is an important pest in various cultivated plants in the state of Tamaulipas, Mexico. Soil sampling was carried out for isolation of entomopathogenic fungi in five municipalities of Tamaulipas. The goal was to establish a collection of entomopathogenic fungi to be evaluated against pests such as *S. frugiperda.* Two *Metarhizium* strains were evaluated for the ability of the spore to germinate in water, as well as in the Aminocel 500® fertilizer, both under sterile and non-sterile conditions. The strains were isolated from soil in soybean fields from the municipalities of Bustamante and Mante. Strain, germination inducer and sterility condition were considered as main factors in the analysis. The results showed differences within them. The most relevant effect was caused by the germination inducers. Average percentage of spore germination in water and Aminocel 500® was 10.6 and 89.6%, respectively. Interaction was only found between evaluated strains and inducers. The *Metarhizium* strain from Mante showed greater germination capacity in water (15.0%) than the strain collected in Bustamante (6.2%). The Aminocel 500® fertilizer significantly increased the spore germination of *Metarhizium* strains compared to water.

INTRODUCCIÓN

El gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), es una plaga que afecta 186 especies de plantas hospederas en el continente americano (Casmuz *et al*., 2010). En México es más conocido por atacar al maíz y sorgo. En el estado de Tamaulipas esta plaga se encuentra presente en estos cultivos (Molina-Ochoa *et al*, 2001; Rodríguez-del-Bosque *et al*., 2010); y puede causar daños a 13 cultivos de importancia en México (DGSV-CNRF, 2020). Diversos insecticidas son recomendados para el control químico de *S*. *frugiperda* en diversos cultivos en México (DGSV-CNRF, 2020). EL control mediante insecticidas convencionales trae consigo efectos adversos permitiendo el desarrollo de poblaciones resistentes (León-García *et al*., 2012), entre otros. En el estado de Tamaulipas se han encontrado organismos que actúan como agentes de biocontrol sobre las poblaciones de *S*. *frugiperda*, tanto artrópodos parasitoides (Villegas-Mendoza *et al*., 2015; Serrano-Domínguez *et al*., 2021) como ascovirus (Lezama-Gutiérrez *et al*., 2001) y hongos entomopatógenos (González *et al*., 2019). De este último grupo de agentes se han encontrado especies con alta virulencia contra larvas de *S. frugiperda*; dentro de éstas se encuentran *Paecilomyces* (*Isaria*) *fumosoroseus*, *I. javanica* y *Metarhizium anisopliae* (Lezama-Gutierrez *et al*., 1996). Recientemente se ha reportado que la germinación de esporas de cepas de *M*. *anisopliae* puede ser inducida de manera importante por el fertilizante Aminocel 500® respecto al uso de agua (Rodríguez-Guerra *et al*., 2020), lo que podría incrementar la eficiencia de hongos entomopatógenos contra plagas. El objetivo de esta investigación consistió en formar una colección de cepas de hongos entomopatógenos de cinco municipios del estado de Tamaulipas para ser evaluados contra plagas como *S*. *frugiperda*, y determinar la capacidad de germinación de dos cepas de *Metarhizium* spp. en Aminocel 500, para posteriormente evaluar el efecto en la mortalidad de larvas de *S*. *frugiperda*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aislamiento de cepas. Los hongos entomopatógenos se aislaron a partir de muestras de suelo colectadas durante 2020 de parcelas cultivadas con soya (tres) y maíz (dos) de cinco municipios del estado de Tamaulipas, mediante la técnica del insecto trampa (Zimmermann, 1986; Sánchez-Peña, *et al*., 2011). Se colocaron larvas del insecto *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae) en 500 gramos de suelo dentro de contenedores de plástico con capacidad de medio litro, y se cubrieron con una tapa. Cada muestra de suelo se humedeció con un atomizador, se incubaron a 27 °C. y fueron invertidos 180º cada tercer día. A los 7 días se extrajeron las larvas muertas, se lavaron con hipoclorito al 0.5% durante 1 min y se lavaron dos veces con agua destilada estéril. Las larvas se colocaron sobre papel filtro estéril y se transfirieron a cámara húmeda. Después de 3-5 días se presentó crecimiento de hongos sobre la larva, se transfirieron muestras pequeñas de micelio o conidios a cajas Petri conteniendo agar agua y finalmente se purificó en Papa Dextrosa Agar (PDA). La identificación de los hongos aislados se realizó mediante las claves de Barnett y Hunter (1998), con base en sus estructuras de reproducción.

Efecto del Aminocel 500®. Dos cepas del género *Metarhizium*, una aislada del municipio de Bustamante (*Metarhizium*-1) y la otra del municipio de Mante (*Metarhizium*-2), fueron reactivadas de su conservación en el medio de cultivo PDA. Posteriormente se transfirieron a nuevas placas y ahí se mantuvieron durante 20 días. A partir de ambas cepas se elaboraron suspensiones de esporas en los inductores de germinación agua

común y con Aminocel 500 (0.15 %) tanto en las dos condiciones de esterilidad, esterilizadas por filtración (con un filtro de 0.22 µm) como sin esterilizar. En cajas Petri conteniendo agar agua (2 %) se colocó un portaobjetos estéril y sobre él se depositaron dos alícuotas (cada una representó una repetición) de 30 µL de cada suspensión de esporas. Cuatro repeticiones fueron establecidas para cada tratamiento. A las 20 h las cajas Petri fueron abiertas y se permitió secar las alícuotas; se agregó 20 µL de azul de lactofenol sobre las alícuotas secas y se contabilizó el porcentaje de esporas germinadas de las primeras 50 observadas bajo un microscopio compuesto. Se consideró que una espora germinó desde que se aprecia la elongación o emergencia de un tubo germinativo. Las proporciones de los datos de porcentaje de germinación se transformaron al arcoseno de la raíz cuadrada para realizar un análisis de varianza para un diseño completamente al azar con tres factores (cepa, inductor, esterilización), en el Programa InfoStat.

RESULTADOS

De las muestras de suelo colectadas se identificaron tres positivas con la presencia de cepas de *Metarhizium* spp., y dos de *Beauveria* spp. El hongo entomopatógeno *Metarhizium* spp. (Figura 1) fue aislado de larvas micosadas e identificado en tres parcelas del Sur de Tamaulipas (Cuadro 1). Las cepas se encuentran conservadas en agua y aceite mineral en las instalaciones de la Unidad Académica Multidisciplinaria Mante, de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Además, las cepas se transfieren periódicamente en el medio PDA.

Figura 1. Vista al microscopio estereoscópico de larva de *Tenebrio molitor* micosada por *Metarhizium*, a partir de la muestra de suelo obtenida de la localidad El Nacimiento del Municipio de Mante, Tamaulipas.

Cuadro 1. Datos del aislamiento de hongos entomopatógenos de parcelas cultivadas del estado de Tamaulipas durante el año 2020.

Género	Localidad	Municipio	Cultivo	Localización geográfica
Metarhizium	El Nacimiento	Mante	Soya	22°71’79”; 99°02’56”
Metarhizium	Felipe Ángeles	Bustamante	Maíz	23°38’88”; 99°75’29”
Beauveria	Ej. El Venadito	Gómez Farías	Soya	22°99’13”; 99°06’57”
Beauveria	Antiguo Morelos	Antiguo Morelos	Soya	22°56’18”; 99°09’84”
Metarhizium	Llera	Llera	Maíz	23°30’43”; 99°04’14”

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre cepas e inductores de la germinación, y diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las condiciones de esterilidad y en la interacción cepa e inductor de la germinación, con un valor de 8.5 de coeficiente de variación en el experimento. En la Figura 2 se muestran los promedios y diferencias de porcentaje de germinación para cada uno de los factores en estudio. Aunque se encontraron diferencias dentro de cada factor analizado, la mayor diferencia en germinación de esporas observada fue en el factor inductor de germinación, donde en agua se logró un porcentaje promedio de germinación de 10.6 mientras que en Aminocel 500 se obtuvo un valor de 89.6 %. Las diferencias entre ambas cepas y ambas condiciones de esterilidad fueron bajas. La interacción entre cepas e inductores de la germinación mostró que la cepa *Metarhizium*-2 tiene mayor capacidad de germinación en agua que la cepa de *Metarhizium*-1, mientras que entre ambas cepas los promedios de germinación no difieren estadísticamente (Figura 3).

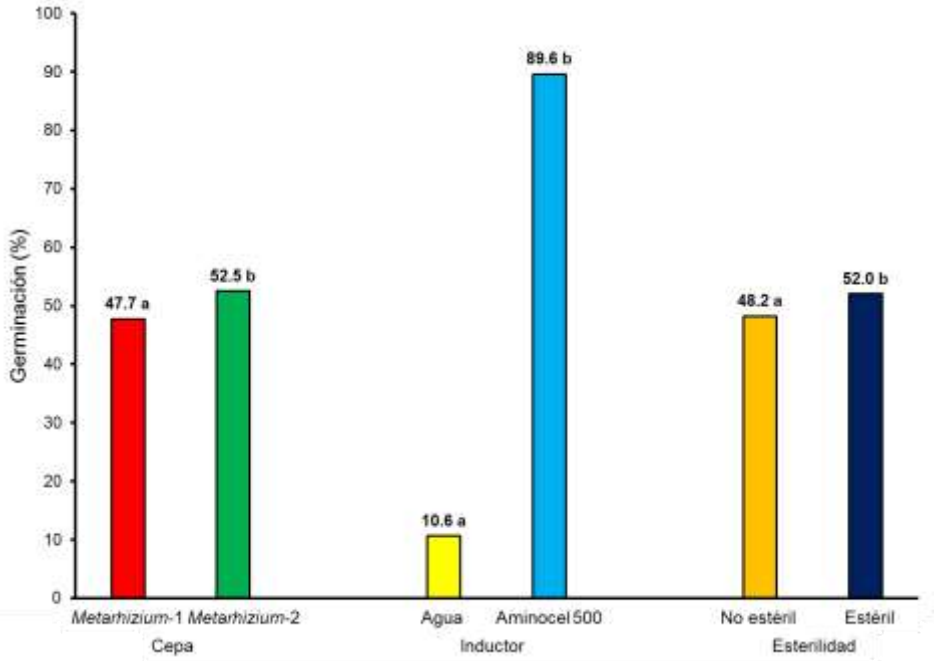


Figura 2. Porcentajes de germinación y diferencias entre cepas, inductores de germinación y condiciones de esterilidad de esporas. Promedios con letras iguales entre los niveles de cada factor no difieren estadísticamente.

La capacidad del fertilizante Aminocel 500 para inducir la germinación de esporas de *Metarhizium* spp. fue elevada respecto al agua, como ha sido reportado previamente, así como diferencias en esta respuesta entre cepas de este género y de *Beauveria* (Rodríguez-Guerra *et al*., 2020). Considerando que las esporas de hongos entomopatógenos son aplicadas en campo en agua común disponible por productores, aquí se demostró que el Aminocel 500 en dilución con agua común no estéril, reduce sólo ligeramente el porcentaje de germinación de esporas de ambas cepas evaluadas de *Metarhizium*, respecto al uso de agua esterilizada por filtración.

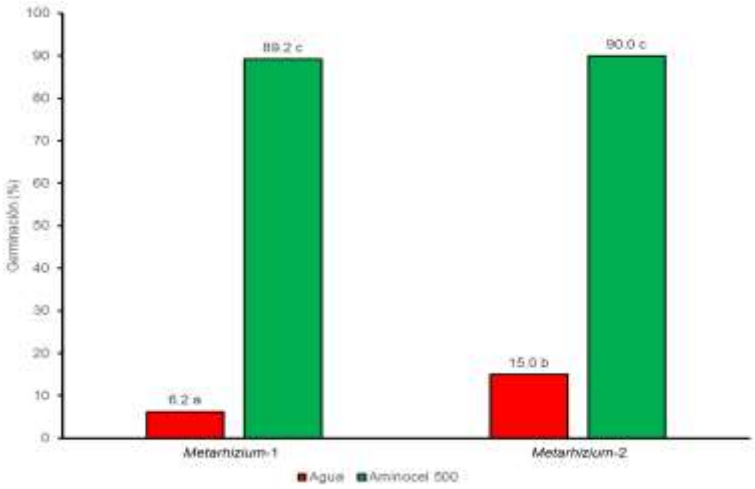


Figura 3. Porcentaje de germinación de esporas en la interacción de cepa e inductor de la germinación. Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente.

El aislamiento de cepas de hongos entomopatógenos de los géneros *Metarhizium* y *Beauveria* representan el primer reporte en los cinco municipios muestreados, aunque también han sido aisladas cepas de ambos géneros del municipio de Altamira, Tamaulipas (González *et al*., 2019). Considerando que cepas del género *Metarhizium* han mostrado patogenicidad sobresaliente contra *S*. *frugiperda* (Lezama-Gutierrez *et al*., 1996) es posible determinar la función que el Aminocel 500 puede tener en favorecer la infección y mortalidad de ésta y otras plagas.

CONCLUSIONES

En suelos cultivados de soya y maíz de cinco municipios de Tamaulipas fue posible aislar cepas de los hongos entomopatógenos *Metarhizium* y *Beauveria*. El fertilizante Aminocel 500 fue capaz de incrementar de manera sobresaliente la germinación de esporas de cepas de *Metarhizium* aisladas de suelos cultivados del estado de Tamaulipas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al INIFAP el apoyo para la realización de esta investigación como parte del Proyecto “Aprovechamiento de la biodiversidad microbiana contra problemas fitosanitarios de cultivos del área de influencia del CIR-Noreste”.

REFERENCIAS

Barnet, H.L., Hunter, B.B. 1998. Illustrated Genera of Imperfect Fungi 4th Ed. The American Phytopathological Society Press, St. Paul, Minnesota, USA. 218 p.

Casmuz, A., Juárez, M.L., Socías, M.G., Murúa, M.G., Prieto, S., Medina, S., Eduardo Willink, E., Gastaminza, G. 2010. Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina, 69: 209-231.

DGSV-CNRF. 2020. Gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria-Grupo Especialista Fitosanitario. Ficha Técnica. Tecámac, México

22p. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/635234/Gusano_cogollero_en_ma_z_y_arroz.pdf (Consultado 26 de junio 2021).

González, B.G., Venegas, B.C.S., González, G.O.J., Vargas, M.H., Jiménez, G.M.A., Pérez, A.E., Azuara, D.A. 2019. Abundancia y distribución de hongos entomopatógenos en diferentes localidades y ambientes del sur de Tamaulipas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 10: 669-681.

León-García, I., Rodríguez-Leyva, E., Ortega-Arenas, L.D., Solís-Aguilar, J.F. 2012. Susceptibilidad de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a insecticidas asociada a césped en Quintana Roo, México. Agrociencia, 46: 279-287.

Lezama-Gutierrez, R., Alatorre-Rosas, R., Bojalil-Jaber, L.F., Molina-Ochoa, J., Arenas-Vargas, M., Gonzalez-Ramirez, M., Rebolledo-Dominguez, O. 1996. Virulence of five entomopathogenic fungi (Hyphomycetes) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs and neonate larvae. Vedalia, 3: 35-40.

Lezama-Gutierrez, R., Hamm, J.J., Molina-Ochoa, J., Lopez-Edwards, M., Pescador-Rubio, A., Gonzalez-Ramirez, M., Styer, E.L. 2001. Occurrence of entomopathogens of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Mexican states of Michoacan, Colima, Jalisco and Tamaulipas. Florida Entomologist, 84: 23-30.

Molina-Ochoa, J., Hamm, J.J., Lezama-Gutierrez, R., Lopez-Edwards, M., Gonzalez-Ramirez, M., Pescador-Rubio, A. 2001. A survey of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) parasitoids in the Mexican states of Michoacán, Colima, Jalisco, and Tamaulipas. Florida Entomologist, 84: 31-36.

Rodríguez-del-Bosque, L.A., Cantú-Almaguer, M.A., Reyes-Méndez, C.A. 2010. Effect of planting date and hybrid selection on *Helicoverpa zea* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptere: Noctuidae) damage on maize ears in Northeastern México. Southwestern Entomologist, 35: 157-164.

Rodríguez-Guerra, R., Armijo-Martínez, L.F., López-Arroyo, J.I I.2020. Inducción de la germinación de conidios de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y el micoparásito *Trichoderma harzianum*. Biotecnología y Sustentabilidad, 5: 48-61.

Sánchez-Peña, S.R., Lara, J.S.J., Medina, R.F. 2011. Occurrence of entomopathogenic fungi from agricultural and natural ecosystems in Saltillo, México, and their virulence towards thrips and whiteflies. Journal of Insect Science, 11, 1.

Serrano-Domínguez, A.K., Coronado-Blanco, J.M, Ruíz-Cancino, E., Salas-Araiza, M.D., López-Santillán, J.A., Estrada-Drouaillet, B. 2019. Avispas parasitoides del gusano cogollero en el estado de Tamaulipas, México. Boletín de la Sociedad Mexicana de Entomología, 5: 1-3.

Villegas-Mendoza, J.M., Sánchez-Varela, A., Rosas-García, N.M. 2015. Caracterización de una especie de *Meteorus* (Hymenoptera: Braconidae) presente en larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en el Norte de Tamaulipas, México. Southwestern Entomologist, 40: 161-170.

Zimmermann, G. 1986. The Galleria bait method for detection of entomopathogenic fungi in soil. Journal of Applied Entomology, 102: 213-215.

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN DOS ESPECIES DEL BOSQUE MIXTO

Vicenta Constante-García*, Erika Nava-Reyna[1] y José Villanueva Díaz[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. CENID-RASPA. Canal Sacramento Km. 6.5, Gómez Palacio, Durango.

[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental General Terán, Km 31 Carretera Montemorelos – China Exhacienda las Anucas, C.P. 67400.

**Autor de correspondencia: constante.garcia@inifap.gob.mx*

RESUMEN

Los bosques representan un gran recurso natural que propicia recursos económicos, captación de carbono, servicios ecosistémicos y de diversidad vegetal. Sin embargo, ante un aumento de las temperaturas a nivel global, estos ecosistemas resultan vulnerables, por lo que, el análisis del efecto de las temperaturas sobre su crecimiento se vuelve relevante en un país ampliamente diverso en cuestiones climáticas y ecológicas como lo es México. El objetivo de este trabajo consiste en analizar las temperaturas máximas (Tmax) y temperaturas mínimas (Tmin) en el crecimiento total de las especies *Quercus canbyi* Trel. (Encino) y *Pinus pseudostrobus* Lindl. (Pino). Las muestras fueron tomadas en el noreste de México sobre el bosque mixto de Pino-encino. Los crecimientos anuales del *Q. canbyi* y *P. pseudostrobus* fueron datados y estandarizados utilizando técnicas dendrocronológicas para ser asociados con los datos climáticos. Finalmente, se llevó a cabo una función de respuesta utilizando el método de correlación. En base a 19 series procedente de 40 árboles de *P. pseudostrobus*, se obtuvo una cronología de 112 años (1900-2012). Los crecimientos fueron fechados justo al año exacto de su formación ($r = 0.70$; $p<0.01$). En el caso del *Quercus canbyi* se realizó una cronología en base a 18 series de crecimiento correspondientes a 15 árboles ($r = 0.60$; $p<0.01$) logrando desarrollar una cronología de anillo total de 80 años (1930-2010). El análisis de correlación indicó que las temperaturas máximas propician un menor crecimientos sobre ambas especies, no obstante, el encino parece ser un poco más susceptible a la presencia de Tmax, al presentar meses significativos ($p<0.05$) dentro de este análisis. Concluyendo que el desarrollo del anillo total del *Q. canbyi* y *Pinus pseudostrobus* no es favorecido por las temperaturas máximas ocurridas en el periodo invernal e inicios de la primavera.

ABSTRACT

The forests represent a great natural resource that provides economic resources, carbon storage, ecosystem services and plant diversity. However, in the context of an increase in global temperatures, these ecosystems are vulnerable; therefore, the analysis of the effect of temperatures on their growth becomes relevant in a country as diverse in climatic and ecological matters as Mexico. The objective of this work is to analyze the maximum temperatures (Tmax) and minimum temperatures (Tmin) on the total growth of the species Quercus canbyi Trel. (Encino) and Pinus pseudostrobus Lindl. (pine). Samples were taken in northeastern Mexico in mixed pine-oak forest. The annual growths of Q. canbyi and P.

pseudostrobus were dated and standardized using dendrochronological techniques to be associated with climatic data. Finally, a response function was carried out using the correlation method. Based on 19 series from 40 P. pseudostrobus trees, a chronology of 112 years (1900-2012) was obtained. The growths were dated to the exact year of their formation ($r = 0.70$; $p<0.01$). In the case of Quercus canbyi a chronology was performed based on 18 growth series corresponding to 15 trees ($r = 0.60$; $p<0.01$) managing to develop a total ring chronology of 80 years (1930-2010). The correlation analysis showed that maximum temperatures favor a lower growth on both species, however, oak seems to be a little more susceptible to the presence of Tmax, presenting significant months ($p<0.05$) within this analysis. It is concluded that the development of the total ring of Q. canbyi and Pinus pseudostrobus is not favored by maximum temperatures during the winter and early spring.

INTRODUCCIÓN

En México, el ecosistema de bosque templado representa 17.4% de la superficie total del país, el cual incluye al bosque mesófilo de montaña y al bosque de coníferas y latifoliadas (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015). Económicamente, en el 2015 este generó 91% (6 millones de metros cúbicos de madera de pino, encino, oyamel y otras coníferas) del total de producción forestal maderable del país, con valor de ocho mil millones de pesos (Inegi, 2016). En cuestiones de diversidad, los bosques templados contribuyen con alrededor de 10,000 especies, esto es, prácticamente una tercera parte de la flora nacional (Rzedowski, 1991). Actualmente se reconocen 49 especies de *Pinus* para México (Gernandt & Pérez-De La Rosa, 2014) y 161 especies de *Quercus* (Valencia., 2004) ubicando a México como el segundo centro de diversidad mundial de ambos géneros. Con respecto a la regulación climática, el total de carbono por hectárea almacenado en bosques de coníferas (*Pinus spp*.) y bosques de hoja ancha (*Quercus spp*.) en México, se estima en 179 $t^{-}ha$ y 153 $t^{-}ha$ respectivamente (Masera *et al.,* 1997;Torres-Rojo y Guevara-Sanginés, 2002) determinaron el potencial de captura de carbono en los bosques templados de México en alrededor de 13.2 miles de millones de toneladas de CO2 por año, lo que representa 54% del total nacional (24.5 miles de millones de toneladas de CO2 por año). Por otra parte, la cosecha de agua es uno de los principales servicios ecosistémicos del bosque al propiciar la infiltración de agua a los mantos acuíferos. Para los bosques templados se estima en 1.2 billones de metros cúbicos de agua que representan 25% del total nacional (4.8 billones de metros cúbicos de agua) (Torres-Rojo y Guevara-Sanginés, 2002).

No obstante, ante un aumento en las temperaturas globales, estas áreas boscosas resultan ser altamente vulnerables al aumento de temperaturas (Reichstein *et al.,* 2013). Al respecto se entiende que los árboles responden a diferentes factores ambientales externos, incluido el clima. Además, algunos autores indican que el cambio climático tiene la mayor influencia sobre las especies en el límite de su área de distribución (Penuelas y Boada, 2003; Dulamsuren *et al.,* 2010). Por lo que, es importante describir estas relaciones (Andreu *et al.,* 2007; Carrer y Urbinati, 2004; Martín-Benito *et al.,* 2008; Rozas *et al.,* 2009)

adecuadamente para predecir con precisión el crecimiento de las especies en respuesta a los cambios climáticos.

Para un entendimiento de la respuesta de las especies arbóreas a las temperaturas extremas, el presente trabajo tiene como objetivo analizar la influencia de las Tmax y Tmin en el crecimiento total de las especies *Q. canbyi* y *P. pseudostrobus.*

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del sitio de muestreo

La colecta de núcleos de crecimiento se realizó en el municipios de Iturbide, Nuevo León, dentro de un bosque mixto de *Quercus* y *Pinus* (Salinas-Rodríguez *et al.,* 2013) ubicado en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, Sub-Provincia Gran Sierra Plegada. La geología corresponde a rocas sedimentarias surgidas del cretácico superior (Rzedowski, 1978). De acuerdo con el sistema climático de Köppen modificado para la República Mexicana por García en (1973) el clima se clasifica como semi-seco y semi-cálido con lluvias de verano, con un porcentaje de precipitación invernal entre 5 y 10.2%. La precipitación media anual es de 629 mm con una temperatura promedio anual de 17°C.

Muestreo en campo, trabajo de laboratorio y análisis

Las muestras fueron colectadas del pino y el encino. La preparación del montado de ambas especies consistió en el pulido y lijado basándose en técnicas ampliamente descritas por diversos autores (Villanueva-Díaz *et al.,* 2009; Natalini y Alejano, 2017). La determinación del ancho de anillo en el encino se delimitó de acuerdo a estudios anatómicos previos en anatomía de *Quercus* (Pérez-Olvera *et al.,* 1998; Pérez-Olvera y Dávalos-Sotelo, 2008). Además, también se analizaron estudios dendrocronológicos dentro de este género (González y Eckstein, 2003; Gričar *et al.,* 2013).

La calidad del datado de cada anillo anual del *Q. canbyi* y *P*. *pseudostrobus* se verificó a través del programa COFECHA (Holmes, 1983). La medición del ancho de anillo se llevó a cabo utilizando el programa Measure J2X para Windows. La varianza en cada muestra (serie de crecimiento anual) debido a factores biológicos y ecológicos fue eliminada ajustando diferentes tipos de curvas con la finalidad de obtener una cronología de anillo total. Posterior al ajuste de las series, estas fueron promediadas para generar una cronología maestra, la cual fue utilizada para realizar una función de respuesta entre el crecimiento de ambas especies y las variables climáticas (temperatura máxima y temperatura mínima). Para ello se realizó un análisis de función de respuesta (Blasing *et al.,* 1983) entre la cronología y los registros regionales de la Tmax y Tmin (1960-2010) en el año previo y el año actual de crecimiento (Blasing *et al.,* 1983).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pinus pseudostrbus Lindl

Para el Pino se utilizaron 19 series procedente de 40 árboles, con una cronología de 100 años (1900-2012). Los crecimientos anuales fueron datados justo al año de formación ($r = 0.70$; $p<0.01$).

La Tmax presenta una correlación positiva considerable de junio y septiembre del año anterior, así como los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre del año actual de crecimiento. Esta misma variable presenta una asociación negativa durante los meses de octubre, noviembre y diciembre del año anterior, así como los meses de enero, febrero, marzo, abril y julio pertenecientes al año actual del crecimiento. En cuanto a la Tmin, las correlaciones positivas más importantes se observaron el mes de julio del año anterior. Las correlaciones negativas de mayor relevancia se muestran en agosto y octubre del año previo al crecimiento y los meses de marzo, mayo y noviembre en el que ocurre el crecimiento (Figura 1). Es importante resaltar que, en todo el análisis, ningún mes resultó ser significativo al crecimiento total del Pino.

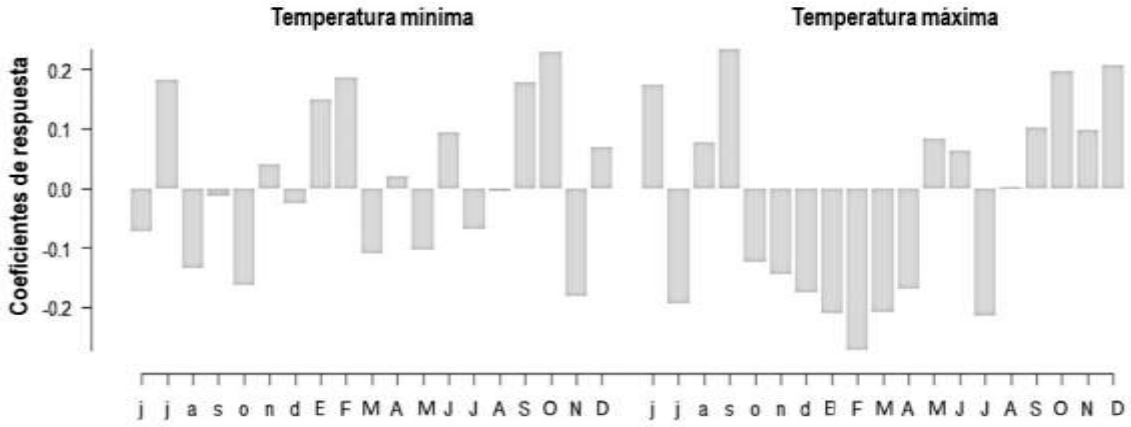


Figura 1. Relaciones entre Tmax y Tmin y el anillo total de la especie *Pinus pseudostrobus*. Las barras en color gris obscuro indican el nivel de significación ($p< 0.05$). Las letras mayúsculas indican el año en el que ocurre el crecimiento y las minúsculas el año previo.

*Quercus canby*i Trel

En el caso del encino se realizó una cronología en base a 18 series de crecimiento correspondientes a 15 árboles, fechados al año exacto de su formación ($r = 0.60$; $p<0.01$) se logró desarrollar una cronología de anillo total de 80 años (1930-2010).

La Tmax presenta una relación positiva de relevancia en el mes de septiembre del año previo, así como los meses de agosto, septiembre y octubre del año actual de crecimiento. En forma contraria esta misma variable, muestra una relación negativa con los meses

octubre, noviembre y diciembre del año previo al crecimiento, así como, de enero hasta abril del año actual de crecimiento. No obstante, aunque negativa, la mayor influencia de la Tmax sobre el crecimiento de *Q. canbyi* se registra durante el periodo de octubre-abril, con una correlación significativa ($p<0.05$) en los meses de diciembre, febrero y abril. En cuanto a las Tmin, las correlaciones positivas más sustanciales se observaron para los meses de julio y octubre del año previo al crecimiento, además de los meses enero, febrero, abril y septiembre perteneciente al año actual de crecimiento. La correlación negativa ocurrió en los meses de agosto del año previo, así como el mes de mayo, junio, julio, agosto, noviembre y diciembre del año en el que ocurre el crecimiento. En donde los meses más significativos fueron julio, diciembre, febrero y abril. Sin embargo, a diferencia de la Tmax, no presentaron un período estacional definido de influencia en el crecimiento de *Q. canbyi* (Figura 2).

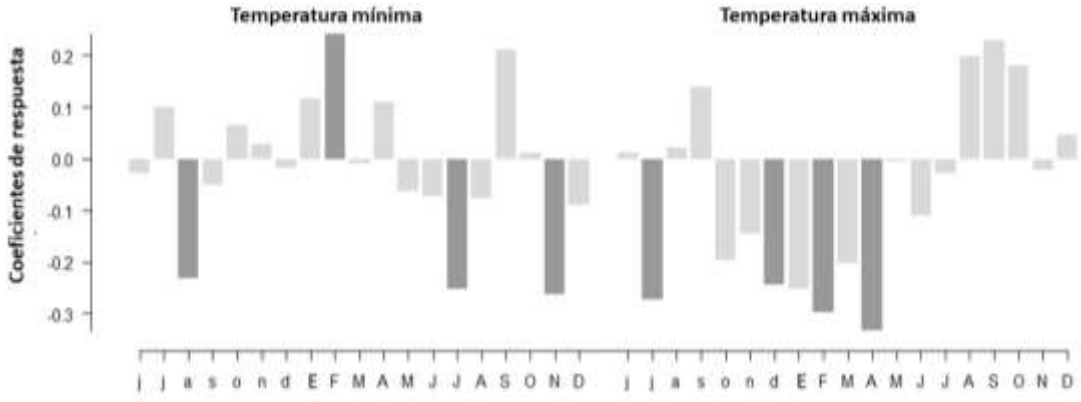


Figura 2. Relaciones entre Tmax y Tmin y el anillo total de la especie *Quercus canbyi.* Las barras en color gris obscuro indican el nivel de significación ($p< 0.05$). Las letras mayúsculas indican el año en el que ocurre el crecimiento y las minúsculas el año previo.

Una asociación negativa entre el crecimiento y el clima indica un des favorecimiento de la variable climática sobre el crecimiento, es decir, que las Tmax no favorecen el crecimiento de ambas especies. En este sentido, el presente trabajo evidencía que ambas especies muestra una marcada influencia negativa de las Tmax sobre su crecimiento. Es decir que, las temperaturas máximas propician un menor crecimientos sobre ambas especies, no obstante, el encino parece ser un poco más susceptible a la presencia de Tmax, al presentar meses significativos dentro de este análisis.

Sin embargo, los resultados obtenidos en este trabajo son concordantes con trabajos como el de Huante *et al.,* (1991) en la especie *Abies religiosa*. De la misma forma Bernal-Salazar y Terrazas-Salgado (2000) indicaron que las temperaturas de marzo son relacionadas negativamente con la anchura de los anillos de *Abies religiosa*. Esta tendencia también la reportan un trabajo realizado en varias especies de coníferas del estado de Durango (Chávez-Gándara *et al.,* 2017).

CONCLUSIONES

El desarrollo del anillo total del *Quercus canbyi y Pinus pseudostrobus* no es favorecido por las temperaturas máximas ocurridas en el periodo invernal e inicios de la primavera.

REFERENCIAS

Andreu, L., Gutiérrez, E., Macias, M., Ribas, M., Bosch, O., & Camarero, J. J. (2007). Climate increases regional tree-growth variability in Iberian pine forests. *Global Change Biology*, *13*(7), 070228013259001-??? https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01322.x

Bernal-Salazar, S., & Terrazas Salgado, T. (2000). Influencia climática sobre la variación radial de caracteres anatómicos de madera en Abies religiosa. *Madera y Bosques*, *6*(1), 73–86. https://doi.org/10.21829/myb.2000.611343

Blasing, T., Duvick, D., & Cook, E. (1983). Filtering the effects of competition from ring-width series. *Tree-Ring Bulletin; ()*, *43*.

Carrer, M., & Urbinati, C. (2004). Age-dependent tree-ring growth responses to climate in Larix decidua and Pinus cembra. *Ecology*, *85*(3), 730–740. https://doi.org/10.1890/02-0478

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*, *38*(2), 387–399. https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000200016

Dulamsuren, C., Hauck, M., & Leuschner, C. (2010). Recent drought stress leads to growth reductions in Larix sibirica in the western Khentey, Mongolia. *Global Change Biology*, *16*(11), 3024–3035. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02147.x

Gernandt, D. S., & Pérez-De La Rosa, J. A. (2014). Biodiversity of Pinophyta (conifers) in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *85*(SUPPL.), 126–133. https://doi.org/10.7550/rmb.32195

González, I. G., & Eckstein, D. (2003). Climatic signal of earlywood vessels of oak on a maritime site. *Tree Physiology*, *23*(7), 497–504. https://doi.org/10.1093/treephys/23.7.497

Gričar, J., De Luis, M., Hafner, P., & Levanič, T. (2013). Anatomical characteristics and hydrologic signals in tree-rings of oaks (Quercus robur L.). *Trees - Structure and Function*, *27*(6), 1669–1680. https://doi.org/10.1007/s00468-013-0914-9

Holmes, R. (1983). Computer-Assisted Quality Control in Tree-Ring Dating and Measurement. *Tree-Ring Bulletin*.

Huante, P., Rincón, E., & Swetnam, T. (1991). Dendrochronology of Abies Religiosa in Michoacan, Mexico. *Tree-Ring Bulletin*. http://hdl.handle.net/10150/262286

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi] (2015). *Estadísticas a propósito del día internacional de los bosques (21 de Marzo)*.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi] (2016). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2015*. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales* (1a ed.). México: Inegi

Martín-Benito, D., Cherubini, P., del Río, M., & Cañellas, I. (2008). Growth response to climate and drought in Pinus nigra Arn. trees of different crown classes. *Trees*, *22*(3), 363–373. https://doi.org/10.1007/s00468-007-0191-6

Masera, O. R., Ordóñez, M. J., & Dirzo, R. (1997). Carbon emissions from Mexican forests: Current situation and long-term scenarios. *Climatic Change*, *35*(3), 265–295. https://doi.org/10.1023/A:1005309908420

Natalini, F., & Alejano, R. (2017). *Técnicas y herramientas para la preparación de muestras extraídas de árboles para el análisis dendrocronológico*. *April 2018*.

Penuelas, J., & Boada, M. (2003). A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain). *Global Change Biology*, *9*(2), 131–140. https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00566.x

Pérez-Olvera, C., Campos-Rafael, A., Quintanar-Isaías, A., & Dávalos-Sotelo, R. (1998). Estudio anatómico de la madera de cinco especies del genero Quercus (Fagaceae) del estado de Veracruz. *Madera y Bosques*, *4*(2), 45–65. https://doi.org/10.21829/myb.1998.421359

Pérez-Olvera, C., & Dávalos-Sotelo, R. (2008). Algunas características anatómicas y tecnológicas de la madera de 24 especies de Quercus (encinos) de México. *Madera Bosques*, *14*(3), 43–80. https://doi.org/10.21829/myb.2008.1431206

Reichstein, M., Bahn, M., Ciais, P., Frank, D., Mahecha, M. D., Seneviratne, S. I., Zscheischler, J., Beer, C., Buchmann, N., Frank, D. C., Papale, D., Rammig, A., Smith, P., Thonicke, K., van der Velde, M., Vicca, S., Walz, A., & Wattenbach, M. (2013). Climate extremes and the carbon cycle. *Nature*, *500*(7462), 287–295. https://doi.org/10.1038/nature12350

Rozas, V., DeSoto, L., & Olano, J. M. (2009). Sex-specific, age-dependent sensitivity of tree-ring growth to climate in the dioecious tree Juniperus thurifera. *New Phytologist*, *182*(3), 687–697. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.02770.x

Rzedowski, J. (1991). Diversidad y origenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botanica Mexicana*, *14*, 3---21. doi:10.21829/abm14.1991.611

Salinas-Rodríguez, M. M., Estrada-castillón, E., & Villareal Quintanilla, J. Á. (2013). Flora And Phytogeography of The Cañon de Iturbide, Nuevo Leon, Mexico. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, *7*(2), 803–819.

Torres-Rojo, J. M., & Guevara-Sanginés, A. (2002). El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. *Gaceta Ecológica*, *63*, 40–59.

Valencia., S. (2004). Diversidad del género Quercus (Fagaceae) en México. *Botanical Sciences*, *53*(75), 33. https://doi.org/10.17129/botsci.1692

Villanueva-Díaz, J., Cerano-Paredes, J., Constante-García, V., Montes-González, L. E., & Vázquez-Selem, L. (2009). *Muestreo Dendrocronológico: colecta, preparación y procesamiento de núcleos de crecimeinto y secciones transversales*. CENID-RASPA. INIFAP.ISBN:978-607-425-141-8. 49 pag.

JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa* L), UNA ALTERNATIVA DE PRODUCCIÓN PARA LA HUASTECA HIDALGUENSE

Gámez-Vázquez Francisco Paul[1]; Vargas Hernández Juan[2]; García Rodríguez Juan José[1]; Gámez Vázquez Alfredo Josué[1].

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Centro. Campo Experimental Bajío. Km 6.5 Carr. Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato, México, C.P. 38010, AP. 112.

[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental San Luis. Ejido Palma de la Cruz Soledad de Graciano Sánchez, C.P. 78431.

RESUMEN

El café y los cítricos son de importancia en la Huasteca Hidalguense, Sin embargo, los problemas fitosanitarios y sequias recurrentes en las regiones bajas (0-500 msnm), repercuten en un menor tiempo de explotación de las huertas. Para contrarrestar esta problemática se evaluaron cinco variedades de Jamaica (Nayarit, Reina, Puebla, Regional 1 y Regional 2) como una alternativa de producción para contribuir al ingreso de los productores de la región de estudio. Los resultados mostraron que un mayor número de cáliz por planta se observó en las variedades Regional 1 (320) y Nayarit (315) y en menor cantidad en Reina (252); con el mayor rendimiento las variedades Reina y Regional 1 (575 Kg h^{-1}), y el menor con Nayarit (335 kg h^{-1}).

ABSTRACT

Coffee and citrus fruits are important in the Huasteca Hidalguense. However, phytosanitary problems and recurrent droughts in the lower regions 0-500 meters above sea level, have an impact on a shorter exploitation time of the orchards. To counteract this problem, five varieties from Jamaica (Nayarit, Reina, Puebla, Regional 1 and Regional 2) were evaluated as a production alternative to contribute to the income of producers in the study region. The results showed that the highest number of calyxes per plant was observed in cultivars Regional 1 (320) and Nayarit (315) and in a lesser quantity in Reina (252); with the highest yield were varieties Reina and Regional 1 (575 Kg h^{-1}), and the lowest in Nayarit (335 kg h^{-1}).

INTRODUCCIÓN

El café y cítricos son los cultivos de mayor importancia en la Huasteca Hidalguense, contribuye con 3,124 t de café cereza y 58,648 t de naranja que corresponde al 80.6 % del total de la producción en el estado (SIAP, 2018). Sin embargo, los problemas recurrentes en las regiones bajas (0-500 msnm) en el cultivo de café, como el ataque de plagas, y roya (*Hemileia vastatrix*) y broca del cafeto (Hypothenemus hampei), dan lugar a mala calidad de grano. En cuanto a cítricos son mosca de la fruta (*Anastrepha ludens*) y sequias, que repercuten en un menor tiempo de explotación de las huertas. Por ello, la introducción de especies tropicales como Jamaica (*H. sabdarifa* L.), son alternativas productivas que complementan el ingreso de los productores. La flor de Jamaica es una planta anual perteneciente a la familia Malvaceae, cultivada en regiones tropicales y sub-tropicales (Vaidya, 2000). De acuerdo con Vallecillo y Gómez (2004) el cultivo de Jamaica prospera con temperaturas de 25 a 30 °C, con precipitaciones de 1300 a 1500 mm anuales y suelos franco arcilloso. Condiciones que presenta la Huasteca Hidalguense. Además, *Hibiscus sabdariffa* L. es uno de los cultivos con importancia ecológica, económica, cultural y comercial (Vaidya, 2000, Cauich *et al*., 2020). En México, los principales estados productores son Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Puebla

y Nayarit que aportan a la producción nacional 67,12, 11, 6 y 3 % respectivamente, con rendimientos entre 260 y 250 kg ha^{-1} (SIAP, 2018), provenientes de variedades criollas. Sin embargo, existe un déficit en la producción nacional de flor de Jamaica, por lo que se hacen importaciones de Sudan, Nigeria, Senegal y China para satisfacer la demanda nacional (CONACYT- SAGARPA, 2010). Esta ventana representa una oportunidad económica favorable para los productos del sector, tanto en el mercado nacional como internacional, pues es posible tener un múltiple aprovechamiento de la flor de Jamaica (Ruiz-González y Ramírez, 2014). Por lo que, en este trabajo se planteó evaluar cinco variedades de Jamaica en la Huasteca Hidalguense.

MATERIALES Y MÉTODOS

EL estudio se realizó en la localidad de Tramoyón Primero municipio de Huautla, Hidalgo (21° 01´ 12´´ N y 98° 15´ 04´´ W) a 672 m de altitud, con temperatura media anual de 24.5 °C. Clima semi cálido húmedo (A)C(m)(w) (García, 2004).

El experimento se estableció en campo en septiembre del 2016, con cinco variedades de Jamaica (Reina, Regional 1, Regional 2, Nayarit y Puebla), las semillas se trataron con *Trichoderma* spp con una dosis de 150 g 100 kg^{-1} para el control de *Phytophthora parasítica* y *Fusarium oxysporum*. Posteriormente, las semillas se germinaron en charolas de 200 cavidades, al depositar dos semillas por cavidad. El trasplante se realizó al tener 15 cm de altura la plántula en un área de 1,250 m^2 con un arreglo de 2.0 m en hileras y 1.0 m entre plantas a una densidad de 5,000 planta ha^{-1} y dosis de fertilización 30-20-20 N, P_2O_5, K_2O. Las variables evaluadas fueron altura de planta, días a floración, días a madurez y rendimiento de cáliz deshidratado.

La evaluación se realizó a través de muestreos completamente al azar con tres repeticiones, por cada variedad, con cada muestra conformada de 25 plantas, en una superficie de 50 m^2. El análisis cuantitativo de todas las variables consistió en agrupar los datos por variedad y variable, con la finalidad de calcular su valor medio y su error estándar, finalmente se graficaron las medias, al utilizar la variable de estudio en el eje de las ordenadas y en el eje de las abscisas las variedades.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La altura de la planta presentó diferencias significativas entre las variedades de Jamaica ($P \leq 0.05$). Las mayores alturas se registraron en las variedades Nayarit, Reina y Puebla (170,165 y 160 cm); mientras que las menores se presentaron en las variedades Regional 1 y Regional 2 (150 y 140 cm) respectivamente (Figura 1a). Similares resultados observo Pérez (2012), quien reportó en altura de planta con la variedad Nayarit (170 cm), Puebla (161 cm) así como con ~~y~~ Regional 1 y Regional 2 (150 y 138 cm, respectivamente). Contreras *et al*., (2009) señalan que la planta puede llegar a medir 190 cm de altura y depende de la época de siembra y del material genético. Para las variables días a floración y madurez de los cálices, las variedades Reina y Regional 2 presentaron mayor precocidad (55 y 110 días) con respecto a Nayarit y Regional 1 que fueron las más tardías. (Figura 1b). De acuerdo con SAGARPA (2014) el rango de 110 a 135 días a madurez del cáliz es considerada muy precoz. El mayor número de cáliz por planta se observó en las variedades Regional 1 (320) y Nayarit (315) y en menor cantidad en Reina (252) (Figura 1c). El mayor rendimiento se obtuvo con Reina y Regional 1 (575 Kg ha^{-1}), y el menor con Nayarit (335 kg ha^{-1}), sin embargo, los rendimientos obtenidos sobrepasan a lo reportado en variedades locales de Jamaica (Alma Blanca, Rosaliz, Coatzalzin y Tecoanapa) cultivadas en los estados de Oaxaca y Guerrero (SIAP, 2018; Ariza-Flores *et al*., 2014).

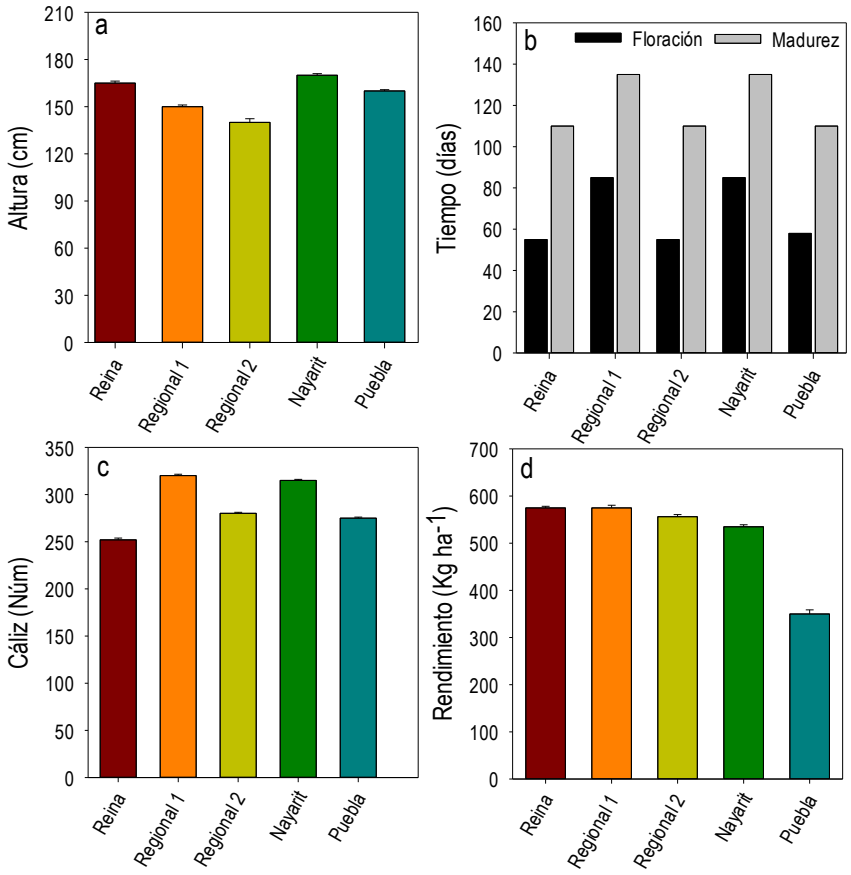


Figura 1. Altura de la planta (a), tiempo días a floración y madurez de cáliz (b), número de cáliz (c) y rendimiento kg ha^{-1} (d).

CONCLUSIONES

Las variedades precoces presentan menor número de cáliz, y rendimientos más altos, debido que el cáliz es de mayor tamaño, por lo que son excelentes alternativas de producción para la Huasteca Hidalguense y regiones similares.

REFERENCIAS

Ariza-Flores R., Serrano-Altamirano V., Navarro-Galindo S., Ovando-Cruz M. E., Vázquez-García E., Barrios-Ayala A., Michel-Aceves A. C., Guzmán-Maldonado S. H., Otero-Sánchez M. A. 2014. Variedades mexicanas de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) 'Alma Blanca' y 'Rosalíz' de color claro, y 'Cotzaltzin' y 'Tecoanapa' de color rojo. Revista Fitotecnia Mexicana 37: 181-185.

Cauich, I. C., Rodríguez, J. F. G., Fernández, V. G. P., y Ambrosio, V. L. 2020. Análisis de la rentabilidad de la producción de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*). *Panorama Económico*. *28*(2), 94-101. https://doi.org/10.32997/pe-2020-2691.

CONACYT-SAGARPA. 2010. Generación de variedades de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L) con alta concentracion de compuestos bioactivos, de alto rendimiento y tolerantes a enfermedades para una producción sustentable en México. México: Fondo Sectorial de Investigación en materia Agrícola, Pecuaria, Acuacultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos. Recuperado de: http://2006-2012.conacyt.gob.mx/fondos/FondosSectoriales/SAGARPA/201007/Demandas-Especificas_SAGARPA-2010- 7.pdf.

Contreras, G. J. A., Soto, J. R., y Huchin, A. C. 2009. Tecnología para el cultivo de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en Quintana Roo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Chetumal, Quintana Roo, México. Folleto técnico No. 3. pp: 4-6.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. 5:23 -24.

Ruiz-González, R.O. y Victorino-Ramírez, L. 2014. Respuesta del policultivo Jamaica-frijol-maíz a tres tratamientos de fertilización en Villaflores, Chiapas, México. Revista Ra Ximhai, 10(6), 45-53. Recuperado de: https://drive.google.com/file/d/0B3tidJTiCU5eU2F0aUVUQ0w3WDA/edit?usp=sharing

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. SAGARPA, 2014. Guía técnica para la descripción varietal de Jamaica [(*Hibiscus sabdariffa* L.) Torr.]. 30 p. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/120828/Jamaica.pdf

SIAP 2018 Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Sistema de Información Agropecuaria. http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2018.

Vaidya, K. R. 2000. Natural cross-pollination in roselle, *Hibiscus sabdariffa* L. (Malvaceae). Genetics and Molecular Biology 23(3): 667-669.

Vallecillo SMS y Gómez E. 2004. Cultivo de Rosa de Jamaica (Hibiscus sabdariffa L). Programa de Política Económica y Desarrollo de Agronegocios, IICA USAID, Primera Edición. Editarte. Managua. 50 p.

MÉTODOS DE INCORPORACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO EN TRIGO EN UN SISTEMA DE SIEMBRA DIRECTA EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA.

METHODS FOR THE INCORPORATION OF NITROGEN AND PHOSPHORUS IN WHEAT IN A DIRECT SEEDING SYSTEM IN THE YAQUI VALLEY, SONORA.

***Ortiz-Avalos Alma Angélica[1], Cortés-Jiménez Juan Manuel[1], Rosas-Jauregui Ivón Alejandra y Félix Fuentes José Luis.**

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

[1]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

Durante el ciclo 2020-2021, en el Valle del Yaqui, Sonora, se evaluaron las dosis 300-150-0, 0-150-0, 300-150-0 y 300-0-0 de NPK en forma de urea y fosfato mono amónico. Se aplicaron al voleo sobre la paja del cultivo anterior. En la mitad del ensayo, los fertilizantes se incorporaron con dos pasos de rastra y en el resto se dejaron sobre la paja y, se incorporaron con el riego de germinación. Se utilizó la variedad comercial Borlaug 100 con 150 kg ha^{-1} de semilla. Se sembró el 30 de noviembre de 2020. Se aplicó un riego de germinación y tres riegos de auxilio. Se usó un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones. Se concluyó que la mayor respuesta a la aplicación de nitrógeno y fósforo en un sistema de siembra directa, se obtuvo con la incorporación de los fertilizantes a través del riego de germinación. La incorporación del nitrógeno y fósforo a través del agua de riego superó con 507 y 873 kg ha^{-1} respectivamente al método de incorporación a través de rastreo.

ABSTRACT

During the 2020-2021 cycle, in the Yaqui Valley, Sonora, the doses 300-150-0, 0-150-0, 300-150-0 and 300-0-0 of NPK in the form of urea and phosphate were evaluated ammonium mono. They were broadcast on the straw of the previous crop. In the middle of the trial, the fertilizers were incorporated with two steps of harrowing and in the rest they were left on the straw and were incorporated with the germination irrigation. The commercial variety Borlaug 100 was used with 150 kg ha^{-1} of seed. It was sown on November 30, 2020. A germination irrigation and three auxiliary irrigations were applied. A randomized block design based on divided plots and three replications was used. It was concluded that the greatest response to the application of nitrogen and phosphorus in a direct sowing system was obtained with the incorporation of fertilizers through germination irrigation. The incorporation of nitrogen and phosphorus through the irrigation water

exceeded with 507 and 873 kg ha^{-1}, respectively, the incorporation method through harrow.

INTRODUCCIÓN

En el estado de Sonora, se cosecharon durante el ciclo otoño-invierno 2019-2020, 230,087 hectáreas de trigo, se generó una producción de 1,532,757 toneladas y se obtuvo un rendimiento de 6.08 t ha^{-1}. En el distrito de Cajeme que comprende los municipios de Benito Juárez, Bácum, Cajeme, Etchojoa, Guaymas, Navojoa, Huatabampo y San Ignacio Río Muerto, se cosecharon 213,538 hectáreas con una producción de 1,451,962 toneladas y un rendimiento de 6.74 t ha^{-1}. El rendimiento correspondiente a cada municipio fue de 6.96, 6.78, 7.06, 6.61, 6.23, 6.69, 6.07 y 6.75 t ha^{-1} respectivamente (SIAP, 2021).
En el Valle del Yaqui, el uso intensivo de los suelos ha propiciado el deterioro progresivo de los mismos, en esta región existe una deficiencia generalizada de nitrógeno y fósforo que son elementos prioritarios en la fertilización de trigo. Actualmente los costos de fertilización representan de 20 a 30 por ciento de los costos de producción en trigo, lo cual depende de la dosis y la fuente que se utilice (Cortés *et al.,* 2011b).

En esta región, se llevó a cabo un estudio en siembra directa de trigo por dos ciclos consecutivos 2015-2016 y 2016-2017 se obtuvieron rendimientos de 9.36 y 8.655 t ha^{-1} respectivamente, estos resultados estuvieron muy superiores a la media regional y mayores a cualquier otra opción tecnológica evaluada durante los dos años de estudio. La relación beneficio-costo, fue superior a la tecnología de producción que tradicionalmente se utiliza en el Valle del Yaqui (Cortés y Ortiz, 2017). El incremento en la humedad aprovechable y la disminución de la temperatura del suelo, es una de las mayores ventajas de la siembra directa en el Valle del Yaqui (Cortés *et al*., 2011a; Ruíz *et al*., 2012). En INIFAP se generó un esquema de gestión de la innovación con siembra directa en trigo, que permitió una rápida apropiación de la tecnología por parte del productor (Cortés y Ortiz, 2014), y una mayor adopción de la siembra directa de trigo (Cortés *et al*., 2015). En el esquema adoptado por el productor, la fertilización inicial se aplica al voleo, se siembra y enseguida se aplica el riego de germinación, con el cual se pretende incorporar los fertilizantes.

Los altos rendimientos obtenidos y el ahorro en costos por preparación del terreno es lo que ha llevado a productores del Valle del Yaqui a adoptar esta tecnología. El sistema adoptado por el productor para la siembra en labranza de conservación, consiste en siembra a hileras a 17 cm que se realiza por medio de la sembradora SEMEATO®, se fertiliza al voleo al momento de la siembra y se aplica amoniaco en el primer y segundo riego de auxilio. La fertilización con urea al voleo y dejada sobre la superficie de la paja, implica pérdidas por volatilización, las cuales no han sido cuantificadas a la fecha. El objetivo del presente trabajo

fue evaluar el método de incorporación más eficiente del fertilizante nitrogenado y fosforado en un sistema de siembra directa.

MATERIALES Y METODOS

En el Campo Experimental Norman E. Borlaug-CIRNO-INIFAP, en el Valle del Yaqui, Sonora, en el ciclo O-I 2020-2021, se estableció la variedad comercial de trigo BORLAUG 100 con 150 kg ha^{-1}. La siembra se realizó en seco el 30 de noviembre de 2020, en hileras separadas a 17 cm. Se utilizó una sembradora SEMEATO® de fabricación brasileña (Figura 1). Se estudió el efecto del método de incorporación de nitrógeno y fósforo, sobre el rendimiento de grano en un sistema de siembra directa en trigo. Los tratamientos evaluados fueron las fórmulas 300-150-0 y 0-150-0 de NPK para el caso de nitrógeno y las fórmulas 300-150-0 y 300-0-0 para el caso de fósforo en forma de urea y fosfato mono amónico respectivamente. El fertilizante se aplicó al voleo sobre la paja del cultivo anterior. En la mitad del ensayo, los fertilizantes se incorporaron con dos pasos de rastra y en el resto se dejaron sobre la paja y, se incorporaron con el riego de germinación. El riego de germinación se aplicó el 1 de diciembre de 2020, se llevaron a cabo tres riegos de auxilio a los 50, 84 y 112 días después de la siembra (DDS). Se llevó a cabo una aplicación de herbicida a los 42 DDS, antes del primer riego de auxilio. Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones. La parcela mayor correspondió al método de incorporación de los fertilizantes y la menor a la aplicación de fósforo y nitrógeno. La unidad experimental fue de seis surcos a 17 cm de separación y 30 metros de largo, la parcela útil fue de una hilera de plantas de un metro de longitud.

Figura 1. Izquierda; sembradora SEMEATO® sembrando sobre toda la paja. Derecha; sembradora SEMEATO® sembrando en terreno rastreado. CENEB-INIFAP. Ciclo O-I 2020-2021.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En promedio, el tratamiento fertilizado con nitrógeno reportó el mayor rendimiento independientemente del método utilizado para incorporar los fertilizantes. La fórmula 300-150-0 superó en 887 kg ha^{-1} a la fórmula 0-150-0. La incorporación de los fertilizantes a través del riego de germinación superó en 507 kg ha^{-1} a la incorporación por medio de rastra (Cuadro 1).

Cuadro 1. Aplicación de nitrógeno y su relación con el rendimiento de grano de trigo, en un sistema de siembra directa. CENEB-INIFAP. Ciclo 2020-2021

Método de incorporación	Tratamientos		Media
	300-150-0	0-150-0	
	Rendimiento de grano t ha^{-1}		
Rastra	8.427	7.056	7.742
Riego de germinación	8.451	8.047	8.249
Media	8.439	7.552	

Respecto al fósforo, al igual que el nitrógeno, el mayor rendimiento se obtuvo en el tratamiento fertilizado con fósforo independientemente del método de incorporación del fertilizante. La fórmula 300-150-0 de NPK reportó 465 kg ha^{-1} más que la fórmula 300-0-0. La incorporación del fósforo a través del riego de germinación superó con 873 kg ha^{-1} a la incorporación con rastra (Cuadro 2).

Cuadro 2. Aplicación de fósforo y su relación con el rendimiento de grano de trigo, en un sistema de siembra directa. CENEB-INIFAP. Ciclo 2020-2021.

Método de incorporación	Tratamientos		Media
	300-150-0	300-0-0	
	Rendimiento de grano t ha^{-1}		
Rastra	7.846	7.218	7.532
Riego de germinación	8.556	8.253	8.405

Media	8.201	7.736

Ortiz y Cortés, 2020 reportaron resultados similares al incorporar los fertilizantes a través del riego de germinación en un sistema de siembra directa; sin embargo, al sumarle a los fertilizantes químicos un fertilizante orgánico (composta), los datos resultaron más favorables para la incorporación con rastreo (Cortés y Ortiz, 2020).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados reportados en esta evaluación, se observó que el método más eficiente para incorporar el nitrógeno y fósforo a un sistema de siembra directa es a través del riego de germinación.

REFERENCIAS

Cortes, J.J.M. y Ortiz, A.A.A. 2020. Métodos de incorporación de NP y composta y rendimiento de trigo (*Triticum aestivum*) en el Valle del Yaqui, Sonora. Memorias de la XXXII Semana Internacional de Agronomía. Septiembre 9-11, 2020. Gómez Palacio, Durango. p 825-830.

Cortés, J.J.M. y Ortiz, A.A.A. 2017. Siembra directa de trigo: una estrategia de adaptación al cambio climático en el Valle del Yaqui, Sonora. Memorias del XX Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Octubre 26 y 27, 2017. Mexicali, Baja California. p 259-264.

Cortés, J.J.M., López de Lara O.M., Ortiz A.A.A. y Beltrán L.S. 2015. Evolución y perspectivas de adopción de la siembra directa de trigo en el Valle del Yaqui, Sonora. Memorias del XL Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. San Luis Potosí, S.L.P. p 644-648.

Cortés, J.J.M. y Ortiz, A.A.A. 2014. Innovación tecnológica con siembra directa de trigo en el Valle del Yaqui Sonora. XVIII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. ICA-UABC. Mexicali, B.C. p 473-477.

Cortés J.J.M., Ruiz V.T.J., Garatuza P.J., Yépez E.A., Macías C.J., Ortiz A.A.A., Zazueta E.G. 2011a. Flujo de CO2 en los sistemas de siembra directa y labranza convencional con rastreo, en el Valle del Yaqui, Sonora. XXXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Campeche, Campeche. p. 646-651.

Cortés, J.J.M. Fuentes, D.G., Ortiz, E.J.E., Tamayo, E.L.M., Cortes, M.E., Ortiz, A.A.A., Félix, V.P., y Armenta, C.I. 2011b. Agronomía del trigo en el sur de Sonora. Libro Técnico No. 6. Centro de Investigación Regional del Noroeste-CENEB-INIFAP. Noviembre de 2011. Cd. Obregón, Sonora. 238 p.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2021. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/ Consultado junio 1, 2021.

Ortiz, A.A.A .y Cortes, J.J.M. 2020. Evaluación de métodos de incorporación de fertilizantes en trigo en siembra directa en el Valle del Yaqui, Sonora. Memorias de la XXXII Semana Internacional de Agronomía. Septiembre 9-11, 2020. Gómez Palacio, Durango. p 543-547.

Ruíz, V.T.J., Cortés J.J.M., Ortiz A.A.A., Tamayo E.L.M., Zazueta E.G. y Rivera G.M. 2012. Efecto del sistema de labranza sobre el nivel de humedad aprovechable en un suelo arcilloso del valle del Yaqui, Sonora. Memoria de la XXIV Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango. p. 1374-1378.

NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD NUTRICIONAL EN LECHUGA

Fortis-Hernández, Manuel[1]; Hernández-Cruz, Denisse[2]; Betancourt-Galindo, Rebeca[3]; Preciado-Rangel, Pablo[1]; Zermeño-González, Héctor[1]; Ruíz-Ortega, Francisco J.[1]

[1]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. [2]Maestría en Ciencias en Suelos. Tecnológico Nacional de México – Campus Instituto Tecnológico de Torreón. [3]Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). Blvd. Enrique Reyna Hermosillo No. 140, Saltillo, Coahuila México. C.P. 25294, Tel. (844) 4389830.

***Autor para correspondencia: fortismanuel@hotmail.com**

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó el efecto de la aplicación foliar de diferentes concentraciones de nanopartículas de óxido de zinc (NPs ZnO) en plantas de lechuga producidas en un sistema hidropónico. Se evaluaron seis tratamientos (0, 1.5, 3, 3.5, 4.5, 6.0 y 7.5 mg L^{-1} NPs ZnO) con cinco repeticiones bajo un diseño experimental completamente al azar. Se realizaron tres aplicaciones de las nanopartículas y se evaluó el rendimiento, la calidad fitoquímica y concentración de zinc en las hojas. Los resultados mostraron que la aplicación foliar de 7.5 mg L^{-1} influyo significativamente en el rendimiento y mejoro el contenido de fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante. Además, se observó que estas variables fueron aumentando de manera proporcional a las dosis aplicadas. Con respecto a la concentración de zinc en las hojas de lechuga las nanopartículas lo incrementaron, por lo que podrían ser una opción para mejorar su la calidad nutrimental.
Palabras clave: *Lactuca Sativa* L., biofortificación, antioxidantes, fenoles, NFT.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of the foliar application of different concentrations of zinc oxide nanoparticles (NPs ZnO) in lettuce plants produced in a hydroponic system. Six treatments (0, 1.5, 3, 3.5, 4.5, 6.0 and 7.5 mg L^{-1} NPs ZnO) with five replications were evaluated under a completely randomized experimental design. Three applications of the nanoparticles were made and performance, yield, phytochemical parameters and concentration of zinc in lettuce leaves were evaluated. The results showed that the foliar application of 7.5 mg L^{-1} significantly influenced the yield and increase phenols, flavonoids, antioxidant capacity and zinc concentration in plant tissue. In addition, it was observed that these variables were increasing proportionally to the doses applied. With regard to the concentration of zinc in lettuce leaves, the nanoparticles increased it, and could therefore be an option to improve their nutritional quality.
Keywords: *Lactuca Sativa* L., biofortification, antioxidants, phenols, NFT.

INTRODUCCIÓN

El Zinc (Zn) es un oligoelemento vital, esencial para la salud humana. La deficiencia de Zn es un problema de salud pública especialmente en países en desarrollo (Bouis y Saltzman, 2017). Afecta aproximadamente a un tercio de la población en todo el mundo,

especialmente niños y mujeres embarazadas. La deficiencia de Zn puede conducir al deterioro del sistema inmune, retraso en el crecimiento y en la reproducción, etc., (Levenson y Morris, 2011). La razón principal de la deficiencia de Zn en los países en desarrollo parece ser la escasa diversidad dietética, caracterizada por la no inclusión de legumbres, vegetales de hoja verde, nueces, carne, huevos y alimentos derivados de animales, así como muy bajo consumo de Zn en la dieta (White y Broadley, 2005). Desde el año 2012, resultados muestran prevalencias nacionales elevadas de deficiencia de Hierro (26%), Zinc (28%) y anemia (20.6%), en la población infantil (Rivera, 2012). Estos hallazgos sugieren deficiencia de Zn en algunos grupos de la población en México, por lo tanto, la producción y el consumo de hortalizas de hoja enriquecidos con Zn como la lechuga, podría ser la estrategia más adecuada para combatir el "hambre oculta" de micronutrientes (Cakmak, 2008). La biofortificación agronómica aplicándola al suelo o vía foliar de fertilizantes que contienen Zn ha sido ya documentada (Mathpal *et al*., 2015). Sin embargo, hoy es necesario explorar nuevos enfoques para garantizar la entrega de este micro elemento en dosis correctas en el momento adecuado y en una forma disponible para la planta, y sin causar problemas ambientales. La nanotecnología (NT) aplicada en los sistemas agrícolas ofrece esta posibilidad; recientemente se están evaluando nanopartículas (NPs) metálicas de óxido de zinc, cobre y fierro, por su potencial agrícola como promotores de crecimiento, nanofertilizantes y antimicrobiales (Méndez *et al*., 2016). Además, estimulan el crecimiento, influyen en el incremento del rendimiento y la calidad comercial de los frutos. También se reporta que inducen el estrés oxidativo en las plantas y tienen influencia en la actividad fotosintética y antioxidante. En general, los efectos de los nanomateriales en las plantas varían mucho no solo por la naturaleza de los materiales sino dependiendo de la especie estudiada (Wan *et al*., 2020). En este contexto, la biofortificación agronómica a través de la nanotecnología se convierte en un método de elección para aumentar el contenido de Zn en la lechuga y posiblemente su rendimiento. Por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar la aplicación de nanopartículas de óxido de zinc (NPsZnO) y su efecto en la biofortificación en el cultivo de lechuga producida en un sistema hidropónico.

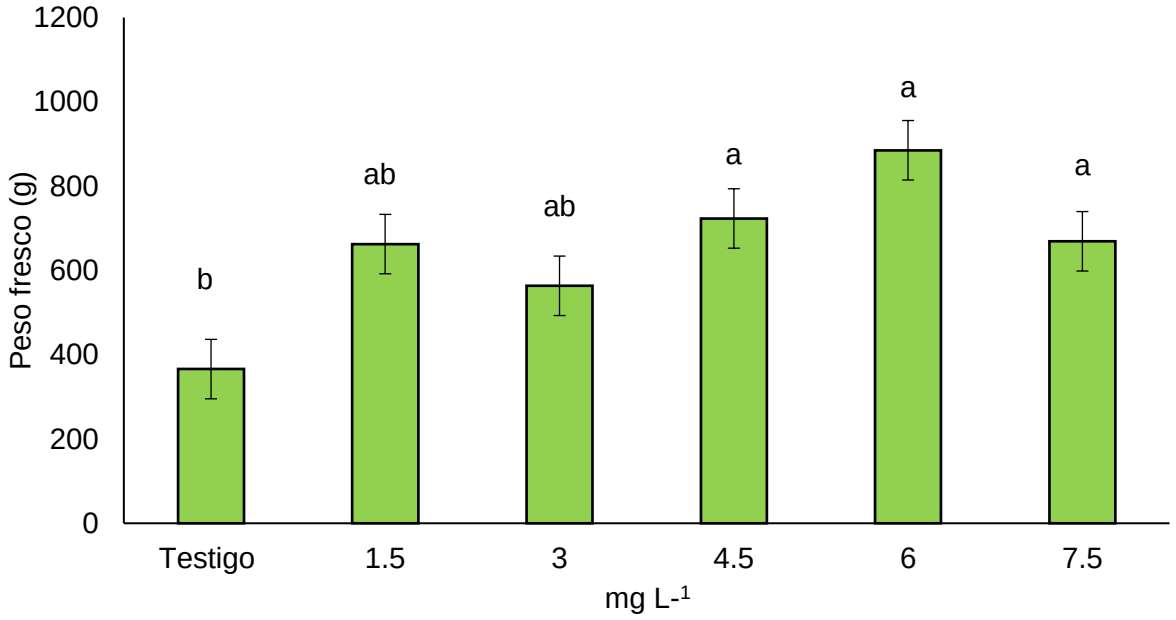
MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó durante en el ciclo otoño – invierno del año 2019-2020 durante los meses de noviembre a febrero, en una malla sombra del Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), localizado entre las coordenadas 25º36'37'' Norte y 103º 22'33'' Oeste, a una altitud de 1150 msnm. El sistema hidropónico consistió de una estructura de tubos de PVC de 3 pulgadas de diámetro, con una separación de 20 cm entre orificios y con una pendiente del 25 %., y una bomba Dúo de ½ hp Igoto Pe60 Riego. Se utilizaron semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) tipo orejona de la empresa Verde Vita®. Se utilizaron nanopartículas de óxido de zinc (NPs ZnO) de un tamaño de 25 nm y 99.8 % de pureza. Estas fueron donadas por el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA).de la ciudad de Saltillo, a través de la Dra. Rebeca Betancourt Galindo. El experimento consistió en evaluar seis dosis crecientes de NPs ZnO: 0, 1.5, 3.0, 4.5, 6.0 y 7.5 mg L^{-1}, considerando cinco repeticiones por tratamiento. El tratamiento testigo (0 mg L^{-1}) fue considerado como control y no tuvo aplicación. Las NPs ZnO fueron aplicadas por las mañanas entre las 8:00 am y 9:00 am, utilizando atomizadores cilíndricos transparentes de 8 oz de capacidad y con una salida de 0.14 mL. Se usó un surfactante y adherente INEX A no iónico con poder de humectación (penetración) y dispersión. La aplicación consistió en mojar de manera homogénea todas las hojas de lechuga. La primera aplicación se realizó a los 15 días después del trasplante (ddt), posteriormente cada 15 días, acumulando un total de tres aplicaciones durante el experimento. Los tratamientos fueron evaluados en un diseño experimental completamente al azar con seis tratamientos y cinco repeticiones, con un total de 30 unidades

experimentales o plantas. La siembra se realizó el día 9 de noviembre del año 2019 en semilleros de foami agrícola de 196 cavidades y 3.5 cm de espesor. Se colocó una semilla en cada cavidad y se mantuvo bajo control las condiciones de germinación de la semilla. El trasplante se llevó a cabo cuando la plántula tenia de 6 a 7 hojas verdaderas. En todo el ciclo las plantas tuvieron agua con solución nutritiva (Steiner, 1961) y aireación durante las 24 horas. Se usaron los fertilizantes MPK, nitrato de calcio, nitrato de magnesio, nitrato de potasio, sulfato de potasio, sulfato de amonio y micros (Boro 0.9%; cobre 0.6%; Hierro 6.8%; Manganeso 2.6%; Molibdeno 0.2%; Zinc 1.1%). La aplicación de la solución nutritiva empezó con una concentración del 25%, posteriormente 50%, 75% y a los 45 días después del trasplante (ddt) se mantuvo al 100% hasta terminar la cosecha. La conductividad eléctrica de la solución nutritiva se mantuvo siempre entre 2.0 a 2.5 dSm^{-1} y el pH de 5.5 a 5.8. La cosecha se llevó a cabo a los 75 ddt, se tomó la planta de lechuga sin raíz y se pesó en una báscula de la marca TRUPER, modelo BASE-5EP 3V c.c, los resultados obtenidos fueron expresados en g. Posteriormente, se obtuvieron los extractos para las determinaciones de los compuestos bioactivos. En el caso de fenoles se utilizó el método de Folin Ciocalteu (Singleton, 1999), y los resultados se registraron en mg de equivalente de ácido gálico por 100 g en base a peso fresco (mg AGE/100 g PF). Para el contenido de flavonoides totales se utilizó la técnica descrita por Lamaison y Carnet (1990), los resultados fueron expresados en mg equivalentes de quercetina (QE) por 100 g en base al peso fresco (mg QE/100 g^{-1} PF). La capacidad antioxidante se determinó con el método in vitro $DDPPH^{+}$ (Brand-Williams *et al*., 1995). Los resultados se reportan como capacidad antioxidante equivalente en µM equivalente en Trolox por 100 g en base peso fresco (m equiv. Trolox•100 g^{-1} PF). Para la determinación de la concentración de zinc en el tejido vegetal se usó la técnica de (Mckean, 1993), utilizando un equipo de absorción atómica GBC XplorAA. Los datos obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza y la comparación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.5$) utilizando el programa estadístico SAS versión 9.1 (SAS, 1991).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza para la variable rendimiento, mostraron diferencia significativa por efecto de la aplicación de las nanopartículas. La aplicación de 6 mg L^{-1},



influyó de manera positiva en el peso fresco de la planta, ya que se registró un aumento significativo del 6.2%, con respecto al control (Figura 1).

Figura 1. Efecto de NPs de ZnO en el rendimiento de plantas de lechuga cultivadas en un sistema hidropónico. Letras diferentes dentro de columnas indican valores estadísticamente diferentes (Tukey *P*≤0.05).

Al respecto, Panwar *et al.* (2012) encontraron que la aplicación de NPs favorece el crecimiento de las plántulas de tomate a dosis de 50 mgL^{-1} de Fe_2O_3. Las NPsZnO aplicadas vía foliar minimizan el uso de fertilizantes, aumentan la eficiencia y mayor disponibilidad de nutrientes en las plantas, además son mayores los efectos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas en comparación con las formas tradicionales de Zn (Rivera-Gutiérrez e*t al*., 2021).

Los resultados para la variable compuestos fenólicos también mostraron diferencias estadísticas significativas, esto indica que la aplicación de NPs de óxido de zinc resulta una alternativa favorable para lograr el aumento en la síntesis de compuestos fenólicos en el cultivo de lechuga. La mayor concentración se obtuvo con las aplicaciones de 6.0 y 7.5 mg L^{-1} con 204.133 y 200.240 mg/100 g de peso fresco, respectivamente. Ambos tratamientos superaron el tratamiento testigo en un 45 y 41.1%, respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de las diferentes concentraciones de nanopartículas de zic en el contenido fenólico, flavonoides y capacidad antioxidante en el cultivo de lechuga cultivada en un sistema hidropónico.

Tratamientos (mg L^{-1} NPsZnO)	Fenoles	Flavonoides	Capacidad antioxidante
	mg 100 g^{-1} de PF		mequiv. Trolox 100 mg^{-1} PF
0.0	159.13 e*	106.67 e	92.90 d
1.5	171.46 ed	119.00 ed	97.28 c
3.0	181.54 cd	129.08 cd	98.93 c
4.5	187.32 bc	134.86 bc	102.94 b
6.0	200.24 ab	147.78 ab	105.49 b
7.5	204.13 a	151.67 a	108.73 a

*Letras diferentes dentro de columnas indican valores estadísticamente diferentes (Tukey P≤0.05).

Los resultados anteriores concuerdan con Hajra y Mondal (2017), al aplicar NPs de ZnO y TiO_2 encontraron que el contenido de fenoles varío de 11.95 a 22.41 mg/100 g de peso fresco para el tratamiento de nanopartículas de ZnO. Pero, con la aplicación de Nanopartículas de TiO_2, el nivel de fenoles totales varió de 10.54 a 13.53 mg de peso verde en el cultivo de chile.

La aplicación de NPs de ZnO es una alternativa favorable para lograr el aumento en la síntesis de flavonoides en el cultivo de lechuga. La mayor concentración se obtuvo en los tratamientos 6 y 7.5 mg L^{-1} con 151.673 y 147.780 mg/100 g de peso fresco,

respectivamente (Cuadro 1). Ambos tratamientos superaron el tratamiento testigo en un 45 y 41.1%, respectivamente. Zafar *et al*. (2016) indicaron que la aplicación de NPs de ZnO indujeron estrés oxidativo en los brotes de *Brassica nigra*, curiosamente observó un aumento en las moléculas antioxidantes no enzimáticas como flavonoides debido a la acumulación de producción de especies reactivas de oxígeno (ROS). Estas actúan en absorción y neutralización de radicales libres, extinción de oxígeno singlete y triplete o descomposición de peróxidos. Este comportamiento explica la mayor acumulación de fenoles y flavonoides en frutos de plantas expuestas a tratamientos con NP de ZnO (Bhumi *et al*., 2014).

De igual manera para capacidad antioxidante, realizada por el método $DDPPH^{+}$, se observaron diferencias significativas entre las distintas concentraciones de nanopartículas, siendo la concentración de 7.5 mg L^{-1}, donde se obtuvo el mayor valor siendo 108.73 m equiv Trolox •100 mg^{-1} PF (Cuadro 1). Uhram *et al.* (2013), aplicaron al cultivo de tomate nanopartículas de óxido de titanio (nano-TiO_2) en forma de aerosol, lo cual dio como resultado una mayor actividad antioxidante en frutos, cuando aplicaron una concentración de 5000 mg kg^{-1}. El incremento en la actividad de enzimas antioxidantes tiene como objetivo convertir el H_2O_2 en agua y oxígeno, proporcionando protección contra el daño oxidativo (García-López *et al*., 2018).

Con respecto a la concentración de Zn en el tejido vegetal, los resultados indican que el tratamiento de 7.5 mg L^{-1} reporto 68.7 mg kg^{-1}, siendo superior al tratamiento control en 15.83 mg kg^{-1}, además, se observa que todos los tratamientos con nanopartículas superaron al control (Figura 2). Esto confirma que las aplicaciones de NPs de ZnO en lechuga hidropónica puede ser una práctica que logre un aumento en la concentración de zinc en las plantas logrando su biofortificación. Los resultados anteriores coinciden con Liu *et al.* (2015), quienes, mencionan que la concentración de Zn aumento de manera creciente en brotes y raíces de maíz en tratamientos donde se aplicó NPs de ZnO. Por otra parte, la aplicación NPs de ZnO mejoró las concentraciones de Zn en las plantas de trigo aplicadas a través de diferentes métodos (Rizwan *et al.,* 2019). La cantidad adecuada de Zn en las plantas es necesaria para minimizar la deficiencia de Zn en cultivos y posteriormente en humanos.

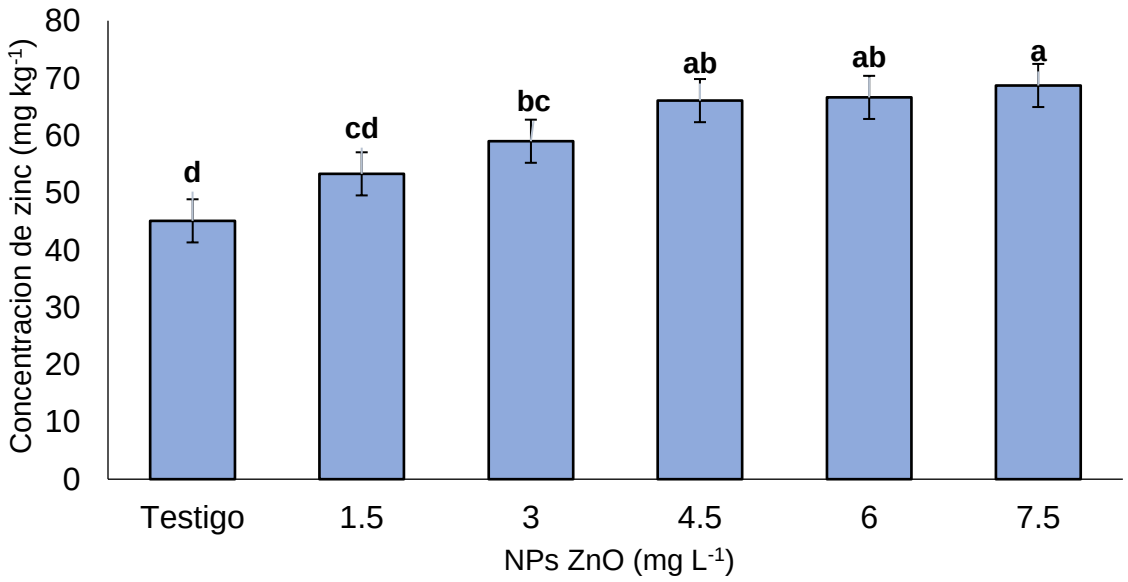


Figura 2. Concentración de zinc en hojas de lechuga cultivadas en un sistema hidropónico. Letras diferentes dentro de columnas indican valores estadísticamente diferentes (Tukey P≤0.05).

CONCLUSIONES

La aplicación foliar de 7.5 mg L^{-1} de NPs ZnO tuvo efectos en el incremento del rendimiento y la calidad nutracéutica (fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante) de las hojas de lechuga. Se pudo observar que las variables antes mencionadas fueron aumentando su valor de manera proporcional a las dosis aplicadas, superando al tratamiento control. Las nanopartículas de ZnO permitieron biofortificar al cultivo de lechuga producido en un sistema hidropónico, siendo el tratamiento de 7 mg L^{-1} la que reporto la mayor concentración (68.7 mg kg^{-1}).

REFERENCIAS

Bhumi, G.; Ratna, N.; Savithramma, N. 2014. Screening of zinc oxide nanoparticles for cell proliferation synthesized. Int. J. Drug Dev. Res, 6:0975–934.

Brand-Williams, W.; Cuvelier, M. E. & Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. L. W. T. Food Sci. Technol., 28:25-30.

Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: ¿agronomic or genetic biofortification? *Plant Soil.* 302:1–17.

Rivera-Gutiérrez, R.G., Preciado-Rangel, P., Fortis-Hernández, M., Betancourt-Galindo, R., Yescas-Coronado, P., Orozco-VidaL, J.A. 2021. Nanoparticulas de óxido de zinc y su efecto en el rendimiento y calidad de melón. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 12(5): 791-803.

García-López, J.I.; Lira-Saldivar, R.H.; Zavala-García, F.; Olivares-Sáenz, E.; Niño-Medina, G.; Ruiz-Torres, N.A.; Méndez-Argüello, B.; Díaz-Barriga, E. 2018.Effects of zinc oxide nanoparticles on growth and antioxidant enzymes of Capsicum chínense. Toxicol. Environ. Chem. 100: 560–572.

Hajra, A. y Mondal, NK. 2017. *Efectos de las nanopartículas de ZnO y TiO2 sobre la germinación, los atributos bioquímicos y morfoanatómicos de Cicer arietinum L. Energía, ecología y medio ambiente. 2: 277–288.*

Liu, R. y Lal, R. 2015. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. Science of the Total Environment. 514: 131-139.

Mathpal, B., Srivastava, P. C., Shankhdhar, D. and Shankhdhar, S. C. 2015. Zinc enrichment in wheat genotypes under various methods of zinc application. *Plant Soil & Environment.* 61:171–175.

Méndez-Argüello, B., Vera-Reyes, I., Mendoza-Mendoza, E., García-Cerda, L. A., Puente-Urbina, B. A., & Lira-Saldívar, R. H. (2016). Promoción del crecimiento en plantas de Capsicum annuum por nanopartículas de óxido de zinc. *Nova scientia*. *8:* 140-156.

Panwar, J., Jain, N., Bhargaya, A., Akthtar, M.S. y Yun, Y.S. (2012). Positive effect of zinc oxide nanoparticles on tomato plants: A step towards developing nanofertilizers. International Conference on Environmental Research and Technology (ICERT). Malaysia. 8 pp.

Rizwan M, Ali S, Rehman MZ, Malik S, Adrees M, Qayyum MF, Alamri SA, Alyemeni MN, Ahmad P. 2019. Effect of foliar applications of silicon and titanium dioxide

nanoparticles on growth, oxidative stress, and cadmium accumulation by rice (Oryza sativa). Acta Physiol Plant. 41:1–9.

Steiner AA (1961) A Universal Method for Preparing Nutrient Solutions of a Certain Desired Composition. Plant Soil. 15: 134-154.

White PJ, Broadley MR. 2005. Biofortifying crops with essential mineral elements. Trends Plant Sci. 10: 586-593.

Uhram, S., Jun, H., Waldman, B., Roh, J., Kim, Y., Yi, J., and Lee, E. J. 2013. Functional analyses of nanoparticle toxicity: a comparative study of the effects of TiO_2 and Ag on tomatoes (Lycopersicon esculentum). Ecotoxicology and environmental safety. 93:60-67.

Lamaison, J. L. C. and Carnet, A. 1990. Contents in main flavonoid compounds of Crataegus Monogyna Jacq. and Crataegus laevigata (Poiret) D. C. flowers at different development stages. Pharmaceutica Acta Helvetica. 65:315-320.

Mckean, S. J. 1993. *Manual de análisis de suelos y tejido vegetal: una guía teórica y práctica de metodologías* (pp. 9-10).

Singleton, V.L..,Orthofer R.and Lamuela-Raventos.R.m.1999.Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent.Methods Enzymol.299:152-178.

Levenson, C. W. & Morris, D. 2011. Zinc and neurogenesis: making new neurons from development to adulthood. *Adv. Nutr.* 2:96–100.

Rivera, D. J.A. 2012. Deficiencias de micronutrimentos en México: un problema invisible de salud pública. *Salud pública de México. 54: 101-102.*

Zafar, H.; Ali, A.; Ali, J.S.; Haq, I.U.; Zia, M. 2016. Effect of ZnO nanoparticles on Brassica nigra seedlings and stem explants: Growth dynamics and antioxidative response. Front. Plant. Sci. 7: p 535.

Bouis, H. E. & Saltzman, A. 2017. Improving nutrition through biofortification: A review of evidence from HarvestPlus, 2003 through 2016. *Global Food Security.* 12:49–58.

Wan, J.; Wang, R.; Bai, H.; Wang, Y.; Xu, J. 2020. Comparative physiological and metabolomics analysis reveals that single-walled carbon nanohorns and ZnO nanoparticles affect salt tolerance in Sophora alopecuroides. Environ. Sci. Nano. 7:2968–2981.

RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA DEL CULTIVO DE PEPINO

Plant growth-promoting rhizobacteria on the biomass production on the cucumber crop

Zapata-Sifuentes Gerardo[1,2*], Guillén-Enríquez Reyna Roxana[1], Juan Manuel Nava-Santos[2], Preciado-Rangel Pablo[1], Ortiz-Díaz Sergio Arturo [1]

[1,2]Doctorado en Ciencias en Agua Suelo. Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Ejido Ana. 27170, Torreón, Coahuila, México.

[2]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez s/n. CP. 27054, Torreón, Coahuila, México

***Autor de correspondencia: gdo.zapata81@gmail.com**

RESUMEN

Las bacterias promotoras de crecimiento (PGPR), son comúnmente utilizadas como biofertilizantes, en condiciones de campo e invernadero. Sin embargo, su efecto, puede verse afectado por diferentes factores bióticos y abióticos en la planta, aunque se ha observado que pueden ejercer control sobre la composición microbioma en la raíz de las platas. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la inoculación directa de PGPR en la producción de biomasa y raíz del cultivo de pepino. Los tratamientos consistieron la combinación de diferentes cepas; *Acinetobacter radioresistens, Pseudomonas paralactis y Sinorhizobium melioti* y dos tipos de sustratos, Arena-Perlita y Arena-Perlita-Vermicomposta. y su efecto en el cultivo de pepino. Los resultados indican que la mayor producción de biomasa y raíces secundarias, fue logrado por la cepa *A. radioresistens*, y sustrato de Arena-Perlita-Vermicomposta, por tal motivo se recomienda esta interacción de factores para obtener la mayor producción de biomasa en el cultivo del pepino.

ABSTRACT

Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR), are commonly used as biofertilizer, in field conditions and greenhouse. However, their effect, could be affected for different biotic and abiotic factors in the plant, even though, it has been noticed that the plants can take control about the microbiome composition in their roots. The main objective of this research was

evaluated the effect of direct inoculation of PGPR on biomass and root on the cucumber crop. The treatments were consisted the combination of different strains; *Acinetobacter radioresistens, Pseudomonas paralactis y Sinorhizobium melioti* and two substrates, Sand-Perlite and Sand-Perlite-Vermicompost. The results indicate that the most production of biomass and secondary roots, was achieved by the strain*A. radioresistens,* and Sand-Perlite-Vermicompost, therefore, it is recommended this interaction of factors to obtain the most production of biomass on the cucumber crop.

INTRODUCCIÓN

El uso de diversos microorganismos para la mejorar la absorción de nutrimentos a través de varios mecanismos de mineralización y solubilización puede convertir nutrimentos no disponibles del suelo a una forma biodisponible facilitando así la nutrición de los cultivos (Sharma *et al*., 2013). Las PGPR son comúnmente utilizadas como biofertilizantes, en condiciones de campo e invernadero (Vásconez *et al*.,2020). Debido a que, su utilización mejora la productividad de la planta; las bacterias son asociadas con la rizósfera, son capaces de generar varios mecanismos que influyen positivamente en el crecimiento vegetal a través de cambios morfológicos en la raíz y biomasa (Reséndez *et* al., 2018). Una vez que se identifica una cepa aislada con potencial, debe probarse más para determinar su contribución directa a la nutrición de la planta (Bashan *et al*. 2013). Existe una relación compleja entre raíces y las PGPR que puede tener diversos efectos en el desarrollo y crecimiento de las plantas (Gallart *et al*., 2021). Pueden afectar diferentes factores bióticos y abióticos en la planta, pero se ha observado que pueden ejercer control sobre la composición microbioma encontrada en su raíz (Gallart *et al*., 2021). La Comarca Lagunera se caracteriza por sus fuertes temperaturas y suelos salinos, condiciones difíciles para adaptar algunas PGPR así que como una estrategia directa es el aislar bacterias de la región y estudiar su aplicación en cultivos con condiciones controladas para observar el comportamiento *(*Cervantes-Vázque*z et al.*, 2021).

Entre los cultivos más importantes mundialmente se encuentra el tomate, chile y pepino (Valencia *et al.*, 2018). El pepino ha tenido un gran crecimiento en los últimos años, su importación creció de 394.107 toneladas en 2002 a 459.242 en 2012 (Valencia *et al.*, 2018). Por lo tanto, es importante identificar los mecanismos relacionados con el uso de bacterias promotoras de crecimiento y su efecto en plantas (Bhattacharyya *et al*., 2012).

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la inoculación directa de PGPR y el efecto del uso de sustratos con vermicompost sobre la producción de biomasa y raíz del cultivo de pepino como indicadores de desarrollo y salud vegetal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. El cultivo se estableció en un invernadero con paredes rectas y techo en forma de arco, cubierto de polietileno transparente y con malla sombra al 50%. Se utilizó dos extractores de aire y la pared húmeda al fondo.

Material vegetativo

Las semillas de pepino utilizadas fueron de la variedad Poinsett 76, de tipo monoica. El experimento fue establecido por siembra directa en bolsas negras de polietileno con capacidad de 4 L, el sustrato utilizado fue arena+perlita (AP) en relación 8:2 y Arena+Perlita+Vermicompost (APV) en relación 6:2:2. El cultivo se guío a un solo tallo, el riego y la nutrición fue con la solución nutritiva según Steiner (1961). La CE será de 2 dS m-1 y un pH de 5.5. El riego se realizó aplicando en la etapa de germinación 250 mL por día durante una semana. Después, 500 mL por otra semana y finalmente, un litro por planta durante los siguientes 3 meses.

Inoculo

Las tres cepas de bacterias fueron donadas por el laboratorio de ecología microbiana de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Cada cepa fue ajustada a 1×10^8 CFU en 0.5% PBS. Se hicieron dos inoculaciones directas, una a la semana de siembra y la segunda en la etapa de floración usando alrededor de 300 mL por planta con la cepa de la bacteria correspondiente.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en un arreglo factorial, con 4 tratamientos y 3 repeticiones y dos sustratos de maceta, considerando cada maceta como unidad experimental con un total de 24.

Se evaluó la respuesta del cultivo de pepino al efecto de *Acinetobacter radioresistens, Pseudomonas paralactis y Sinorhizobium melioti* y dos sustratos como maceta AP y APV.

Variables evaluadas

Biomasa. Se realizó un muestreo en plena fructificación, de la raíz, hoja y tallo, se seleccionaron tres plantas por tratamiento, en forma aleatoria. Después, se pesaron en fresco (húmedo) registrando un peso inicial, enseguida, se separaron en bolsas de papel canela perforadas. Finalmente, se colocaron las bolsas en una estufa a 70° C por 72 h, pasando el tiempo se consideraron nuevamente su peso final (seco).

Longitud de raíz. La longitud de la raíz se midió desde el cuello de la raíz hasta el meristemo radicular por medio de un flexómetro (Arias-Mota et al., 2019).

Raíces secundarias. Las raíces secundarias fueron contadas en las formaciones bien definidas que se desprendían de la radícula del embrión (Arias-Mota et al., 2019).

Análisis de datos

Las variables de estudio fueron analizadas con el paquete estadístico SAS 9.4, en caso de encontrar diferencia significativa, se realizó la comparación me medias por el método de LSD ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan los resultados del análisis de varianza. En el factor bacteria se puede observar que en todas las variables existe diferencia altamente significativa, mientras que en el factor sustrato se presenta diferencia altamente significativa, se observó interacción altamente significativa entre los dos factores de estudio para las variables biomasa y raíces secundarias

Cuadro 1. Análisis de varianza para distintas variables de respuesta en dos sustratos y bacterias promotoras del crecimiento vegetal.

	Valor de probabilidad observado de F		
Variable	Bacteria	Sustrato	Bacteria+Sustrato
Biomasa	0.0001**	0.001**	0.002**
Longitud de raiz	0.0004**	0.8376ns	0.0215ns
Raices secundarias	0.0001**	0.8154ns	0.001**

** = Diferencia estadística altamente significativa con un $\alpha = 0.05$; ns = sin diferencia estadística.

El mejor sustrato resulto ser la relación APV, esto podría ser por lo que reportan varios autores el uso de sustratos orgánicos promueve la colonización temprana afectando de manera positiva la actividad de las PGPR en la raíz (Riveracruz *et a*l., 2008; Yadav, *et al*., 2009). Respecto a la biomasa (Figura 1), se ha encontrado diferencia altamente significativa

en comparación de *A.radioresistens* y *S.meliloti* con la bacteria *P. paralectis* y al control, por lo tanto, ambas podrían tener mejor especificidad e interacción con el hospedador, sin embargo, hay factores que afectan desde una buena inoculación lo cual podría estar afectando a *P. paralectis* (Gallart *et al*., 2021). Entre las PGPR que han demostrado resultados similares de incremento de biomasa se encuentran especies como *Azospirillum* spp la cual promueve el incremento de biomasa y mejora la absorción de nutrientes a partir del suelo contribuyendo de forma positiva a la cantidad de nitrógeno (Raffi and Charyulu, 2020). Así como también, *Bacillus sp., Diazotrophicus sp., Gluconacetobacter sp., Herbaspirillum sp. and Paraburkholderia sp* (Gallart *et al*., 2021).

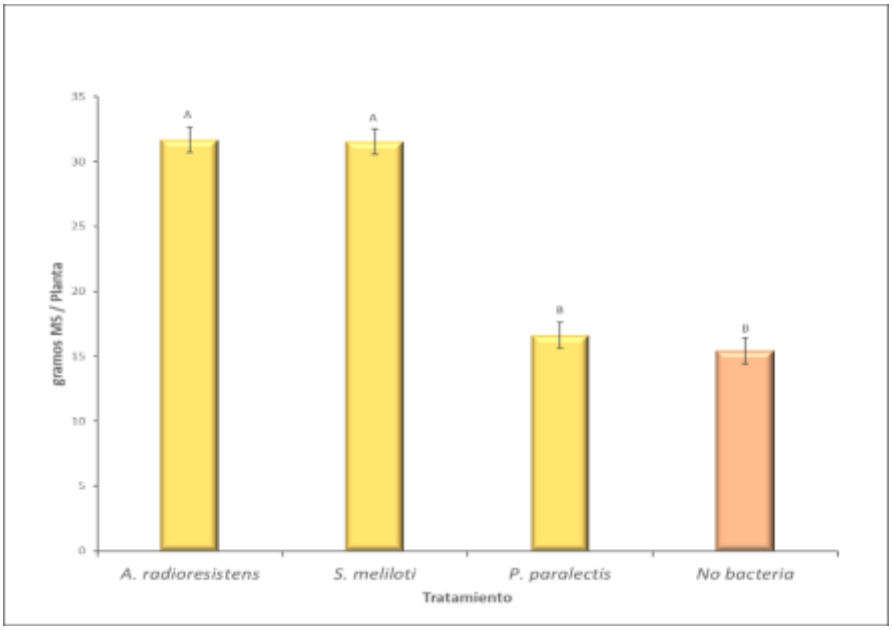


Figura 1. Efecto de la inoculación de PGPR en la biomasa del cultivo de pepino en condiciones de invernadero.

Los resultados de numero de raíces secundarias, se ha observado que hay mayor cantidad (Figura 2) con *A.radioresistens* la cual es significativa a comparación de las otras dos bacterias y altamente significativa a comparación del control, mientras que *P. Paralectis* es significativa a comparación del control. Esto se puede atribuir a la promoción de crecimiento e interacción de la bacteria con las raíces (Gallart *et al.*, 2021). Mientras que, la longitud de raíz (Figura 3), resulto tener mayor longitud la *P. Paralectis*, sin embargo, las tres bacterias tienen significancia a comparación del control. Lo anterior es debido a los diversos factores e interacciones que pueden estar realizando las bacterias con sus hospedadores así como la estimulación diferente que tiene la raíz por consecuente esto podría afectar la absorción de nutrientes (Andrade-Sifuentes *et al*., 2020; Gallart *et al*., 2021).

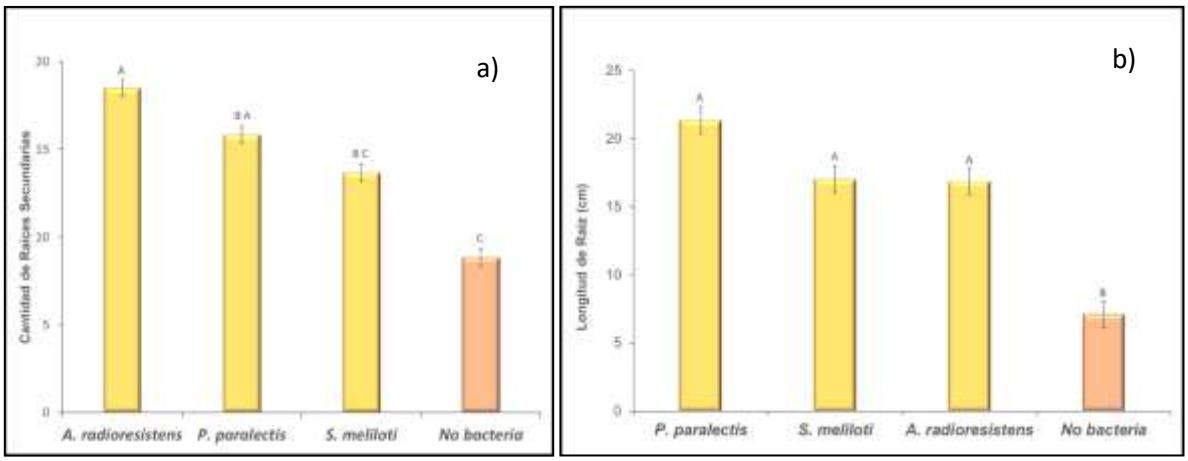


Figura 2. Efecto de la inoculación de PGPR en el cultivo de pepino; a) número de raíces secundarias, b) Longitud de raíz.

CONCLUSIONES

Las PGPR han incrementado la longitud de raíz, número de raíces secundarias y la producción de biomasa en comparación con el tratamiento sin bacterias. Por otro lado, el sustrato con vermicompost presentó diferencia significativa incrementando la producción de biomasa en contraste al sustrato inerte. Las interacciones entre bacterias y sustratos son estadísticamente diferentes aumentando significativamente la biomasa y numeró de raíces secundarias. Finalmente, *A. radioresistens* con el sustrato de vermicomposta representa ser una alternativa de fertilización para el desarrollo de la planta de pepino.

REFERENCIAS

Alejo-Santiago, G., Becerra-Venegas, S. G., Bugarín-Montoya, R., Aburto-González, C. A., Quiñones-Aguilar, E. E., Rincón-Enríquez, G. y Juárez- Rosete, C. R. (2021). Requerimiento nutrimental y nutrición potásica en pepino persa con poda a un solo tallo. Terra Latinoamericana, 39, 1-10. e906. **https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.906**

Andrade-Sifuentes, A., Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., Orozco-Vidal, J. A., Yescas-Coronado, P., & Rueda-Puente, E. O. (2020). Azospirillum brasilense and Solarized Manure on the Production and Phytochemical Quality of Tomato Fruits (Solanum lycopersicum L.). Agronomy, 10 (12), 1956. https://doi.org/10.3390/agronomy10121956

Arias-Mota, R. M., Romero-Fernández, A. J., Bañuelos-Trejo, J., De la Cruz-Elizondo, Y. (2019). Inoculación de hongos solubilizadores de fósforo y micorrizas arbusculares en plantas de jitomate. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 10(8): pp.1747-1757.

Bashan Y., Kamnev A.A., de Bashan L.E. (2013). Tricalcium phosphate is inappropriate as a universal selection factor for isolating and testing phosphate-solubilizing bacteria that enhance plant growth: a proposal for an alternative procedure. Biol Fertil Soils. 49: 465-479. 10.1007/s00374-012-0737-7

Bhattacharyya, P.N.; Jha, D.K. (2012) Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Emergence in agriculture. World J. Microbiol. Biotechnol; 28, 1327–1350.

Calero Hurtado, A.; Quintero Rodríguez, E.; Pérez Díaz, Y.; González-Pardo Hurtado, Y.; González Lorenzo, T.N. (2019.) Microorganismos efi cientes y vermicompost lixiviado aumentan la producción de pepino Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 22(2):e1167. http://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1167

Cervantes-Vázquez, T. J. Á., Valenzuela-García, A. A., Cervantes-Vázquez, M. G., Guzmán-Silos, T. L., Fortiz, E. L., Rangel, P. P., & Rueda-Puente, E. O. (2021). Morphophysiological, enzymatic, and elemental activity in greenhouse tomato saladette seedlings from the effect of plant growth-promoting rhizobacteria. Agronomy, 11(5), 1–15. https://doi.org/10.3390/agronomy11051008

Gallart, M., Paungfoo-Lonhienne, C., Gonzalez, A., & Trueman, S. J. (2021). Nitrogen source influences the effect of plant growth-promoting rhizobacteria (Pgpr) on macadamia integrifolia. Agronomy, 11(6). https://doi.org/10.3390/agronomy11061064

Raffi, M.M.; Charyulu, P.B.B.N. (2020). Azospirillum-biofertilizer for sustainable cereal crop production: Current status. Recent Dev. Appl. Microbiol. Biochem. 193–209

Riveracruz, M.; Trujillonarcia, A.; Cordovaballona, G.; Kohler, J.; Caravaca, F.; Roldan, A. (2008). Poultry manure and banana waste are effective biofertilizer carriers for promoting plant growth and soil sustainability in banana crops. Soil Biol. Biochem. 2008, 40, 3092–3095.

Reséndez, A. M., Mendoza, V. C., Carrillo, J. L. R., Arroyo, J. V., & Ríos, P. C. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. Revista Colombiana de Biotecnología, 20(1), 68-83.

Sharma, S.B., R.Z. Sayyed, M.H. Trivedi y T.A. Gobi. (2013). Review. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. Springer Plus 2: 587.

Valencia, R. T., Acosta, L. S., Hernández, M. F., Rangel, P. P., Robles, M. Á. G., Cruz, R. del C. A., & Vázquez, C. V. (2018). Effect of seaweed aqueous extracts and compost on vegetative growth, yield, and nutraceutical quality of cucumber (Cucumis sativus L.) fruit. Agronomy, 8(11), 1–13. https://doi.org/10.3390/agronomy8110264

Vásconez, R. D. A., Mossot, J. E. M., Shagñay, A. G. O., Tenorio, E. M., Utreras, V. P. C., & Suquillo, I. D. L. Á. V. (2020). Evaluación de Bacillus spp. como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) en brócoli (Brassica oleracea var. italica) y lechuga (Lactuca sativa). Ciencia & Tecnología Agropecuaria, 21(3), 1-16.

Yadav, R.; Suman, A.; Prasad, S.; Prakash, O. (2009). Effect of Gluconacetobacter diazotrophicus and Trichoderma viride on soil health, yield and N-economy of sugarcane cultivation under subtropical climatic conditions of India. Eur. J. Agron: 30, 296–303.

PODA DE BROTES PARA INDUCIR UNA COSECHA SUCESIVA EN GUAYABOS ESTABLECIDOS EN ALTA DENSIDAD

SPROUT PRUNING TO INDUCE A SUCCESSIVE HARVEST IN GUAVA TREES ESTABLISHED AT HIGH DENSITY

J. Saúl Padilla Ramírez[1], Esteban S. Osuna Ceja[1], E. Rigoberto Ortiz Hernández[2] y Efraín Acosta Díaz[3]

[1]INIFAP-Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20668. [2]SEZ. Escuela Secundaria Felipe Carrillo Puerto. Huanusco, Zac. [3]INIFAP-C.E. General Terán, N.L.
jsaulprmez@yahoo.com

RESUMEN

México es el tercer país productor de guayaba más importante a nivel mundial, después de la India y Pakistán. La superficie cultivada en estos países es de 150, 63.5 y de 22.9 mil hectáreas en la Inda, Pakistán y México, respectivamente. Tradicionalmente, en México, el sistema de plantación en la región "Calvillo-Cañones" ha sido en marco real utilizando 204 árboles ha^{-1} (7 x 7 m). Sin embargo, se ha observado una tendencia en aumentar las densidades de plantación para incrementar la producción por unidad de superficie. No obstante, estos sistemas deben ser acompañados por otras prácticas de manejo del cultivo, tales como la poda entre otras. El objetivo fue evaluar la poda de brotes para inducir una cosecha sucesiva en guayabos establecidos en alta densidad. El trabajo se realizó en el Sitio Experimental "Los Cañones" del INIFAP, ubicado en Huanusco, Zac., durante el ciclo 2019-2020, donde se evaluó el rendimiento, número y tamaño promedio de fruto de árboles de guayabo establecidos en una densidad de 2,500 árboles ha^{-1} (2 x 2 m). El lote experimental contó con tres líneas de diez árboles cada una, donde se realizó la poda de brotes de cuatro árboles por línea. Las variables, se analizaron bajo un diseño de bloques al azar con 12 repeticiones, considerando cada árbol como una unidad experimental. Los resultados mostraron que la poda de brotes de los árboles en alta densidad indujo una cosecha de fruto sucesiva superior, con respecto a la obtenida con solo un ciclo anual de producción.

ABSTRACT

Mexico is the third most important guava producing country in the world, after India and Pakistan. The cultivated area in these countries is 150, 63.5 and 22.9 thousand hectares in India, Pakistan and Mexico, respectively. Traditionally, in Mexico, the plantation system in the "Calvillo-Cañones" region has been in a real frame using 204 trees ha^{-1} (7 x 7 m). However, a trend has been observed to use higher planting densities to increase production per unit area. However, these systems must be accompanied by other crop management practices, such as pruning, among others. The objective was to evaluate the pruning of shoots to induce a successive harvest in guava trees established at high density. The work was carried out at the Experimental Site "Los Cañones" of the INIFAP, located in Huanusco, Zac. during the 2019-2020 cycle, where the yield, number and average fruit size of guava trees established in a density of 2,500 trees ha^{-1} (2 x 2 m) were evaluated. The experimental site had three lines of ten guava trees each, where the shoot pruning of four trees per line was carried out. The variables were analyzed under a random block design with 12 repetitions, considering each tree as an experimental unit. The results showed that sprout pruning of the guava trees at high density induced a fruit harvest higher than that obtained with only one annual production cycle.

INTRODUCCION

En el contexto internacional, la India y Pakistán son los países productores de guayaba más importantes, con una superficie cultivada de 150 mil y 63.5 mil hectáreas, respectivamente. La producción alcanza poco más de 1.7 millones de toneladas en la India, mientras que en Pakistán es de 570 mil toneladas. La producción de fruta por unidad de superficie es similar en ambos países, con un promedio de 11 a 12 ton ha^{-1} (Mitra y Sanyal, 2004; Khushk *et al*., 2009).

En México, el guayabo está entre las primeras 10 especies frutícolas cultivadas, con una superficie establecida durante el año 2020 de 22,890 hectáreas, con un volumen de producción de 277.3 mil toneladas y el rendimiento promedio a nivel nacional fue de 13.8 ton ha^{-1}. Los principales estados productores son: Michoacán (12,626 has), Aguascalientes (6,188 has) y Zacatecas (1,950 has), que en conjunto representan el 90.7% de la superficie total (SIAP, 2020).

En los estados de Aguascalientes y Zacatecas, la región productora conocida como "Calvillo-Cañones" que incluye los municipios de Calvillo, Ags., y de Huanusco, Jalpa, Apozol y Juchipila, principalmente en el estado de Zacatecas, el guayabo ha sido cultivado durante más de 100 años, iniciando en Calvillo, Ags., y posteriormente pasó a la región de "Los Cañones", en Zacatecas. González *et al*., (2002a) reporta que desde entonces, la mayoría de las huertas fueron plantadas utilizando 204 árboles ha^{-1} en sistemas de marco real (7.0 x 7.0 m), lo cual ha prevalecido hasta las últimas dos décadas. Sin embargo, a nivel internacional ha surgido una tendencia en el establecimiento del guayabo en mayores densidades de árboles ha^{-1}, como una estrategia de incrementar la producción por unidad de superficie (Singh *et al*., 2007; Pal y Lal 2015). Aunque en el caso de Pakistán, Khushk *et al*., (2009) menciona que los productores de guayaba, han optado por reducir el número de árboles, utilizando en promedio entre 128 a 135 árboles ha^{-1}. En contraste, Mitra *et al*., (1984), señalan que el incremento del rendimiento de fruto por unidad de área en el guayabo es posible con altas densidades de plantación. En México, las nuevas plantaciones en México, se han establecido utilizando 666 árboles ha^{-1} (González, *et al*. 2002a), además se reportan estudios en los cuales se evaluó el rendimiento de fruto de selecciones de guayabo, donde la densidad de árboles ha^{-1} fue de 1,111 (3 x 3 m) y de 5,000 (2 x 1 m) árboles ha^{-1} (Padilla *et al*., 2007; Padilla *et al*., 2017).

Otra práctica importante en el manejo del guayabo, además de la densidad de plantas por unidad de superficie es la poda, la cual es fundamental para promover mayor rendimiento y calidad de los frutos. Es importante mencionar que en los sistemas donde se utilizan altas densidades, se deben considerar diversos aspectos que pueden afectar la producción y calidad de los frutos, ya que la competencia por los recursos tales como: agua, luz y nutrientes, podrían afectar y no reflejarse en una mayor productividad, sobretodo sin un manejo adecuado de la poda, entre otros aspectos.

En general, el guayabo responde bien a la poda de fructificación, sin embargo la época e intensidad deben ser consideradas para lograr una mayor productividad (Lopes *et al*., 2008). Además, la poda permite programar la cosecha, de acuerdo a la época de mejor precio en el mercado (Portes *et al*., 2011). Lo anterior, es el caso de Aguascalientes, donde se utiliza el estrés hídrico (calmeo) para inducir un estado de reposo, al final del cual se reinicia el ciclo anual de producción con la poda y la aplicación del riego, y el inicio de la cosecha ocurre entre 180 a 210 días después de la aplicación del primer riego (Padilla, 2002). En México, el guayabo es manejado con sistemas tradicionales de una sola poda anual, la cual en la región Calvillo-Cañones, se realiza en los meses de marzo a abril, iniciando el ciclo anual de producción, produciendo solo

una cosecha por año, lo que limita elevar su productividad. Por lo anterior, es importante mejorar el sistema de poda, sobre todo en plantaciones con altas densidades, con el fin de lograr un incremento en el rendimiento y calidad de fruto. El objetivo del trabajo fue evaluar la poda de brotes para inducir una cosecha sucesiva en guayabos establecidos en alta densidad.

MATERIALES Y METODOS

Localización y características del área de estudio

El estudio se realizó en el Sitio Experimental "Los Cañones" del INIFAP, ubicado en el municipio de Huanusco, Zacatecas (Latitud 21° 44.7'norte; Longitud 102° 58.0' oeste; Altitud de 1,508 msnm). El clima en la región es semi-seco, semi-cálido del tipo BS_1 hw(w), de acuerdo con la clasificación de García (1981). La temperatura media anual es de 20.1 °C, la media anual máxima es de 30.4 °C y la mínima es de 9.8 °C. La precipitación promedio anual es de 550 mm, de los cuales aproximadamente el 80% ocurre de junio a septiembre. Algunas de las características fisco-químicas del suelo son: Textura franco-arcillosa; densidad aparente de 1.0 g cm^{-3}; pH alcalino de 8.5; conductividad eléctrica baja de 0.74 ds m^{-1} sin problema de sales y un contenido medio de materia orgánica de 2.2%.

Manejo anual del cultivo

La aplicación de riegos se realizó a través de un sistema de riego por micro-aspersión, con riegos semanales durante el ciclo del cultivo, a partir de la poda anual, la cual se realizó a finales de febrero de 2019. La fertilización fue suministrada mediante el sistema de riego, con una dosis anual aplicada de 90-90-90 para N-P_2O_5-K_2O, respectivamente, cubriendo principalmente las etapas de brotación, floración, amarre y desarrollo del fruto. Se realizaron deshierbes manuales para el control de las malezas; las plagas y enfermedades se controlaron según las recomendaciones para el cultivo de guayabo en la región Calvillo-Cañones (González, 2002b). El manejo tradicional del cultivo de guayabo en la región de estudio tiene solo un ciclo anual de producción el cual se inicia con la poda después del periodo de "calmeo" que es una práctica común durante la cual se suspende la aplicación del riegos durante 2 a 4 meses, induciendo a la planta a un estado de quiescencia por el estrés hídrico impuesto. El calmeo se indujo al final de la cosecha del ciclo 2018 y es utilizado para programar el inicio de la cosecha del nuevo ciclo, la cual se obtiene entre 6 a 7 meses después de la poda y aplicación del primer riego. Otra razón del calmeo, es evadir el daño en los árboles por bajas temperaturas durante los meses de diciembre a febrero, principalmente (Perales *et al*., 2002)

Poda de brotes, tratamientos y variables evaluadas

La poda de brotes se realizó en julio de 2019, en donde se eliminó la parte apical (aprox. 10-15 cm.) de todos los brotes (vegetativos y fructíferos) de los árboles de guayabo establecidos en una densidad de 2,500 árboles ha^{-1}. El corte se hizo con tijeras de podar en la parte media entre la segunda y tercer hoja del ápice hacia la base del brote. Al momento de la poda, los brotes presentaban frutos en desarrollo, inducidos por la poda realizada en febrero (manejo anual). Con esta poda de los brotes, se indujo una cosecha sucesiva en el ciclo 2019-2020.

El lote experimental incluyó tres líneas con 10 árboles de guayabo cada una, establecidos en un sistema de alta densidad con 2.0 m de separación entre líneas y 2.0 m entre plantas (2,500 plantas ha^{-1}). De las 10 plantas por línea, solo se incluyeron en los análisis ocho, descartando las plantas de cada orilla. En cada línea, se podaron los brotes de cuatro plantas y las otras cuatro plantas no se podaron los brotes, utilizando cada árbol como unidad experimental.

Para el análisis las variables registradas, se definieron los siguientes tratamientos:

Tratamientos/ciclo de producción		
T-1	Poda anual (Feb-2019)	Ciclo de producción 2019
T-2	Poda anual	Ciclo de producción 2019
T-3	Sin poda de brotes	Ciclo de producción 2019-2020
T-4	Con poda de brotes (Jul-2019)	Ciclo de producción 2019-2020
T-5	T-1 + T-3	Ciclo de producción 2019 + 2019-2020
T-6	T-2 + T-4	Ciclo de producción 2019 + 2019-2020

Las variables registradas en cada uno de los dos ciclos de producción (2019 y 2019-2020) fueron: rendimiento y número de frutos por árbol y el peso promedio por fruto. La cosecha del ciclo anual de producción 2019 se realizó en septiembre, mientras que la cosecha sucesiva inducida por la poda de los brotes se realizó en marzo de 2020. Ambas cosechas se realizaron cuando los frutos presentaban un color externo verde-amarillo o amarillo que corresponden a las etapas 3-4 de maduración según la escala para guayaba propuesta por Padilla *et al*., (2002). Las variables registradas se analizaron utilizando un diseño de bloques al azar con 12 repeticiones y la unidad experimental consistió de un árbol. Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS versión 8 (SAS Institute, 1999) y la prueba de medias se realizó mediante la DMS al 0.05 de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis estadístico de las variables registradas, detectó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para el rendimiento y número de frutos, mientras que para el peso medio fruto^{-1} no hubo significancia. El rendimiento de fruto fue similar en los árboles durante el ciclo 2019 (T-1 y T2) con solo un promedio de 1.25 kg árbol^{-1}, lo anterior indica que la poda de los brotes no afecto el rendimiento del ciclo anual de las plantas que fueron podadas. No obstante, los árboles con la poda de brotes tuvieron una cosecha sucesiva con un rendimiento de fruto muy superior, con respecto a los plantas sin la poda de brotes (8.15 vs 0.23 kg árbol^{-1}; equivalentes a 20.4 vs 0.58 ton ha^{-1}), en el ciclo 2019-2020. Consecuentemente, el rendimiento acumulado en los ciclos 2019 y 2019-2020 fue mayor en el tratamiento T-6 (Figura 1). Resultados similares por efecto de la poda de brotes en guayabo fueron reportados por Sah *et al*., (2015) y Padilla *et al*., 2019.

El número de frutos árbol^{-1} mostró una tendencia similar al rendimiento de fruto, donde los tratamientos T-1 y T-2 tuvieron un promedio de 30 frutos árbol^{-1} durante el ciclo 2019, mientras que con la poda de los brotes se indujo una fructificación significativamente mayor (143.0 frutos árbol^{-1}), comparada cuando no se realizó la poda de los brotes (4.3 frutos árbol^{-1}). El número de frutos acumulados fue mayor en el tratamiento T-6 (Figura 1). Lo anterior refleja que con la poda de brotes es posible inducir una cosecha sucesiva, con lo cual se incremente el potencial de producción de los guayabos en alta densidad. Padilla *et al*., (2019) reportó resultados similares, indicando que la mayor fructificación con la poda de brotes, se produjo en brotes vegetativos, comparada con la inducida en brotes fructíferos.

Por su parte, el peso promedio del fruto no fue estadísticamente diferente y tuvo un promedio general de 48.3 g fruto^{-1}, sin embargo el tratamiento T-4 (Con poda de brotes) mostró los valores más altos con un promedio de 59.1 g fruto^{-1} (Figura 1), lo cual indica que a pesar de que este tratamiento tuvo el mayor número de frutos árbol^{-1}, logró un alcanzar un buen desarrollo del fruto.

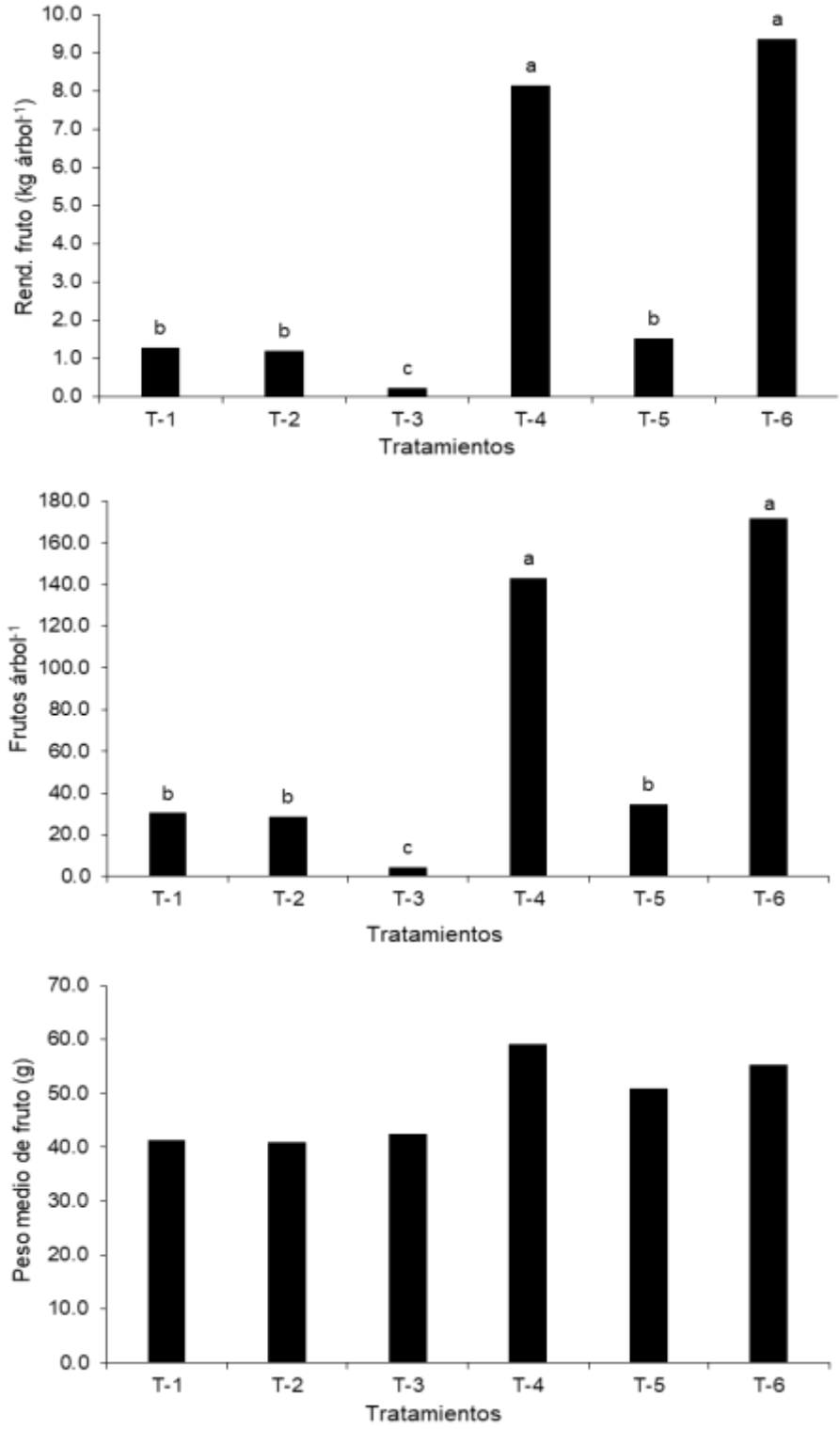


Figura 1. Promedios del rendimiento de fruto (kg árbol^{-1}), número de frutos árbol^{-1} y peso de fruto (g) de árboles de guayabo establecidos en alta densidad con y sin poda de brotes. INIFAP-Sitio Experimental “Los Cañones”. Huanusco, Zac.

CONCLUSIONES

Con la poda de brotes se logró inducir una cosecha sucesiva en árboles de guayabo establecidos en alta densidad, la cual fue equivalente a 20.4 ton ha^{-1}. Lo anterior indica que es factible incrementar la productividad del guayabo en sistemas de alta densidad.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al personal técnico del INIFAP que labora en el Sitio Experimental “Los Cañones”: Rocío, Gina, Chuy, Fernando y Martin, por el apoyo en el manejo del cultivo, así como en la cosecha de fruto del presente estudio.

REFERENCIAS

García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana). Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). DF. México. 246 p.

González G. E., Perales de la C. M. A. y Esquivel V. F. 2002a. Establecimiento de la huerta. *In*: Guayaba. Su cultivo en México. Libro Técnico No.1. González G.E., Padilla R.J.S., Reyes M.L. Perales de la C.M.A. y Esquivel V.F. (Eds.). INIFAP-CIRNOC. Campo Experimental Pabellón. pp. 58-64.

González G. E. 2002b. Control de plagas insectiles. *In*: Guayaba. Su cultivo en México. Libro Técnico No.1. González G.E., Padilla R.J.S., Reyes M.L. Perales de la C.M.A. y Esquivel V.F. (Eds.). INIFAP-CIRNOC. Campo Experimental Pabellón. pp. 86-109.

Khushk A. M., Memon A. and Lashari M. I. 2009. Factors affecting guava production in Pakistan. J. Agric. Res. 47(2): 201-210.

Lopes S. L.A., Sales M. C., Gabetto e S.M. e Dessaune T. F. 2008. Características fenológicas e produtivas da goiabeira ‘paluma’ podada em diferentes épocas e intensidades no norte fluminense. Rev. Ceres. 55(5):416-424.

Mitra S. K., Sen S. K., Maiti S. C. and Bose T. K.1984. Effect of plant density on growth, yield and fruit quality in guava. Bangladesh Hort., 12: 7-9.

Mitra S. K. and Sanyal D. 2004. Guava. Directorate of Information and Publications of Agriculture. Indian Council of Agricultural Research. New Delhi. 87 pp.

Padilla R. J. S. 2002. Cosecha y postcosecha. *In*: Guayaba. Su cultivo en México. Libro Técnico No.1. González G.E., Padilla R.J.S., Reyes M.L. Perales de la C.M.A. y Esquivel V.F. (Eds.). INIFAP-CIRNOC. Campo Experimental Pabellón. pp. 134-144.

Padilla R. J. S., González G. E., Perales de la C. M. A., Gutiérrez A. F. y Mayek P. N. 2007. Fruit yield of twelve outstanding selections of guava (*Psidium guajava*) from the Calvillo-Cañones region, Mexico. Acta Hort. 735:25-30.

Padilla R. J. S., Rodríguez M. V. M., González G. E., Osuna C. E. S. y Pérez B. M. H. 2017. Influencia de paclobutrazol en el crecimiento de brotes y rendimiento de *Psidum guajava* L. en alta densidad. Rev. Mex. Cienc. Agríc. Pub. Esp. Núm. 19. pp. 3965-3977.

Padilla R. J.S., Ortiz H. E.R., Rodríguez M. V.M. y González G. E. 2019. Despunte de brotes para promover fructificación del guayabo *Psidium guajava* L. *In*: Memoria del Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas “*La Horticultura Científica de México*”. (García S.P., Ávila V.T. del C, y Gutiérrez C.M. Coord. de la Información) p. 142.

Pal M. and Lal S. 2015. Effect of different high density planting on growth and yield of guava (*Psidium guajava* L.) cv. Pant Prabhat. Int. J. of Basic and Applied Agricultural Research. 13(3):420-425.

Perales de la C. M. A., Padilla R. J. S., Esquivel V. F. y González G. E. 2002. Manejo agronómico. *In*: Guayaba. Su cultivo en México. Libro Técnico No.1. González G.E., Padilla R.J.S., Reyes M.L. Perales de la C.M.A. y Esquivel V.F. (Eds.). INIFAP-CIRNOC. Campo Experimental Pabellón. pp. 65-85.

Portes R. D., Leonel S., Carvalho da S. A., de Souza M.E., Pacheco de S. A. e Martins F. A. 2011. Épocas de poda na sazonalidade, produção e qualidade dos frutos da goiabeira 'Paluma'. Semina: Ciências Agrárias, Londrina. 32(3):909-918.

Sah H., Lal S. and Pratibha. 2015. Effect of shoot pruning on growth, flowering and yield in meadow orchard of guava cv Pant Prabhat. Int. J. of Basic and Appl. Agric. Res. 13(3):395-399.

SAS. 1999. Statistical Analysis System. Institute. SAS. User's guide. Statistics. Version 8. SAS Inst., Cary, NC. USA. Quality, and elemental removal. J. Environ. Qual. 19:749-756.

SIAP. 2020. https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119. Consultada el 28 de julio de 2020.

Singh G., Singh A.K. and Mishra D. 2007. High density planting in guava. Acta Hort. 735:235-241.

POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE LINEAS AVANZADAS DE TRIGO HARINERO DEL ENSAYO PRELIMINAR DE RENDIMIENTO

Díaz-Ceniceros Huizar Leonardo[1], Borbón-Gracia Alberto[1], Chávez-Villalba Gabriela[1], Alvarado-Padilla Jorge Iván[2], Valdez-Rodríguez Yerica Renata, Marroquín-Morales José ángel, Pérez-Chávez[1] Carlos.

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug. km. 12. Cajeme, Obregón, Sonora, México. diaz.huizar@inifap.gob.mx.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de Mexicali km. 7.5 San Felipe, Mexicali, B. C., México.

RESUMEN

El sur de Sonora es la región productora de trigo más importante en México con el 53 % de la producción nacional depende del agua almacenada en presas para garantizar el riego de los cultivos. Por lo anterior, se requiere generar variedades de trigo que hagan uso eficiente del agua para la producción de grano. 47 líneas avanzadas de trigo harinero (más 3 variedades testigo) se evaluaron en el 1er. Ensayo Preliminar de Rendimiento de Trigo Harinero del programa de mejoramiento del Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP, para identificar las líneas avanzadas de trigo harinero con potencial de rendimiento bajo dos regímenes de riego. La evaluación experimental se realizó en una fecha de siembra bajo riego limitado y normal. Durante el desarrollo del cultivo se registraron las variables días a floración, días a madurez, altura de planta, reacción a enfermedades (royas) y rendimiento de grano. Se realizó un análisis de varianza con el paquete estadístico SAS 9.4 (2013), además se realizó comparación de medias (Tukey, $p < 0.05$) para los genotipos. En promedio, los mayores rendimientos de grano fueron para la variedad CIANO M2018 y 10 líneas superaron al testigo regional Borlaug 100 pero no fueron diferentes estadísticamente. Los genotipos con mejor comportamiento para riego normal alcanzaron rendimientos de 7,781 a 7,911 kg ha^{-1}. Para riego limitado las líneas con mejor respuesta al estrés generado por la disponibilidad de agua mostraron rendimientos de 7,112, 6,983 y 6,978 kg ha^{-1}, las cuales superaron a Borlaug 100 pero no a CIANO M2018.

ABSTRACT

Southern Sonora is the most important wheat-producing region in Mexico, with 53% of national production depending on water stored in dams to guarantee crop irrigation. Therefore, it is necessary to generate wheat varieties that make efficient use of water for grain production. 47 advanced bread wheat lines (and 3 additional check varieties) were evaluated in the 1st Preliminary Bread Wheat Yield Trial of the Norman E. Borlaug-INIFAP breeding program to identify advanced lines with yield potential under two irrigation regimes. The evaluation was done in one planting date under limited and normal irrigation. During crop development, we recorded the following variables: days to flowering, days to maturity, plant height, reaction to diseases (rusts) and grain yield. An analysis of variance was performed with the statistical package SAS 9.4 (2013), and mean comparison (Tukey, $p < 0.05$) was performed for the genotypes. On average, CIANO M2018 showed the highest grain yields and 10 lines outperformed the regional check Borlaug 100 but were not statistically different. The best performing genotypes for normal

irrigation reached yields of 7,781 to 7,911 kg ha^{-1}. For limited irrigation, the lines with the best response to water availability stress showed yields of 7,112, 6,983 and 6,978 kg ha^{-1}, which exceeded Borlaug 100 but not CIANO M2018.

INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum* spp.) es el segundo cereal con mayor producción a nivel mundial solo por debajo del maíz. En México durante el 2019, el trigo alcanzó una producción de 3.2 MT con un promedio nacional de 5.5 t ha^{-1}. El sur de Sonora es la región productora de trigo más importante en México con el 53 % de la producción nacional, donde destacan los municipios de Cajeme, Etchojoa, Navojoa, Huatabampo, Benito Juárez y Bácum aportando el 83 % de la cosecha durante el mismo año con un promedio de 7.142 t ha^{-1} (SIAP, 2020).

En el sur de Sonora, la producción agrícola depende del agua almacenada en presas para garantizar el riego de los cultivos. El suministro de agua suele ser el insumo más caro de los cultivos de riego y es un factor crítico que limita el crecimiento y el rendimiento de los cultivos (Abbate *et al*., 2004). De acuerdo Distrito de Riego del Río Yaqui (2020), durante el primer trimestre de 2021 ingresaron 82.9 millones de m^3 de agua por aportaciones de lluvias, en contraste con los 874.5 millones de m^3 durante el mismo periodo de 2020. Por lo anterior, se requiere generar variedades de trigo que hagan uso eficiente del agua para la producción de grano.

Las líneas avanzadas de trigo harinero se evaluaron en el 1er. Ensayo Preliminar de Rendimiento de Trigo Harinero del programa de mejoramiento del Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP. El objetivo de este trabajo fue identificar las líneas avanzadas de trigo harinero con potencial de rendimiento bajo dos regímenes de riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el Campo Experimental Norman E. Borlaug-Cd. Obregón (CENEB) durante el ciclo agrícola otoño-invierno (O/I) 2019-2020. El 1er. Ensayo Preliminar de Rendimiento de Trigo Harinero se integró por 47 líneas experimentales y tres variedades testigos (50 genotipos en total). Se evaluaron en un diseño experimental Alfa Látice con tres repeticiones, la unidad experimental se conformó de dos surcos de 80 cm de separación con una longitud de 5 m y sobre el lomo del surco dos hileras a una separación de 30 cm entre hileras.

La evaluación experimental se realizó en una fecha de siembra (16 de diciembre del 2019) bajo dos regímenes de riego, riego limitado y normal. La siembra se realizó en seco y se aplicó un riego de nacencia. Para riego limitado se aplicaron dos riegos de auxilio el primer riego se aplicó a 50 días después de la siembra (dds) y el segundo a los 85 dds. En riego normal se aplicaron cuatro riegos de auxilio, el primero a los 40 días después de la siembra, el segundo a los 72 dds, el tercero a los 92 dds y el cuarto a 104 dds. En cuanto al manejo agronómico la dosis de fertilización fue de 276-52-00, la cual se aplicó en presiembra 103 unidades del N y la totalidad del P, posteriormente, al primer riego de auxilio se aplicaron 138 unidades de N y el resto del N se incorporó en el segundo riego de auxilio (Figueroa *et al.,* 2011). Para el control malezas se usó Metsulfurón metil + Thifensulfurón metil (Situi) y Pinoxaden + Cloquintocet-mexyl (Axial), así mismo para el combate de pulgón se utilizó Imidacloprid+Betacyfluthrin (Murralla Max), en todas las aplicaciones se utilizó adherente (Inex A). Durante el desarrollo del cultivo se registraron las variables días a floración, días a madurez, altura de planta, reacción a enfermedades (royas) y

rendimiento de grano. Se realizó un análisis de varianza con el paquete estadístico SAS 9.4 (2013), además se realizó comparación de medias (Tukey, $p < 0.05$) para los genotipos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En promedio, los mayores rendimientos de grano fueron de la variedad CIANO M2018 y las líneas 15, 37, 18, 36, 24, 49, 30, 5, 47 y 6 superaron al testigo regional Borlaug 100 pero no fueron diferentes estadísticamente (Cuadro 1). En dicha evaluación la mayoría de los genotipos presentan una similitud en el potencial de rendimiento debido a las condiciones favorables que se presentan para el desarrollo del cultivo.

En cuanto a la interacción que existe entre número de riegos y la respuesta del genotipo, podemos denotar que los genotipos con un mejor comportamiento para riego normal (cuando los genotipos no se exponen a un estrés generado por falta de agua) fueron el 15, 37, 49 y 7, alcanzando rendimientos de 7,781 a 7,911 kg ha^{-1}. Para riego limitado las líneas con la mejor respuesta al estrés generado por la disponibilidad de agua fueron 18, 30 y 15 alcanzaron rendimientos de 7,112, 6,983 y 6,978 kg ha^{-1}, las cuales superaron los rendimientos de Borlaug 100 pero no los de CIANO M2018.

Cuadro 1. Potencial de rendimiento de líneas elite de trigo harinero del primer ensayo preliminar de rendimiento bajo dos regímenes de riego.

VAR	VARIEDAD/CRUZA	Media		2R	4R	dif
V3	**CIANO M2018**	7519	A	**7361**	**7928**	567
L15	WBLL1*2/BRA...L14	7435	A	**6978**	**7781**	803
L37	BECARD…BORL14	7413	A	6820	**7911**	**1091**
L18	BORL14*2...KIRITATI	7382	A	**7112**	**7674**	562
L36	BECARD...BORL14	7276	A	6677	7565	888
L24	WBLL1*2/….KACHU	7228	A	6810	7622	812
L49	KINDE*2/….MUNAL #1	7152	A	6434	7717	**1284**
L30	SWSR22T.B./…/BORL14	7142	A	**6983**	**7424**	441
L5	KACHU/.../BORL14	7121	A	6642	7424	782
L47	BORL14*2/UCDP 160	7103	A	6801	7271	470
L6	KACHU/...//2*KACHU	7047	A	6790	7252	461
V2	**BORLAUG 100**	7046	A	**6825**	**7466**	641
L23	PRL/2*PASTOR/...//KACHU	7036	A	6813	7594	781
L33	BORL14*2/7.../MUNAL #1	7028	A	6533	7601	**1068**
L28	SIRVAN/.../KUKUNA	7024	A	6643	7428	785
L42	PRL/2*PASTOR...*BORL14	7018	A	6663	7292	629
L39	MUTUS*2/.../KURUKU	6980	A	6610	7320	710
L41	SOKOLL//.../2*BORL14	6951	A	6528	7248	720
L38	KENYA SUNBIRD...BORL14	6944	A	6636	7097	461
L31	TOH #1…./TECUE #1	6943	A	6517	7102	585
L43	PBW343*2/../2*BORL14	6941	A	6417	7356	938
L17	WAXWING*2//...BORL14	6910	A	6579	7230	652
L7	BAJ #1/../KURUKU	6886	A	6289	**7825**	**1536**

L50	TOW/…../MUCUY	6865	A	6524	7142	618
	TUKEY (DMS)	684				

2R = Dos riegos de auxilio; 4R = Cuatro riegos de auxilio; DMS = Diferencia mínima significativa.

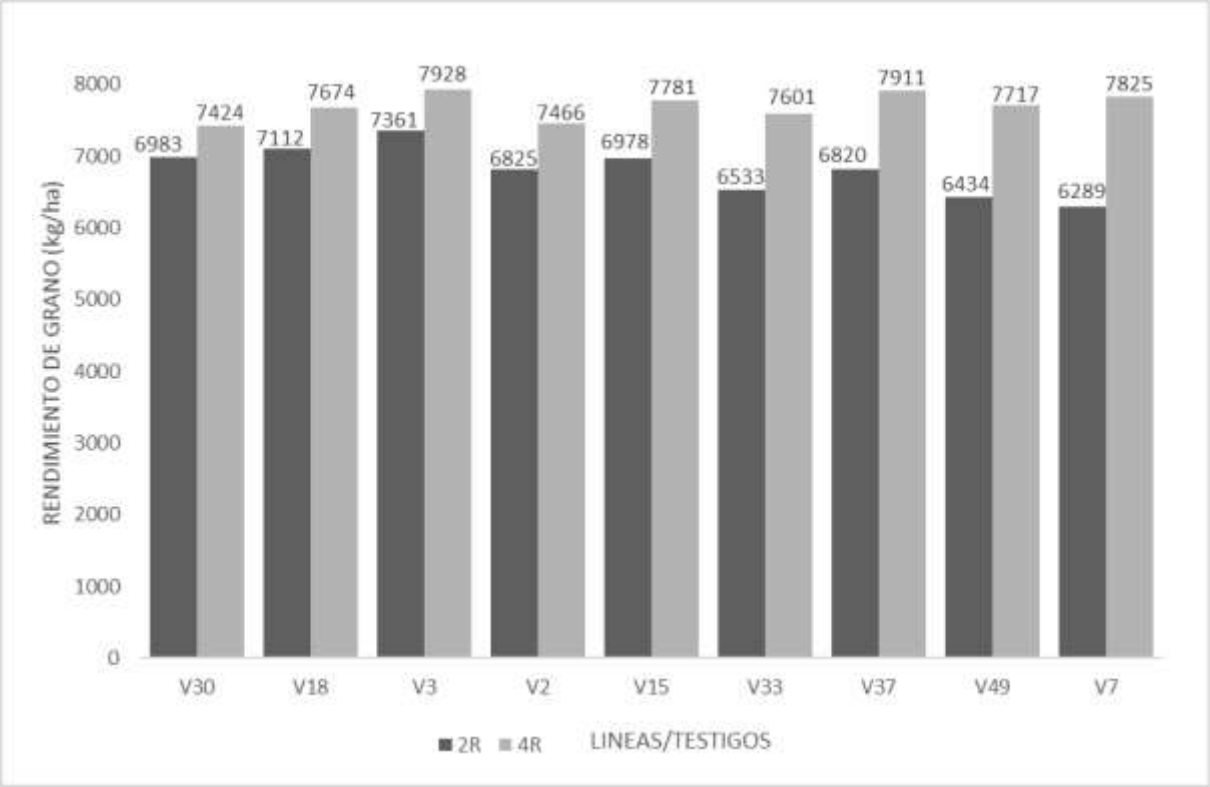


Figura 1. Respuesta de líneas y variedades con mayor potencial de rendimiento a condiciones de riego normal y riego limitado.

En Sonora gran porcentaje de superficie cultivada con trigo se manejan bajo condiciones de riego rodado, con tres o cuatro riegos de auxilio por hectárea, y la mayoría del agua proviene de los escurrimientos generados por precipitaciones, y es almacenada en un sistema de presas. En los últimos años la producción de trigo nacional se ha visto amenazada por las bajas precipitaciones en la región.

La variedad CIANO M2018 presentó el mejor comportamiento, con base en el rendimiento de grano en ambos ambientes. De igual forma, la variedad Borlaug 100 aunque con un menor potencial de rendimiento la diferencia en rendimiento es similar en ambas condiciones. La selección de líneas candidatas para posteriores evaluaciones debe de sostenerse bajo este esquema, es decir de uso eficiente del agua, debido a las condiciones de producción en el sur de Sonora.

CONCLUSIONES

En promedio, los mayores rendimientos de grano fueron de la variedad CIANO M2018 y 10 líneas superaron al testigo regional Borlaug 100. Se identificaron cinco genotipos con mejor comportamiento para riego normal con rendimientos entre 7,781 a 7,911 kg ha^{-1}. Para riego limitado se encontraron tres líneas con la mejor respuesta, las cuales tuvieron rendimientos de 7,112, 6,983 y 6,978 kg ha^{-1}. En ambos regímenes de riego las líneas seleccionadas superaron los rendimientos de Borlaug 100 pero no los de CIANO M2018.

REFERENCIAS

Abbate P. E., Dardanelli J. L., Cantarero M. G., Maturano M., Melchiori R. J. M., & Suero E. E. (2004). Climatic and water availability effects on water-use efficiency in wheat. Crop Science, 44(2), 474-483.

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.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2020) SAGARPA. México. Disponible en http://:www.siap.sagarpa.gob.mx.

POTENCIAL PRODUCTIVO DE *Cocos nucifera* L, BAJO CONDICIONES DE RIEGO EN MÉXICO

Ramírez-Jaramillo G[1*], Cortázar-Ríos M[2], Ramírez-Silva J.H[3], Oropeza-Salín C. M[4]

[1,2 y 3]Centro de Investigación Regional Sureste. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias., Calle 6 No. 398 x 13 Av. Correa Rachó, Col. Díaz Ordaz C.P. 97130, Mérida, Yucatán, México.
[4]Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán. Calle 43 No. 130 x 32 y 34 Col, Chuburna de Hidalgo, 97205 Mérida, Yucatán, México.
*Autor de correspondencia: ramirez.genovevo@inifap.gob.mx

RESUMEN

Para el cultivo de la palma de coco el régimen de precipitación pluvial óptima se caracteriza por una lluvia anual promedio de 1500 mm, con precipitación mensual mayor a 130 mm. Períodos de tres meses con menos de 70 mm son perjudiciales al cultivo. Como en México la mayor parte de los estados donde se siembra el cultivo por lo general tienen más de tres meses perjudiciales, es necesario considerar la condición de riego de auxilio para que el cultivo exprese su máximo potencial, el cual es de 4.0 t/ha de copra y de 250 a 300 frutos por planta. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar el potencial productivo del cultivo de cocotero, bajo condiciones de riego. El software que se utilizó para procesar y analizar la información, fue QGIS en la versión 3.8 Zanzíbar, el cual es un Sistema de Información Geográfica con licencia libre. Los resultados indican que bajo condiciones de riego se estimaron 7,473,270 ha de alto potencial y 10,562,935 ha de mediano potencial para el cultivo de palma de coco.

ABSTRACT

For the cultivation of the coconut palm, the optimal rainfall regime is characterized by an average annual rainfall of 1500 mm, with monthly rainfall greater than 130 mm. Periods of three months with less than 70 mm are detrimental to the culture. As in Mexico most of the states where the crop is sown generally have more than three damaging months, it is necessary to consider the condition of auxiliary irrigation so that the crop expresses its maximum potential, which is 4.0 t / ha of copra and 250 to 300 fruits per plant. Therefore, the objective of this work was to determine the productive potential of the coconut tree crop, under irrigation conditions. The software used to process and analyze the information was QGIS in version 3.8 Zanzibar, which is a Geographic Information System with a free license. The results indicate that under irrigation conditions, 7,473,270 ha of high potential and 10,562,935 ha of medium potential were estimated for the cultivation of coconut palm.

INTRODUCCIÓN

La palma de coco es una especie oleaginosa de gran importancia económica y social, no solo por el hecho de ser un suplemento alimenticio para muchos países, sino también porque produce materias primas para la industria que elabora aceite de copra, pasta, agua de coco, carbón activado, cosméticos, fibras, materia prima de dulcería, etc., además de que su proceso productivo y de transformación genera miles de empleos cada año.

El cocotero *Cocos nucifera* L., es una palmera que prospera en las tierras bajas tropicales, y en escala comercial sólo se puede cultivar hasta los 20° de latitud. El cocotero en el mundo ocupaba una superficie de más de 12 millones de hectáreas en el 2016 y los países con la mayor superficie y producción fueron: Filipinas, Indonesia e India que en conjunto contaban con más del 72 % de la superficie mundial y producían más del 80 % de las nueces de coco (FAOSTAT, 2017). México con sus 183 mil hectáreas solo representaba el 1.48 % % de la superficie mundial y en América Latina solo era superado en cuanto a superficie por Brasil, que tenía 215 mil hectáreas (FAOSTAT, 2017; SIAP, 2020).

Como seres vivos, las plantas necesitan de agua para vivir. Los cultivos absorben los nutrientes del suelo y realizan varias funciones fisiológicas en presencia de agua. Cuando el suelo no tiene la cantidad suficiente de agua o no es oportuna su disponibilidad por medio de la lluvia o de fuentes naturales, se hace necesario el riego. El riego es el suministro artificial de agua a los cultivos. Para el cultivo de la palma de coco el régimen de precipitación pluvial óptima se caracteriza por una lluvia anual promedio de 1500 mm, con precipitación mensual mayor a 130 mm. Períodos de tres meses con menos de 70 mm son perjudiciales al cultivo. En México la mayor parte de los estados donde se siembra el cocotero, por lo general tienen más de tres meses perjudiciales para su desarrollo y producción, es necesario considerar como una opción, la condición de riego de auxilio para que el cultivo exprese su máximo potencial, el cual es de 4.0 t/ha de copra y de 250 a 300 frutos por planta.

Ante la necesidad de ubicar las regiones donde el cultivo de *Cocos nucifera* L., bajo condiciones de riego exprese su máximo potencial, se planteó el presente trabajo sobre la determinación del potencial productivo de cocotero bajo riego en la República Mexicana.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Investigación Regional Sureste de INIFAP, localizado en la Ciudad de Mérida, Yucatán y se consideraron los siguientes aspectos:

Determinación de los Requerimientos Agroecológicos de Coco. La determinación de los requerimientos agroecológicos de *Cocos nucifera* L., consistió en identificar las condiciones de suelo y clima que determinan el óptimo crecimiento y desarrollo del cultivo. (Subirós, 2000; Vered y Praveen, 2019). Las necesidades o requerimientos de los cultivos normalmente se describen por rangos y suelen reportarse por especie e incluso por genotipo. Según los intervalos que se consideren así será el resultado del diagnóstico; entonces, si se toman en cuenta valores óptimos, las áreas potenciales resultantes supondrán la obtención de mejores rendimientos y un cultivo rentable (Ramírez 1995, Ramírez 2006, Ruíz 2013). Para determinar los criterios sobre los requerimientos agroecológicos de Cocos nucifera L, bajo condiciones de riego, se consideró el Reporte Preliminar de los Requerimientos de los cultivos de FAO (ECOCROP, 2018), el cual integra información de más de 2000 especies vegetales, otras fuentes de información indirecta y consulta con investigadores relacionados con el cultivo de la palma de coco.

Identificación de las Áreas Agroecológicas para Cocotero. En base a los requerimientos se elaboró una base de datos geoespacial, de las variables ambientales que más contribuyen a explicar la distribución potencial de *Cocos nucifera* L, en la República Mexicana. La información edáfica se obtuvo de INEGI, la cuales corresponde a la Base Referencial Mundial (WRB, FAO 2018). Con respecto al modelo de elevación digital, fue obtenido en formato raster, con una resolución espacial de 30 m (INEGI, 2018). El pH del suelo se obtuvo de Soil Geographic Databases. El raster tiene una resolución de 250 m de tamaño de pixel, y los datos corresponden a una profundidad de 0-15 cm en agua.

Tomando como base todos los requerimientos agroecológicos de *Cocos nucifera* L y la información geoespacial recolectada, se construyeron mapas siguiendo una metodología basada en algoritmos de intersección y cortes, en el software QGIS, para determinar las zonas que cumplen con el área óptima para el establecimiento y desarrollo del cultivo de palma de coco y

las cuales se determinaron como zonas de alto potencial. Aquellas áreas donde interaccionaron condiciones subóptimas se definieron como zonas de mediano potencial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El crecimiento, desarrollo y producción de *C. nucifera* están estrechamente relacionados con las condiciones de clima y suelo de la zona donde se cultiva. Los factores climáticos influyen en la producción de una plantación; por lo tanto, las condiciones térmicas y de humedad deben ser satisfactorias para el cultivo por ser una planta perenne y que su periodo vegetativo como: la época de floración, brotes, fructificación y cosecha están regulados por los factores medioambientales. La información agroecológica fue integrada en base a información de Ruíz *et al*, 2013; FAO Ecocrop (2018) e información proporcionada por expertos en el cultivo. En el cuadro 1 se presentan los requerimientos agroecológicos obtenidos.

Cuadro 1. Requerimientos Agroecológicos del *Cocos nucifera* L, Bajo Riego

Criterio	Unidad	Optima	Subóptima	No Apta
Temperatura Media Anual	°C	25-27	22-25 28-32	< de 22 > de 32
Altitud	m	0-500	500 - 800	Mayor de 800
Suelo	Tipo	Arenosoles Fluvisoles Regosoles Luvisoles Nitisoles Phaeozem	Cambisoles	Gleysoles Vertisoles Solonchak's Leptosoles Calcisoles
Textura	Tipo	Media	Ligera	Pesada
Profundidad	m	Mayor de 1	1 a 0.5	> de 50
pH		6 a 7	5.5 a 5.9 7.1 a 8.0	> de 5.5 < de 8.0
Drenaje		Medio a bueno	Medio	Deficiente
Velocidad de Vientos	Km/h	0-62	62-116	Mayor de 116

Respecto a los criterios de regionalización del Mapa de Áreas Potenciales de Producción de cocotero, se clasificaron como zonas de alto potencial (ZAP) y zonas de mediano potencial (ZMP). Las ZAP son aquellas en donde interaccionan todas las variables agroclimáticas en su condición óptima para que el cultivo se desarrolle en condiciones competitivas; las ZMP son aquellas en donde alguna de las variables agroclimáticas presenta alguna condición subóptima o no apta para que el cultivo se desarrolle con las menores limitantes posibles.

Altitud. En el Ecuador es factible sembrarlo hasta los 1300 msnm. Al alejarse de él, una altitud máxima de 150 m para una latitud de 18° (Murray, 1977). En la zona ecuatorial, de 200 a 300 m, aunque a más de 300 msnm la producción se reduce y el periodo de floración se alarga. A latitudes más altas debe ser menor la altitud (Robles, 1991). Desarrolla satisfactoriamente hasta una altitud de 300 m (Purseglove, 1985). Hasta 1200 m cerca de la línea ecuatorial, o 900 m en mayores latitudes. La formación de flores y frutos se inhibe a medida que aumenta la altitud

(Parrotta, 1993). En México su distribución se localiza sobre toda en las franjas costeras del Golfo de México y del Pacífico.

Temperatura. El cocotero requiere el clima cálido, sin grandes variaciones de temperatura, con una media anual de 27 ° C y las oscilaciones diarias de 5ºC a 7 ° C, consideradas óptimas para el crecimiento y la producción. Mínimas diarias inferiores a 15 ° C modifican la morfología del cocotero y provocan desordenes fisiológicos, como detener el crecimiento y el aborto de flores femeninas (Fontes, 2006).

Precipitación. La precipitación media anual y la distribución de las lluvias durante el año influyen en el desarrollo del cocotero. El régimen pluvial ideal se caracteriza por una precipitación anual de 1,500 mm, con lluvias mensuales nunca inferior a 130 mm (Fontes, 2006). En lugares donde no se acumulan los 1300 mm anuales se debe proporcionar riego. Si las precipitaciones son excesivas, el factor limitante es el drenaje (Robles, 1991). Es poco tolerante a sequía, requiriendo un mínimo de lluvia mensual de 70 mm o una capa freática cercana. Cuando la sequía es prolongada, los efectos pueden persistir en los árboles por más de dos años y medio (Murray, 1977). En diversas regiones del país para que el cocotero exprese su máximo potencial es necesario del riego de auxilio, ya que en muchas de ellas se tienen hasta 5 meses secos. Un período de 3 meses con menos de 70 mm de precipitación por mes se considera perjudicial para el cocotero.

Viento. Los vientos ligeros y moderados favorecer el desarrollo del cocotero, aumentando su transpiración y absorción de agua y nutrientes de las raíces. Bajo condiciones de deficiencia de agua en el suelo, los vientos se vuelven dañinos porque se agravan los efectos de la sequía. El viento juega un papel importante en la propagación de polen y fertilización de flores (Fontes, 2006).

Suelos. El cocotero se adapta a diferentes tipos de suelo de la zona tropical, siempre y cuando su profundidad sea superior a 1.0 m y estar libre de lecho rocoso; no obstante, en Yucatán, México se observa un buen desarrollo de las plantaciones en sitios de suelos Leptosoles (pedregosos) siempre y cuando se disponga de riego y se evite sembrarlo en la laja. No resiste inundaciones y requiere suelos aireados y bien drenados, por ello desarrolla adecuadamente en suelos arenosos. Presenta una alta tolerancia a sales (Murray, 1977; Montaldo 1982); Debido a su estructura radicular tolera condiciones de salinidad (Purseglove, 1985). Prospera en un amplio rango de pH, desde un poco menos de 8.0 en arenas derivadas de corales, a menos de 5 en suelos ácidos. Su rango de pH está entre 4.5 y 8.7 con un óptimo alrededor de 6.0 (FAO Ecocrop, 2018).

Referente a la textura del suelo, desde luego parece que los del tipo migajón limoso suaves son los mejores, si la planta encuentra posibilidades de obtener humedad suficiente, con un manto freático renovable. Los suelos arcillosos y que permanecen inundados no son adecuados para el cultivo del cocotero. Los suelos excesivamente arenosos como son los de las playas, cuando carecen de materia orgánica tienen limitaciones para establecer plantaciones comerciales de cocotero.

Los suelos de acuerdo a sus características para el desarrollo del cultivo del cocotero se dividieron en óptimos como los Regosoles, Arenosoles, Fluvisoles, Nitisoles, Phaeozem y Luvisoles, subóptimos los Cambisoles y no aptos los suelos inundables como los Vertisoles, Gleysoles, Solonchak's y muy someros como los Leptosoles.

Intensidad luminosa (radiación solar). Planta heliófila, no admite sombras; por ello requiere días soleados la mayor parte del año. Con menos de 2000 horas de luz al año o 120 horas al mes, el rendimiento se reduce (Murray, 1977; Gomes y Prado, 2007). El cocotero es una planta

altamente exigente en luz y no se desarrolla bien en condiciones de baja luminosidad. Una insolación de por lo menos 2000 horas anuales o 170 por mes se considera ideal. El mínimo debe ser de 120 horas al mes (Fontes, 2006).

Los resultados del estudio indican que existen 13 estados con potencial alto para producir bajo riego el cultivo de palma de coco y 18 estados con potencial mediano. De los estados que sobresalen con superficies de alto potencial bajo condiciones de temporal se tiene a: Veracruz, Chiapas, Oaxaca y Guerrero, los cuales en conjunto cuentan con 5 145,334 ha que representan el 68 % del total. Los 13 estados con potencial alto bajo condiciones de riego es donde se deben de concentrar los esfuerzos para fomentar su cultivo, además de los cuatro indicados son: Campeche, Colima, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Quintana Roo, Sinaloa, Tabasco y Yucatán (Figura 1).

Las Superficies Potenciales para Cocotero en México. En un estudio sobre planeación agrícola nacional 2017-2030 (SAGARPA, 2017), se planteaba el desarrollo para este cultivo en 7 regiones productoras para palma de coco en México y consideraban una superficie de alto potencial de 15 294,670 ha, esta superficie esta sobreestimada por considerar en la variable suelo solo la textura y no el tipo de suelo, lo cual es fundamental para no sobrevaluar las superficies potenciales. Con la metodología utilizada se determinaron que existen más de 7 millones de hectáreas de alto potencial y 10 millones de mediano potencial a nivel nacional, por estado sobresalen por superficie: Chipas, Guerrero, Oaxaca, Veracruz, Tabasco, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Michoacán y Colima principalmente (Figura 2).

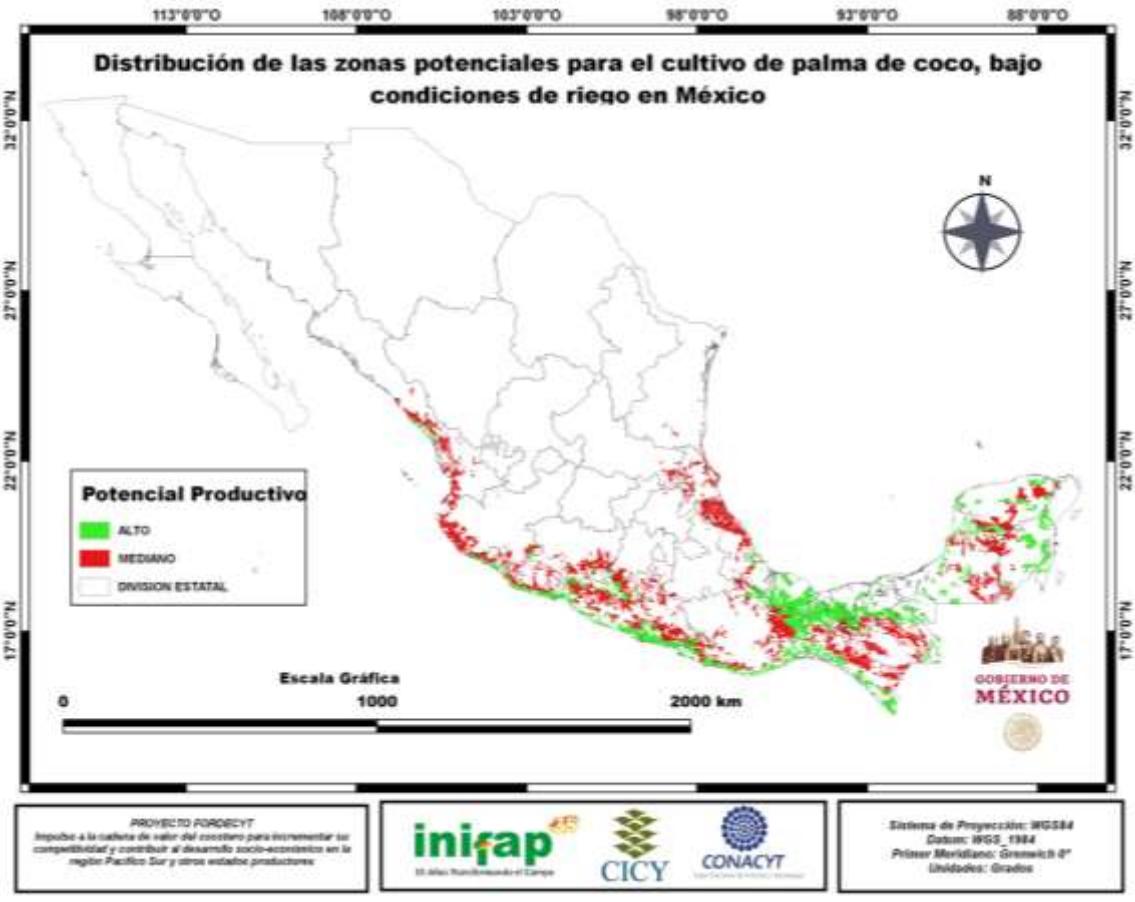


Figura 1. Distribución de las zonas de alto y mediano potencial bajo riego en México

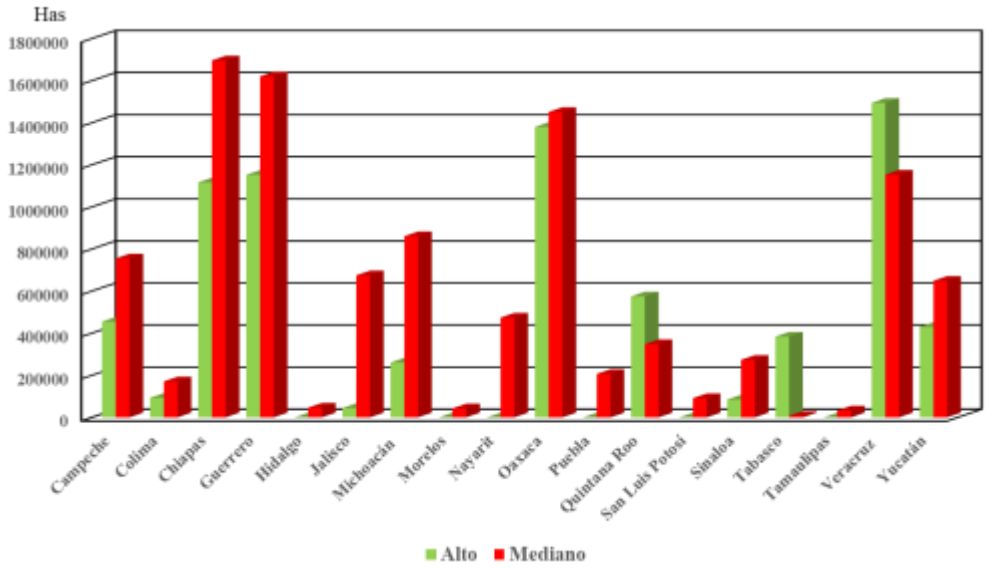


Figura 2. Superficies de alto y mediano potencial bajo riego por estado en México

CONCLUSIONES

1. Existen condiciones agroecológicas óptimas para producir cocotero de riego y mejorar su productividad en México.
2. Las zonas más apropiadas para producir coco de alto potencial bajo riego se localizan en 13 estados del Sur-Sureste de México.
3. El tipo de suelo y temperatura son factores determinantes en la definición de zonas de alto y mediano potencial de cocotero bajo condiciones de riego.
4. Los rendimientos para producir cocotero bajo condiciones riego, son factibles de mejorar si se ubican las zonas productivas en las regiones de alto potencial y se aplica la tecnología generada actualmente por las instituciones de investigación.

REFERENCIAS

FAO. 2008. *World Reference Base for Soil Resources*, by ISSS–ISRIC–FAO. World Soil Resources Report No. 84. Rome.

FAO. ECOCROP. 2018. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Version 1.0. AGLS. United Nations Food and Agriculture Organization (FAO). Rome, Italy.

FAOSTAT, 2017. Dirección de Estadística 2011 | 27 octubre 2011.

Fontes Rollemberg, Humberto 2006. A cultura do coqueiro / [Humberto Rollemberg Fontes, Joana Maria Santos Ferreira]. —: Embrapa Informação Tecnológica, 1a impressão (2006): 1.500 exemplares — (Coleção Plantar, 48). Brasília, DF. 101 p.

Gomes, F.P. and Prado C. H. B. A. 2007. Ecophysiology of coconut palm under water stress. Brazilian Journal of Plant Physiology, 19(4):377-391.

Montaldo, P. 1982. Agroecología del trópico americano. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Serie de Libros y Materiales Educativos Núm. 51. San José, Costa Rica.

Murray, D.B. 1977. Coconut palm. *In:* Ecophysiology of tropical crops (Alvim, O. de T. y Kozlowski, T.T. Editors). Academic Press. Nueva York, USA. pp. 383 - 407.

Parrotta J.A. 1993. *Cocos nucifera* L. Coconut, coconut palm, New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. SO-ITFSM, 57:152-158.

Purseglove, J. W. 1985. Tropical crops: Monocotyledons. Longman Scientific and Technical. N. Y. U.S.A.

Ramírez J, G. 1995. Áreas con Potencial para el Cultivo de Palma Aceitera en Campeche. INIFAP – Campo Experimental Edzná.

Ramírez J, G. *et al*. 2006. Estudio Estratégico de la Cadena Agroindustrial Chile Habanero. CD interactivo. INIFAP - ENPRODAY. Campo Experimental Mocochá. Mocochá, Yucatán.

Ruiz C., J.A., G. Medina G., I. J. González A., H.E. Flores L., G. Ramírez O., C. Ortiz T., K.F. Byerly M. y R.A. Martínez P. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Segunda Edición. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 564 p.

Robles S, R. 1980. Producción de oleaginosas y textiles. Editorial Limusa. México, D. F.

SAGARPA, 2017. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Palma de Coco Mexicana. Primera edición. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Ciudad de México, México.

Subirós, R.F. 2000. El cultivo de la caña de azúcar. Primera reimpresión. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 448 p.

Vered, E y Praveen, R. 2002. Caña de Azúcar. Departamento de Agricultura de NATAFIM. ACS Israel. http:/www.sugarcanecrops.com/s/ Foreword/. Consultado en marzo del 2019.

https://www.gob.mx/siap. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Estadísticas de Coco a nivel municipal. Consultado en marzo 11 de 2020.

POTENCIAL PRODUCTIVO DE *Cocos nucifera* L, BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN MÉXICO

Ramírez Jaramillo G[1*], Cortázar Ríos M[2], Ramírez Silva J.H[3], Oropeza Salín C.M[4]

[1,2y3]Centro de Investigación Regional Sureste. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias., Calle 6 No. 398 x 13 Av. Correa Rachó, Col. Díaz Ordaz C.P. 97130, Mérida, Yucatán, México. [4]Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán. Calle 43 No. 130 x 32 y 34 Col, Chuburna de Hidalgo, 97205 Mérida, Yucatán, México.

*Autor de correspondencia: ramirez.genovevo@inifap.gob.mx

RESUMEN

La producción de cocotero (*Cocos nucifera* L) en México, se ha desarrollado en las zonas tropicales y subtropicales de la costa, localizándose en 12 estados del país. Un problema actual, es que sus plantaciones son muy antiguas con graves daños parasitológicos, lo que afecta la producción del cultivo. Ante un aumento en la demanda de productos y subproductos del cocotero en México y la poca disponibilidad de materia prima, ha dado lugar a iniciativas para renovar y aumentar la superficie del cultivo por parte de las autoridades gubernamentales, industriales, empresarios particulares y del sector social. Ante la necesidad de renovar o establecer nuevas plantaciones, es necesario saber sí donde están las actuales plantaciones, es donde se presentan las mejores condiciones para su desarrollo o se requiere de un reordenamiento. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar el potencial productivo del cultivo de cocotero, bajo condiciones de temporal. El software que se utilizó para procesar y analizar la información, fue QGIS en la versión 3.8 Zanzíbar, el cual es un Sistema de Información Geográfica con licencia libre. Los resultados indican que bajo condiciones de temporal existen 3 312,874 ha de alto potencial y 3 638,947 ha de mediano potencial para el cultivo de palma de coco.

ABSTRACT

The production of coconut (Cocos nucifera L) in Mexico, has developed in the tropical and subtropical zones of the coast, located in 12 states of the country. A current problem is that their plantations are very old with serious parasitological damage, which affects the production of the crop. Faced with an increase in the demand for coconut products and by-products in Mexico and the limited availability of raw materials, it has led to initiatives to renew and increase the cultivation area by government, industrial, private business and social sector authorities. . Faced with the need to renew or establish new plantations, it is necessary to know where the current plantations are, is where the best conditions for their development are present or a rearrangement is required. Therefore, the objective of the present work was to determine the productive potential of the coconut tree cultivation, under storm conditions. The software used to process and analyze the information was QGIS in version 3.8 Zanzibar, which is a Geographic Information System with a free license. The results indicate that under rainfed conditions there are 3 312,874 ha of high potential and 3 638,947 ha of medium potential for the cultivation of coconut palm.

INTRODUCCION

El cocotero en el mundo ocupaba una superficie de más de 12 millones de hectáreas en el 2016 y los países con la mayor superficie y producción fueron: Filipinas, Indonesia e India que en conjunto contaban con más del 72 % de la superficie mundial y producían más del 80 % de las nueces de coco (FAOSTAT, 2017). México con sus 183 mil hectáreas solo representaba el 1.48 % % de la superficie mundial y en América Latina solo era superado en cuanto a superficie por Brasil, que tenía 215 mil hectáreas (FAOSTAT, 2017; SIAP, 2020).

La producción de cocotero en México se ha desarrollado en las zonas tropicales y subtropicales de la costa localizándose en 12 estados, los cuales pueden dividirse en dos zonas: la del Golfo de México (Tabasco, Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintan Roo) y la del Pacífico (Guerrero, Colima, Oaxaca, Michoacán, Sinaloa, Jalisco y Chiapas). En México en 2018, en el cultivo de palma de coco se cosecharon 127,565 ha de coco copra y 15,750 ha de coco fruta. En condiciones de temporal la copra cosechada represento el 75 % de la superficie y el coco fruta el 74 % (SIAP, 2020).

Un gran problema que se presenta a corto plazo para los productores de palma de coco, es la tendencia a reducir los niveles de producción y productividad de las plantaciones, ya que la mayor parte son plantaciones viejas que requieren su renovación. Ante esta necesidad, surge la pregunta si donde están las actuales plantaciones, es donde se presentan las mejores condiciones para su desarrollo o se requiere de un reordenamiento. Por lo anterior el objetivo del presente trabajo fue determinar el potencial productivo del cultivo de cocotero *Cocos nucifera* L., bajo condiciones de temporal.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio. El estudio se llevó a cabo en el área de Potencial Productivo y Tecnologías en el Centro de Investigación Regional Sureste de INIFAP, localizado en la Ciudad de Mérida, Yucatán. Se consideraron dos aspectos: la determinación de los requerimientos de *Cocos nucifera* L., y la determinación del potencial productivo bajo condiciones de temporal en la República Mexicana.

Bases de datos. La determinación de los requerimientos agroecológicos consistió en identificar los requerimientos agroclimáticos que determinan el óptimo crecimiento y desarrollo del cultivo. Para identificar los rangos se realizó una revisión de literatura, consultas a bases de datos como la de ECOCROP de FAO (2018), entrevistas con especialistas y recorridos de campo en las parcelas sembradas con esta especie.

En base a los requerimientos Se elaboró una base de datos geoespacial, de las variables ambientales que más contribuyen a explicar la distribución potencial de *Cocos nucifera,* en la República Mexicana. Los *shapes* de la información edáfica se obtuvieron de INEGI, los cuales corresponden a la Base Referencial Mundial (WRB), que se usa como estándar internacional para los sistemas de clasificación de suelos, aprobado por la Unión Internacional de Ciencia del Suelo. Con respecto a los modelos de elevación y pendiente del terreno, fueron obtenidos en formato raster de INEGI, con una resolución espacial de 30 m. El pH del suelo se obtuvo de Soil Geographic Databases. El raster tiene una resolución de 250 m de tamaño de pixel, y los datos corresponden a una profundidad de 0-15 cm en agua.

Análisis de los datos. A partir de la información geográfica obtenida de diferentes organismos nacionales e internacionales, se dio inicio en la estandarización de la información, para ser

procesada posteriormente. Tomando como base todos los requerimientos agroecológicos de *Cocos nucifera* L., y la información geoespacial recolectada, se construyeron mapas siguiendo una metodología basada en algoritmos de intersección y cortes, en el software QGIS, para determinar las zonas que cumplen con el área óptima para el establecimiento y desarrollo del cultivo de palma de coco en México bajo condiciones de temporal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El crecimiento, desarrollo y producción de *C. nucifera* están estrechamente relacionados con las condiciones de clima y suelo de la zona donde se cultiva. Es por ello que los factores climáticos influyen en la producción de una plantación; por lo tanto, las condiciones térmicas y de humedad deben ser satisfactorias para el cultivo por ser una planta perenne y que su periodo vegetativo como: la época de floración, brotes, fructificación y cosecha están regulados por los factores medioambientales. La información agroecológica fue integrada en base a información de Ruíz *et al*, 2012; FAO Ecocrop 2018 e información proporcionada por expertos en el cultivo. En el cuadro 1 se presentan los requerimientos agroecológicos obtenidos.

Criterio	Unidad	Optima	Subóptima	No Apta
Temperatura Media Anual	°C	25-27	22-25 28-32	< de 22 > de 32
Altitud	msnm	0-500	500 - 800	> de 800
Precipitación Media Anual	mm	1500 a 3500	< de 1200 a 1500 > de 3500 a 4000	< de 1200 > de 4000
Suelo	Tipo	Arenosoles Fluvisoles Regosoles Luvisoles Nitisoles Phaeozem	Cambisoles	Gleysoles Vertisoles Solonchak's Leptosoles Calcisoles
Textura	Tipo	Media	Ligera	Pesada
Profundidad	m	Mayor de 1	1 a 0.5	< de 0.5
pH		6 a 7	5.5 a 5.9 7.1 a 8.0	< de 5.5 > de 8.0
Meses secos (<70 mm)	Meses	Menos de 2	2 a 3	Más de 3
Drenaje		Medio a bueno	Medio	Deficiente
Velocidad de Vientos	Km/h	0-62	62-116	Mayor de 116

Cuadro 1. Requerimientos Agroecológicos del *Cocos nucifera* L, Bajo Temporal

Respecto a los criterios de regionalización del Mapa de Áreas Potenciales de Producción de *C. nucifera* (Figura 1), se clasificaron como zonas de alto potencial (ZAP) y zonas de mediano potencial. Las ZAP son aquellas en donde interaccionan todas las variables agroclimáticas en su condición óptima para que el cultivo se desarrolle en condiciones competitivas y son más de 174

mil hectáreas; las ZMP son aquellas en donde alguna de las variables agroclimáticas presenta alguna condición subóptima o no apta para que el cultivo se desarrolle con las menores limitantes posibles (Figura 1).

En un estudio sobre planeación agrícola nacional 2017-2030 realizado por la anterior SAGARPA (2016), se planteaba el desarrollo para este cultivo de 7 regiones productoras para palma de coco y consideraban una superficie con potencial para el cultivo de más de 15 mil hectáreas, esta superficie esta sobreestimada, ya que en su estimación para la variable suelo se consideró el tipo de textura y no el tipo de suelo, lo cual es fundamental para no sobreestimar.

Los resultados del estudio indican que existen 15 estados con potencial alto para producir el cultivo de palma de coco y 16 estados con potencial mediano. De los estados que sobresalen con superficies de alto potencial bajo condiciones de temporal se tiene a: Veracruz, Tabasco, Campeche, Chiapas, Oaxaca y Guerrero, los cuales concentran en conjunto 3 143,226 ha que representan el 95 % del total. Estos seis estados es donde se deben de concentrar los esfuerzos para su fomento bajo condiciones de temporal. Con menores superficies de alto potencial (5 % del total), se tiene a los estados de Michoacán, Jalisco, Colima, Nayarit, San Luis Potosí, Tamaulipas y Sinaloa.

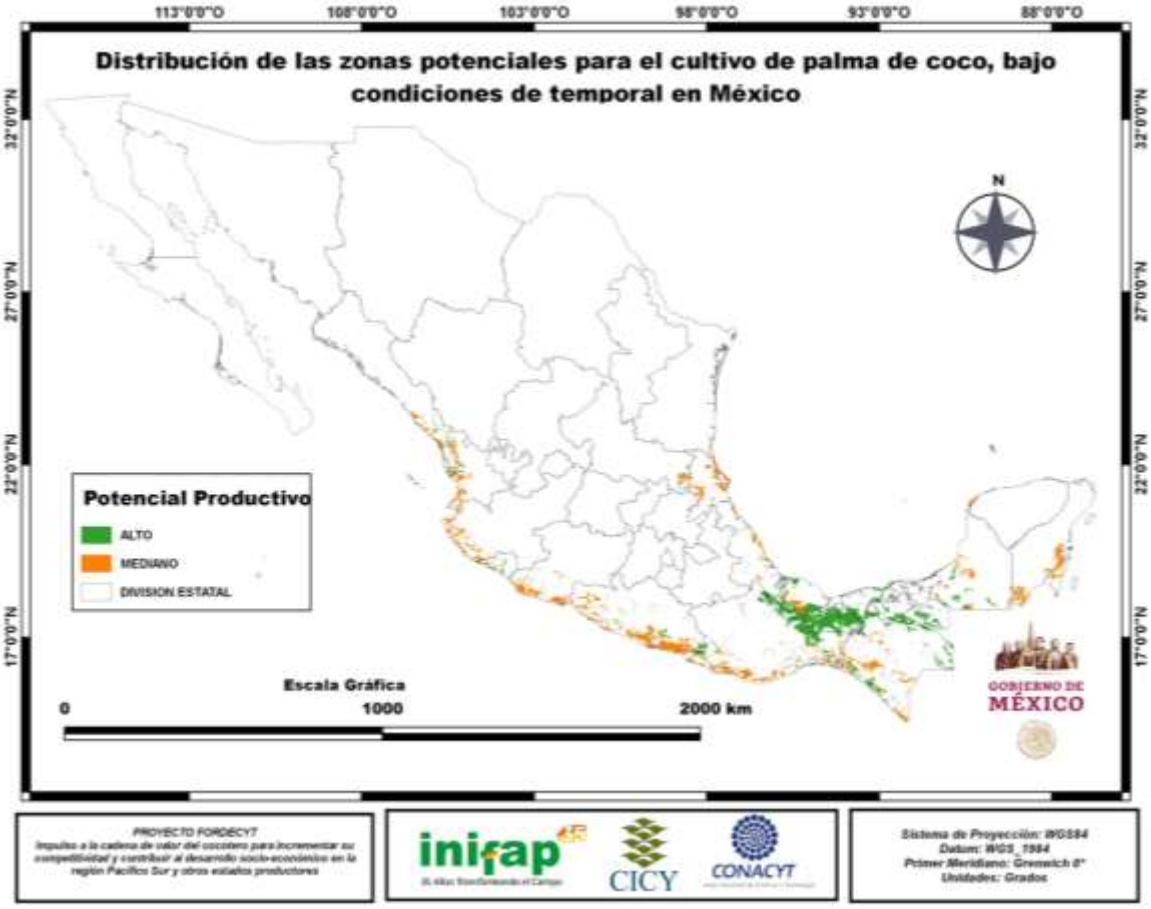


Figura 1. Distribución de las zonas de alto y mediano potencial bajo temporal en México.

CONCLUSIONES

1. Existen condiciones agroecológicas óptimas para producir cocotero de temporal y mejorar su productividad en México.

2. Las zonas más apropiadas para producir coco de alto potencial se localizan en seis estados del Sur-Sureste de México.

3. El tipo de suelo, temperatura y la precipitación son factores determinantes en la definición de zonas de alto y mediano potencial de cocotero bajo condiciones de temporal.

4. Los rendimientos para producir cocotero bajo condiciones temporal, son factibles de mejorar si se ubican las zonas productivas en las regiones de alto potencial y se aplica la tecnología generada actualmente por las instituciones de investigación.

REFERENCIAS

FAO. 2018. ECOCROP. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Version 1.0. AGLS. United Nations Food and Agriculture Organization (FAO). Rome, Italy.

Ruiz C., J.A., G. Medina G., I. J. González A., H.E. flores L., G. Ramírez O., C. Ortiz T. y K.F. Byerly M. 2012. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Libro Técnico Núm. 3. Primera edición. INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco. México. 389 p.

SAGARPA, 2017. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Palma de Coco Mexicana. Primera edición. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Ciudad de México, México.

http://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL. Consultado el 8 de marzo de 2020

https://www.gob.mx/siap. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Estadísticas de Cocotero a nivel municipal. Consultado en marzo 11 de 2020.

POTENCIAL PRODUCTIVO DE VARIEDADES DE SORGOS DULCES EN EL NORTE DE TAMAULIPAS

POTENTIAL PRODUCTIVE OF SWEET SORGHUM VARIETIES FOR NORTH TAMAULIPAS

Héctor Williams Alanís[1]*, Ulises Aranda Lara[2], Francisco Zavala García[3]

[1] Ex-Investigador de INIFAP-Campo Experimental Río Bravo. [2]INIFAP-Campo Experimental Río Bravo. Carretera Matamoros-Reynosa Km-61. CP. 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México. [3]Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía. Carretera Zuazua Marín. Km. 17.5. CP 67700. Autor de correspondencia: hectorwilliamsa@yahoo.com.mx

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue el de evaluar el potencial de producción de seis variedades de sorgo dulce; tres comerciales y tres experimentales, durante el ciclo Otoño-Invierno 2020/2021, bajo condiciones de riego. El experimento se estableció en el Campo Experimental Río Bravo (CERIB), en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los resultados indican que las variedades comerciales Dulcina y RB-Cañaveral, fueron las que presentaron los mejores valores ($p<0.05$). Obteniendo la primera 42175 kg/ha^{-1} de peso de tallo fresco, 19.0 ^{0} Brix de azúcar en el jugo, 4063 l/ha^{-1} de jugo y 221 cm de altura de planta. RB-Cañaveral presento 37950 kg/ha^{-1}, 19.7 ^{0} Brix, 3021 l/ha^{-1} y 235 cm, respectivamente para las mismas características. La mejor variedad experimental fue 18-2-1-1, la cual obtuvo 38775 de peso de tallo fresco kg/ha^{-1}, 20.3 ^{0} Brix y 2656 l/ha^{-1} de volumen de jugo.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the production potential of six sweet sorghum varieties; three commercial and three experimental, during Autumn-Winter 2020/2021, cycle under irrigation. The experiment was established at Río Bravo Experimental Station (CERIB), in a randomized complete block design with three replications. The results indicate that commercial varieties Dulcina and RB-Cañaveral, were those that presented the best values ($p<0.05$). Obtaining the first 42175 kg/ha^{-1} of fresh stem weight, 19.0 ^{0} Brix of sugar in the juice, 4063 l/ha^{-1} of juice and 221 cm of plant height. RB-Cañaveral presented, 37950 kg/ha^{-1}, 19.7 ^{0} Brix, 3021 l/ha^{-1} and 235 cm, respectively for the same characteristics. The best experimental variety was 18-2-1-1, which obtained 38775 fresh stem weight kg/ha^{-1}, 20.3 ^{0} Brix and 2656 l/ha^{-1} of juice volume.

INTRODUCCIÓN

El programa de mejoramiento genético de sorgo dulce del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el Campo Experimental Río Bravo y el Centro de Investigación Regional del Noreste (CERIB-CIRNE, Tamaulipas). Se inició con la introducción de variedades dulces provenientes de EEUU. (Montes *et al.,* 2019). Como resultado de estas investigaciones se liberaron las variedades RB-Cañero, RB-Pirulí, RB-Cañaveral y el hibrido RB-Tehua. El sorgo dulce se ha evaluado como cultivo alternativo en Tamaulipas para el ciclo Otoño-Invierno (O-I) y Primavera-Verano (P-V). En climas donde la caña de azúcar

(*Saccharum officinarum* L.) se cultiva ampliamente, en áreas marginales donde la caña ya no es rentable (Montes *et al.,* 2010). El sorgo entre los biocombustibles, es uno de los cultivos más eficientes para convertir el CO_2 atmosférico en azúcar (Khawaja *et al.,* 2014). Es un cultivo prometedor para la producción de bioetanol, caracterizado por su alto rendimiento de biomasa, tallos ricos en azúcar, fácil extracción de jugo y capacidad de adaptación a diferentes sistemas de producción. (López *et al.,* 2021). México es un país prometedor para el desarrollo de energías renovables, debido a su clima cálido y soleado, donde se puede generar energía solar y los cultivos se desarrollan durante todo el año (Ruiz *et al.,* 2016). El objetivo de este trabajo fue el de evaluar el potencial de producción de seis variedades de sorgo dulce (tres comerciales y tres experimentales) en Rio Bravo. Tamaulipas en condiciones de riego durante el ciclo Otoño-Invierno 2020/2021.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el Campo Experimental Rio Bravo, (CERIB), ubicado en el km 61 de la carretera Matamoros-Reynosa, con las coordenadas geográficas 25° 57' 54" latitud Norte y 98° 01' 03" longitud Oeste. Altitud 0-50 msnm, temperatura media anual 23.5ºC y una precipitación media anual de 550 mm. La siembra fue durante el ciclo Otoño-Invierno 2020/2021 bajo condiciones de riego, con fecha del cinco de marzo del 2021. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, con parcelas de dos surcos de cinco metros de longitud y 0.80 m de separación. Consistió de tres variedades comerciales: RB-Cañaveral y el hibrido RB-Tehua, formados en el Campo Experimental Rio Bravo, INIFAP; Dulcina variedad comercial formada en la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL). Tres variedades experimentales: (SPV-1411 x Keller)-3-2-1, (SBB-25 x Rox Orange)-18-2-1-1 y (SBB-25 x Rox Orange)-11-1-1-1. Para simplificar la nomenclatura de las variedades experimentales, se describen en el escrito, con los últimos tres o cuatro números finales como se presenta a continuación (3-2-1, 18-2-1-1 y 11-1-1-1). El manejo agronómico se realizó conforme al paquete tecnológico recomendado por INIFAP-CERIB, para la región norte de Tamaulipas. Se tomaron datos de días a floración (DF, al 50% de las plantas) y altura de planta (AP en cm, desde el suelo hasta el ápice de la panoja). Cuando las plantas estuvieron en la etapa siete (grano lechoso), descrita por Vanderlip (1993). Equivalente de tres a cinco semanas después de la floración, periodo en el cual las plantas alcanzaron el máximo de azúcar en el jugo del tallo. Se cosechó 0.8 m^2 de la parcela, cortando las plantas en competencia completa, en la base del tallo de 3 a 4 cm del suelo, y se tomaron los siguientes datos (g): peso fresco de planta, peso fresco de tallo, producción de jugo y los ˚Brix del jugo se obtuvo con un refractómetro manual marca Atago. Los valores en g y ml se transformaron a kg ha^{-1} y l ha^{-1}. Los análisis de varianza se hicieron con PROC GLM, y la prueba de medias con Tukey ($P<0.05$), utilizando el paquete estadístico SAS versión 9.3.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se muestran en el cuadro 1, donde observamos que, para la característica de peso fresco total de planta, no se encontraron diferencias significativas. Para la característica de peso fresco de tallo, se encontraron diferencias significativas, donde Dulcina y 18-2-1-1, fueron superiores a 11-1-1-1. La explicación de esta diferencia se puede explicar por la menor altura de planta de esta última variedad. Al respecto Williams *et al.,* 2017, encontró que las variedades dulces de menor altura de planta, fueron las que tuvieron menor producción de biomasa fresca de tallo y planta. Respecto al carácter ˚Brix, se encontraron valores que fluctuaron entre 15.4 y 20.7. Esto está de acuerdo a lo reportado por Elangovan *et al.,* 2014; quien indica que los sorgos dulces se caracterizan por presentar entre 12.4 a 24 ˚Brix de azúcar en el jugo. Las variedades

RB-Tehua y 11-1-1-1, fueron las que presentaron los valores (P<0.05) más bajos de ˚Brix, inferiores a las variedades experimentales 18-2-1-1 y 3-2-1. Espinosa *et al.,* 2019, en experimentos realizados en el centro de Chiapas, durante los años 2015, 2016 y 2017, con seis genotipos de sorgos dulces; encontró que RB-Cañaveral fue la mejor y mostró estabilidad a través de los ambientes para la producción de azúcares. Resultado que coinciden con los obtenidos en este experimento, donde RB-Cañaveral presento 19.7 ˚Brix de azúcar.

Cuadro 1. Características agronómicas de variedades de sorgo dulce en el norte de Tamaulipas. Río Bravo, Tamaulipas, ciclo Otoño Invierno 2020/2021.

Variedad	PTP (kg/ha^{-1})		PTT (kg/ha^{-1})		˚Bx		VOL (l/ha^{-1})		DF		AP (cm)	
Dulcina	56888	a	42175	a	19.0	ab	4063	a	70	b	221	ab
18-2-1-1	57913	a	38775	a	20.3	a	2656	bc	79	a	185	bc
Cañaveral	51092	a	37950	ab	19.7	ab	3021	ab	74	ab	235	a
Tehua	48650	a	34236	ab	15.7	b	2500	bc	70	b	231	a
3-2-1	46758	a	35117	ab	20.7	a	1813	cd	75	ab	264	a
11-1-1-1	36933	a	22883	b	15.4	b	1458	d	73	ab	150	c
CV %	17.0		17.1		7.73		15.5		3.26		7.5	

PTP: peso fresco total de planta, PTT: peso fresco total de tallo, ˚Bx: contenido de azúcar en el jugo en ˚Brix, VOL: volumen de jugo, DF: días a floración, AP: altura de planta, CV: coeficiente de variación. Valores con diferentes letras son estadísticamente diferentes. Prueba de medias con Tukey (P<0.05).

Dulcina presento (P<0.05) igual volumen de jugo (4063) l/ha^{-1} que RB-Cañaveral (3021) y mayor volumen de jugo, que las variedades 18-2-1-1 (2656 l/ha^{-1}), RB-Tehua (2500 l/ha^{-1}), 4-1-1-2 (1813 l/ha^{-1}) y 11-1-1-1 (1458 l/ha^{-1}). Al respecto Elangovan *et al.,* 2014, afirma, que los sorgos dulces con mayor producción de jugo y azúcar son los mejores. De acuerdo a las características agronómicas evaluadas, se considera que las mejores variedades fueron Dulcina y RB-Cañaveral. La mejor variedad experimental fue 18-2-1-1, la cual presento similar valor de peso fresco de tallo, °Brix y volumen de jugo que RB-Cañaveral.

CONCLUSIÓN

Las variedades comerciales Dulcina y RB-Cañaveral, fueron las que presentaron las mejores características agronómicas; produciendo la primera 42175 kg/ha^{-1} de peso de tallo fresco, 19.0 ˚Brix en contenido de azúcar en el jugo, 4063 l/ha^{-1} de jugo y 221 cm de altura de planta. RB-Cañaveral presento 37950 kg/ha^{-1}, 19.7 ^{0} Brix, 3021 l/ha^{-1} y 235 cm respectivamente, para las mismas características.

REFERENCIAS

Elangovan, M., Kiran-Babu, P., Seetharama, N. y Patil, J. V. 2014. Sweet sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. Sugar Tech. 16:200-210.

Espinosa-Paz, N., Montes-García, N., Martínez-Sánchez, J., Ariza-Flores, R. y Cadena-Iñiguez, P. 2019. Contenido de azúcares en variedades de sorgo (Sorghum bicolor L.) para etanol en el centro de Chiapas, México Agroproductividad 12(10):53-58.

Khawaja, C., Janssen, R., Rutz, D., Luquet, D., Trouche, G., Reddy, B., Rao, P.S., Basavaraj, G., Schaffert, R., Damasceno, C., Parella, R., Zacharias, A., Bushmann, R., Rettenmaier, N., Reinhardt, G., Monti, A., Lizarazu, W.Z., Amaducci, S., Marocco, A., Snijman, W., Shargie, N., Terblanche, H., Zavala-García, F., y Braconnier S. 2014. Manual del sorgo dulce: Cultivo con potencial energético. http://www.sweetfuel-project.eu/publications/energy_sorghum_handbook_spanish_version (consultado 20 jun. 2016).

López-Sandin, I., Gutiérrez-Soto, G., Gutiérrez-Díez, A., Medina-Herrera, N., Gutiérrez-Castorena, E., Galicia-Juárez, M., y Zavala-García, F. 2021. Evaluation of bioethanol production from sweet sorghum variety Roger under different tillage and fertilizer treatments. Chilean Journal of Agricultural Research 81(1):92-101

Montes G. N., V. Pecina Q., M. E. Cisneros L. y M. A. García G. 2010. RB Cañero: sorgo dulce [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para la producción de etanol. Folleto Técnico No. 43. Campo Experimental Río Bravo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Río Bravo, Tamaulipas. 31 p.

Montes-García, N.,Uribe-Gómez, S., Cisneros-López, Ma. E.,Pecina-Quintero, V.,Moreno-Gallegos, T. y Díaz-Franco, A. 2019. RB-Pirulí: variedad de sorgo dulce para producción de biomasa y azúcares en México. Rev. Fitotec. Mex 42(1):75-77.

Ruiz, H. A., Martínez, A. y Vermerris, W. 2016. Bioenergy Potential, Energy Crops, and Biofuel Production in Mexico. Bioenerg. Res. 9:981-984.

SAS Institute. 2006. Release 9.3 ed. SAS Institute, Inc., Cary, NC.

Vanderlip, R. L. 1993. How a sorghum plant develop. Kansas Agricultural Experiment Station. Contribution No. 1203, Manhattan, Kansas, USA.

Williams-Alanís, H., Zavala-García, F., Arcos-Cavazos, G., Rodríguez-Vázquez, M. C., y Olivares-Sáenz, E. 2017. Características agronómicas asociadas a la producción de bioetanol en genotipos de sorgo dulce. Agronomía Mesoamericana, 28:549-563.

PRECISIÓN DE SIEMBRA EN GRANOS PEQUEÑOS CON PROTOTIPO NEUMÁTICO

García-Hernández, Raúl Vidal*; Rojas-Santillán, Carlos*; Martínez-Reyes, Ernesto*; Osuna-Ceja, Esteban S.* y Arellano-Arciniega, Sergio*.

***Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Pabellón, Km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. Correo electrónico: garcia.raul@inifap.gob.mx**

RESUMEN

En México la labor de siembra de granos pequeños es una actividad importante en las zonas de temporal y de riego, principalmente en el Altiplano semiárido, que se realiza bajo sistemas de producción tradicionales y con bajos rendimientos. Es por ello, que el objetivo es evaluar un prototipo de sembradora de precisión de granos pequeños en camas a seis hileras desarrollada en el INIFAP. En el mismo contexto, es innovar en los arreglos topológicos y distribución de semillas en la superficie del suelo. Debido a ello, se ha demostrado que realizar una siembra de calidad puede marcar la diferencia en los rendimientos obtenidos en los cultivos, por lo cual las sembradoras deben cumplir con funciones específicas como controlar la profundidad de siembra y la distancia entre semillas. Esto con el fin de cubrir la demanda de forrajes por las cuencas lecheras. La sembradora tiene 3 cuerpos a doble hilera y forma la cama en lo ancho de trocha del tractor, de acuerdo con los resultados se tiene un promedio para el sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), avena (*Avena sativa* L.) y triticale (*Triticosecale*) de 9, 6 y 11, respectivamente. Así mismo, se obtuvo una densidad de población para el sorgo, avena y triticale de 12.4, 6.3 y 13.1 kg ha^{-1}, respectivamente. Se logró tener una distribución apta para aprovechar el espacio y la planta exprese su potencial.

Palabras clave: granos pequeños, sembradora de precisión, densidad de siembra

ABSTRACT

In Mexico, the sowing of small grains is an important activity in rainfed and irrigated areas, mainly in the semi-arid Altiplano, which is carried out under traditional production systems and with low yields. Therefore, the objective is to evaluate a prototype of a precision seeder for small grains in six-row beds developed at INIFAP. In the same context, it is to innovate in topological arrangements and seed distribution on the soil surface. Because of this, it has been shown that quality sowing can make a difference in crop yields, so seed drills must fulfil specific functions such as controlling the depth of sowing and the distance between seeds. This is in order to meet the demand for fodder in the dairy basins. The seeder has 3 double row bodies and forms the bed across the width of the tractor track. According to the results, the average for sorghum (Sorghum *bicolor* L. Moench), oats (Avena *sativa* L.) and triticale (Triticosecale) was 9, 6 and 11, respectively. This resulted in a stocking density for sorghum, oats and triticale of 12.4, 6.3 and 13.1 kg ha-1, respectively. It was possible to have a suitable distribution to take advantage of the space and for the plant to express its potential.

Key words: small grains, precision seeder, seeding density, seed density

INTRODUCCIÓN

La precisión de la distribución de semillas en un terreno, es algo fundamental para explotar el potencial productivo de un cultivo. De acuerdo con la SIAP en 2020 a nivel nacional para el

cultivo de avena forrajera, trigo para grano y sorgo forrajero se registró la superficie de 153,359.92 ha, 63,967.48 ha y 153,359.92 ha, respectivamente. Sin embargo, el agua en México es altamente critica, particularmente en el Altiplano semiárido y árido del Centro-Norte del país, donde el 80 % del agua se destina para la agricultura (riego) con eficiencias menores al 40 % (Guevara-Escobar *et al.*, 2005). Una opción para mejorar la competitividad de la agricultura de temporal en zonas semiáridas es la modificación del método de siembra convencional, es decir, sembrar a 3, 4 o hasta 6 hileras en una cama de siembra o melga del ancho de trocha del tractor, en lugar de las dos hileras (Osuna *et al*., 2017).

No obstante, diversos autores han mencionan ventajas de ahorro de agua y tiempo, incremento del rendimiento de grano, además de una distribución uniforme de fertilizante y semilla. Hussain *et al*. (2011) mencionó que los equipos para mecanizar la siembra en camas de varios cultivos en Pakistán fueron introducidos en 1998 desde Australia. En México los productores del Valle del Yaqui en México han sido los precursores de la práctica de siembra en camas desde la década de los setenta. Una investigación realizada por el CIMMYT en 1991 indicó que el 65% del trigo sembrado en este valle se realizó en camas de 60-80 cm de ancho, y para el 2001 la cifra subió a 84% (Fischer *et al.*, 2005). Para realizar estas prácticas, es recomendable el uso de sembradoras de precisión adecuadas a las condiciones locales, sobre todo las asociadas a la preparación del suelo y la siembra de un cultivo, que efectúen operaciones simultáneas, las cuales, disminuyan los costos de producción, conserven el suelo y aprovechen la precipitación, permitiendo obtener una agricultura productiva y sustentable. El Programa de Mecanización del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ha desarrollado equipos integrales y de precisión para la producción de cultivos en zonas semiáridas, enfocados en la agricultura de conservación. De acuerdo con autores el productor en México en cereales, llega a utilizar hasta 160 kg de semillas. Motivo por lo cual aumenta el costo productivo de los forrajes.

De acuerdo con lo anterior, objetivo principal de este trabajo fue evaluar una sembradora de precisión neumática para siembra de granos pequeños en camas, con mayor eficiencia, cumpliendo los parámetros agronómicos de diferentes especies como gramíneas y cereales, que contribuya a la sustentabilidad de la agricultura. Además, en que los productores innoven en las técnicas de siembra y aprovechen la superficie de sus suelos para que las plantas presenten su potencial productivo, en consecuencia aumenten sus rendimientos de producción.

MATERIALES Y METODOS

En el Campo Experimental Pabellón, ubicado en el municipio de Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, en las coordenadas LN: 22° 09’ 41.4”, LW: -102° 17’ 38.6” y altitud de 1918 m. Se estableció una parcela experimental con tres cultivos de granos pequeños de diferentes características físicas. Se utilizó: sorgo de nervadura café, triticale y avena Turquesa variedad liberada por el INIFAP (Villaseñor *et al*., 2009).

Primero se preparó la parcela de manera tradicional con arado de discos y dos pasadas de rastra. La siembra se realizó a humedad a capacidad de campo el 24 de julio de 2021 sobre un suelo con textura arcillo arenosa. La calibración de la sembradora fue a una distancia de 6 cm entre granos, para lo cual los cuerpos están configurados para realizar líneas de siembra de 20 cm de separación. Para la operación de la máquina se utilizó un tractor Newholland 5610 de 78 HP a su régimen nominal de 1600 rpm a una marcha III alcanzando hasta 6 km h^{-1} (se tomó en cuenta la norma NMX-O-222-SCFI-2014). Se formaron tres camas por cultivo de 200 metros con un ancho de 154 centímetros, y para siembra al voleo sólo se utilizó avena y triticale con 90 kg ha^{-1} y el sorgo solo a 6 hileras en camas.

La toma de datos se realizó al azar en cada una de las camas, para lo cual se utilizó estadística básica para encontrar los valores promedios de la distancia entre semillas y densidad de población. Además, se pesaron 100 semillas para estimar el resultado de densidad de plantas emergidas y la precisión de la sembradora de acuerdo a cada cultivo, por lo tanto, se comparó el número de semillas emergidas con respecto a la semilla depositada en el suelo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Para la preparación del suelo, se tuvo un terreno con cobertura con el fin de evaluar la calidad de siembra, y de acuerdo con la experiencia siempre se realizan tres pasadas de rastra y así dar las condiciones a los granos pequeños. Es por ello, que puede haber cierta variación de los datos.

Distancia entre semillas

En la Figura 1, se muestra la variación de la distancia entre semillas de avena, por lo que se puede definir que la línea dos y cuatro tienen mejor respuesta, mientras que el L1 y L6 tienen mayor imprecisión. Esto podría tener influencia por la preparación del terreno o la calibración para la formación de la cama. Teniendo un promedio en las 6 hileras de 6 cm, de acuerdo con la configuración mostró respuesta aceptable.

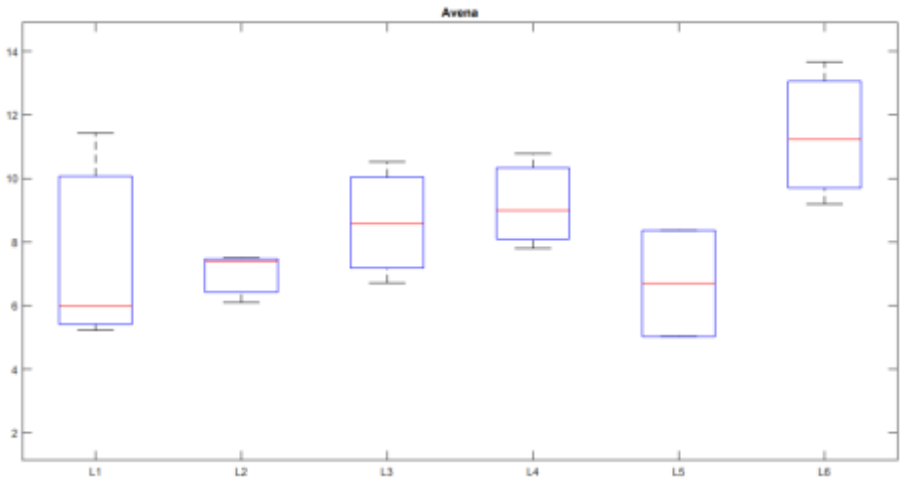


Figura 1. Distancia entre semillas para avena.
L: línea de siembra

Para el cultivo de triticale, en la Figura 2 se observa que la línea 3 presento mayor estabilidad, debido atascamiento del cuerpo, pero en general presento mayor impresión, debido a que el promedio de las 6 hileras fue de 11 cm, esto puede deberse al peso de la semilla y debido a que es una semilla sin cobertura.

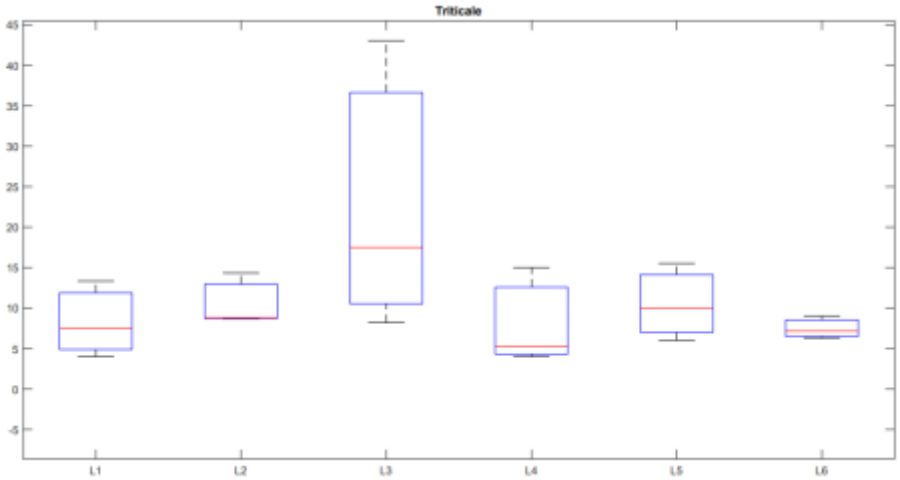


Figura 2. Distancia entre semillas para triticale.

En el Figura 3, se tiene el gráfico para el cultivo de sorgo, el cual nos expresa que sólo la línea 1 tuvo mayor inestabilidad y con lo que respecta para la línea dos hasta la seis, se tuvieron mayor precisión, sin embargo, la precisión no fue la mejor, debido a que su promedio estuvo a 11 cm, y lo configurado fue de 6 cm.

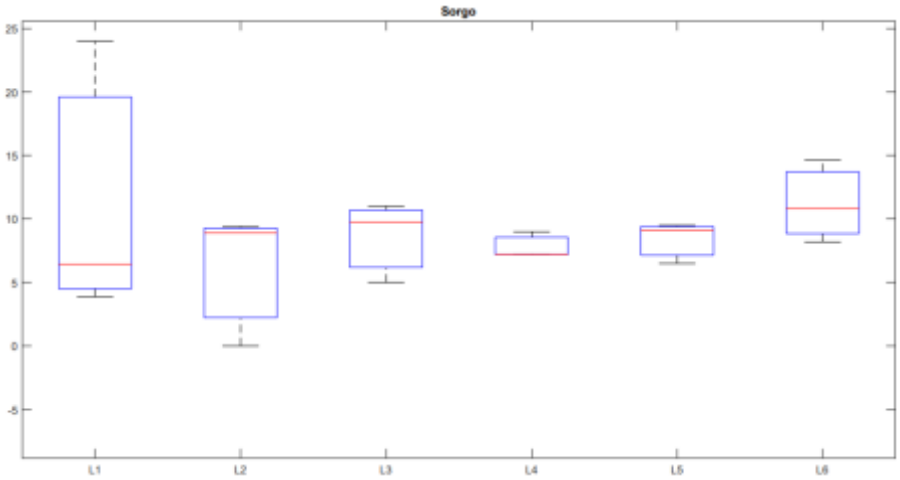


Figura 3. Distancia entre semillas para sorgo.

Densidad de siembra

La densidad de siembra se obtuvo a partir de la medición de la cantidad de plantas (pl) en 0. 6 m^2 en la cama y al voleo para el cultivo de triticale y avena, a los 12 días. En el Cuadro 1 se muestra la densidad de población por hectárea (ha) para cada cultivo, en los dos métodos (Tratamientos), por lo que se puede decir que hubo reducción de semilla para los métodos de siembra.

Cuadro 1. Densidad de siembra en dos métodos de siembra.

CULTIVO	Densidad kg ha^{-1}	Densidad pl ha^{-1}	CULTIVO	

EN CAMAS			AL VOLEO	Densidad kg ha^{-1}	Densidad pl ha^{-1}
SORGO	12.4	415,800	SORGO	-	-
AVENA	6.3	415,800	AVENA	90	3,400,000
TRITICALE	13.1	327,600	TRITICALE	90	1,300,000

De acuerdo a los datos obtenidos, y teniendo en cuenta que la sembradora se puede configurar hasta 12 cm, entonces sí al sorgo lo ponemos a 12 cm reduciremos a 6.2 kg con respecto a los 8 kg que distribuye el productor de manera tradicional. Al tener el análisis, de los 90 kilos tirados al voleo sólo emergió el 60 % de la semilla, este dato nos puede dar mejor aceptación, en que la preparación y la humedad del suelo es algo fundamental para la siembra de granos pequeños. Por otro lado, los productores con más poder adquisitivo siembran este tipo de granos en hileras y a chorrillo, con una sembradora mecánica con dosificadores de rueda dentada o rodillo acanalado (Ortiz, 2003), por lo que tampoco regulan adecuadamente la cantidad de semilla. En algunos casos, como en la región de "El bajío" en el estado de Guanajuato, México para el cultivo de trigo, de acuerdo con Suaste *et al*. (2013), el método de melgas se siembra con la sembradora para granos pequeños que deposita la semilla en hileras separadas a 17.5 cm. Posterior a la siembra se forman camas de 15 cm de profundidad con un ancho variable de 70 a 80 cm para poder regar por gravedad.

De acuerdo con Osuna *et al.* (2017), la cantidad de semilla necesaria para el método a seis hileras con sembradora mecánica para siembra de granos pequeños es de hasta 8 kg ha^{-1} en el caso de sorgo. Al respecto, INIFAP (1998) en su guía técnica recomienda de 5 a 6 kg ha^{-1} en surcos de 0.76 m para temporal. Según Cabañas (1997), para siembra de cebada en surcos de 0.76 m a doble hilera se requieren 50 kg ha^{-1}, y otros cereales como avena, cebada, trigo de 90 a 120 kg ha^{-1} en condiciones de temporal (INIFAP, 1998).

CONCLUSIONES

La sembradora neumática atiende la necesidad de sembrar granos finos (sorgo, triticale, avena, entre otros) sobre camas, pero con la particularidad de hacer una mejor distribución de las semillas. Tiene versatilidad para realizar siembras a una distancia entre semillas de 3 a 12 cm con diferentes platos dosificadores; así mismo, tiene un rendimiento operativo de 0.7 ha h^{-1} y con calibración de acuerdo a los parámetros agronómicos de cada especie.

Entre sus ventajas destacan que distribuye de manera uniforme las semillas en la superficie de siembra y disminuye el gasto en semilla hasta en 74%, en comparación con el sistema tradicional de siembra. El prototipo tiene la versatilidad de sembrar a diferentes configuraciones, ya sea a diferentes distancias entre surcos con posibilidad de establecer granos medios.

REFERENCIAS

Cabañas, C. B. (1997). Guía para cultivar cebada maltera bajo riego en el Altiplano de Zacatecas. Folleto Técnico. Núm. 67. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC. Calera V.R., Zac., México. 23 p.

Fischer, R. A., Sayre, K., Ortíz, M. I. The effect of raised bed planting on irrigated wheat yield as influenced by variety and row spacing. *In*. Roth, C.H., Fischer, R. A. Meisner, C. A., (2005). Evaluation and performance of permanent raised bed cropping systems in Asia, Australia and Mexico. Proceeding of a workshop held in Griffith, NSW, Australia. 207 p.

Guevara-Escobar, A., G. Bárcenas-Huante, F.R. Salazar Martínez, E. González-Sosa y h. Suzán-Aspir. 2005. Alta densidad de siembra en la producción de maíz con irrigación con goteo superficial. Agrociencia 39: 431-439.

Hussain, Z., Irfan, M., Akbar, G. (2011). Advanced Design of Permanent Raised Bed Machinery in Pakistan. 5th World Congress of Conservation Agriculture incorporating 3rd Farming Systems Design Conference. September. Brisbane, Australia pp 108-109.

INIFAP (1998). Guía para la asistencia técnica agrícola "Pabellón". Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. ISSN 1405-6887. 429 p.

NMX-O-222-SCFI-2014. (2014). Tractores, implementos agrícolas-sembradoras neumáticas de precisión-especificaciones y métodos de prueba. Mexico, D.F. 36 p.

Ortiz, C. J. (2003). Las máquinas agrícolas y su aplicación. Sexta edición. Editorial mundi prensa. México. 509 p.

Osuna, C. E. S., Martínez y G. M. Á. (2017). Rendimiento y calidad de forraje de maíz y sorgo de temporal a cuatro y seis hileras en Aguascalientes, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. vol. 8, núm. pp. 1259-1272.

SIAP. 2021. http://www.siap.sagarpa.gob.mx

Suaste-Franco, M. Pilar, Solís-Moya, Ernesto, Ledesma-Ramírez, Lourdes, de la Cruz-Gonzalez, M. Lourdes, Grageda-Cabrera, O. Arath, & Báez-Pérez, Aurelio. (2013). Efecto de la densidad y método de siembra en el rendimiento de grano de trigo (Triticum aestivum L.) en el Bajío, México. *Agrociencia*, *47*(2), 159-170.

Villaseñor M. H. E., Espitia R. E., Huerta E. J., Osorio A. L. y López H. J. 2009. Turquesa, nueva variedad de avena para la producción de grano y forraje en México. Agricultura Técnica en México. 35(4): 487-492.

PRODUCTIVIDAD de grano en HIGUERILLA CULTIVADA bajo condiciones de RIEGO EN el Norte Centro de México

Rigoberto Rosales Serna[1], Sergio Arellano Arciniega[2], Cynthia Adriana Nava Berumen[3], Rafael Jiménez Ocampo[1*] y Miriam Judith Quiñones Gurrola[3]

[1]INIFAP – Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango – El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. [2]INIFAP – Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes – Zacatecas km 32.5. Pabellón de Arteaga, Ags., México. C. P. 20660. [3]Tecnológico Nacional de México – Campus Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana. Carretera Durango – México km 22.5. Villa Montemorelos, Dgo., México. C. P. 34371. *e-mail: jimenez.rafael@inifap.gob.mx

RESUMEN

En la actualidad se requieren materias primas para la elaboración de energéticos y biocombustibles, para evitar la dependencia de los combustibles fósiles y transitar hacia fuentes sostenibles de energía. El objetivo fue evaluar la productividad del grano en higuerilla (*Ricinus communis* L.) cultivada en condiciones de riego en Durango. Se sembraron dos variedades locales (LAF 12 y SAB 14), dos introducidas (Guanajuato Oil y MexOil) y un híbrido comercial K 855®. Se sembró en el ciclo primavera-verano de 2020, en el Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAP, en Durango, Méx. El suelo predominante es franco-arcilloso y el clima es templado semiárido, con lluvias en verano. La siembra se realizó el 31 de marzo de 2020, en surcos separados 0.81 m y una distancia de 0.80 m entre plantas. Se fertilizó en la primera escarda con la dosis 60-46-00 (N, P_2O_5 y K_2O) y se aplicaron ocho riegos de auxilio. Se evaluó el número de días a floración (DF), altura de planta, longitud de la espiga, rendimiento, peso de 100 semillas y porcentaje de rebrote (PR). El análisis de los datos obtenidos se realizó mediante estadística descriptiva (DF y PR), análisis de varianza en un diseño en bloques completos al azar con seis repeticiones y comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). El promedio para la temperatura mínima fue bajo (12.6 ºC), especialmente en abril (5 ºC), con valores altos en julio-agosto (14.0 a 16.6 ºC). Lo anterior, influyó sobre la duración del ciclo biológico, altura de la planta, rendimiento y peso de la semilla. La lluvia acumulada fue aceptable (458 mm), aunque su distribución irregular hizo necesaria la aplicación de riego, lo que comprometió la productividad del agua en el cultivo de higuerilla. Se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre materiales para altura de planta y las variedades MexOil (378.0 cm) y SAB 14 (357.2 cm) mostraron el valor más alto. La longitud de la espiga fue más alta en el híbrido K 855 (72.0 cm) y la variedad SAB 14 (62.2 cm); mientras que, la variedad Guanajuato Oil mostró el valor más bajo (33.3 cm). Se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre materiales de higuerilla para rendimiento y peso de cien semillas. La variedad SAB 14 (2,906 kg/ha) y el híbrido comercial K 855 (2,669 kg/ha) mostraron el rendimiento más alto. SAB 14 mostró tamaño intermedio de la semilla, con un peso de 46.2 g/100 semillas. LAF 12 (27.0%), MexOil (4.8%) y SAB 14 (1.3%) mostraron brotación, aunque el valor fue bajo debido al efecto negativo de las temperaturas bajas registradas en abril de 2021. Se corroboró la adaptación y disponibilidad de semilla de calidad para la variedad SAB 14, la cual ha mostrado productividad alta y puede incluirse en programas de transferencia tecnológica para optimizar el rendimiento de higuerilla en Durango.

Palabras clave. *Ricinus communis*, adaptabilidad, rendimiento, cultivos energéticos, sostenibilidad.

ABSTRACT

Currently, raw materials are required to produce energetics and biofuels, to stop depending on fossil fuels, moving towards to sustainable energy sources. The objective was to evaluate seed yield in castor bean (*Ricinus communis* L.) grown under irrigated conditions in Durango. Two local cultivars (LAF 12 and SAB 14), two introduced (Guanajuato Oil and MexOil) and a commercial hybrid K 855® were sown. Sowing was performed in the 2020 spring-summer growth cycle, at the Valle del Guadiana-INIFAP Experiment Station, in Durango, México. The predominant soil type was clay-loam and the climate is temperate semi-arid, with a summer rainy period. The sowing was carried out in March 31th 2020, in rows 0.81 m apart and a plant every 0.80 m. Fertilizer was applied at the first mechanical weeding by using the dose 60-46-00 (N, P_2O_5 and K_2O) and irrigation was applied eight times. Flowering time (FT), plant height, spike length, yield, weight of 100 seeds and sprouting percentage (SP) were evaluated. The analysis of the obtained data was carried out using descriptive statistics (FT and SP), analysis of variance under a randomized complete block design with six replications and the comparison of means by using the Tukey test ($p \leq 0.05$). The minimum average temperature was low (12.6 ºC), especially in April (5 ºC), and then increments were observed in the July-August period (14.0 to 16.6 ºC). Temperature variations influenced the duration of the biological cycle, plant height, yield and the weight of the seed. The value for accumulated rain was acceptable (458 mm), although its irregular distribution made necessary to apply irrigation water, reducing the water productivity in castor bean cultivation. Highly significant differences ($p \leq 0.01$) were observed between castor bean materials for plant height and the cultivars MexOil (378.0 cm) and SAB 14 (357.2 cm) showed higher values. The length of the spike was higher in the hybrid K 855 (72.0 cm) and the cultivar SAB 14 (62.2 cm); while the Guanajuato Oil cultivar showed the lowest value (33.3 cm). Highly significant differences ($p \leq 0.01$) were observed between castor materials for seed yield and 100 seeds weight. The SAB 14 cultivar (2,906 kg/ha) and the commercial hybrid K 855 (2,669 kg/ha) showed the highest seed yield. The SAB 14 cultivar showed intermediate seed size, with a weight of 46.2 g/100 seeds. The LAF 12 (27.0%), MexOil (4.8%) and SAB 14 (1.3%) cultivars showed sprouting, but low levels were observed due to negative effects of the low temperatures registered in April 2021. The castor bean adaptation and local availability of quality seed was corroborated for the SAB 14 cultivar, which has shown high seed yield and can be included in technology transfer programs to optimize the yield and quality of the castor bean grains produced in Durango.

Key words. *Ricinus communis*, adaptability, yield, energy crops, sustainability.

INTRODUCCIÓN

Se ha realizado investigación a nivel mundial para generar alternativas útiles en la producción de biocombustibles, ante la escasez de opciones sostenibles y la variación constante en el precio del petróleo (Rodríguez y Zamarripa, 2013). También, ha influido la necesidad de fuentes de energía renovable y menos contaminantes que los combustibles fósiles; así como, el deseo de aumentar el ingreso económico de los productores agrícolas de zonas marginadas. En los últimos años, se han validado diferentes especies de plantas relacionadas con la elaboración de biocombustibles con el fin de contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y a la sostenibilidad productiva (Reveles *et al*., 2010). Entre dichas especies se encuentra la higuerilla (*Ricinus communis* L.), la cual utiliza eficientemente los recursos del medio y tiene usos industriales múltiples (Jiménez *et al*., 2016).

Existen diversas investigaciones donde la higuerilla se considera como un cultivo alterno con posibilidades amplias para la producción sostenible de biocombustibles (Rico *et al*., 2011). El

aceite extraído de esta especie puede usarse en la producción de biodiesel, tiene usos industriales múltiples y recientemente se demostró su utilidad como biolubricante (Jiménez *et al*., 2014). Además, puede utilizarse en la extracción de pastas proteicas para alimentación animal y elaboración de biocombustibles con residuos lignocelulósicos (Suárez y Martín, 2009; Reveles *et al*., 2010; Jiménez *et al*., 2014; Rosales *et al*., 2017). La higuerilla es una especie herbácea con desarrollo radical profundo y abundante, lo cual le permite adaptarse en condiciones de estrés hídrico; aunque en riego, se incrementan significativamente el rendimiento y los beneficios económicos obtenidos por el productor.

La higuerilla se considera como un cultivo de importancia económica reducida en México, por lo que la superficie sembrada es inferior a 500 hectáreas. Lo anterior, principalmente por el desconocimiento que existe sobre los más de 500 usos que tiene su aceite en la industria y la utilidad de las pastas residuales en la alimentación animal (Jiménez *et al*., 2014). En Durango, existen áreas con potencial para producir grano de higuerilla y por su localización, se reducen costos de transporte hacia los centros de procesamiento de Jalisco, Querétaro y Nuevo León. En esta entidad, existe interés por la reconversión productiva mediante la selección de especies vegetales de productividad alta, rentabilidad económica aceptable y que además, sean útiles en la conservación ambiental. Se determinó que la higuerilla tiene potencial alto para la producción de biocombustibles líquidos y los residuos pueden usarse en la elaboración de pasta proteica detoxificada para la alimentación de costo bajo en bovinos, ovinos y pollos (Jiménez *et al*., 2014). Adicionalmente, representa una fuente de biomasa vegetal para la obtención de biocombustibles sólidos, pulpa para papel y materia orgánica para la elaboración de composta. El uso integral de la planta de higuerilla para la elaboración de biocombustibles y alimentación de ganado incrementará el interés de los productores hacia la reconversión productiva en Durango (Jiménez *et al*., 2013 a y b; Rubio *et al*., 2013). Agronómicamente, el cultivo de higuerilla tiene algunas ventajas como el rebrote en el segundo año de cultivo, si las condiciones climáticas lo favorecen, lo que reduce costos de producción. Por ello, se han generado híbridos y variedades que muestran uniformidad en el rebrote, así como valores altos de rendimiento y calidad de grano. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar la productividad de grano en higuerilla cultivada en condiciones de riego en Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron dos variedades de higuerilla desarrolladas en Durango (LAF 12 y SAB 14), otras dos introducidas: Guanajuato Oil y MexOil (Hernández *et al*., 2018) y un híbrido comercial (K 855®). Se sembró en el ciclo primavera-verano de 2020, en el Campo Experimental Valle del Guadiana del INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), localizado a los 23° 59’ 21” N, 104° 37’ 33” O y una altitud de 1 877 m. El suelo predominante es franco-arcilloso, con pH de 8.2 y es pobre en contenido de materia orgánica (≤ 1.5%), fósforo y nitrógeno. El clima es templado semiárido con régimen de lluvias en verano, variación fuerte de temperatura [BS_1 Kw (w) (e)] y la media anual para esa variable es 16.3 °C (García, 1987; Medina *et al*., 2005). La lluvia promedio, acumulada durante el año, alcanza 500 mm y registra valores altos entre junio y septiembre (Medina *et al*., 2005).

La siembra se realizó el 31 de marzo de 2020, en surcos con 0.81 m de separación y para ello, se depositó una semilla cada 0.40 m, para luego aclarear y dejar una planta cada 0.80 m (15 000 plantas/ha). El control de la maleza se realizó con dos escardas mecanizadas y dos deshierbes manuales. Se fertilizó en la primera escarda con la dosis 60-46-00 para nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O) y se aplicaron ocho riegos de auxilio para evitar el estrés hídrico en las plantas de higuerilla.

Se evaluó el número de días a floración, expresado en días después de la siembra (DDS). En la etapa de llenado de grano se evaluaron las variables morfológicas: altura de planta y longitud de la espiga; mientras que al final del ciclo de cultivo (octubre) se determinó el rendimiento y peso de 100 semillas. La altura promedio se evaluó en 10 plantas con competencia completa, tomadas al azar en cada una de las seis repeticiones. Se utilizó una regla métrica de 5 m, con precisión de un centímetro. La altura se evaluó en el tallo principal, desde la superficie del suelo hasta el ápice de la espiga. La longitud de la espiga principal se midió desde la unión del raquis con el tallo y hasta el ápice de la misma.

Se tomaron seis muestras (una por repetición) para la determinación del rendimiento, las cuales consistieron en dos surcos de 5 m de longitud (0.81 m^2). En cada muestra se cosecharon todas las espigas de las plantas, para luego ser trilladas en forma manual y mecanizada. Después, se limpió el grano para determinar el rendimiento (kg/ha) y el peso de 100 semillas, las cuales se tomaron al azar en el grano cosechado en cada repetición. Además, se determinó el porcentaje de rebrote el 10 de mayo de 2021, mediante la determinación del número potencial de plantas con brotación y para ello, se contaron los tocones de tallos cortados en cada repetición. Dicho número se contrastó con la cantidad de plantas que mostraron brotes al momento de la evaluación. Aunque se observó que la mayoría de las variedades y el híbrido brotaron de forma temprana (marzo), los tallos y hojas tiernas resultaron dañados por heladas tardías, ocurridas en abril de 2021.

El análisis de varianza de los datos obtenidos se realizó en un diseño en bloques completos al azar, con seis repeticiones. La comparación de medias se obtuvo con base en la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los resultados para dias a floración y porcentaje de rebrote se analizaron mediante estadística descriptiva, con el promedio para cada variedad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el ciclo primavera-verano de 2020, la temperatura mínima registrada fue baja y alcanzó un valor promedio de 12.6 ºC, con valores altos en julio-agosto (14.0 a 16.6 ºC) (CONAGUA, 2020; INIFAP, 2020), lo que favoreció el crecimiento y desarrollo de la higuerilla. Al inicio del ciclo (abril), se observaron temperaturas bajas (5 ºC en promedio), e incluso se registró daño por helada en algunas plantas. Lo anterior, influyó directamente sobre la duración del ciclo biológico de la higuerilla, altura de la planta y rendimiento. El valor para la lluvia acumulada fue aceptable (458 mm) en Durango, aunque su distribución fue irregular debido a que se observaron periodos de varias semanas sin precipitación considerable, entre los meses de abril y octubre. La distribución irregular de la lluvia hizo necesaria la aplicación de ocho riegos de auxilio, para evitar estrés hídrico en las plantas. El incremento del requerimiento hídrico compromete la productividad del agua y la utilidad de la higuerilla en áreas semi-desérticas.

Se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre materiales de higuerilla para altura de planta (Cuadro 1). La variedad MexOil mostró el valor más alto (378.0 cm), aunque resultó estadísticamente igual al registrado en SAB 14 (357.2 cm) y ambas superaron de forma significativa al resto de los materiales evaluados (213.0 a 252.3 cm). Los valores de altura de la planta observados en Durango fueron inferiores a los reportados en otro trabajo con higuerilla, en los cuales se registró un valor máximo de 400.0 cm (Barrios *et al*., 2018). En un estudio alterno se observaron valores de altura de planta entre 100.0 y 309.0 cm (Llaven *et al*., 2019), los cuales fueron superados ampliamente por las variedades MexOil y SAB 14.

Cuadro 1. Valores medios para características morfológicas de materiales de higuerilla cultivados bajo condiciones de riego en Durango, Dgo. 2020.

Variedad	Altura de Planta (cm)	Longitud de Espiga (cm)
LAF 12	252.3^{b}	52.5^{bc}

Guanajuato Oil	213.2[b]	33.3[d]
K 855	213.0[b]	72.0[a]
MexOil	378.0[a]	37.8[cd]
SAB 14	357.2[a]	62.2[ab]
Promedio	282.7	51.6
Coeficiente de Variación (%)	10.4	20.8

[a-b]Letras diferentes en la columna denota diferencias significativas con base en Tukey ($p \leq 0.05$).

La longitud de la espiga presentó el valor más alto en el híbrido K 855 (72.0 cm) y la variedad SAB 14 (62.2 cm); mientras que Guanajuato Oil mostró la espiga más corta (33.3 cm). Los valores que se registraron en estas variedades sobresalientes, por la longitud del racimo, fueron similares a los observados en un grupo diverso de germoplasma de higuerilla, donde se obtuvieron valores máximos entre 70.0 y 73.0 cm y no se registraron valores tan bajos como en el presente estudio (Llaven *et al*., 2019). En otros estudios se registraron valores de longitud de la espiga entre 16.6 cm y 49.9 cm (Solís *et al*., 2016). La duración del periodo de crecimiento en 2020, favoreció la altura de planta y longitud de la espiga en la variedad testigo (SAB 14), la cual había mostrado un valor inferior en 2014, cuando alcanzó 246.0 cm de altura y 51.0 cm para la longitud del racimo (Jiménez *et al*., 2015). Dicha variedad, conocida inicialmente como 'Rosita' es resultado del proceso de selección individual y masal, muestra adaptación local y puede utilizarse en siembras comerciales de higuerilla en Durango y sitios con clima similar.

Días a Floración. La variedad Guanajuato Oil fue la más precoz para iniciar la floración (48 DDS), seguida del híbrido K 855 (55 DDS) (Cuadro 2). En contraste la variedad LAF 12 fue la más tardía, con 114 días a floración. Se observaron variaciones considerables para el inicio de la floración, cuando se comparó con otros estudios realizados en México, donde se observaron valores entre 60 a 97 DDS (Llaven *et al*., 2019). En las condiciones de cultivo del estado de Durango, se considera que los materiales de higuerilla precoces a floración (<60 DDS) e intermedios (61 a 99 DDS) a floración tienen oportunidad mayor de producir rendimiento alto, en comparación con los tardíos (>100 DDS).

Cuadro 2. Valores medios para el número de días a floración en materiales de higuerilla cultivados bajo condiciones de riego en Durango, Dgo. 2020.

Variedad	Días a Floración
LAF 12	114
Guanajuato Oil	48
K 855	55
MexOil	90
SB 14	79
Promedio	77

Rendimiento y Peso de 100 Semillas. Se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre materiales de higuerilla para rendimiento y peso de cien semillas (Cuadro 3). La variedad SAB 14 mostró el valor más alto para rendimiento (2,906 kg/ha), aunque resultó estadísticamente igual al registrado en el híbrido comercial K 855 (2,669 kg/ha) y ambos materiales superaron en forma significativa al resto del germoplasma evaluado (1,312 a 1,771 kg/ha). Los valores de rendimiento fueron ligeramente inferiores a los valores más altos que se registraron en otros estudios realizados con higuerilla en Sinaloa (2,234 a 3,249 kg/ha) (Llaven *et al*., 2019). En dicho estudio se tuvo un promedio de días a madurez de 146 días (138-166 días),

mientras que en el presente estudio se requirieron 206 días, lo cual fue favorecido por la siembra en fecha temprana y retraso del periodo de heladas.

Se corroboró la adaptación local de la variedad SAB 14, que ha mostrado rendimiento estadísticamente igual al observado en los híbridos comerciales (Jiménez *et al*., 2015), los cuales muestran disponibilidad limitada de semilla en el mercado nacional. Dicha variedad, debe ser incluida en programas de validación para avanzar en el ajuste del manejo agronómico que optimice el rendimiento y calidad del grano de higuerilla producido en Durango.

El valor medio para el peso de 100 semillas fue significativamente más alto en la variedad MexOil (82.5 g/100 semillas); mientras que, el valor más bajo se registró en la variedad LAF 12 (10.1 g/100 semillas). Los valores altos del tamaño de la semilla fueron similares a los regitrados en otros estudios con higuerilla, donde se obtuvieron valores máximos entre 78.7 y 91.6 g/100 semillas (Barrios *et al*., 2018). La variedad SAB 14 mostró tamaño intermedio del grano (46.2 g/100 semillas), aunque es necesario establecer los niveles y estabilidad del contenido de grasa y proteína en la semilla.

Cuadro 3. Valores medios para características evaluadas en materiales de higuerilla cultivados bajo condiciones de riego en Durango, Dgo. 2020.

Variedad	Rendimiento kg/ha	Peso de 100 Semillas (g)	% Brotación
LAF 12	1,771[b]	10.1[e]	27.0
Guanajuato Oil	1,728[b]	38.3[c]	0.0
K 855	2,669[a]	33.1[d]	0.3
MexOil	1,312[b]	82.5[a]	4.8
SB 14	2,906[a]	46.2[b]	1.3
Promedio	2077.1	42.0	6.7
[2]C. V. (%)	23.8	6.7	

[1]C. V.= coeficiente de variación. [a-b]Letras diferentes en la columna denotan diferencias significativas con base en Tukey ($p \leq 0.05$).

La brotación (PR) fue baja en todas las variedades y el híbrido de higuerilla, con un valor promedio de 6.7 % y fluctuación entre 0.0 (Guanajuato Oil) y 27.0 % en la variedad LAF 12. Los resultados mostraron la necesidad de sembrar nuevamente, debido a los daños ocasionados por la temperatura baja (helada tardía), en brotes tiernos de higuerilla, durante marzo y abril de 2021.

CONCLUSIONES

La variedad SAB 14 mostró valores altos para el crecimiento vegetativo y productividad y sus semillas de tamaño mediano fueron aceptables. Lo anterior, le permitió igualar al híbrido comercial K 855, el cual presentó altura de planta baja, valor similar de rendimiento y peso de semilla inferior. Se observó que la siembra temprana incrementó la probabilidad de daño por helada tardía, duración del ciclo biológico y gasto de agua de riego en higuerilla. La variedad SAB 14 representa una opción para productores de recursos bajos debido a su adaptación y disponibilidad de semilla de costo bajo, la cual puede producirse localmente.

REFERENCIAS

Barrios G., E. J., J. Canul-Ku, M. G. Hernández A., y J. L. Solís B. 2018. Evaluación de dos ciclos de higuerilla en Morelos, México: siembra y rebrote. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 9(8): 1663-173.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2020. Dirección local Durango. Observaciones meteorológicas 2018. Durango, Méx. 3 p.

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.

Hernández M., M., J. Solís B., E. J. Barrios G., y S. Montes H. 2018. Mexoil nuevo cultivar ded higuerilla (*Ricinus communis* L.) para la producción de aceite. Titulo de obtentor 2049. Consultado en línea 28/10/2020. https://www.researchgate.net/publication/339987941_MEXOIL_Nuevo_cultivar_de_Higuerilla_Ricinus_communis_L_para_la_produccion_de_aceite_Titulo_de_Obtentor_2049

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2020. Consultado en línea 15/11/2020. http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/.

Jiménez O., R., J. A. Rodríguez G., L. A. Ruíz F., J. C. Mateos D., y R. Rosales S. 2013a. Detoxificación de pastas de higuerilla y Jatropha. Folleto Técnico Núm. 71. SAGARPA-INIFAP-Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Méx. 32 p.

Jiménez O., R., R. Rosales S., y J. A. Rodríguez G. 2013b. Pasta proteica detoxificada de higuerilla en la alimentación animal. Folleto Técnico Núm. 64. INIFAP-CIRNOC- Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Méx. 20 p.

Jiménez O., R., E. Hernández B., y R. Rosales S. 2014. Preferencia de pastas proteicas de higuerilla con diferentes aditivos para alimentación de bovinos de engorda en Durango. Congreso Mundial de Ganadería Tropical 2014. Tampico, Tamps. 201-204.

Jiménez O., R., R. Rosales S., C. F. Galindo V., R. Jiménez R., P. A. Domínguez M. 2015. Rendimiento de variedades e híbridos de higuerilla cultivados en diferentes ambientes de Durango, México. AGROFAZ 15(1): 135-146.

Jiménez O., R., R. Rosales S., P. A. Domínguez M., G. Buendía R., J. A. Rodríguez G., M. Borja B., E. Basave V., S. Gómez R., R. E. Alanis B., M. Cobaleda V., H. R. Rico P., E. J. Barrios G. 2016. Estrategias para el uso integral de la higuerilla en México. Libro Técnico Núm. 13. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Dgo. México. 181 p.

Llaven V., G., A. Borbon G., X. M. Ochoa E., O. Antuna G., A. Hernández H., y J. L. Coyac R. 2019. Productividad de higuerilla (*Ricinus communis* L.) en el norte de Sinaloa. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 10(5): 1011-1022.

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.

Reveles S., F. O., R. Rosales S., C. A. Nava B., E. Delgado L., E. I. Cuéllar R., F. O. Carrete C., y J. C. Ríos S. 2010. **Identificación de especies vegetales con potencial para la producción de biocombustibles líquidos en Durango, México.** Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 1(1): 45-54.

Rico P., H. R., L. M. Tapia V., R. Teniente O., A. González A., M. Hernández M., J. L. Solís B., y A. Zamarripa C. 2011. Guía para cultivar higuerilla (*Ricinus communis* L.) en Michoacán. INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Valle de Apatzingán. Michoacán, México. 42 p.

Rodríguez H., R. y A. Zamarripa C. 2013. Competitividad de la higuerilla (*Ricinus communis*) para biocombustible en relación a los cultivos actuales en el edo. de Oaxaca, México. Sexta Época 17(32): 306- 318.

Rosales S., R., J. C. Ríos S., J. A. Sigala R., A. Carrillo P. y R. Jiménez O. 2017. Adaptación de especies cultivadas en sistema de monte bajo para la producción de biomasa dendroenergética en Durango. Memoria de la XXIX Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Dgo., México. pp. 653-659.

Rubio V., J., R. Jiménez O., C. F. Galindo V., R. Rosales S., y F. O. Carrete C. 2013. Caracterización química y nutricional de tortas detoxificadas de higuerilla para su uso en alimentación animal. Memorias del XXXVIII Congreso Nacional de Buiatría. Acapulco, México. pp. 462-467.

Solís B., J. L., A. Muñoz O., J. A. S. Escalante E., and A. Zamarripa C. 2016. Crecimiento de variedades y componentes del rendimiento de higuerilla (*Ricinus communis* L.) en Montecillo, Estado de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7(2): 311-323.

Suárez H., J. y G. J. Martín M. 2009. Fuentes renovables de energía como alternativa para el medio rural. Agrodesarrollo 09. Indio Huatey, Cuba. http://agrodesarrollo09.ihatuey.edu.cu/.

PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN MAÍZ FORRAJERO BAJO RIEGO POR GOTEO

WATER PRODUCIVITY OF FORAGE CORN UNDER DRIP IRRIGATION

Arturo Reyes González[1§], David Guadalupe Reta Sánchez[2], Enrique Hernández Leal[1], Iván Franco Gaytán[1] y Juan Isidro Sánchez Duarte[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental La Laguna. Matamoros, Coahuila.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Delicias. Delicias, Chihuahua
[§]Autor para correspondencia: reyes.arturo@inifap.gob.mx

RESUMEN

La escasez de agua en regiones áridas y semiáridas del mundo es un problema que día con día se incrementa con el cambio climático. El objetivo de la investigación fue comparar la productividad del agua en maíz forrajero irrigado mediante el riego por goteo subsuperficial y el riego por inundación. El estudio se realizó en el INIFAP de Matamoros, Coahuila. Se utilizaron tres híbridos de maíz (H-431, H-383 y SB-302) y tres tratamientos de riego, los cuales fueron el riego por goteo subsuperficial (RGS) aplicando el 60, 80 y 100% de la evapotranspiración (ET) y el riego de inundación (testigo). En resultados el rendimiento de forraje seco del tratamiento de 100% de ET fue mayor en 20, 8 y 10% que los tratamientos de 60, 80% de ET e inundación, respectivamente. De la misma manera para la productividad del agua este tratamiento fue superior en 1.3% para el 60%, 12% para el 80% y 29% para inundación. Lo que significa que con el riego por goteo y el uso del coeficiente de cultivo se puede incrementar la productividad del agua en la agricultura.

ABSTRACT

Water shortages in arid and semiarid regions of the world is a problem that every day increases with climate change. The objective of the research was to compare the water productivity in irrigated forage corn by subsurface drip irrigation and flood irrigation. The study was carried out at the INIFAP in Matamoros, Coahuila. Three corn hybrids (H-431, H-383 and SB-302) and three irrigation treatments were used, which were subsurface drip irrigation (RGS) applying 60, 80 and 100% of evapotranspiration (ET) and flood irrigation (control). In results, the dry forage yield of the 100% ET treatment was higher in 20, 8 and 10% than the 60, 80% ET and flood treatments, respectively. In the same way, for water productivity, this treatment was 1.3% higher for 60%, 12% for 80% and 29% for flooding. Which means that with drip irrigation and the use of crop coefficient, the water productivity in agriculture can be increased.

INTRODUCCION

La escasez de agua en regiones áridas y semiáridas del mundo es un problema que día con día se incrementa con el cambio climático. La productividad del agua en el campo es uno de los factores fundamentales para poder garantizar la producción alimentaria y el trabajo de las familias mexicanas vinculadas con el sector agrícola. La eficiencia en el uso del agua o productividad del agua, es la relación existente entre la biomasa de un cultivo por unidad de agua utilizada por éste en un determinado momento. Cuando se pretende enfocar el empleo del agua por un componente

productivo y económico, se recurre a sustituir la biomasa por el rendimiento en kg de producto por metro cubico de agua utilizada. (Salazar *et al.,* 2014).

La productividad del agua es la relación entre la unidad de resultado y la unidad de insumo. En este caso el término productividad del agua es usada exclusivamente para denotar la cantidad o el valor del producto sobre el volumen o valor del agua consumida o desviada, que en términos generales se expresa en la producción en términos de peso de producto final, biomasa, dinero etc., y la cantidad de agua utilizada en valores de evapotranspiración, agua total entregada para la producción o agua recibida como riego (González *et al.,* 2015).

La productividad del agua ha sido muy utilizada desde de la última década del pasado siglo, y la definición como producción por agua utilizada es un concepto útil cuando se compara la productividad del agua en diferentes partes del mismo sistema de riego o cuenca y también cuando se compara la productividad del agua en la agricultura con otros usos posibles de la misma. El valor de la productividad del agua para un mismo cultivo es muy variable y es una función del factor que limite este rendimiento, el que puede variar en función de la adaptación del cultivo al medio donde se desarrolla, de la productividad del suelo, de los niveles de aplicación de fertilizantes. (González *et al.,* 2015). Con la estimación precisa del riego en base a un coeficiente de cultivo (Kc) y el uso del sistema de riego por goteo, se puede incrementar la productividad del agua en la agricultura bajo riego. Por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación fue comparar la productividad del agua en maíz forrajero irrigado mediante el riego por goteo subsuperficial y el sistema de riego por inundación.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó en el ciclo agrícola primavera del 2020. En el lote N°6 del Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (INIFAP) localizado en Matamoros, Coahuila, México (25° 32’ LN, 103° 14’ LO y 1150 msnm).

La preparación del terreno consistió en subsuelo, barbecho, rastreo, nivelación y enterrado de la cintilla. El material genético utilizado fueron tres híbridos de maíz (H-431, H-383 y SB-302). El diseño experimental fue una parcela dividida en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones donde la parcela mayor fue el tratamiento de riego a) riego por goteo subsuperficial (RGS) en las que se aplicó el 100, 80, y 60% de la evapotranspiración (ET) y un testigo riego por inundación y b) la parcela menor fueron los cultivos. El tratamiento del 100% de ET se multiplico por un Kc.

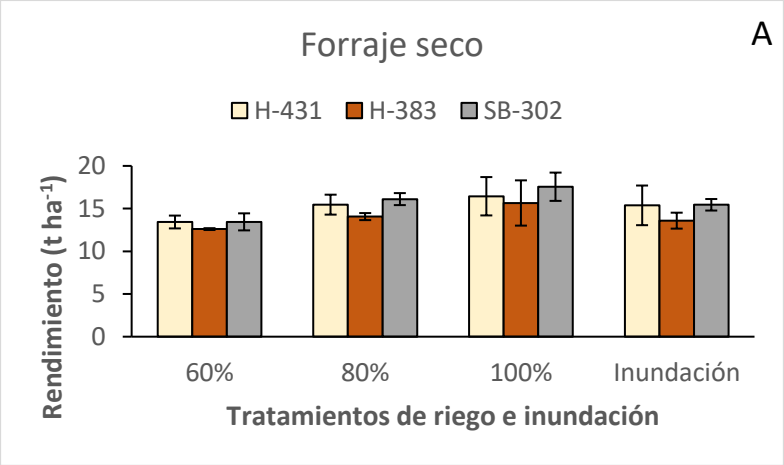
Para la instalación del riego por goteo superficial se colocaron las cintas de riego a una profundidad de 0.3 m, con un espaciamiento entre ellas de 0.76 m. La cinta utilizada fue la RO DRIP 8 mil con espesor de pared de 0.200 mm y diámetro interior de 16 mm, con emisores a 0.2 m y un caudal de 1 L h^{-1} por gotero. La presión de operación del sistema de riego fue de 8 PSI. La frecuencia de riego con el RGS fue cada tercer día. En el riego por gravedad se diseñó una melga de 15 metros de ancho por 20 metros de largo al cual se le dio siete riegos de auxilio con una lámina promedio de 10 cm cada uno.

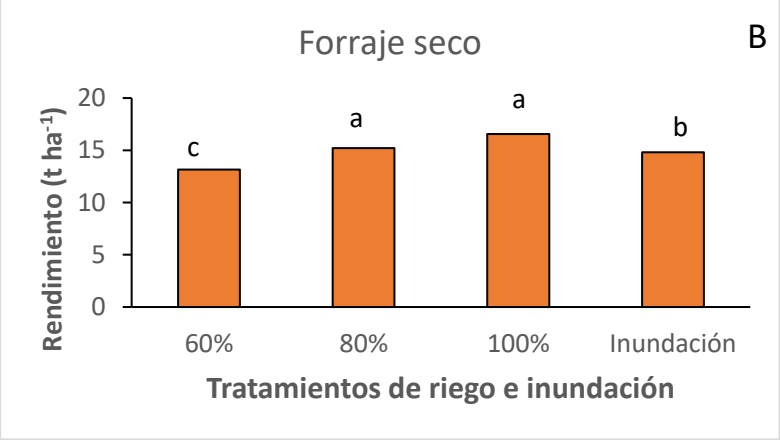
La producción de forraje verde para los cultivos se estimó pesando 3 metros lineales en los 2 surcos centrales de cada tratamiento. Después se tomó una muestra y se secó en una estufa de aire forzado a una temperatura de 65°C durante 72 horas, para posteriormente determinar la producción de forraje seco, la cual se determinó con el porcentaje de materia seca y la producción de forraje verde. La productividad del agua se obtuvo dividiendo el peso de forraje seco cosechado (kg ha^{-1}) entre el volumen total de agua aplicado (m^3) para cada tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSION

Rendimiento de forraje seco

El rendimiento de forraje seco para cuatro tratamientos de riego y tres variedades de maíz se presentan en la Figura 1 (A). El análisis de varianza para producción de forraje seco mostró diferencias significativas entre los tratamientos de riego (Figura 1 (B)). Los tratamientos que sobresalieron al igual que con el forraje verde fueron el T1 (100% * Kc) y el T2 (80%) con 16.55 y 15.21 t ha^{-1}, respectivamente los cuales son estadísticamente iguales sobresaliendo ligeramente el T1. En relación a los tres híbridos evaluados los de mayor producción fueron el SB-302 y el MH-431 los cuales fueron estadísticamente iguales con valores de 15.64 y 15.17 t ha^{-1}, respectivamente, en comparación con el MH-383 el cual presentó el menor rendimiento (13.97 t ha^{-1}) (Figura 1 (C)). Los resultados de esta investigación son similares a los obtenidos por Yescas *et al.* (2015) y (Amador y Boschini, 2000), quienes reportaron rendimientos de 14.0 y 14.3 t ha^{-1}, respectivamente. Sin embargo, resultados superiores fueron reportados por Rivera *et al.* (2004) y Montemayor *et al.* (2012), reportando rendimientos de materia seca de 22.31 y 18.35 t ha^{-1} en maíz irrigado con el riego por goteo subsuperficial.





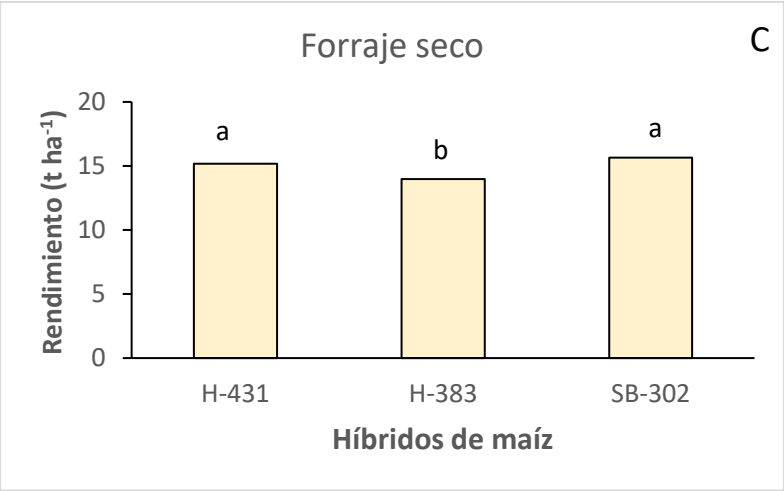


Figura 1. Rendimiento de forraje seco en maíz forrajero con cuatro tratamientos de riego y tres híbridos.

Lamina total de riego

En la lámina total aplicada el análisis de varianza detectó diferencias significativas entre los tratamientos de riego. El riego por inundación fue el que recibió la mayor lámina de riego con 7100 m^3, seguido del 80, 100 y 60% de ET con láminas de 5860, 5610 y 4520 m^3, respectivamente (Figura 2). Las láminas de agua que se aplicaron en este estudio fueron diferentes a las aplicadas por Rivera *et al.* (2013), quienes aplicaron láminas de 5960, 4830, 3700 y 5800 m^3 para el 100, 80, 60% de ET e inundación, respectivamente.

Figura 2. Lámina total aplicada bajo diferentes láminas de riego e inundación.

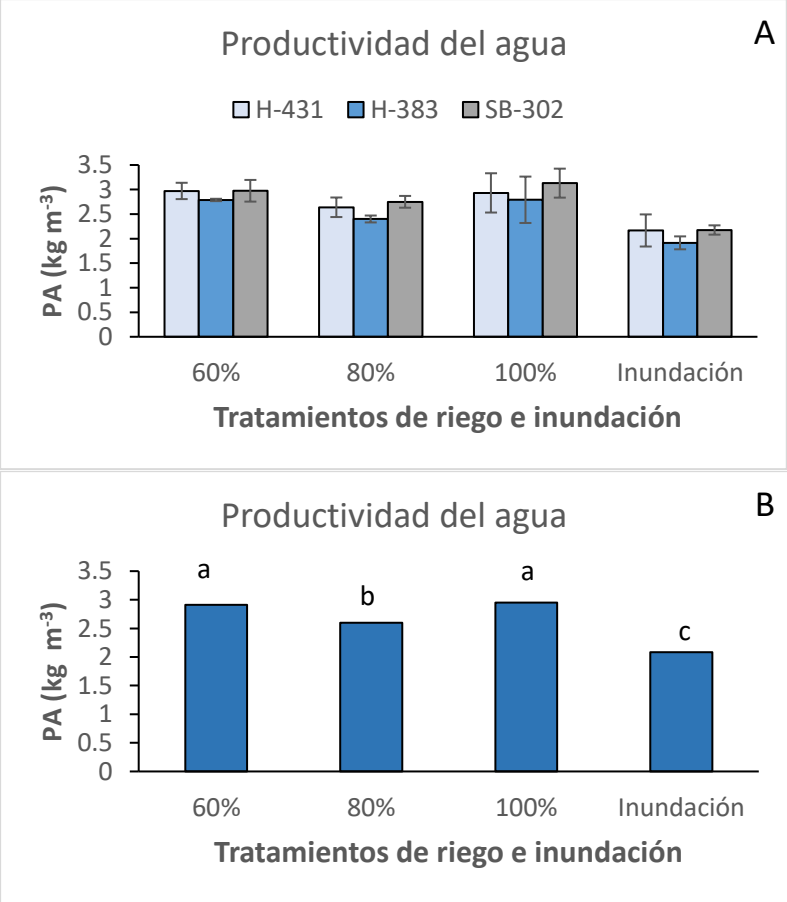
Productividad del agua

La Figura 3 muestra la productividad del agua de tres híbridos de maíz y diferentes tratamientos de riego. En relación a la productividad del agua (PA), el análisis detectó diferencias significativas entre los tratamientos de riego. El híbrido SB-302 con el tratamiento de riego al 100% tuvo la mayor PA (3.13 Kg de fs m^{-3}) (Figura 3 (A). Los mejores estadísticamente fueron los tratamientos

con goteo, sobresaliendo ligeramente el T1 (100% * Kc) con 2.95 kg de fs m^3, seguido por el T3 (60%) con 2.91 kg de fs m^3, los cuales fueron estadísticamente iguales, además siendo diferentes a los tratamientos e inundación, quienes reportaron valores de PA de 2.59 y 2.08 kg de fs m^3, respectivamente. Aunque el T2 (80%) fue diferente estadísticamente al tratamiento de riego por inundación (Figura 3 (B).

En lo que respecta a los tres híbridos evaluados se presentó diferencias significativas entre ellos. Los híbridos con mayor productividad de agua fueron el SB-302 y el MH-431, los cuales son estadísticamente iguales con valores de 2.75 y 2.67 kg de fs m^3, respetivamente, mientras que con el híbrido MH-383 se obtuvieron los menores rendimientos (2.47 kg de fs m^3) (Figura 3 (C).

Los resultados de PA, obtenidos en esta investigación fueron menores a los reportados por Montemayor *et al.* (2012), quienes reportaron valores de 4.07 kg de fs m^3 para maíz forrajero con riego por goteo. Pero similares a los reportados por Yescas *et al.* (2015), quienes obtuvieron valores de 2.98 kg de fs m^3.



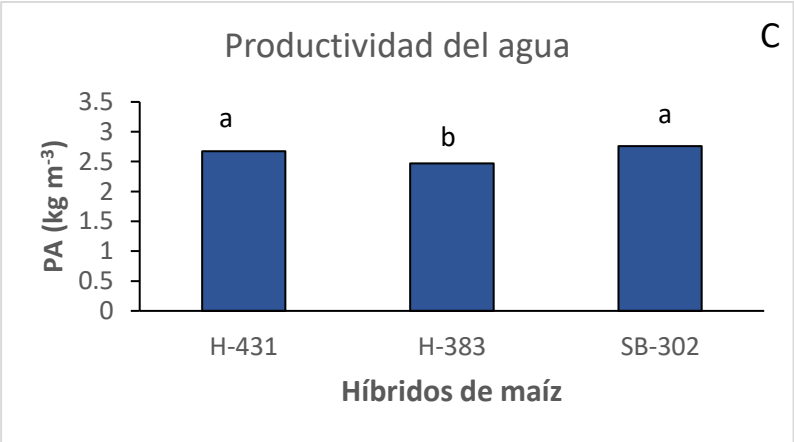


Figura 3. Productividad del agua en maíz forrajero con cuatro tratamientos de riego y tres híbridos.

CONCLUSIONES

El rendimiento de forraje seco en el tratamiento de 100% de ET fue mayor en un 20, 8 y 10 % que, en los tratamientos de 60, 80% de ET e inundación, respectivamente. De la misma manera la productividad del agua en el tratamiento del 100% de ET fue superior en 1.3, 12 y 29% con respecto al 60, 80% de ET e inundación, respectivamente. Esto significa que con el riego por goteo y el uso del coeficiente de cultivo se pueden incrementar los rendimientos y productividad del agua con respecto al riego por inundación.

REFERENCIAS

1. Amador, A.L y Boschini, C. 2000. Fenología productiva y nutricional del maíz para la producción de forraje. San José, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. (1(11): 171-177). ISSN: 1021-7444.
2. González, R. F, T. López, Y J. Herrera. 2015. Indicadores de productividad del agua por cultivos y técnicas de riego en Cuba. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, ISSN -1010-2760, RNPS-0111, Vol. 24, No. 4 (octubre-noviembre-diciembre) pp. 57.
3. Montemayor J. A., Lara. J. L., Woo, J. L., Munguía, J., Rivera. M., y Trucíos. R. 2012. Producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en tres sistemas de irrigación en la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango México. *Agrociencia* 3(46), 267-278.
4. Rivera, M., J. Estrada, I. Orona, y J. G. Martínez. 2004. Producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en surco estrecho y riego por goteo subsuperficial. *Agrofaz*. (4), 443-447.
5. Rivera, G. M., M. Palomo R., A. Anaya S., A Reyes G y J. G. Martínez R 2013. Función de producción hídrica para maíz forrajero (*Zea mays* L.) en riego por goteo subsuperficial. Agrofaz 13:1.
6. Salazar, M, R, A. Rojano, L. López. 2014. La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. Revista Tecnología y Ciencias del Agua. Vol. V, núm. 2, pp. 177-183.
7. Yescas, C. P., M. A. Segura, L. Martínez, V. P. Álvarez, J. A. Montemayor, J. A. Orozco, y J. E. Frías, 2015. Rendimiento y calidad de maíz forrajero (Zea mays L.) con diferentes niveles de riego por goteo subsuperficial y densidad de plantas. Torreón Coahuila México. Revista Internacional de Botánica Experimental. ΦYTON 84: 272-279.

REACCIÓN A LA PUNTA NEGRA (*Alternaria* SP.) EN LÍNEAS AVANZADAS DE TRIGO HARINERO EN EL CICLO 2017-2018

REACTION OF ADVANCED BREAD WHEAT LINES TO BLACK POINT (*Alternaria* SP.) DURING THE CROP SEASON 2017-2018

Fuentes-Dávila, Guillermo*, Rosas-Jáuregui, Ivón Alejandra, Ayón-Ibarra, Carlos Antonio, Félix-Fuentes, José Luis y Félix-Valencia, Pedro

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora 85000. Autor principal: *fuentes.davila@gmail.com

RESUMEN

Dieciséis líneas avanzadas de trigo harinero y las variedades Borlaug 100, Norman F2008, Onavas F2009 y Roelfs F2007 se evaluaron para resistencia a la punta negra durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2017-2018 en el Campo Experimental Norman E. Borlaug. Las fechas de siembra fueron noviembre 14 y 24, 2017. 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 19.8% con un promedio de 4.8, y para la segunda fue de 0 a 29.5% con un promedio de 7.3. Dentro de las categorías de infección del grupo en base al promedio de los datos de las dos fechas, una línea no presentó granos infectados, 4 líneas estuvieron en la categoría 0.1-2.5%, 4 en la de 2.6-5.0%, 7 en la de 5.1-10.0% y 4 en la de 10.1-30%.

ABSTRACT

Sixteen advanced bread wheat lines and cultivars Borlaug 100, Norman F2008, Onavas F2009, and Roelfs F2007 were evaluated for resistance to black point during the crop season fall-winter 2017-2018, at the Norman E. Borlaug Experimental Station in two sowing dates (November 14 and 24, 2017). 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 19.8% with an average of 4.8,

and for the second date 0 to 29.5% with an average of 7.3. Within the infection categories of the group based on the average of the two dates, one line did not show any infected grains, 4 lines fell in the 0.1-2.5% category, 4 in 2.6-5.0%, 7 in 5.1-10.0%, and 4 in 10.1-30%.

INTRODUCCIÓN

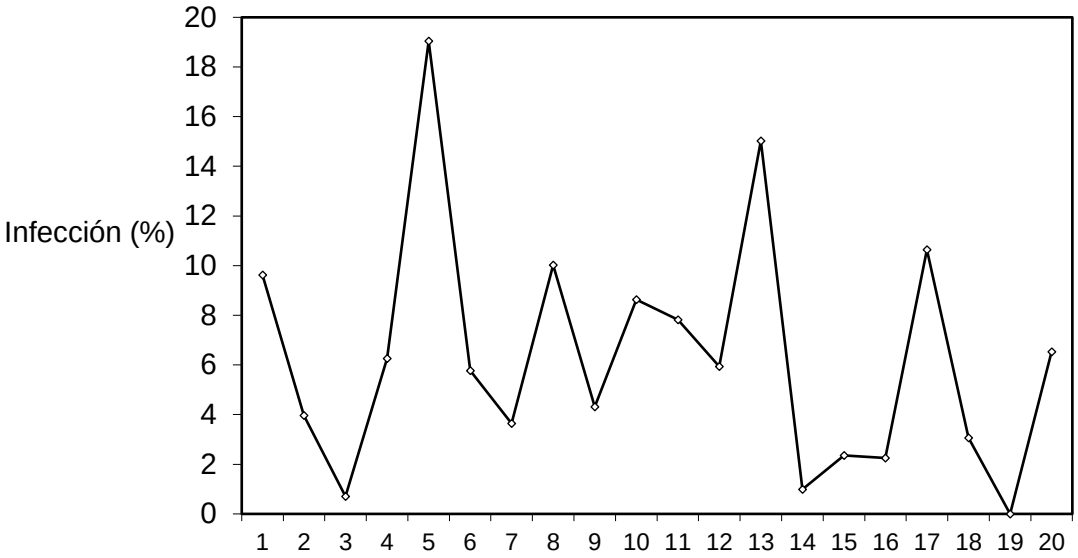
Muchas especies de hongos se pueden aislar de la semilla de trigo recién cosechada, incluyendo de los géneros *Alternaria*, *Fusarium* y *Helminthosporium*, los cuales pueden infectar la semilla cuando la humedad relativa es superior al 90% y el de la semilla al 20%. Durante la maduración de la semilla, 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). Generalmente *Alternaria alternata* y *Bipolaris sorokiniana* son considerados como agentes primarios causantes de esta enfermedad (Mathur y Cunfer, 1993). Aunque las espigas infectadas pueden tener una apariencia normal, 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 (Fig. 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 los programas de mejoramiento de trigo se descartan las líneas que presentan punta negra o alguna otra enfermedad; sin embargo, no existe un programa para evaluar la punta negra en Sonora, 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 y variedades de trigo harinero a la punta negra bajo infección natural, durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2017-2018.

Figura. 1. Síntomas de punta negra en el grano de trigo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dieciséis líneas avanzadas de trigo harinero y las variedades Borlaug 100, Norman F2008, Onavas F2009 y Roelfs F2007 se evaluaron para resistencia a la punta negra durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2017-2018 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 27º22´3.01" N y 109º55´40.22" W en un suelo de textura arcillosa y pH de 7.8. Las fechas de siembra fueron noviembre 14 y 24, 2017, 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) 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 que se probaron se originaron del programa colaborativo CIMMYT-INIFAP.

RESULTADOSY DISCUSIÓN



El rango de infección para la primera fecha de siembra fue de 0 a 19.8% con un promedio de 4.8; una línea no presentó granos infectados, 5 líneas presentaron entre 0.1-2.5% de infección, 7 entre 2.6-5.0%, 6 entre 5.1-10% y 1 entre 10.1-30%. El rango de infección para la segunda fecha fue de 0 a 29.5% con un promedio de 7.3; 3 líneas no presentaron granos infectados, 3 presentaron entre 0.1-2.5% de infección, 3 líneas entre 2.6-5.0%, 3 entre 5.1-10% y 8 entre 10.1-30%. El promedio de infección de cada línea y variedad en las dos fechas se muestra en la Figura 2. La línea BORL14*2//KFA/2*KACHU (CMSS12B00633T-099TOPY-099M-0SY-43M-0WGY) fue la única que no presentó granos infectados en ambas fechas. Las líneas que presentaron los porcentajes promedio más altos de infección de las dos fechas de siembra fueron: SOKOLL*2/3/BABAX/LR42//BABAXcon 19.0%, teniendo su máximo en la segunda fecha con 29.5%, y KACHU/BECARD//WBLL1*2/BRAMBLING/3/ONIX/KBIRD con 15.0%, teniendo su máximo en la primera fecha con 19.8%. Dentro de las categorías de infección en base al promedio de los datos de las dos fechas, una línea no presentó granos infectados, 4 líneas estuvieron en la categoría 0.1-2.5%, 4 en la de 2.6-5.0%, 7 en la de 5.1-10.0% y 4 en la de 10.1-30%. El promedio general de infección del grupo fue de 6.3% con un rango de 0 a 19.0%, aunque algunas líneas presentaron porcentajes más altos de infección en las diferentes fechas.

Figura 2. Porcentaje promedio de infección de dos fechas con punta negra, de 16 líneas avanzadas y 4 variedades de trigo harinero, evaluadas bajo condiciones naturales en el ciclo 2017-2018, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, Mexico. 1= Roelfs F2007, 2= Norman F2008, 3= Onavas F2009, 6= Borlaug 100.

En el 2013, Fuentes-Dávila *et al*. reportaron que la línea de trigo harinero BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000 presentó 30.9% de grano infectado, mientras que en el 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019, Fuentes-Dávila *et al*. reportaron que las variedades o líneas Villa Juárez F2009, NL1048/4/CHIBIA//PRLII/CM65531/3/SKAUZ/BAV92, SOKOLL*2/3/BABAX/LR42//BABAX, SOKOLL*2/3/BABAX/LR42//BABAX, ND643/2*WBLL1/5/PRL/2*PASTOR/4/CHOIX/STAR/3/HE1/3*CNO79//2*SERI/6/PRL/2*PASTOR/4/CHOIX/STAR/3/HE1/3*CNO79//2*SERI y SITE/MO//PASTOR/3/TILHI/4/WAXWING/KIRITATI/5/KACHU#1/KIRITATI//KACHU, presentaron los niveles más alto de infección con 7.4, 12.3, 31.5, 22.6, 15.9 y 25.9%, respectivamente. Estos niveles de infección afectan la calidad del grano con la consecuente baja en el precio de venta. Las evaluaciones de los trigos experimentales en cuanto a su reacción a la punta negra y a otras enfermedades debe ser un trabajo constante 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.

Líneas y variedades de trigo harinero

CONCLUSIONES

Dentro de las categorías de infección de punta negra en base al promedio de los datos de las dos fechas, la línea BORL14*2//KFA/2*KACHU (CMSS12B00633T-099TOPY-099M-0SY-43M-0WGY) no presentó granos infectados, y las líneas KACHU/BECARD//WBLL1*2/BRAMBLING/3/FRNCLN*2/TECUE #1, BORL14*2/MUNAL #1, BORL14*2//MUNAL #1/FRANCOLIN #1 y la variedad ONAVAS F2009, estuvieron en la categoría de infección de 0.1-2.5%.

REFERENCIAS

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 DG, Figueroa LP, Camacho CMA, Chávez VG y Félix FJL. 2014. Evaluación de la reacción a la punta negra de variedades y líneas de trigo cristalino y harinero en el Valle del Yaqui, Sonora, durante el ciclo 2011-2012. pp. 286. Reuniones Nacionales de Investigación e Innovación Pecuaria, Agrícola, Forestal y Acuícola-Pesquera Yucatán 2014. Octubre 6-9, 2014. Mérida, Yucatán, México.

Fuentes-Dávila, G., Figueroa-López, P., Camacho-Casas, M.A., Félix-Fuentes, J.L., Félix-Valencia, P.,

Chávez-Villalba, G. y Parra-Cota F.I. 2015. Reacción de trigos harineros a la punta negra (*Alternaria* spp.) bajo infección natural en el ciclo 2012-2013. XVII Congreso Internacional/XLII Congreso Nacional de Fitopatología. Julio 19 al 23, 2015. México, D.F. Revista Mexicana de Fitopatología 33: S151-152. Resumen 132.

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.

Fuentes-Dávila, G., Rosas-Jáuregui, I.A., Félix-Fuentes, J.L., Camacho-Casas, M.A. y Chávez-Villalba, G. 2017. Reacción a la punta negra (*Alternaria* spp.) de líneas avanzadas de trigo harinero en el ciclo 2014-2015. pp. 475-480. 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., Félix-Fuentes, J.L. y Camacho-Casas, M.A. 2018. Reacción a la punta negra (*Alternaria* spp.) de líneas avanzadas de trigo harinero en el ciclo 2015-2016. pp. 101-106. Memoria de la XXX Semana Internacional de Agronomía, del 3 al 7 de Septiembre, 2018. Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia, Durango, México. 1197 p.

Fuentes-Dávila, G., Rosas-Jáuregui, I.A., Ayón-Ibarra, C.A., Félix-Fuentes, J.L. y Torres-Cruz, M.M. 2019. Reacción a la punta negra (*Alternaria* spp.) de líneas avanzadas de trigo harinero en el ciclo 2016-2017. pp. 317-323. Memoria de la XXXI Semana Internacional de Agronomía, del 2 al 6 de Septiembre, 2019. Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia, Durango, México. 1103 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. Consultado el 23 de Mazo, 2014.

Wiese, M.V. 1987. Compendium of Wheat Diseases. APS Press. The American Phytopathological Society. St. Paul, MN, USA. 112 p.

REACCIÓN DE CINCO LÍNEAS ENDOGÁMICAS DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* JACQ.) A LA INOCULACIÓN POR *Fusarium*

Alfonso López Benítez[1*], Odilon Gayosso Barragán[2], Ulises Aranda Lara[3], Manuel Vizcarra López[1]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. [2]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar-INIFAP, Ojuelos de Jalisco, Jal., México. [3]Campo Experimental Rio Bravo, INIFAP, Rio Bravo, Tamaulipas, México.

***alfopezbe_2000@hotmail.com**

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la reacción de cinco líneas endogámicas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) a la inoculación de *Fusarium* e identificar genotipos con posibles niveles de resistencia a este patógeno. Se obtuvieron muestras de tallos de plantas de chile con síntomas típicos de la enfermedad marchitamiento vascular, por sus características morfológicas de micelio y conidios a nivel microscópico se identificó como *Fusarium oxisporum*. Por inmersión de raíces, a una concentración de $1x10^6$ conidios por ml se inocularon cinco líneas endogámicas de chile habanero, además el cultivar tipo serrano Criollo de Morelos 334 (CM-334). Se estimó el índice de enfermedad porcentual y el Área Bajo la Curva de Desarrollo de la Enfermedad (ABCPE) en un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Se observaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) para índice de enfermedad y ABCPE en los genotipos evaluados, evidenciando la diferencia existente en la base genética de los genotipos y la resistencia o susceptibilidad a *Fusarium oxisporum*. El cultivar CM-334, las líneas Habanero 5 y Habanero 8 presentaron el porcentaje más bajo de incidencia de la enfermedad (10, 20 y 30 %, respectivamente) y ABCPE de 300, 560 y 880. A su vez, las líneas Habanero 9 y Habanero 6 presentaron los valores de ABCPE más altos con 2220 y 2190, respectivamente.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the reaction of five inbred lines of habanero pepper (Capsicum chinense Jacq.) to the inoculation of *Fusarium* and to identify genotypes with possible levels of resistance to this pathogen. Samples of stems of chili plants with typical symptoms of vascular wilting disease were obtained, due to their morphological characteristics of mycelium and conidia at the microscopic level it was identified as Fusarium oxisporum. By immersion of roots, at a concentration of $1x10^6$ conidia per ml, five inoculated lines of habanero pepper were inoculated, in addition to the serrano-type cultivar Criollo de Morelos 334 (CM-334). The percentage disease index and the Area Under the Disease Progress Curve (AUDPC) were estimated in a randomized complete block design, with three repetitions. Significant differences ($p \geq 0.05$) were observed for disease index and ABCPE in the evaluated genotypes, evidencing the existing difference in the genetic base of the genotypes and the resistance or susceptibility to Fusarium oxisporum. The cultivar CM-334, the Habanero 5 and Habanero 8 lines presented the lowest percentage of incidence of the disease (10, 20 and 30%, respectively) and ABCPE of 300, 560 and 880. In turn, the Habanero 9 and Habanero 6 lines presented the highest ABCPE values with 2220 and 2190, respectively.

INTRODUCCION

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es un cultivo de importancia en México, su demanda está en aumento en los mercados nacionales e internacionales. En el año 2019 se sembraron 1,135 ha de chile habanero, con un rendimiento promedio de 18.4 t ha^{-1} y un volumen de producción total de 20,829.61 t (SIAP, 2019). Este cultivo es distintivo de la Península de Yucatán, México; fue introducido por el Caribe, se adaptó a las condiciones agroecológicas y al manejo tradicional de los agricultores yucatecos; además, se integró a la cultura y gastronomía de la región, de donde se dispersó a todo el país, y actualmente se siembra a nivel comercial en, al menos, 17 estados (Latournerie *et al*., 2002).

La marchitez por *Fusarium* es una de las enfermedades más importantes en el cultivo de chile, el agente causal *Fusarium oxysporum* ocasiona pérdidas importantes de rendimiento. El patógeno invade el sistema vascular causando marchitez, clorosis y necrosis foliar. Los primeros síntomas se observan en las hojas basales como un amarillamiento unilateral, posteriormente las hojas se marchitan, se secan pero permanecen adheridas a la planta. Las raíces principales y la base del tallo presentan necrosis vascular; al cortar transversal o longitudinalmente los tallos enfermos o la base de los peciolos se observa un necrosamiento de los vasos del xilema. El patógeno causa marchitez vascular en una gran variedad de cultivos de importancia económica en todo el mundo. Es un hongo necrotrófico, transmitido por el suelo con distribución mundial en áreas tropicales a subtropicales (Booth, 1971).

El control químico no es efectivo para controlar esta enfermedad, además de incrementar los costos de producción, causa daños a la salud de los consumidores y representa un impacto ambiental negativo. Al respecto, el uso de cultivares resistentes es un método de control barato, seguro, no contaminante y confiable para controlar las enfermedades en la producción agrícola, de aquí que una de las opciones importantes, es encontrar variedades de plantas cultivadas capaces de resistir los daños causados por dichas enfermedades (Cheema, 2018). Un aspecto clave para la incorporación de resistencia a una variedad de chile comercial, es usar parentales con resistencia genética.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar la reacción de cinco líneas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) a la inoculación de *Fusarium oxisporum* e identificar genotipos con posibles niveles de resistencia a este patógeno.

MATERIALES Y METODOS

Material genético

Se evaluaron cinco líneas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq), la semilla fue proporcionada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), obtenida del Programa de Mejoramiento Genético de cultivo de chile. Se evaluó también el cultivar tipo serrano Criollo de Morelos 334 (CM334).

Aislamiento e identificación del patógeno

Se obtuvieron muestras de tallos en plantas de chile (*Capsicum annuum* L.) con síntomas típicos de la enfermedad marchitez vascular; de las cuales se realizaron cortes longitudinales al tallo con el propósito de observar síntomas de necrosis marrón interna en los vasos conductores para luego cortar secciones del tallo de aproximadamente 3 mm. Dichos tallos fueron colocados en medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA) en placas de Petri e incubados a 25 °C durante ocho días, después de lo cual se realizó transferencia por punta de hifa para obtener cultivos monospóricos. La identificación de *Fusarium oxysporum* (Fo) se hizo considerando la sintomatología presente en plantas enfermas y por las características morfológicas de micelio y conidios en medio de cultivo a nivel microscópico (Leslie y Summerell, 2006).

Preparación del inóculo e inoculación

Cultivos de *Fusarium* de 10 días de antigüedad, crecidos en medio PDA se lavaron con agua destilada estéril para obtener una suspensión de inóculo del patógeno. Para cada aislamiento se

midió la concentración de esporas realizando recuentos de macro conidios utilizando un hematocímetro Neubauer en un microscopio de aumento 40X. Para la inoculación, se usaron plántulas de chile con 68 días de germinación, usando la técnica de inmersión de raíces en una suspensión de $1x10^6$ conidios por mL.

La respuesta de las plantas a la inoculación se realizó utilizando una escala de severidad propuesta por Apodaca-Sánchez *et al*., (2004) para estimar la severidad de la enfermedad, donde 0: corresponde a plantas sin síntomas visibles a la enfermedad, 1: puntos necróticos en hipocotilo, 2: hojas marchitas, oscurecimiento en la base del hipocotilo o disminución en el crecimiento de la planta, 3: marchitez, lesiones necróticas y disminución en el crecimiento de la planta, 4: lesión necrótica, defoliación y disminución en el crecimiento, 5: muerte de la planta. Con los valores de la escala asignados a las plantas, se estimó un índice de enfermedad porcentual para cada uno de los genotipos utilizando la siguiente fórmula: $IE = \left[\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}\right) 0.2\right] 100$, Dónde: Xi= Severidad de la enfermedad en la i-ésima plántula; n= Número de plántulas evaluadas; 0.2= Factor de corrección para porcentajes de enfermedad.

Los índices de enfermedad obtenidos se usaron para determinar el avance de la enfermedad y la respuesta de estos materiales a la inoculación del patógeno calculando el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) de acuerdo con la siguiente ecuación:$ABCPE = \sum_{i=1}^{n-1}\left\{\left(\frac{y_{i+1}+ y_i}{2}\right)(t_{i+1} - t_i)\right\}$, Donde "t" es el tiempo de cada lectura, "y" es el porcentaje de plantas afectadas en cada lectura y "n" es el número de lecturas (Shaner y Finney, 1977).

Análisis estadístico

Todas las pruebas de patogenicidad se realizaron en un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones. La unidad experimental estuvo formada por 5 macetas por genotipo. Con los valores obtenidos para índice de enfermedad y ABCPE se realizó un análisis de varianza mediante el procedimiento GLM (SAS Institute, 1999) y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). El análisis de varianza para índice de la enfermedad, se realizó con valores obtenidos a los 6, 12 y 18 días después de la inoculación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en este estudio muestran diferencias significativas ($p \geq 0.05$) para índice de la enfermedad y ABCPE en los genotipos evaluados, lo anterior resalta la diferencia existente en la base genética de las líneas evaluadas y la resistencia o susceptibilidad que presentan a *Fusarium oxisporum.* Una forma de evaluar el daño ocasionado por patógenos en plantaciones de chile es por medio de la cuantificación de la incidencia, la cual mide el número de plantas afectadas expresado en porcentaje; también, se utiliza para determinar la resistencia a este patógeno.

En este estudio, los primeros síntomas de la enfermedad (clorosis) se observaron 8 días después de la inoculación, con aumento en la severidad a través del tiempo. El cultivar CM-334, las líneas Habanero 5 y Habanero 8, fueron los genotipos que presentaron el porcentaje más bajo de incidencia de la enfermedad (10, 20 y 30 %, respectivamente) y ABCPE de 300, 560 y 880. Por su parte, las líneas Habanero 9 y Habanero 6 presentaron los valores de ABCPE más altos con 2220 y 2190, respectivamente (Cuadro 1). Al respecto, el área bajo la curva de progreso de la enfermedad es un resumen cuantitativo de la inoculación del patógeno; los valores más bajos corresponden a los materiales con menor incidencia de enfermedad, es decir, con un mayor nivel de resistencia.

La respuesta de la resistencia a las enfermedades en las plantas es compleja y contiene múltiples interacciones entre genes, proteínas y metabolitos. La resistencia horizontal y vertical son un

continuo de diferentes mecanismos desarrollados por la planta para interactuar con el ambiente externo, incluyendo los patógenos (Burbano, 2020). Al respecto, las plantas y los patógenos llevan a cabo mecanismos complejos de ataque y defensa. El sistema de defensa de las plantas es la capacidad de percibir los agentes patógenos y activar respuestas de defensa efectivas. La resistencia en plantas involucra proteínas de resistencia (R) que detectan proteínas efectoras específicas (Avr) producidas por el patógeno.

Cuadro 1. Porcentaje de desarrollo de la enfermedad a lo largo del tiempo y área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) en plantas de chile después de la inoculación artificial por inmersión de raíces de *Fusarium oxisporum*

Genotipos	Índice de enfermedad			ABCDE
	12 DDI	16 DDI	20 DDI	
Habanero 10	75.0 a	85.0 a	97.0 a	2120 c
Habanero 9	75.0 a	75.0 b	80.0 b	2220 a
Habanero 6	70.0 a	75.0 b	80.0 b	2190 b
Habanero 8	30.0 b	30.0 c	30.0 c	880 d
Habanero 5	20.0 c	20.0 d	20.0 d	560 e
CM-334	10.0 d	10.0 e	10.0 e	300 f

El uso de variedades de chile con resistencia genética representa una buena alternativa de producción sustentable sustituyendo aplicaciones frecuentes de pesticidas, por lo tanto, el manejo de enfermedades de las plantas es uno de los principales objetivos en programas de mejoramiento genético. Sin embargo, las interacciones hospedero-patógeno que implican resistencia están lejos de ser simples; las plantas desarrollan mecanismos de resistencia, los patógenos desarrollan estrategias para superar la resistencia de las plantas; las plantas, a su vez, desarrollan nuevas medidas defensivas que seleccionan cambios adicionales en el patógeno (Gururani *et al*., 2012). La agrupación de genotipos en función de su reacción a la enfermedad marchitez por *Fusarium*, facilitó la identificación de líneas resistentes y susceptibles, mismas que pueden considerarse en trabajos posteriores de mejoramiento genético para el cultivo de chile.

CONCLUSIONES

Se identificó la línea Habanero 5 y Habanero 8, como los genotipos con menor incidencia de este patógeno bajo condiciones de invernadero, por lo tanto, representan una alternativa potencialmente útil en programas de mejoramiento genético, orientados al control de la marchitez del chile.

REFERENCIAS

Apodaca-Sánchez, M.A., Zavaleta-Mejía, E., Osada, K. S., y García-Espinoza, R. (2004). Pudrición de la corona del chile (*Capsicum annuum* L.) en Sinaloa, México. Revista Mexicana de Fitopatología, 22, 22-29. Texcoco, México. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61222104

Booth, C. (1971). The Genus Fusarium (p. 237). Commonwealth Mycological Institute, Kew Surrey, England.

Burbano, F.O. (2020). Plant resistance to pathogens: A review describing the vertical and horizontal resistance concepts. Revista Argentina de Microbiología 52(39), 245-255. https://doi.org/10.1016/j.ram.2020.04.006

Cheema, A. K. (2018). Plant breeding its applications and future prospects. International Journal of Engineering Technology Science and Research 5(3), 88-94.

Gururani, M. A., Venkatesh, J., Upadhyaya, C.P., Nookaraju, A., Pandey, S.K., Park, S.W. (2012). Plant disease resistance genes: Current status and future directions. Physiological and molecular plant pathology. 78, 51–65. doi:10.1016/j.pmpp.2012.01.002.

Latournerie M. L., Chávez S.J., Pérez, P.M., Castañón N.G., Rodríguez H.S., Arias R.L., Ramírez V.P. (2002). Valoración in situ de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annuum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatán. Revista Fitotecnia Mexicana 25, 25-33.

Leslie, J.F., Summerell, B.A. (2006). The *Fusarium* laboratory manual. Oxford: Blackwell Science. 212.

Shaner, G., Finney, R. (1977). The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox. Phytopathology. 67, 1051-1056. https://doi.org/10.21273/JASHS.129.3.0394.

SIAP (2019). Cierre de la producción agrícola por cultivo. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Documento en línea:http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/ (Consultado 25 febrero 2020).

REACCIÓN DE VARIEDADES DE SORGO A *MACROPHOMINA PHASEOLINA* (TASSI) GOID

Ulises Aranda Lara [1]*, Héctor Williams Alanís [2], María Genoveva Álvarez Ojeda[1]

[1] INIFAP. Campo Experimental Río Bravo; carretera Matamoros-Reynosa, km 61; CP. 88900; Río Bravo, Tam .[2] Ex Investigador de INIFAP
Autor de correspondencia: aranda.ulises@inifap.gob.mx*

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la reacción a *Macrophomina phaseolina* de seis variedades experimentales y seis variedades de polinización libre del INIFAP, con la finalidad de identificar variedades que puedan presentar tolerancia o menor susceptibilidad a esta enfermedad. El experimento se estableció en Río Bravo, Tamaulipas, México, durante el ciclo agrícola Otoño-Invierno 2020/2021, bajo condiciones de temporal. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental consistió en inocular 10 plantas con mondadientes infectados del hongo. El análisis de varianza detectó diferencias significativas ($p<0.05$) en longitud de lesión ocasionada por el hongo. Los genotipos con menor longitud de lesión en promedio fueron: 195-2, R0180 y Gaviota (8.98, 8.96 y 7.82 cm, respectivamente). Los genotipos con mayor longitud de lesión fueron 197-1-1, Sinaloense y Sureño (28.82, 23.37 y 14.87 cm, respectivamente).

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the reaction to *Macrophomina phaseolina* of six experimental varieties and six open-pollinated varieties of INIFAP, in order to identify varieties that may present tolerance or less susceptibility to this disease. The experiment was established in Río Bravo, Tamaulipas, México, during the Autumn-Winter 2021 cycle, under rainfed conditions. A complete randomized block design with three replications was used. The experimental plot consisted of inoculating 10 plants with infected toothpicks of the fungus. The analysis of variance detected significant differences ($P<0.05$) in lesion length caused by the fungus. The genotypes with the lowest average lesion length were: 195-2, R0180 and Gaviota (8.98, 8.96 and 7.82 cm, respectively). The genotypes with the longest lesion length were 197-1-1, Sinaloense and Sureño (28.82, 23.37 and 14.87 cm, respectively).

INTRODUCCIÓN

El sorgo es una gramínea de fotosíntesis C4, tolerante a la sequía, de rápido crecimiento, posee amplia adaptabilidad y tolera condiciones adversas de producción, además su siembra es factible en áreas no aptas para otros cultivos (Calviño y Messing, 2012). La incidencia de enfermedades es uno de los principales factores que limitan la producción de sorgo granifero, entre ellas la ocasionada por el hongo *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid, que ocasiona la pudrición carbonosa del tallo (PCT) en sorgo y otros cultivos de importancia económica en México (Dhingra y Sinclair, 1978). El hongo *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid, ataca a más de 500 especies de plantas (Mihail y Taylor, 1995). Las altas temperaturas y la sequía favorecen el desarrollo de la enfermedad (Williams *et al.,* 2009). La enfermedad se presenta en todas las áreas productoras de sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench y es más severa en regiones donde frecuentemente se presentan temperaturas del suelo mayores a 32° C con sequía. La inoculación de las plantas de sorgo por medio de la técnica del palillo específica para *Macrophomina phaseolina* es

ampliamente utilizada en todo el mundo para realizar comparaciones entre genotipos (Williams *et al.* 2009). El objetivo de este estudio fue evaluar seis variedades experimentales y seis comerciales de sorgo para grano por su reacción a PCT, para identificar las más tolerantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en los terrenos del Campo Experimental Río Bravo (CERIB), Río Bravo, Tamaulipas. Se estableció el ensayo el 06 de febrero durante el ciclo agrícola Otoño-Invierno 2020/2021 con riego de presiembra únicamente, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los genotipos de grano blanco experimentales fueron: 195-2, 196-2, 197-1, 197-2,197-1-1 y R0180; y las variedades comerciales: Sinaloense, Sureño, RB-Paloma, Gavatero, RB-Gaviota y Fortuna. Esta última fue utilizada como testigo tolerante según lo reportado por Moreno *et al*. (2017). La parcela experimental fue de dos surcos de 5 m de largo y 0.80 m de ancho. Después de 15 días de la siembra se aclareó hasta tener una población aproximada de 187 500 plantas ha^{-1}.

El manejo agronómico fue conforme al paquete tecnológico recomendado para sorgo de temporal por el INIFAP-CERIB (INIFAP, 2017) en la región. La inoculación de la cepa de *Macrophomina phaseolina* utilizada en el estudio se obtuvo de plantas de sorgo infectadas de forma natural por el patógeno y colectadas en el ciclo agrícola Otoño-Invierno 2019/2020, en el CERIB. La cepa se purificó en medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA) fresco, acidificado con 1 ml de ácido láctico L^{-1} y se incubó a 30 ºC de cinco o siete días para el aislamiento. Para reproducir el hongo se colocaron palillos de dientes estériles en cajas Petri con papa-dextrosa-agar (PDA) y la cepa del hongo. Se incubaron a 34º C durante siete días, después se retiraron y secaron a temperatura ambiente.

En cada parcela experimental, las plantas fueron inoculadas artificialmente usando la técnica del palillo, la cual se realizó a los 21 días después del inicio de la floración en 10 plantas por parcela (Williams *et al.* 2004). La cuantificación de la severidad de la enfermedad fue de acuerdo al criterio establecido por Bramel-Cox *et al*. (1988), y se utilizó la longitud de lesión para cuantificar la severidad de la enfermedad ocasionada por el hongo *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid al cultivo de sorgo. La evaluación de la longitud de lesión se realizó a los 21 días después de la inoculación. Los tallos se abrieron y se midió en cm la longitud de la lesión producida por el patógeno. También se cuantificaron los días a antesis (FL), altura de planta (cm) (ALP), excersión (cm) (EXC) y Acame de tallo (ACA) según el porcentaje de plantas acamadas: 1, 10 %; 2, de 10 a 25 %; 3, de 25-50 %; 4 de 50-75 %; y 5, más de 75 %. Los análisis de varianza se hicieron con PROC GLM y la prueba de medias con Tukey ($P<0.05$), utilizando el paquete estadístico SAS versión 9.3.1 (SAS, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza detectó diferencias significativas (Cuadro 1) entre variedades, en lo que respecta a longitud de lesión para severidad de lesión causada por *Macrophomina phaseolina* en sorgo. Las variedades de polinización libre Sinaloense y Sureño mostraron una longitud de lesión de 23.37 cm y 14.87 cm, respectivamente, mientras que la variedad experimental del INIFAP 197-1-1 mostró lesiones de 29.82 cm. A diferencia de las demás variedades que mostraron una longitud de lesión mayor de 12.25 cm a 7.82 cm, estas variedades no alcanzaron los niveles deseados de tolerancia (< 5.0 cm) (Tenkouano *et al.* 1993; Pecina *et al,* 1999).

Gaviota fue la variedad que presentó los valores numéricos más bajos de pudrición carbonosa del tallo. Por otra parte, fue la que presentó mayor acame. En contraparte, la variedad 197-1-1 presentó mucha infección y poco acame. Esta variedad experimental mostró los valores más altos para altura de planta (258 cm) y mayores días a antesis (106 cm), para la variable acame presentó la calificación 1.3 ya que presenta buenas raíces adventicias lo que permiten presentar menor acame Figura 1. La *Macrophomina phaseolina* causa el acame de las plantas, imposibilitando la cosecha mecánica; por lo que algunos autores (Díaz-Franco *et al.* 2008) sugieren que la pérdida mayor en el rendimiento del cultivo provocado por la enfermedad se debe más al acame de la planta que al efecto directo del hongo en el grano.

Cuadro 1. Cuadro 1. Longitud de lesión causada por *Macrophomina phaseolina* y características agronómicas en 12 variedades de sorgo, ciclo agrícola O-I 2020-2021. Río Bravo, Tamaulipas.

Genotipo	**Longitud de lesión (cm)**	**ACA (1-5)**	**FL (días)**	**ALP (cm)**	**EXC (cm)**
197-1-1	29.8 a	1.3 c	106 a	258 a	15.3 a
Sinaloense	23.3 ab	2.1 bc	75 hg	202 ab	18 6 a
Sureño	14.8 bc	1.6 c	84 e	169 bc	7.3 a
Paloma	12.2 c	3.5 ab	75 g	195 b	14.6 a
Gavatero	12.2 c	2.1 bc	73 h	189 b	14.6 a
197-2	11.6 c	1.5 c	92 c	204 ab	14.3 a
196-2	10.8 c	3.1 ab	82 f	151 bc	9.0 a
Fortuna(T)	10.0 c	1.0 c	99 b	179 b	8.1 a
197-1	9.2 c	3.6 a	84 e	156 bc	5.6 a
195-2	8.9 c	3.6 a	87 d	150 bc	7.0 a
R0180	8.9 c	3.3 ab	70 i	119 c	6.3 a
Gaviota	7.8 c	3.8 a	70 i	123 c	7.0 a

FL: días a antesis, ALP: Altura planta, ACA: Acame de tallo, según el porcentaje de plantas acamadas: 1, 10 %; 2, de 10 a 25 %; 3, de 25-50 %; 4 de 50-75 %; y 5, más de 75 %. EXC: Excersion (T): Testigo tolerante. Valores con diferentes letras son estadísticamente diferentes. Prueba de medias con Tukey ($P<0.05$).

En la variable excersión no hubo diferencias significativas entre las variedades. Moreno *et al*. (2017) en su estudio concluye que la variedad Fortuna fue tolerante al presentar 3.5 centímetros

de longitud de lesión promedio, y presentó los valores más bajos en acame. En la presente evaluación los resultados obtenidos fueron diferentes a Moreno *et al*. (2017) en longitud de lesión de Fortuna, ya que no presentó los niveles de tolerancia (< 5.0 cm) al obtener 10 cm en promedio. Esta diferencia obtenida en la severidad de lesión y lo reportado por Williams *et al.* (2009) se puede atribuir a diferentes factores tales como: condiciones climáticas, adaptación, sequía, prácticas agronómicas y patogenicidad de cepas o aislamientos del patógeno *Macrophomina phaseolina* en sorgo.

Figura 1: Longitud de lesión causada por *Macrophomina phaseolina* en la variedad 197-1-1.

CONCLUSIÓN

En este estudio no se identificaron variedades tolerantes a la pudrición carbonosa del tallo causada por *Macrophomina phaseolina*, por lo cual es recomendable continuar con las investigaciones respectivas.

REFERENCIAS

Bramel-Cox P., Stein S., Rodgers D. and Claflin L. 1988. Inheritance of resistance to *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid and *Fusarium moniliforme* Sheldon in sorghum. Crop Science 28(1): 37-40.

Calviño M. and Messing J. 2012. Sweet sorghum as a model system for bioenergy crops. Curr. Opin. Biotechnol. 23, 323-329. DOI: 10.1016/j.copbio.2011.12.002.

Dhingra O.D., and Sinclair J.B. 1978. Biology and Pathology of *Macrophomina phaseolina*. Universidade Federal de Vicosa. Vicosa, Brazil. 166 p.

Díaz-Franco A., Salinas-García J.R., Garza-Cano I., y Mayek-Pérez N. 2008. Impacto de labranza e inoculación mycorrízica arbuscular sobre la pudrición carbonosa del tallo y rendimiento de maíz en condiciones semiáridas. Revista Fitotecnia Mexicana 31:257-263.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2017. Agenda Técnica Agrícola Tamaulipas. Primera edición. Paquete Tecnológico de sorgo grano para el norte de Tamaulipas 344-346.

Mihail J.D. and Taylor S.J. 1995. Interpreting variability among isolates of *Macrophomina phaseolina* in pathogenicity, pycnidium production, and chorate utilization. Canadian Journal of Botany 73:1596-1603.

Moreno G.T., Melgoza-Villagómez C.M., Cuevas Reyes V. and Hernández-Espinal, L.A. 2017. Evaluación de la susceptibilidad a *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid en diferentes variedades e híbridos comerciales de sorgo en Sinaloa, México. Nova scientia, 9(18), 186-199.

Pecina-Quintero V., Williams-Alanís H. and Vandemark G.J. 1999. Diallel analysis of resistance to *Macrophomina phaseolina* in sorghum. Cereal Research Communications 27:99-106.

SAS Institute. 2006. Release 9.3 ed. SAS Institute, Inc., Cary, NC.

Tenkouano A., Millar F.R., Frederiksen R.A. and Rosenow D.T. 1993. Genetics of no senescence and charcoal rot resistance in sorghum. Theoretical and Applied Genetics 85:644-648.

Williams-Alanís H., Zavala-García F., Martínez-Hernández R., Rangel-Estrada S.E. and Machuca-Orta I. 2004. Reacción a *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid de híbridos comerciales y experimentales de Sorgo [Sorghum bicolor (L.) Moench.] para grano. Revista Mexicana de Fitopatología 22:216-222.

Williams-Alanís H., Pecina-Quintero V., Montes-García N., Palacios-Velarde O., Arcos-Cavazos G. y Vidal-Martínez V.A. 2009. Reacción de variedades de sorgo [Sorghum bicolor (L.) Moench.] para grano a *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. Rev. Mex. Fitopatol. 27:148-155.

RENDIMIENTO DE FORRAJE EN VARIEDADES DE SORGO

Ulises Aranda Lara[1]*, Héctor Williams Alanís[2]

[1]INIFAP-Campo Experimental Río Bravo. Carretera. Matamoros-Reynosa Km-61. CP. 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México. [2] Ex-Investigador de INIFAP-Campo Experimental Río Bravo. Autor de correspondencia: aranda.ulises@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento de forraje de un grupo de variedades experimentales de sorgo, comparados con los testigos comerciales, en Río Bravo, Tamaulipas. El experimento se estableció en el Campo Experimental Río Bravo (CERIB), durante el ciclo agrícola otoño-invierno (OI) 2020/2021; consistiendo de seis variedades experimentales y seis comerciales, en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los resultados indican que la variedad experimental 197-1-1, resultó igual ($P<0.05$) en peso de materia seca total (21.89 t ha^{-1}), que las variedades: Fortuna (21.34 t ha^{-1}), 197-2 (20.70 t ha^{-1}), Sinaloense (17.30 t ha^{-1}) Sureño (15.30 t ha^{-1}), 196-2 (13.93 t ha^{-1}), Gavatero (13.81 t ha^{-1}), 195-2 (13.58 t ha^{-1}), 197-1 (12.52 t ha^{-1}) y R0180 (11.08 t ha^{-1}), y fue superior a RB-Paloma (10.43 t ha^{-1}) y RB-Gaviota (9.68 t ha^{-1}).

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the forage yield of a group of experimental sorghum varieties compared to commercial controls at Rio Bravo, Tamaulipas. The experiment was established at the Rio Bravo Experimental Station (CERIB), during the autumn-winter season 2020/2021; consisting of six experimental and six commercial varieties, in a randomized complete block design with three replications. The results indicate that experimental variety 197-1-1 was equal ($P<0.05$) in total dry matter yield (21.89 t ha^{-1}) than the varieties; Fortuna (21.34 t ha^{-1}), 197-2 (20.70 t ha^{-1}), Sinaloense (17.30 t ha^{-1}) Sureño (15.30 t ha^{-1}), 196-2 (13.93 t ha^{-1}) Gavatero (13.81 t ha^{-1}), 195-2 (13.58 t ha^{-1}), 197-1 (12.52 t ha^{-1}) and R0180 (11.08 t ha^{-1}) and was superior to RB-Paloma (10.43 t ha^{-1}) and RB-Gaviota (9.68 t ha^{-1}).

INTRODUCCIÓN

En los últimos 10 años el cultivo del sorgo en México se ha posicionado como uno de los cereales más importantes, al obtener una producción promedio de 5.87 millones de toneladas de grano, (SIAP, 2020a); mientras en el año 2019 la producción de forraje se registró en 25 estados de la Republica, destacando entre los primeros lugares: Coahuila, Sinaloa y Durango (SIAP, 2020b). El estado de Tamaulipas está ubicado en la región noreste de México, y de acuerdo a información oficial, la mayor actividad agrícola de este estado se encuentra en el ciclo agrícola OI, con el 67.9 % de la superficie total (SIAP, 2019). Actualmente existe una diversidad de materiales disponibles en el mercado, sin embargo, la mayoría son híbridos para grano, cuya de semilla es importada, por lo tanto su valor se determina con la paridad peso/dólar americano, lo que representa un incremento en los costos de producción del cultivo. Una buena opción en lugar de los híbridos, podría ser la utilización de variedades de polinización libre, ya que su semilla es más fácil de producir, es más barata que la de los híbridos, los mismos productores pueden multiplicarla y producen mayor cantidad de biomasa. Por tal motivo, es necesaria la evaluación de las variedades en diferentes condiciones edafoclimáticas (Williams *et al*., 2021). Con base a lo anterior, se planteó este estudio con el objetivo de evaluar el rendimiento de forraje de variedades

de experimentales y comerciales de sorgo bajo condiciones de temporal en Río Bravo, Tamaulipas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció el 05 de marzo del 2021 en el ciclo agrícola OI 2020/2021 bajo condiciones de punta de riego (un riego de pre siembra) en el Campo Experimental Río Bravo (CERIB), ubicado en el km 61 de la carretera Matamoros-Reynosa, con las coordenadas geográficas 25° 57' 53" LN, 98° 01' 06" LO, altitud 30 m, temperatura media anual 23.5ºC y una precipitación media anual de 550 mm (Silva-Serna y Hess-Martínez, 2001). Después de 15 días de la siembra se aclareó hasta tener una población aproximada de 187, 500 plantas ha^{-1}. El manejo agronómico fue conforme al paquete tecnológico para sorgo de temporal recomendado por INIFAP-CERIB en la región (INIFAP, 2017).

Se evaluaron seis variedades experimentales de sorgo (197-1-1, 197-2,196-2,195-2,197-1, R0180) y seis variedades de sorgo comercial que fueron; RB-Paloma, Gaviota, Fortuna, Gavatero, Sureño y Sinaloense. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental en bloques completos al azar con tres repeticiones. El tamaño de cada parcela fue de dos surcos de cinco metros de longitud, con separación entre surcos de 0.80 m. Dentro de cada parcela experimental sin considerar los surcos de las orillas y dejando 1 m en ambos extremos de los surcos, se seleccionó un metro lineal en el centro de la parcela, la que se tomó como la unidad experimental.

Las variables de estudio fueron: el rendimiento de forraje seco (t ha^{-1}) y composición morfológica (%): hoja, tallo, panícula. Para determinar ambos en cada parcela experimental, se cosecharon (a 15 cm sobre el suelo) las plantas presentes en el surco central. El forraje cosechado se pesó y posteriormente las plantas se separaron en cada uno de sus componentes morfológicos: hoja, tallo y panícula. Cada componente se pesó en fresco y posteriormente se secaron en una estufa de aire forzado a 65 °C hasta peso constante. Cada componente morfológico se pesó después del secado para determinar el contenido de materia seca, y posteriormente se estimó el rendimiento (t ha^{-1}) total (MST) de cada componente. Los datos obtenidos se sometieron a la comparación de medias con Tukey, usando el paquete estadístico SAS versión 9.3.1 (SAS, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se muestran los resultados y las diferencias entre las variedades. El rendimiento máximo que se presenta en el Cuadro 1 es de 21.89 t ha^{-1}, todas las variedades fueron estadísticamente iguales ($P<0.05$) excepto RB-Paloma y RB-Gaviota, los cuales presentaron rendimientos de 10.43 y 9.68 t ha^{-1}, respectivamente. Durante el ciclo del cultivo se presentaron lluvias de 274 mm (Conagua 2021), favorecieron el buen desarrollo de las plantas. Los rendimientos de materia seca obtenidos de las variedades en estudio oscilo de 9.68 a 21.89 t ha^{-1}. En los componentes del peso seco de la hoja oscilaron de 2.32 a 3.41 t ha^{-1}, no se presentaron diferencias significativas ya que las variedades se ubicaron en el mismo grupo estadístico.

Las variedades 197-1-1, Fortuna, 197-2, Sinaloense presentaron los mayores rendimientos de materia seca en el tallo con 16.33 t ha^{-1}, 16.40 t ha^{-1}, 13.66 t ha^{-1} y 8.83 t ha^{-1} respectivamente, superando a Sureño,196-2. Gavatero,197-1, R0180,195-2, RB-Paloma y RB-Gaviota. En el componente panícula, la variedad Sinaloense obtuvo el mayor rendimiento con 5.83 t ha^{-1}, pero es estadísticamente igual a 10 de las 12 variedades evaluadas, excepto a variedad R0180 con 2.03 t ha^{-1}, la cual presentó el menor rendimiento. Se ha reportado que la variedad Paloma tiene potencial para la producción de forraje (Montes *et al*., 2012). Sin embargo, en este estudio fue

superada por Fortuna, que presentó el mayor rendimiento, lo cual concuerda con lo reportado en otras investigaciones, donde se menciona que es un material con buen potencial forrajero, ya que esta variedad presenta plantas con hojas anchas y abundantes (Valadez e*t al*. 2011; Williams *et al*. 2021; Aranda *et al*. 2021). Las variedades experimentales 197-1-1 ,197-2, 196-2, 195-2 y 197-1 presentaron buen potencial forrajero, por lo cual es necesario continuar con su evaluación en diferentes localidades.

Cuadro 1. Rendimiento de materia seca total en t ha^{-1} (MST) y componentes morfológicos en variedades de sorgo. Río Bravo. O-I, 2020/2021.

Variedades	**MST**		**Hoja**		**Tallo**		**Panícula**	
197-1-1	21.89	a	3.31	a	16.33	a	2.26	ab
Fortuna	21.34	ab	2.69	a	16.40	a	2.20	ab
197-2	20.80	ab	3.41	a	13.66	ab	3.73	ab
Sinaloense	17.30	abc	2.66	a	8.83	abc	5.83	a
Sureño	15.30	abc	3.29	a	8.33	bc	3.66	ab
196-2	13.93	abc	2.84	a	7.80	bc	3.33	ab
Gavatero	13.81	abc	2.83	a	7.73	bc	3.26	ab
195-2	13.58	abc	3.40	a	5.53	c	4.70	ab
197-1	12.52	abc	3.29	a	6.23	bc	3.03	ab
R0180	11.08	abc	2.36	a	6.70	bc	2.03	b
RB-Paloma	10.43	bc	2.78	a	5.00	c	2.66	ab
RB-Gaviota	9.68	c	2.32	a	4.36	c	3.00	ab
Media	15.15		2.93		8.91		3.31	

Valores con diferentes letras en las columnas son estadísticamente diferentes.

CONCLUSIÓN

La variedad experimental 197-1-1 resulto igual en peso de materia seca total (P< 0.05) que las variedades; Fortuna (T), 197-2, Sinaloense, Sureño, 196-2, Gavatero, 195-2, 197-1 y R0180; y fue superior a RB-Paloma (T) y RB-Gaviota. Estas variedades deberán ser evaluadas en un mayor número de ciclos o ambientes.

REFERENCIAS

Aranda-Lara, U., Felipe-Victoriano, M., Granados-Rivera, L. D., Valadez-Gutiérrez, J., & Garay-Martínez, J. R. 2021 Rendimiento de forraje y grano en variedades de sorgo en el sur de Tamaulipas, México, ciclo otoño-invierno. Revista Ciencia e Innovación 4(1):11 17

CONAGUA, Comisión Nacional del Agua. 2021. Precipitación (mm) por Entidad Federativa y Nacional 2021. https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Pron%C3%B3stico%20clim%C3%A1tico/Temperatura%20y%20Lluvia/PREC/2021.pdf. Fecha de consulta 26 de julio del 2021.

INIFAP, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2017. Agenda Técnica Agrícola Tamaulipas. Primera edición. Paquete Tecnológico de sorgo grano para el norte de Tamaulipas 344-346.

Montes-García, N., Williams-Alanís, H., Moreno-Gallegos T., Cisneros-López, M. A. y Pecina-Quintero, V. 2012. 'RB-Paloma', variedad de sorgo blanco para producción de grano y forraje. Revista Fitotecnia Mexicana 35(2):185-187.

SAS Institute. 2006. Release 9.3 ed. SAS Institute, Inc., Cary, NC.

SIAP, Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. 2019. Tamaulipas. Infografía Agroalimentario 2019. Primera edición. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México. 53.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020a. Producción Agrícola. México http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/. Fecha de consulta 21 de mayo del 2021

SIAP, Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. 2020b. Panorama Agroalimentario 2020. Primera edición. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México. 196 p.

Silva-Serna, M.M. y Hess-Martínez, L. 2001. Caracterización del clima en el norte de Tamaulipas y su relación con la agricultura. Publicación técnica No. 1. INIFAP. Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas. México 50 p.

Valadez, J., García, J. C., Zavala, F. y Valle, L. L. 2011. Producción de biomasa y concentración de azúcares de dos variedades de sorgo dulce en la región Huasteca Tamaulipeca. Revista Científica UDO Agrícola 11(1):58-70.

Williams-Alanís, H., Aranda-Lara, U., Arcos-Cavazos, G., Zavala-García, F., Rodríguez-Vázquez, M. del C. y Olivares-Sáenz, E. 2021. Potencial productivo de variedades experimentales de sorgo blanco para el sur de Tamaulipas. Nova Scientia 13(2):1-19.

RENDIMIENTO DE PASTO BANDERITA CULTIVADO EN TRES DENSIDADES DE POBLACIÓN BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL

Pablo Alfredo Domínguez Martínez, Saúl Santana Espinoza, Rigoberto Rosales Serna, Donaji Sierra Zurita y Rafael Jiménez Ocampo

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango – El Mezquital km. 4.5, Durango, Dgo. México. C.P. 34170.
dominguez.pablo@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento del pasto banderita *cv.* Diana un año después de haberse trasplantado en tres densidades de población bajo condiciones de temporal. Se trasplantaron plántulas de pasto banderita *cv.* Diana de 60 días de edad. El trasplante se realizó en 18 parcelas experimentales de 48.6 m^2. A cada parcela se le asignó aleatoriamente uno de tres tratamientos: 60,000 plantas ha^{-1} (60), 80,000 planta ha^{-1} (80) y 100,000 plantas ha^{-1} (100). No se encontraron diferencias estadísticas en el rendimiento de MS y unidades de dispersión de los tratamientos. Con base en lo anterior, se recomienda establecer praderas o semilleros de pasto banderita *cv*. Diana con una densidad de 60 mil plantas ha-1. El uso de la densidad de población más baja permitirá reducir los costos de establecimiento en campo.

Palabras clave: *Bouteloua curtipendula*, materia seca, unidades de dispersión

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the yield of sideoats grama *cv*. Diana one year after transplant in three population densities under rain-fed conditions. Sixty-day-old plants were transplanted. One of three experimental treatments (60,000, 80,000, and 100,000 plants ha^{-1}) was randomly assigned to eighteen experimental plots of 48.6 m^2. No statistical differences were found among treatments for dry matter and dispersion unit yield. Hence, the 60,000 density should be preferred when establishing pastures or seedbeds of Diana sideoats grama. On the other hand, using the lowest plant density will help reduce establishment costs.

Keywords: *Bouteloua curtipendula*, dry matter, dispersion units

INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento irracional o excesivo de los recursos forrajeros no sólo causa daños en la vegetación, sino que también daña el ecosistema; se observan aumentos en los escurrimientos, incrementa la tasa de erosión, ocurren cambios en el flujo de nutrientes, hay pérdida de la biodiversidad, se acelera el avance de especies exóticas, se reduce la producción de forraje y calidad nutricional del mismo, debido a la reducción en la cobertura de las especies nativas (Domínguez-Martínez et al., 2016).

Con la intención de revertir los daños ocasionados en los agostaderos, se han emprendido diversas acciones que tienen como finalidad promover el establecimiento y desarrollo de pastos nativos. Existe gran interés en repoblar los agostaderos con pastos nativos debido a su mayor adaptación a las condiciones de suelo, clima y para no perturbar aún más estos ecosistemas con la introducción de especies exóticas (Valdés y Cabral, 1993). Dentro de la gran diversidad de gramíneas nativas del árido y semiárido mexicano, el pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) es de las especies con las que más se está trabajando para repoblar los agostaderos degradados. Esto se debe principalmente a su mayor adaptación edafoclimática, excelente palatabilidad y contenido nutricional.

Un pastizal en buen estado debe albergar entre 50,000 y 60,000 macollos maduros de pastos deseables por hectárea (Quero-Carrillo *et al*., 2014). En caso contrario, se debe direccionar todos los esfuerzos para que paulatinamente se alcancen los 50,000 macollos adultos por hectárea y la máxima productividad del pastizal (Quero-Carrillo *et al*., 2017).

Una forma para lograr el rápido establecimiento de macollos de pastos nativos es mediante el trasplante. Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento del pasto banderita *cv.* Diana un año después de haberse trasplantado en tres densidades de población bajo condiciones de temporal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Campo Experimental Valle del Guadiana del INIFAP en Durango. El campo está ubicado en el kilómetro 4.5 de la carretera Durango – El Mezquital, en el municipio de Durango, Dgo. a los a los 23° 59’ 21” N y 104° 37’ 33” O, con una altitud de 1,877 m. El suelo predominante es de tipo franco, el cual tiene capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 2 %, pH de 6.5 y es pobre en materia orgánica, fósforo y nitrógeno. La capacidad de campo es 34 %, punto de marchitamiento permanente de 12 % y humedad aprovechable de 22 %. El clima es templado-semiárido, con régimen de lluvias en verano y variación fuerte de la temperatura [BS_1 kw (w) (e)], con un promedio anual de 17.4 °C

(García, 1987). La lluvia acumulada durante el año alcanza una media de 476 mm, con valores altos entre junio y septiembre (Medina *et al*., 2005).

El 17 de junio de 2019 se trasplantaron plántulas de pasto banderita *cv.* Diana de 60 días de edad. El trasplante se realizó en 18 parcelas experimentales de 48.6 m^2. A cada parcela se le asignó aleatoriamente uno de tres tratamientos: 60,000 plantas ha^{-1} (60), 80,000 planta ha^{-1} (80) y 100,000 plantas ha^{-1} (100). Todos los tratamientos se mantuvieron bajo condiciones de temporal. Treinta y sesenta días después del trasplante se realizó un deshierbe mecánico utilizando una cultivadora agrícola.

El 23 de septiembre de 2020 se realizó un muestreo para evaluar el rendimiento de materia seca y unidades de dispersión. Al centro de cada parcela experimental se cortó el forraje de 1.62 m^2 (unidad experimental; UE) a una altura de corte de 5 cm sobre el nivel del suelo. El forraje obtenido se introdujo a una estufa de aire forzado, con temperatura de 55 °C, hasta alcanzar peso constante. Una vez que la muestra estaba completamente seca se separaron las unidades de dispersión y se registró su peso.

Los datos obtenidos se analizaron utilizando un diseño experimental de seis bloques completamente aleatorizados. En caso de encontrar diferencias entre los tratamientos, se realizó una prueba de Tukey (P <0.05) para la comparación entre medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a la producción de MS (Figura 1) no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (P <0.05). Sin embargo, se observa que el tratamiento 80 produjo en promedio 1.50 % más MS en comparación con el tratamiento 100 y 8.37 % más que el tratamiento 60.

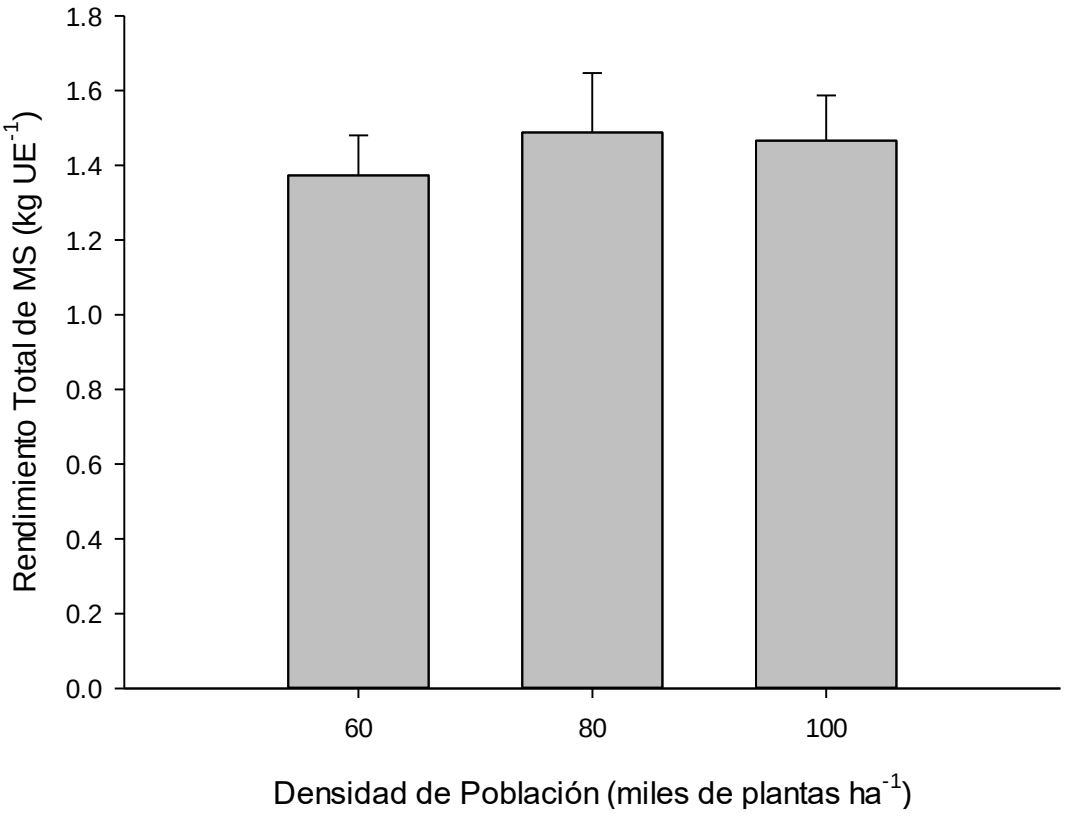


Figura 1. Rendimiento de MS de pasto banderita *cv*. Diana cultivado en tres densidades de población bajo condiciones de temporal.

Beltrán et al., (2013) reportan que, en condiciones de temporal la variedad Diana es capaz de producir 0.299 kg MS en una superficie similar a la de las UE del presente estudio; sin embargo, en dicho estudio no se menciona con que densidad de población se obtuvo ese rendimiento. Los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran una producción de MS mayor que la reportada por Beltrán et al., (2013). Los contrastes encontrados probablemente se deban a la diferencia en la densidad de población, modo de establecimiento del pasto (siembra vs trasplante) y a la precipitación registrada durante el periodo de evaluación.

El análisis de la producción de unidades de dispersión (semilla) no arrojó diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$). En la Figura 2 se puede observar que, existe un incremento de 4.62 y 17.53 % en la producción de unidades de dispersión del tratamiento 80 con respecto a los dos tratamientos restantes (100 y 60, respectivamente).

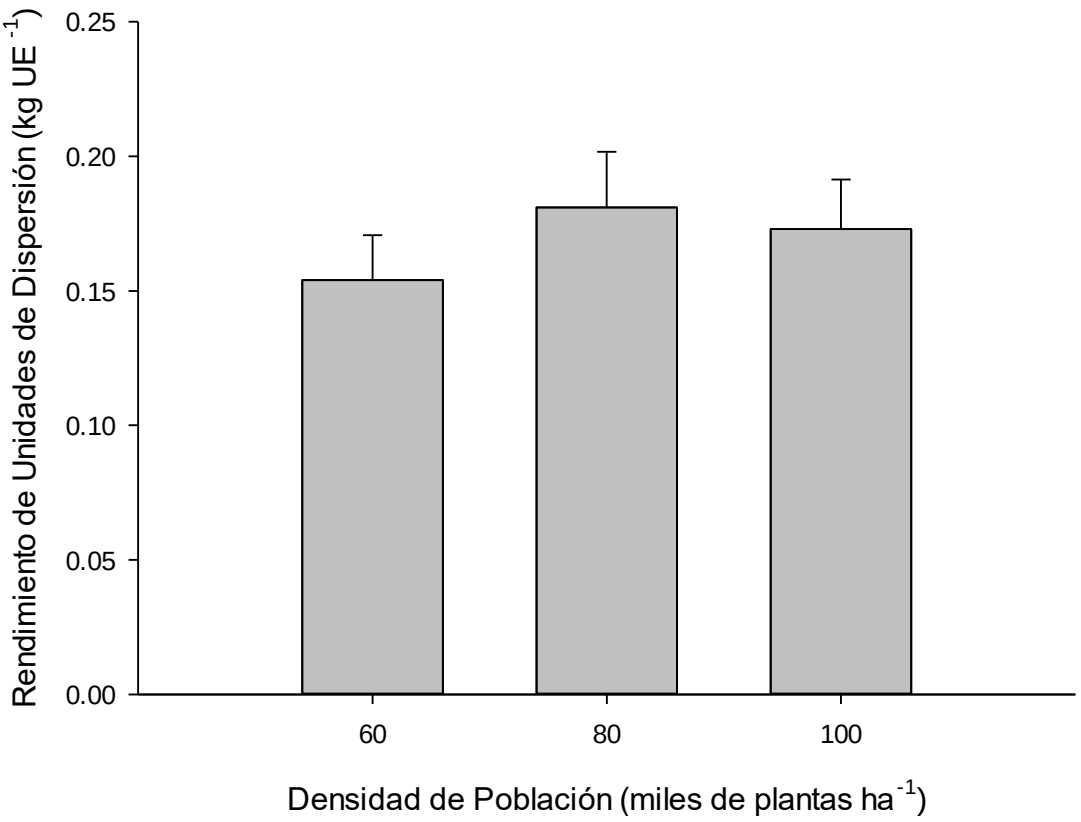


Figura 2. Rendimiento de unidades de dispersión del pasto banderita *cv*. Diana cultivado en tres densidades de población bajo condiciones de temporal.

La producción de unidades de dispersión obtenida en el presente estudio supera en 22.07 a 33.70 % lo reportado por Beltrán et al., (2013) en una superficie similar las UE utilizadas en este trabajo. Sin embargo, en el trabajo de Beltrán y colaboradores no se menciona cual fue la densidad de población presente en la pradera de pasto banderita.

CONCLUSIONES

El pasto banderita Diana es una variedad que se adapta a las condiciones agroclimáticas del estado de Durango. Además, se aprecia que, cuando es trasplantado, es un material con buena producción de MS y unidades de dispersión bajo condiciones de temporal.

En el presente estudio no se encontraron diferencias entre en los tratamientos de 60, 80 y 100 mil plantas ha^{-1}. Con base en lo anterior, se recomienda establecer praderas o semilleros de pasto banderita *cv*. Diana con una densidad de 60 mil plantas ha-1. El uso de la densidad de población más baja permitirá reducir los costos de establecimiento en campo.

Se considera necesario prolongar el periodo de evaluación para conocer si se mantiene la productividad de las diferentes densidades de población.

REFERENCIAS

COTECOCA – SARH. 1987. Las gramíneas de México. Tomo II. México.

Beltrán, L.S., C.A. García D., J.A. Hernández A., C. Loredo O., J. Urrutia M., L.A. González E. y H.G. Gámez V. 2013. "Banderilla Diana" *Bouteloua cutipendula* (Michx.) Torr., nueva variedad de pasto para zonas áridas y semiáridas. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 4(2):217-221.

Domínguez-Martínez, P.A., E. Basave-Villalobos, M. Velázquez-Martínez, R. Jiménez-Ocampo y J.A. Sigala-Rodríguez. 2016. Producción en vivero de plántula de gramíneas nativas para el establecimiento de semilleros. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Folleto Técnico Núm. 82. ISBN 978-607-37-0697-1. 30 p.

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.

Humphrey, R.R. 1960. Arizona range grasses. Ariz. Agric. Exp. Sta. Bull 298.

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 1961-2003). Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Dgo. México. 224 p.

Quero-Carrillo, A.R., L. Miranda-Jiménez, F.J. Hernández-Guzmán y F.A. Rubio A. 2014. Mejora del establecimiento de praderas. Folleto técnico. Colegio de Postgraduados. 31 p.

Quero-Carrillo, A.R., L. Miranda-Jiménez y J.F. Villanueva-Avalos. 2017. Recursos genéticos de gramíneas para el pastoreo extensivo. Condición actual y urgencia de su conservación ante el cambio climático. Rev. AIA. 21(3):63-85.

Rzedowski, G.C. y J. Rzedowski. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.

Stubbendieck, J., S.L. Hatch, y C.H. Butterfield. 1992. North American range plants. Lincoln, NE: University of Nebraska Press. 493 p.

Valdés, J. y I. Cabral. 1993. Chronology of Mexican grasses. En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa. Biological diversity of Mexico: origins and distribution. Oxford University Press. Nueva York, EUA. pp. 439 – 446.

RENDIMIENTO Y ESTABILIDAD DE MESTIZOS DE MAÍZ

YIELD AND STABILITY OF MAIZE TOPCROSSES

Antuna-Grijalva, Oralia [1]; Espinoza-Banda, Armando [1]; Llaven-Valencia, Genny [2]; Quiroz-Mercado, Jorge [1] y Hernández-Hernández, Aidé [3]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Periférico "Raúl López Sánchez" km 2. Torreón, Coahuila. CP. 27054, [2] Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Valle del Fuerte. Carretera Internacional México-Nogales km 1609, Juan José Ríos, Sinaloa, C.P. 81110, [3]Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Carretera a Brecha, S/N, Ej. Burrioncito, C.P. 81149,
Gusave, Sinaloa. e-mail: oantuna_77@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue seleccionar los mejores mestizos con base a su comportamiento agronómico y a su aptitud combinatoria general (ACG). Se midieron las variables floración femenina (FF), floración masculina (FM), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM) y rendimiento de grano (RG). El RG en primavera presentó 9.60 t ha^{-1} y verano 5.61 t ha^{-1}. En los efectos de ACG, los mestizos EN-05-10, EN-08-12, EN-06-16 y EN-02-16 reflejaron valor significativo y positivo en RG. El mestizo EN-05-10 presentó el mayor rendimiento de grano y estabilidad con 8.9 t ha^{-1}.

ABSTRACT

The objective of the study was to select the best topcrosses based on their agronomic behavior and their general combinatorial aptitude (GCA). The variables female flowering (FF), male flowering (FM), plant height (AP), cob height (AM) and grain yield (RG) were measured. The RG in spring presented 9.60 t ha^{-1} and summer 5.61 t ha^{-1}. In the effects of GCA, the topcrosses EN-05-10, EN-08-12, EN-06-16 and EN-02-16 reflected significant and positive value in GR. The topcrosses EN-05-10 presented the highest grain yield and stability with 8.9 t ha^{-1}.

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento de líneas es una actividad muy importante dentro de un programa de mejoramiento genético, ya que permite mejorar los caracteres y corregir las deficiencias de los materiales existentes; sin perder la identidad de sus patrones heteróticos (Bauman, 1977).En el cultivo de maíz se cuenta con un grupo importante de líneas que pueden ser usadas en la formación de nuevos híbridos. Sin embargo, es necesario discriminar líneas con base a su Aptitud Combinatoria General (ACG) y Específica (ACE). El uso de probadores en la selección

de líneas representa una estrategia metodológica alternativa en la generación de híbridos ya que permite de una manera eficiente dirigir cruzamientos y lograr mejores combinaciones híbridas (Sierra *et al*., 1991).

MATERIALES Y METODOS

El experimento se desarrolló en el ciclo primavera-verano de 2020, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), en Torreón, Coahuila. Se utilizaron como hembras 12 líneas enanas tipo braquítico (br2) y, como macho, un probador de amplia base genética. El material genético se estableció en campo en un diseño experimental de bloques al azar con 13 tratamientos y 3 repeticiones. La parcela experimental consistió en dos surcos de 3.0 m de largo y 0.75 m de ancho con una separación entre plantas de 0.15 m con 28 plantas por tratamiento por repetición. Se registraron las variables floración femenina (FF),floración masculina (FM), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM) y rendimiento de grano (RG). Para estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) se utilizó la metodología propuesta por Sprague y Tatum (1942).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los mestizos fueron diferentes (P≤0.01) para las variables cuantificadas lo cual implica que los tratamientos difieren en las características agromorfológicas que se evaluaron, lo cual permitirá realizar la selección de los más sobresalientes (Cuadro 1). En la interacción CxT fue significativa (P≤0.01) solamente en las variables FM y RG. Lo cual sugiere que los mejores mestizos de primavera no se comportan igual en verano.

Los coeficientes de variación (CV) fueron de 2.18 (FM) a 13.41 % (RG); lo cual indica un control aceptable (<25%) de la variabilidad experimental (López *et al*., 2017).

Cuadro 1. Cuadrados medios, media y coeficiente de variación en variables agronómicas de 12 mestizos de maíz y un probador

F.V.	Ciclo (C)	REP(C)	Trat	CxT	Error	CV (%)	MEDIA
gl	1	4	12	12	48		
FM	5.13 ns	2.17 ns	21.08**	6.32**	1.56	2.18	57.33
FF	11.54 ns	2.60 ns	19.77**	4.79 ns	3.09	2.95	59.59
AP	2.35**	0.02 ns	0.06**	0.01 ns	0.02	7.07	1.93
AM	0.30**	0.01 ns	0.05**	0.01 ns	0.01	10.85	1.13
RG	310.32**	0.78 ns	6.45**	3.21**	1.04	13.41	7.60

FV: Fuente de Variación, gl: Grados de Libertad, Trat: tratamientos, FM: Floración Masculina, FF: Floración Femenina, AP: Altura de Planta, AM: Altura de mazorca y RG: Rendimiento de Grano. * y **:

significativo para P≤0.05 y P≤0.01, respectivamente

En el Cuadro 2, se presentan los valores medios de los tratamientos, donde se observa que el EN-05-10 presentó el mayor rendimiento de grano con 8.9 t ha^{-1} siendo estadísticamente igual a nueve genotipos y superior al probador, el cual registro un rendimiento de 5.28 t ha^{-1}. El mestizo EN-05- 10, presenta un periodo de floración que oscila entre los 58 y 60 días después de la siembra, estadísticamente igual a nueve mestizos, y más tardíos que el probador el cual fue de ciclo precoz con 53 y 54 días después de la siembra.

La altura promedio de los mestizos y del probador fue de 1.93 a 1.13 m para planta y mazorca respectivamente, el mestizo EN-02-16 presentó la mayor altura de planta (AP) estadísticamente igual a once genotipos incluyendo al probador y diferente al resto.

Cuadro 2. Valores medios en variables agronómicas de 12 mestizos de maíz y un probador

Tratamientos	FM	FF	AP	AM	RG
EN-05-10	58.50	60.83	1.83	1.15	8.90
EN-08-12	58.00	59.50	1.91	1.08	8.76
EN-06-16	59.33	61.67	1.94	1.32	8.67
EN-02-16	58.00	60.83	2.08	1.24	8.48
EN-03-9	57.17	59.67	1.89	1.10	7.94
EN-05-8	58.33	60.67	2.05	1.19	7.88
EN-07-12	56.17	58.50	1.97	1.10	7.80
EN-02-7	58.00	60.00	2.07	1.17	7.42
EN-03-3	57.50	60.00	2.00	1.14	7.41
EN-03-13	57.83	60.00	1.89	1.10	7.03
EN-04-2	54.17	57.33	1.79	1.02	6.68
EN-05-12	59.33	60.83	1.86	1.12	6.58
Probador	53.00	54.83	1.84	0.94	5.28
DMS (0.05)	2.51	3.54	11.37	0.28	2.05
Media	57.33	59.59	6.95	1.93	7.60

FF: Floración Femenina, FM: Floración masculina, AP: Altura de planta, AM: Altura de mazorca y RG: Rendimiento de grano.

Los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de los genotipos se presentan el Cuadro 3. Para rendimiento de grano (RG), los mestizos con valores positivos y significativos de ACG fueron EN-05-10, EN-08-12, EN-06-16 y EN-02-16 con 1.30, 1.16, 1.07 y 0.88 respectivamente. Esto resultados señalan que los tratamientos tienen una alta contribución en la expresión de rendimiento en sus progenitores, y que los efectos aditivos son los más importantes. Por lo cual, se puede concluir que dichos materiales podrían incluirse en un programa de mejoramiento

genético de maíz, para contribuir con alelos superiores para rendimiento (Preciado *et al*., 2005; Guillén *et al*., 2009).

El probador, los mestizo EN-04-2, EN-07-12 presento efectos de ACG negativos para las variables de FM y FF, lo cual indica que la precocidad de los genotipos está controlada por efectos génicos aditivos y de tipo negativo.

El mestizo EN-03-9 solo presento efectos negativos en FM con -0.17 y en FF el mestizo EN-08-12 con -0.09.

Se presentaron efectos negativos de ACG en el Probador y los mestizos EN-03-13, EN-03-9, EN-04-2, EN-05-12 y EN-08-12 tanto en AP como en AM, con valores que oscilaron que desde -0.08 hasta -0.14 en AP y en AM desde -0.01 a -0-18. En general se observa que estos genotipos reflejaron una altura de AM y AP promedio, lo cual se considera como un carácter deseable ya que contar con materiales de porte bajo, permite que estos toleran altas densidades de plantas y resistencia al acame (Cervantes *et al.,* 2018*)*.

Cuadro 3. Aptitud Combinatoria General (ACG) en 12 mestizos de maíz y un probador

TRAT	FM	FF	AP	AM	RG
Probador	-4.33 *	-4.76	-0.09	-0.18	-2.33
EN-02-16	0.67	1.24	0.15	0.11	0.88
EN-02-7	0.67	0.41	0.14	0.04	-0.18
EN-03-13	0.50	0.41	-0.04	-0.03	-0.57
EN-03-3	0.17	0.41	0.07	0.01	-0.19
EN-03-9	-0.17	0.08	-0.04	-0.02	0.34
EN-04-2	-3.17	-2.26	-0.14	-0.11	-0.93
EN-05-10	1.17	1.24	-0.11	0.02	1.30
EN-05-12	2.00	1.24	-0.08	-0.01	-1.03
EN-05-8	1.00	1.08	0.12	0.06	0.28
EN-06-16	2.00	2.08	0.01	0.19	1.07
EN-07-12	-1.17	-1.09	0.04	-0.03	0.20
EN-08-12	0.67	-0.09	-0.02	-0.04	1.16
DMS (0.05)	1.03	1.45	0.11	0.10	0.84

Trat: Tratamientos, FF: Floración Femenina, AP: Altura de Planta, AM: Altura de mazorca y RG: Rendimiento de Grano.

CONCLUSIONES

- Los tratamientos fueron estadísticamente diferentes para todas las variables evaluadas.
- El mestizo EN-05-10 presentó el mayor rendimiento de grano con 8.9 t ha^{-1},en ambos ciclos y el más estable.

- Dentro de los valores de ACG, los mestizos EN-05-10, EN-08-12, EN-06-16 y EN-02-16 mostraron el valor significativo positivomás alto para RG.

REFERENCIAS

Bauman, L. F. (1977). Improvement of established maize inbreds. *Maydica (Italy)*.

Cervantes-Ortiz, F., Hernández-Esparza, J., García-Rodríguez, J. G., Rangel-Lucio, J. A., Andrio-Enríquez, E., Mendoza-Elos, M. & Rodríguez-Mercado, D. (2018). Aptitud combinatoria general y específica de caracteres agronómicos en líneas de maíz (Zea mays L.) de baja endogamia. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, *34*(1), 33-42.

Guillén-de La Cruz, P., E. de La Cruz-Lázaro, G. Castañón-Nájera, R. Osorio-Osorio, N.P. Brito-Manzano, A. Lozano-del Río y U. López-Noverola. 2009. Aptitud combinatoria general y específica de germoplasma tropical de maíz. Tropical and Subtropical Agroecosystems 10: 101-107.

López L.C., M. Tadeo-Roblero, A. Espinosa-Calderón, J.J. García Z., I. Benitez R., Ma. G. Vázquez-Carrillo y J.A. Carrillo-Salazar. 2017. Productividad de cruzas simples con calidad de proteína en Valles Altos de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 8(3): 559-370.

Preciado, R., A. Terrón, N. Gómez y E. Robledo. 2005. Componentes genéticos en poblaciones heteróticamente contrastantes de maíz de origen tropical y subtropical. Agronomía Mesoamericana 16(2): 145-151.

Sierra, M. M., Preciado, O. R. E., Alcázar, A. J. J., & Rodríguez, M. F. A. (1991). Selección de líneas por su rendimiento y adaptación con base en un patrón heterótico conocido. *Memoria de la XXXVII Reunión Anual del PCCMCA. Panamá, Panamá*, 109-116.

Sprague, G.F., and A. Tatum. 1942. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. J. Am. Soc. Agron. 34:923-32.

REQUERIMIENTO HIDRICO DE PEPINO (Cucumis sativus L.) EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Marroquín-Morales José A.[1]; Gayosso Barragán Odilón[2], García-Bolívar Elco H.[1]; Hidalgo-Ramos Dreyli M[3].; Montoya Coronado Lope.[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug. km. 12. Cajeme, Obregón, Sonora, México. marroquin.jose@inifap.gob.mx
[2]CENID-AF-INIFAP. Carretera Ojuelos-Lagos de Moreno km 8.5, Ojuelos, Jalisco, México.
[3]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui. Av. Tecnológico, Calle 600, Block 611. C. P. 85275. San Ignacio Río Muerto, Bácum, Sonora, México.

RESUMEN

En el Valle del Yaqui se siembran alrededor de 230,000 ha de esta superficie el cultivo hortícola ha variado en los últimos años, actualmente se tienen cerca de 10,000.0 ha una de las razones es por la demanda nacional e internacional y los rendimientos que se han obtenido en los últimos años aunado al precio. El productor aplica diferentes láminas de riego, sin conocer el volumen de agua aplicado, tampoco si la planta lo requiere, lo hacen de forma tradicional de acuerdo a su experiencia, es importante conocer la necead hídrica del cultivo y el momento oportuno de su aplicación. Por lo que el objetivo de este trabajo fue conocer el volumen de agua total consumido durante todo el ciclo de la planta y su relación con el rendimiento. Este trabajo se realizó en el ciclo 2020-2021 en el Block 910 del Valle del Yaqui, se validó con el sistema de riego por goteo con cinta de 1 l h^{-1} calibre 6 mil, espaciado a 25 cm de separación entre goteros, en un área de 1 ha. El estudio indico que se requirió 5400 m^3 ha^{-1} siendo un total de 330 litros de agua consumida por cada planta establecida, con una eficiencia del 90%, esto se debe al sistema de riego por goteo y al acolchado plástico. El rendimiento por cada planta fue de 11.4 kg.

Palabras clave: *Pepino, Rendimiento, Riego por goteo.*

ABSTRACT

In the Yaqui Valley, around 230,000 ha of this area are planted, the horticultural crop has varied in recent years, currently there are about 10,000.0 ha, one of the reasons is due to national and international demand and the yields that have been obtained in the last years coupled with the price. The producer applies different irrigation sheets, without knowing the volume of water applied, nor if the plant requires it, they do it in a traditional way according to their experience, it is important to know the water needs of the crop and the opportune moment of its application. Therefore, the objective of this work was to know the total volume of water consumed during the entire cycle of the plant and its relationship with performance. This work was carried out in the 2020-2021 cycle in Block 910 of the Yaqui Valley, it was validated with the drip irrigation system

with a 6 mil gauges 1 l h^{-1} tape, spaced 25 cm apart between drippers, in a area of 1 ha. The study indicated that 5400 m^3 ha^{-1} was required. A total of 330 liters of water consumed by each established plant, with an efficiency of 90%, this is due to the drip irrigation system and the plastic mulch. The yield for each plant was 11.4 kg.

Keywords: *Cucumber, Yield, Drip Irrigation.*

INTRODUCCIÓN

La implementación de la producción hortícola en invernadero disminuye el riesgo de la producción, incrementa la rentabilidad del sector productivo; además de que genera fuente de trabajo, disminuye la contaminación ambiental y los daños a la salud (Grijalva y Robles, 2003).

La producción de pepino en invernadero en el noroeste de México ha sido un éxito, al obtenerse buenos rendimientos con una sola duración del ciclo, siendo esta de 108 días en invierno, lo que da oportunidad de realizar dos siembras al año prolongando así la ventana de producción (Hernández, 2006). Bajo condiciones de cubiertas, la producción de pepino es de 2 a 9 veces más que en campo abierto, dependiendo del nivel tecnológico, el manejo y las condiciones climatológicas, siendo asimismo una alternativa a la diversificación de cultivos. (Fumiaf, 2005)

Al tener un mejor control en las variables ambientales y agronómicas, la producción bajo cubiertas es mejor, en calidad y cantidad, que la producida a campo abierto. Uno de los principales factores que afectan el rendimiento es la aplicación oportuna y suficiente del riego. Una mala programación de riego también promueve la presencia de enfermedades y desórdenes fisiológicos (Flores. J., *et al.,* 2007*).*

El manejo del riego es una de las actividades más importantes para conseguir altos rendimientos, pero sobre todo alta calidad del producto. Esta actividad adquiere una mayor relevancia debido a que el uso de sustratos es muy común en las casas sombras y la cantidad de agua que estos pueden almacenar es muy reducida. En tales condiciones se hace necesario suministrar láminas de riego muy pequeñas y frecuentes, aplicadas con mucha precisión (Roblero, A., 2004).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el ciclo otoño-invierno 2019-20 en terrenos de un productor cooperante, Cd. Obregón, Sonora, localizado en el Block 910 del Valle del Yaqui, bajo las condiciones de riego por goteo. El tipo de suelo fue arcilloso, el cultivo inmediato anterior fue tomate también regado por goteo. La preparación del terreno fue cinceleo y doble paso de rastra.

La fertilización base fue de 250 kg ha^{-1} de nitrógeno en forma de urea y 100 kg ha^{-1} de fosforo en forma de fosfato monoamónico (MAP) y 150 kg/ha de potasio, se aplicó 20% de la dosis de fertilización antes del trasplante, y el resto una vez por semana, todo el fertilizante se aplicó por fertirrigacion. El trazo de las camas fue de 2.1 m de separación por 23 m de longitud, la distancia entre plantas de 25 cm para así tener un total de 16,000 plantas por ha. El riego de pre-siembra fue de 15 cm de lámina y posteriormente se aplicaron distintos regímenes de riego a lo largo del ciclo del cultivo. El material genético evaluado para pepino fue la variedad espada.

La siembra se llevó a cabo el 19 de agosto del 2020 a tierra venida (húmedo). El trasplante se realizó manualmente; para el control de maleza en las calles se utilizó (paraquat) en dosis de 1.5 l ha^{-1}, para el control de mosca blanca (trialeurodes vaporiarorum) se aplicó (Thiametoxam, sufoxaflorImidacloprid + lamda) en dosis de 0.75 y 0.5 l ha^{-1}, para el control de ácaros, gusano soldado, gusano del fruto y minador de la hoja se aplico (Benzoato de emamectina) en dosis de 500 ml ha^{-1}, todas las aplicaciones se realizaron con una mochila aspersora.

Los riegos se realizaron diariamente en función de las lecturas de humedad del suelo, también se instaló la cinta de riego con un gasto de (1 lh^{-1}) y se cubrió el surco con acolchado plástico de polietileno de 150 galgas de espesor perforado a 25 cm. Se instalaron los sensores de humedad watermark a 25 y 50 cm bajo la superficie del suelo, para determinar la humedad disponible total en todo el ciclo del cultivo, las lecturas se tomaron diariamente

La unidad experimental fue la casa sombra y los muestreos se realizaron aleatoriamente identificando la planta muestra. La cosecha se realizó manualmente y las principales variables obtenidas fueron el rendimiento (kg/planta) y la lámina de riego total aplicada para cada cultivo (cm), también se obtuvieron las temperaturas máximas y mínimas, precipitación y evapotranspiración (mm) y radiación solar directa (w/ m^2) durante todo el ciclo del cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la cosecha se tomaron muestras cada dos días, se contabilizaron 26 frutos por cada planta de pepino, de estos 17 son para exportación el resto se consume en el mercado local. Todas las variables medidas fueron el promedio de todas las muestras recolectadas en toda la cosecha, cada pepino registro 33.03 cm de longitud, un diámetro de 4.82 cm (Figura 1), y un peso de 439.5 gr. Por cada planta establecida se obtuvo un rendimiento de 11.4 kg. El consumo promedio total de agua para cada casa sombra fue de 5400 m^3 ha^{-1}. Para así tener un consumo de 330 litros de agua (Cuadro 1) por cada planta en todo el ciclo del cultivo.

En la figura 2 observamos el consumo de agua durante todo el ciclo de la planta, al principio se observa que el consumo de agua es lineal (línea azul), es decir que la planta no absorbe una gran

cantidad de agua ya que se encuentra en la etapa vegetativa (v2-v3), la etapa más crítica es en floración y amarre de fruto, en estas etapas demanda la mayor cantidad de agua, donde un estrés por falta de agua se vería reflejado negativamente en el rendimiento del cultivo. La línea de color anaranjado de forma ascendente indica las horas de riego acumulado para todo el ciclo del cultivo que en promedio nos dio un total de 300 horas de riego acumulado. Los riegos fueron diferidos diariamente, el primero a las 4:00 am y el segundo a las 8 am. Con tiempos que van entre (1:30-3:00) hrs, el tiempo y requerimiento de riego estuvo en función de los sensores de humedad.

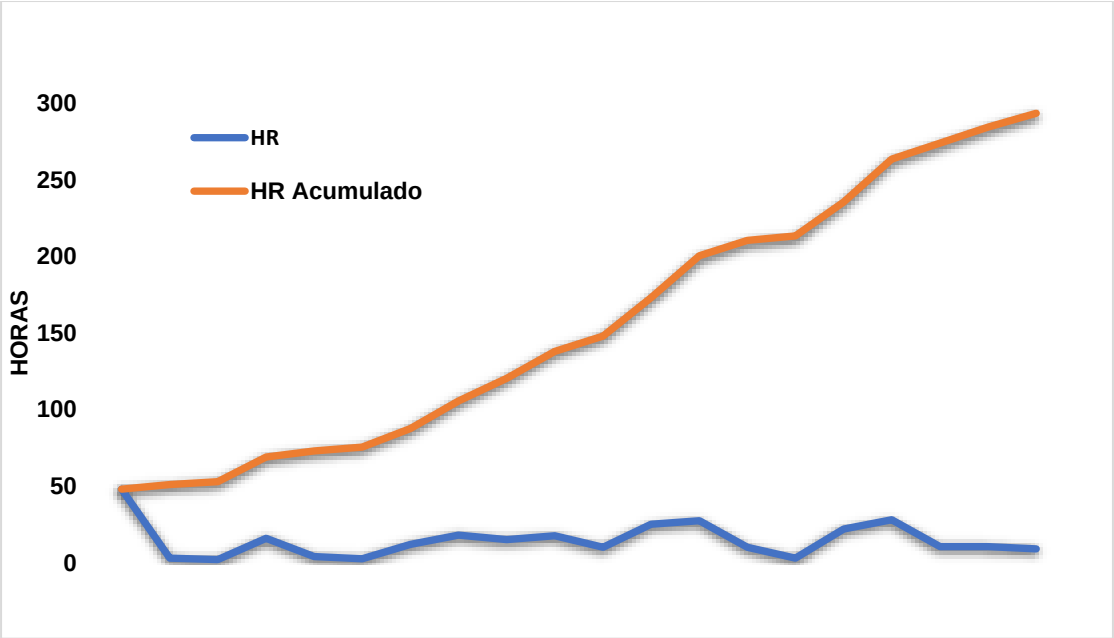


Figura 1. Horas de riego acumuladas durante todo el ciclo del cultivo de pepino.

Monitoreo de la humedad del suelo

En la figura 3 se observa las diferentes variaciones de humedad a 25 y 50 cm de profundidad durante todo el ciclo del cultivo, se aprecia que en las primeras etapas vegetativas no se afecta por estrés hídrico, ya que la planta demanda poca cantidad de agua para satisfacer sus necesidades fisiológicas, así mismo se observa un incremento en las lecturas indicando que a mayor crecimiento del cultivo mayor es la demanda de agua consumida por la planta. También se observa humedad en el suelo en un rango de 3 y 8 centibares esto indica que el suelo tuvo suficiente humedad durante todo el clico del cultivo y no sufrió estrés por falta de agua, gran parte se debe a la eficiencia que tienen los sistemas presurizados como el riego por goteo y al acolchado plástico, ya que los riegos fueron constantes y se redujo la perdida de agua por evaporación directa del suelo.

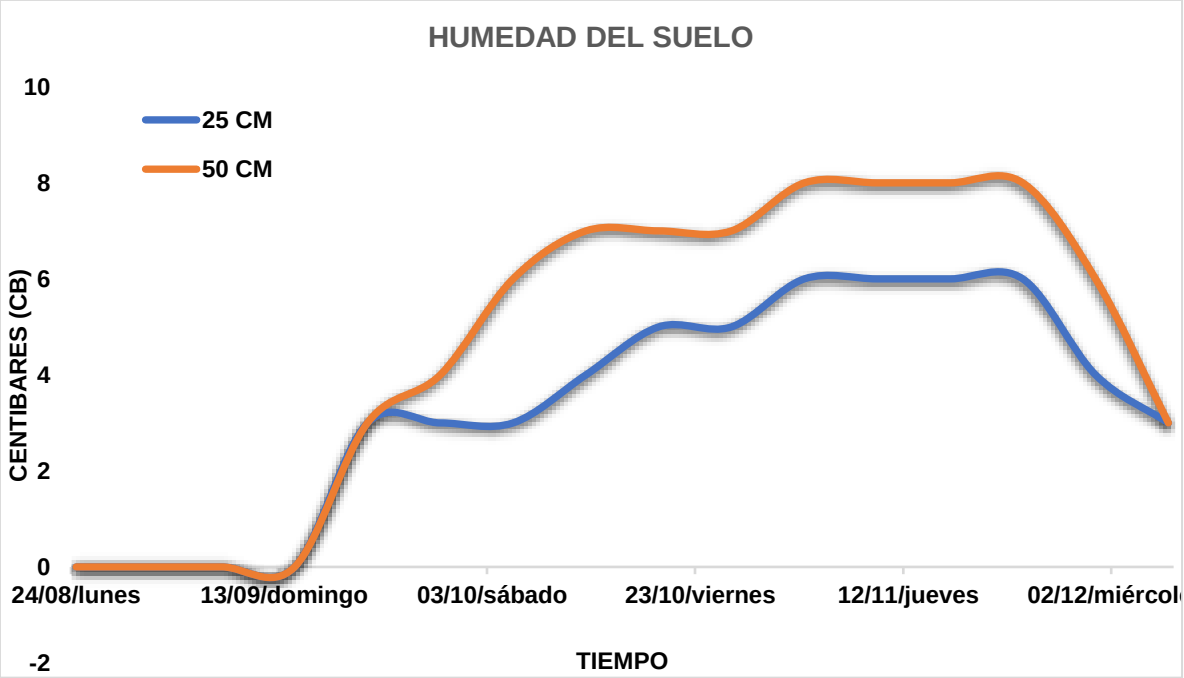


Figura 2. Monitoreo de la humedad disponible en el suelo para el cultivo de pepino durante todo el ciclo de la planta.

CONCLUSIONES

- El consumo promedio total de agua para cada casa sombra fue de 5400 m^3/ha.
- El consumo total de agua por cada planta fue de 330 litros de agua.
- Se contabilizaron 26 frutos por cada planta de pepino.
- La planta nunca tuvo estrés hídrico ya que los valores de humedad oscilaron entre 0 y 8 centibares.
- Se obtuvo buena eficiencia de riego, esto se debe al sistema de riego por goteo y al acolchado plástico utilizado.

REFERENCIAS

Fumiaf. 2005. Cultivo de pepino europeo en invernaderos de alta tecnología en México. Fundación Mexicana para la Investigación Agropecuaria y Forestal, A.C. Sagarpa, México. p. 37.

Grijalva, R.L.; Robles, F. 2003. Avances en la producción de hortalizas en invernaderos. Publicación Técnica No. 7. INIFAP-CIRNO-CECAB. Caborca, Sonora. México. 14-18.

Hernández, G. 2006. Manejo del pepino en invernadero. En: Diplomado Internacional en Agricultura Protegida. Módulo 5. Cd. Obregón, Sonora, México. p. 49.

Roblero, A. (2004). Estimación del Uso Consuntivo del Cultivo del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) Bajo Condiciones de Invernadero. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.: repositorio. uaaan.

RESILIENCIA DEL GERMOPLASMA MEXICANO DE PAPA, GENERADO POR EL INIFAP

MEXICAN POTATO GERMPLASM RESILIENECE, GENERATED BY INIFAP

Víctor M. Parga Torres,* Juan M. Covarrubias Ramírez y Víctor M. Zamora Villa.

*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

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 variedades 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, 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. Además, el germoplasma mexicano ha resistido pH muy adversos (<6.0 y >8.0). Para el problema de pardeamiento interno del tubérculo, se han iidentificado genotipos que presentan resistencia como son: 5-10, 02-95, NAU-6 y 91-29-10. 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.

ABSTRACT

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 selection 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. In addition, the Mexican germplasm has resisted very adverse pH (<4.0 and> 8.0). For the problem of internal browning of the tuber, genotypes that present resistance have been identified such as: 5-10, 02-95, NAU-6 and 91-29-10. 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.

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, 2018). 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 aún 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. 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). 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	Ireri	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 estres biótico y abióticos y dada la vulnerabilidad de la papa a estreses, 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 y 91-29-10 (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 cómo 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

Los resultados sugieren 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 y favorecido significativamente la huella de carbono, por los pesticidas y uso frecuente de la maquinaria para la aplicación de los mismos.

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.

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). 2018. 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.

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 sindrome 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.

RIEGO DE PRECISIÓN: HERRAMIENTA EN EL USO SUSTENTABLE DEL AGUA DE RIEGO EN HUERTAS DE NOGAL

Martínez Rodríguez, Juan G.[1]; Orona Castillo, Ignacio[2]; Covarrubias Ramírez, Juan Manuel[1]

[1] INIFAP CIRNE Campo Experimental "Saltillo" Saltillo, Coah.

[2] Facultad de Agronomía y Zootecnia, UJED. Ejido Venecia, Gómez Palacio, Dgo.

e-mail: martinez.juanguillermo@inifap.gob.mx

RESUMEN

Una premisa básica de la agricultura de precisión es que la colecta de información en mayor cantidad y de mejor calidad puede reducir la incertidumbre a la que se enfrentan los productores (NSF, 1997). Por su naturaleza espacial, en la distribución de los árboles, así como por el uso intensivo y los grandes volúmenes de agua de riego utilizado, el nogal pecanero se posiciona como uno de los cultivos más indicados y prometedores para utilizar tecnología de última generación, asociadas en el riego de precisión, en el manejo sustentable del agua

Las aplicaciones de las TIC's a la agricultura de precisión y al campo emergente del manejo del riego de precisión se basan principalmente en cuatro ámbitos: redes de sensores inalámbricos, teledetección (drones), tecnología GPS y sistemas de información geográfica. El riego y la gestión del agua se ha quedado atrás de otras áreas en términos de desarrollos tecnológicos, pero ahora se está uniendo al siglo 21 con tecnologías como la tasa variable de riego, los sistemas de monitoreo y los métodos de entrega de agua (goteo) más eficientes. El objetivo del presente trabajo es presentar, a través de una revisión bibliográfica, la innovación tecnológica conocida con "riego de precisión", así como mostrar las herramientas asociadas con ésta en el área de manejo de agua de cultivos agrícolas, específicamente en el cultivo del nogal.

ABSTRACT

A basic premise of precision agriculture is that collecting information in greater quantity and of better quality can reduce the uncertainty faced by producers (NSF, 1997). Due to its spatial nature, in the distribution of trees, as well as the intensive use and large volumes of irrigation water used, the pecan is positioned as one of the most suitable and promising crops to use state-of-the-art technology, associated in precision irrigation, in the sustainable management of water.

ICT applications to precision agriculture and the emerging field of precision irrigation management are mainly based on four areas: wireless sensor networks, remote sensing (drones), GPS technology and geographic information systems.

Irrigation and water management has lagged behind other areas in terms of technological developments, but is now joining the 21st century with technologies such as variable irrigation rate, monitoring systems and more efficient (drip) water delivery methods. The objective of this

paper is to present, through a literature review, the technological innovation known as "precision irrigation", as well as to show the tools associated with it in the area of water management of agricultural crops, specifically in the cultivation of walnut.

INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos, y la conservación de los recursos naturales no son objetivos mutuamente excluyentes. Existen argumentos que sugieren que la producción de alimentos utilizando técnicas agrícolas de alto rendimiento puede satisfacer las necesidades nutricionales de la población mundial (Avery, 1995). La sostenibilidad en la agricultura se relaciona con la capacidad de un agro ecosistema para mantener la producción a través del tiempo. Un concepto clave de sostenibilidad, es la estabilidad bajo un conjunto determinado de circunstancias ambientales y económicas que solo pueden gestionarse sobre una base específica del sitio.

En gran medida, el desarrollo tecnológico y el grado de innovación influirán en gran medida en la estabilidad, y sin duda en la productividad, de la agricultura (Hutchins y Gehring, 1993). La tecnología, en el sentido clásico, incluye el desarrollo y uso de nutrientes, nuevos plaguicidas, mejoramiento genético de cultivos y el uso de las técnicas de manejo agrícolas que se centran en la productividad de la granja en su totalidad, no solo en la producción anual por hectárea, a lo largo del tiempo.

Sin embargo, el desarrollo y el uso de la tecnología agrícola no se limitan a lo ya mencionado, de hecho, el uso de la tecnología computacional, combinado con dispositivos de ubicación geográfica y avances en la teledetección, así como el desarrollo de software y de micro sensores prometen cambiar radicalmente la forma en que se manejarán todos los cultivos.

Una premisa básica de la agricultura de precisión es que la colecta de información en mayor cantidad y de mejor calidad puede reducir la incertidumbre a la que se enfrentan los productores, también, la medición de la variabilidad de los factores abióticos puede facilitar la toma de decisiones de los mismos (NSF, 1997).

Por su naturaleza espacial, en la distribución de los árboles, así como por el uso intensivo y los grandes volúmenes de agua de riego utilizado, el nogal pecanero se posiciona como uno de los cultivos más indicados y prometedores para utilizar tecnología de última generación, asociadas en el riego de precisión, en el manejo sustentable del agua. Lo anterior, se debe a que la dinámica de crecimiento de este cultivo se está desarrollando en el norte del país a pasos acelerados, en

regiones donde la precipitación es escasa y donde la sobrevivencia y producción económicamente redituable del cultivo depende en un 95 por ciento del agua proveniente del sub suelo (Godoy y Huitron, 1998). En los últimos 10 años la producción de nuez pecanera en México ha experimentado un rápido crecimiento, su área sembrada se ha incrementado en casi 50 mil hectáreas (SIAP, 2020). Este incremento de la producción de nuez pecanera ha posicionado a México como uno de los principales exportadores en el mercado internacional, lo cual generó en el año 2020 una derrama económica de 11,932 millones de pesos con un rendimiento promedio nacional de 1.52 toneladas por hectárea (Martínez Rodríguez, 2021).

Además de una mejor eficiencia en el uso del agua y el potencial para ayudar a conservar este importante recurso, el riego de precisión ayuda a los productores a administrar otros recursos de manera más efectiva, producir cultivos más saludables y de mayor rendimiento. Las tecnologías de agricultura de precisión están encontrando su camino en muchas facetas de la agricultura. En los últimos años, ha habido varios avances clave que han hecho que esta tecnología sea práctica en el riego.

El objetivo del presente trabajo es presentar, a través de una revisión bibliográfica, la innovación tecnológica conocida con “riego de precisión”, así como mostrar las herramientas asociadas con ésta en el área de manejo de agua de cultivos agrícolas, específicamente en el cultivo del nogal. Este avance tecnológico ha llevado a la agricultura y específicamente al manejo del agua de riego un paso adelante en el monitoreo en tiempo real de las condiciones de humedad del suelo y la predicción de las necesidades de agua del cultivo, no solo en el cuanto regar sino, además, y esta es la innovación, en el dónde regar diferencialmente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Revisión bibliográfica

Riego de precisión

El riego de precisión, está ligado y forma parte de los que conocemos como agricultura de precisión. El término "agricultura de precisión" se define como la aplicación de diversas tecnologías y principios para manejar la variabilidad espacial y temporal asociada en todos los aspectos de la producción agrícola (Pierce y Nowak, 1999). El riego de las explotaciones, en conjunto con las necesidades de agua estimadas, es un componente esencial de la agricultura de precisión para reducir el desperdicio de agua. Dados los limitados recursos hídricos, optimizar la eficiencia del riego es de gran importancia.

En los últimos cuarenta años, se han hecho esfuerzos enormes por utilizar métodos de riego presurizados, como el riego por aspersión y por goteo. El riego de precisión es a nivel mundial un nuevo concepto en el riego. El riego de precisión implica la aplicación exacta y precisa de agua para satisfacer las necesidades específicas de plantas individuales o unidades de manejo y así, minimizar el impacto ambiental adverso. La definición comúnmente aceptada de riego de precisión es el manejo sostenible de los recursos hídricos a través de la aplicación de agua al cultivo en el momento adecuado, la cantidad correcta, y el lugar correcto aumentando la productividad del cultivo y la eficiencia del uso del agua. Añade a la ciencia del riego, además del cuanto y cuando regar, el dónde aplicar el agua de manera diferencial. En contraparte, de la manera tradicional de aplicar el riego de manera uniforme a todas las plantas o áreas de riego.

Tecnologías asociadas al riego de precisión

Sensores y Redes Inalámbricas. La llegada de los métodos de riego de precisión ha desempeñado un papel importante en la reducción de la cantidad de agua necesaria en los cultivos agrícolas y hortícolas, pero se necesitan nuevos métodos de programación y control de riego automatizado y preciso. El riego de precisión exige una adquisición intensiva de datos de campo. Una de las claves para comprender la variabilidad del rendimiento de un cultivo radica en la adquisición e interpretación de datos frecuentes. Las redes de sensores inalámbricos (WSN) son una clase relativamente nueva y en rápido desarrollo que pueden proporcionar datos de campo procesados en tiempo real a partir de una red de sensores distribuidos en el campo (Zhang, 2016; Dubravko, *et al,* 2014). Los sensores desplegados en el campo pueden medir parámetros atmosféricos y del suelo. Estas mediciones ayudan a tomar decisiones sobre riego, aplicaciones de fertilizantes y plaguicidas, detección de plagas, predicción de rendimiento, predicción de enfermedades de las plantas, etc.

También los recientes avances en las tecnologías de sensores y radiofrecuencias inalámbricas (RF) y su convergencia con Internet ofrecen grandes oportunidades para la aplicación de sistemas de sensores para la agricultura. La detección y la comunicación ahora se pueden hacer en tiempo real, lo que conduce a mejores tiempos de respuesta. Las redes de sensores inalámbricos (WSN) se han convertido en la tecnología más adecuada para monitorizar el entorno agrícola. Algunos de estos sistemas no solo permiten a los productores monitorear las condiciones del suelo y el clima, sino que también pueden permitirles controlar de forma remota los sistemas de riego, como pivotes centrales y otros sistemas de encendido y apagado. Esto

puede ayudar a facilitar el trabajo de un productor al permitirle controlar los sistemas desde la oficina (Achim, 2017).

Ingeniería de riego y tasa variable. El riego por goteo es uno de los desarrollos más importantes en la tecnología de riego. El riego por goteo es capaz de lo que muchos considerarían "riego de precisión" o "riego de tasa variable" (VRI) mediante el uso de bombas y válvulas que se pueden controlar manual o automáticamentel. Este nivel de control puede aumentar drásticamente la eficiencia del riego y proporcionar ahorros sustanciales de agua. Además del ahorro de agua, el riego por goteo tiene muchos otros beneficios. Entre estos se encuentra la capacidad de fertiirrigar, o aplicar nutrientes las plantas en el agua de riego. Si bien el riego por goteo ofrece muchas ventajas, puede ser costoso de instalar y mantener, por lo que la inversión debe ser redituable.

Los suelos, la topografía, la disponibilidad de nutrientes y el crecimiento de los cultivos varían espacialmente en los campos. Debido a esto, diferentes áreas del mismo campo pueden tener diferentes necesidades de riego (Howell, *et al.,* 1998). El riego de tasa variable (VRI) puede permitir a un productor abordar esta variabilidad y potencialmente conservar los recursos y mejorar el rendimiento. Al igual que otras aplicaciones de tasa variable, una prescripción de VRI puede ser creada por el productor e implementada por el sistema de riego. Esto puede incluir el manejo de diferentes zonas de un campo, o incluso llegar a la resolución del manejo de árboles individuales. Esto puede tener aplicaciones para grandes campos de cultivos básicos, huertas y viñedos e incluso operaciones hortícolas también. Los sistemas de riego de velocidad variable se pueden integrar en la mayoría de los sistemas de riego, incluidos los microaspersores, el goteo y los aspersores aéreos mediante la incorporación de los controladores y el software adecuados. Estos sistemas pueden ser bastante complejos dependiendo de las necesidades y preferencias del productor, y a menudo requieren trabajar con un equipo de especialistas e ingenieros de riego para desarrollar un plan y una lista de equipos necesarios (Hutchins, 2019).

Drones y cartografía de alta resolución. Uno de los grandes avances tecnológicos de los últimos tiempos, en la agricultura, sin duda alguna es el uso y la aplicación de drones (Unmanned Aerial Vehicles, UAV´s) en el monitoreo de cultivos, detección de plagas y enfermedades, así como en la aplicación de productos químicos para el control de las mismas (Torres- Rua, 2017). Estos drones cuentan con una cámara que incluye sensores que son clave para la calidad de los

mapas producidos por los mismos. En general, los sensores de bajo costo que capturan imágenes rojo-verde-azul (RGB) e infrarrojo cercano (NIR) no están necesariamente calibrados para fines agrícolas. Estas cámaras están diseñadas para tomar fotografías y videos de la naturaleza, por lo que están calibradas para capturar la luz que describe estas escenas. Las cámaras de tipo agrícola tienen filtros especializados que las encarecen. Otra clave importante en el uso de UAV es la precisión de la ubicación en el suelo de los píxeles capturados por la cámara montada en el dron. Al igual que el equipo agrícola disponible, los UAV han incorporado tecnología GPS, que registra la ubicación del UAV durante el vuelo. Sin embargo, la precisión del dispositivo GPS puede ser de +/- 3 metros, lo que significa que el dispositivo podría ubicar las imágenes del UAV en la carretera o en el siguiente campo. Para fines de investigación es importante contar con un GPS del tipo diferencial y trazar puntos de referencia en el terreno a monitorear para después hacer un procedimiento de geo ratificación y que permita así tener una cartografía exacta del área de interés. La cartografía temática generada a través del uso de drones, es de muy alta resolución, y puede ajustarse a las necesidades del productor de acuerdo a las variables bióticas o abióticas a monitorear. La cartografía así generada sirve de insumo a los GIS para su análisis y mapeo.

Sistemas de Información Geográfica (GIS). Existen varios productos relacionados con la agricultura de precisión que ofrecen herramientas para monitorear el uso del agua con el fin de mejorar el rendimiento de los cultivos y ofrece varias funcionalidades de GIS. El software de agricultura de precisión proporciona un vínculo entre los registros de producción de cultivos y los datos espaciales (mapas), que puede incluir la distribución parcelaria e información específica del sitio de interés. Por lo general, la agricultura de precisión genera una enorme cantidad de información, según el nivel de adopción por parte del dueño de la propiedad. Los posibles cambios en el manejo del rancho o parcela que ocurren debido a la adopción de diversas prácticas agrícolas de precisión deben basarse en un conocimiento preciso derivado del análisis de la información. Los programas informáticos, en combinación con el conocimiento local del agricultor y técnicos especializados en el ramo, sin duda, ayudarán a determinar tendencias y tomar decisiones acertadas.

Tecnología GPS. Comprender las condiciones del campo y la variabilidad espacial es muy importante para cualquier aplicación de agricultura de precisión. En los campos, la topografía, la textura y fertilidad del suelo, así como el crecimiento de los cultivos pueden variar espacialmente, todo lo cual puede afectar las necesidades y la disponibilidad de agua. Para manejar estos

campos, es necesario un conocimiento profundo de esta variabilidad y sus ubicaciones precisas en el campo. Los sistemas de posición global (GPS) se han vuelto indispensables hoy en día, y esta accesibilidad ha permitido grandes avances en la agricultura de precisión y ahora está encontrando su camino en el riego de precisión. En el campo, la geolocalización de zonas texturalmente diferentes, la utilización de VRI y la comprensión de los datos de las sondas de muestreo de la humedad del suelo se basan en la tecnología GPS.

CONCLUSIONES

Las aplicaciones de las TIC's a la agricultura de precisión y al campo emergente del manejo del riego de precisión se basan principalmente en cuatro ámbitos: redes de sensores inalámbricos, teledetección (drones), tecnología GPS y sistemas de información geográfica. Las redes de sensores inalámbricos y la teledetección proporcionan datos que pueden utilizarse para evaluar las necesidades de agua de los cultivos y predecir la dinámica de las precipitaciones y la humedad del suelo en un futuro próximo, mientras que los GIS son necesarios para almacenar, analizar y presentar datos georeferenciados espacialmente a traves del uso de la tecnología GPS de alta precisión. Las redes de sensores inalámbricos y su aplicación a la agricultura de precisión se presentan como una tecnología que promete ofrecer una resolución espacial y temporal sin precedentes, en el monitoreo de cultivos agrícolas. Es probable que la gestión del agua se convierta en un tema cada vez más importante en la agricultura a medida que tratamos de satisfacer las necesidades de una creciente población mundial y competir por el agua necesaria para cultivar nuestros alimentos. El riego y la gestión del agua se ha quedado atrás de otras áreas en términos de desarrollos tecnológicos, pero ahora se está uniendo al siglo 21 con tecnologías como la tasa variable de riego, los sistemas de monitoreo y los métodos de entrega de agua (goteo) más eficientes

REFERENCIAS

Achim W., R. Fingerb, R. Huberb, and N. Buchmanna. 2017. Smart farming is key to developing sustainable agriculture. PNAS, vol. 114. no. 24. Pp. 6148–6150

Avery, D.T. 1995. Saving the Planet with Pesticides and Plastic. Hudson Institute.

Dubravko C., D. Vukobratovic, V. Minic, M. A. Fernandez, J. Alvarez-Osuna y V. Crnojevic. 2014. Sensing Technologies For Precision Irrigation. SpringerBriefs in Electrical and Computer Engineering. Springer New York Heidelberg Dordrecht London. 102 p.

Godoy, A. C. y Huitrón, R. M. V. 1998. Relaciones hídricas de hojas y frutos de nogal pecanero durante el crecimiento y desarrollo de la nuez. Agrociencia. 32:331-337.

Howell, T.A., S.R. Evett, A.D. Schneider, R.W. Todd, and J.A. Tolk. 1998. Evapotranspiration of irrigated fescue grass in a semi-arid environment. ASAE Paper no. 982117. ASAE Annual International Meeting, Orland, FL, July 12-16.

Hutchins, S.H. and P.J. Gehring. 1993. Perspective on the Value, Regulation, and Objective Utilization of Pest Control Technology. Amer. Entomol. 39: 12-15.

Hutchins, S.H., 2019. The Role of Technology in Sustainable Agriculture. Crop Protection R & D. Dow AgroSciences

Martínez Rodríguez J.G., 2021. Manejo sustentable del agua de riego en huertas nogaleras: Visión a futuro. 8vo. Congreso Nogalero del Norte de Coahuila. Nutrición y rentabilidad. Memorias del Congreso. Pp 25 -65.

National Research Council, 1997. Precision Agriculture in the 21st Century. Geospatial and Information Technologies in Crop Management. National Academy Press, Washington, D.C., 163 p.

Orona Castillo, I., Sangerman-Jarquín, D. M., Fortis-Hernández, M., Vázquez-Vázquez, C., & Gallegos-Robles, M. 2013. Producción y comercialización de nuez pecanera (Carya illinoensis Koch) en el norte de Coahuila , México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 4(3), 461–476.

Pesek, J. 1993. Historical Perspective. In, Sustainable Agriculture Systems (Hatfield, J.L. and D.L. Karlen, eds.). CRC Press: Boca Raton, Florida, USA.

SIAP, 2020. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Estadísticas de producción agrícola. Consulta Julio 2021. http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_a.php

Torres-Rua A. 2017. Drones in Agriculture: An Overview of Current Capabilities and Future Directions. Utah Water Users Workshop, Saint George, UT., Utah Water Research Laboratory, Utah State University. 9 pp.

Zhang, Q. 2016. Control of Precision Agriculture Production. En Precision Agriculture Tecnology for Crop Farming. pp 103 -132. CRC Press. Taylor & Francis Group. Boca Raton, FL.

SELECCIÓN DE ALGODONES NATIVOS Y VARIEDADES CONVENCIONALES EN BASE A LA CALIDAD DE FIBRA

Franco-Gaytán, Iván [1]; Hernández-Leal, Enrique [1]*; Reyes-González, Arturo [1], Montesinos-Martínez, Manuel De Jesús [2] y Bonilla-Barrientos, Olga [3]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna, Matamoros, Coahuila, México. C.P.27440, [2]Tecnológico Nacional de México - Campus Instituto Tecnológico de Torreón. Carr. Torreón San Pedro km 7.5, Ejido Ana. Torreón, Coahuila, México, [3]Colegio de Posgraduados. Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, C.P. 56230. Texcoco, Estado de México.
***Autor para correspondencia: hernandez.enrique@inifap.gob.mx**

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la calidad de fibra de 18 colectas del jardín botánico del C.E. Iguala y cinco del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo, cinco variedades convencionales de algodón desarrolladas en el C. E. La Laguna y un testigo comercial (Delta Pine). El experimento se estableció en el invernadero del C. E. La Laguna del INIFAP en Matamoros, Coahuila, en el ciclo otoño-invierno del 2019, la siembra se realizó el 22 de octubre en charolas de poliestireno de 200 cavidades usando como sustrato Peat Moss y el trasplante se hizo a los 35 días después de la siembra en bolsas de polietileno de color negro con capacidad de 12 L rellenas con arena como sustrato. Se establecieron en un diseño completamente al azar con 29 tratamientos, tres repeticiones y cinco plantas por repetición. Al momento de cosecha se tomó una muestra aleatoria de 20 capullos por cada genotipo para medir la calidad de fibra, se separó la fibra de la semilla y se pesó. El análisis se realizó en el laboratorio de calidad de fibra del INIFAP-CELALA, donde se determinó a cada muestra la longitud de fibra (LON) en mm, la resistencia (RES) en g/tex, la finura (FIN) en índice de micronaire, Índice de hilabilidad, uniformidad y fibras cortas, así como la elongación, reflectancia y PLUS_B. Los resultados mostraron que los algodones nativos GOS 22, GOS 27, FZ13-CHA, P1589, 583CHAPI, P1201584, P1873 y P1528748 cumplen con los parámetros de calidad que la industria textil requiere en finura, longitud y resistencia y color (fibra blanca), lo que las hace una fuente importante de germoplasma para el programa de mejoramiento genético de algodón del Campo Experimental La Laguna y las variedades convencionales NAZASSEL, NAZASAST, NAZAS87, CIANP, JUAREZ y CIAN95 pueden ser utilizadas para la formación de nuevas líneas con excelente calidad de fibra para la industria textil

Palabras Clave: *Gossypium,* fibra, resistencia, finura y longitud

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the fiber quality of 18 collections from the botanical garden of C.E. Iguala and five from the Germplasm Bank of the Chapingo Autonomous University, five conventional varieties of cotton developed in the C. E. La Laguna and a commercial control (Delta Pine). The experiment was established in the greenhouse of the CE La Laguna of the INIFAP in Matamoros, Coahuila, in the autumn-winter cycle of 2019, the sowing was carried out on October 22 in polystyrene trays of 200 cavities using Peat Moss as substrate and the transplant It was done 35 days after sowing in black polyethylene bags with a capacity of 12 L filled with sand as substrate. They were established in a completely randomized design with 29 treatments, three repetitions and five plants per repetition. At harvest time, a random sample of 20 cocoons for each genotype was taken to measure fiber quality, the fiber was separated from the seed and weighed. The analysis was carried out in the fiber quality laboratory of INIFAP-CELALA, where the fiber length (LON) in mm, the resistance (RES) in g / tex, the fineness (FIN) in index of micronaire, spinnability index, uniformity and short fibers, as well as elongation, reflectance and PLUS_B. The results showed that the native cottons GOS 22, GOS 27, FZ13-CHA, P1589, 583CHAPI, P1201584, P1873 and P1528748 meet the quality parameters that the textile industry requires in fineness, length and resistance and color (white fiber), which makes them an important source of germplasm for the cotton genetic improvement program of the La Laguna Experimental Field and the conventional varieties NAZASSEL, NAZASAST, NAZAS87, CIANP, JUAREZ and CIAN95 can be used for the formation of new lines with excellent quality of fiber for the textile industry.

Keywords: Gossypium, fiber, resistance, fineness and length

INTRODUCCIÓN

Los recursos filogenéticos son la base de la seguridad y soberanía alimentaria de un país y la materia prima para el desarrollo de nuevas variedades (Griffon, 2008), por eso, es de suma importancia su conservación, caracterización y uso racional. Además, solamente treinta cultivos proporcionan el 95 % de la energía metabólica de la población y cuatro de ellos (arroz, trigo, maíz y papa) aportan más del 60 % de la energía, por lo que la seguridad alimentaria del mundo depende de un pequeño número de cultivos, de otros cultivos se obtienen medicinas, fibras, energía y etc. (Hammer *et al*., 2003, Lobo y Medina, 2009).

México es centro de domesticación y diversificación de numerosos cultivos (Sarukhán *et al*., 2017), por eso es posible encontrar numerosos parientes silvestres que amplían la diversidad genética (SEMARNAT, 2020). Uno de los principales cultivos que aporto México al mundo es el

algodón el cual pertenece al género *Gossypium,* incluye cincuenta especies y solamente cuatro son cultivadas para obtener fibra de hilatura (Burbano *et al.,* 2017).

El algodón es uno de los cultivos con mayor superficie cultivada en México, la superficie sembrada en 2017 fue de 22 804 hectáreas. Los principales estados productores son: Chihuahua, Baja California y Coahuila (Montenegro, 2019), actualmente la calidad de fibra es una de las principales cualidades que busca la industria textil en el hilado de la fibra. Desafortunadamente en México no hay información acerca de la calidad de fibra que tienen los materiales nativos que se desarrollan de manera silvestre, semicultivado o cultivado en las diferentes regiones (Santos, 2017), por lo que es necesario conocer dichos parámetros para seleccionar materiales potenciales con buena o excelente calidad de fibra para ser utilizados como líneas o parentales en un programa de mejoramiento genético de algodón para la generación de nuevas variedades convencionales con buen rendimiento y calidad de fibra.

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad evaluar la calidad de fibra (longitud, resistencia y micronaires) de 18 colectas del jardín botánico del C.E. Iguala y 5 del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo, 5 variedades convencionales de algodón desarrolladas en el C. E. La Laguna y un testigo comercial (Delta Pine).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el invernadero del C. E. La Laguna del INIFAP en Matamoros, Coahuila, en el ciclo otoño-invierno del 2019 en donde se evaluaron 28 genotipos de algodón y la variedad comercial Delta Pine. La siembra se realizó el 22 de octubre en charolas de poliestireno de 200 cavidades usando como sustrato Peat Moss y el trasplante se hizo a los 35 días después de la siembra en bolsas de polietileno de color negro con capacidad de 12 L rellenas con arena como sustrato, para la fertilización se realizaron aplicaciones foliares de aminoácidos, algas marinas, Bayfolan y Push incrementando la dosis de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo; en la etapa vegetativa se usó una concentración de 50 %, a partir de la floración y hasta la fructificación se incrementó al 100 % la concentración. Se realizaron dos aplicaciones del fungicida Promyl 50® a una dosis de 1 kg/ha para el control de damping off en las plántulas y de los fungicidas Captan®, Previcur® y Cupravit® como preventivos. Se establecieron en un diseño completamente al azar con 29 tratamientos, tres repeticiones y cinco plantas por repetición.

Se tomó una muestra aleatoria de 20 capullos por cada genotipo para medir la calidad de fibra, se separó la fibra de la semilla y se pesó. El análisis se realizó en el laboratorio de calidad

de fibra del INIFAP-CELALA, donde se determinó a cada muestra la longitud de fibra (LON) en mm, la resistencia (RES) en g/tex, la finura (FIN) en índice de micronaire, Índice de hilabilidad, uniformidad y fibras cortas, así como la elongación, reflectancia y PLUS_B.

Se analizó la varianza de los datos con el paquete estadístico SAS v.9.3. Además, se hizo un análisis de componentes principales (CP) con las 20 variables, al usar la matriz de correlaciones mediante el procedimiento PRINCOMP de SAS (Datos no mostrados). La representación gráfica de las colectas con los componentes principales uno (CP1) y dos (CP2) se hizo para apreciar las similitudes y diferencias entre los 29 materiales. Además, se hizo un análisis de conglomerados mediante la distancia euclidiana y el método de agrupamiento de UPGMA, con el paquete estadístico NTSYS® (Rohlf, 2000), con el propósito de agrupar las colectas con base en distancias euclidianas.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1, se muestra la distribución de los 28 genotipos y el testigo comercial, donde se identificaron cinco grupos. El Grupo I formado por las colectas TOA-03, TOA-04, TOA-11, TOA-12, TOA-27, US-023 y P1-528748, las cuales se caracterizaron por tener una fibra muy resistente, finura promedio (micronaire), longitud media, índice de hilabilidad aceptable, índice de fibra corta baja, elongación débil y regular, el índice de uniformidad de regular a alta y el color de fibra es blanca (reflectancia).

El Grupo II se conformado por los genotipos NAZAS SELECTA, NAZAS-87A, NAZAS-87B, JUAREZ, CIAN 95, CIAN PRECOZ, P1-201584, P1-873, TOA-06, GOS-27, FZ-10 y FZ-13 CHAMPION, que se caracterizaron por tener fibra muy resistente, la finura es fina y promedio (micronaire), la longitud va de media a extra larga, el índice de hilabilidad es muy buena para formar hilos ya que la fibra es larga, el índice de fibra corta es baja, la elongación es muy débil y regular, el índice de uniformidad es regular y alta y el color de la fibra es blanca.

El Grupo III se conformó por seis genotipos los cuales fueron: TOA-17, TOA-18, GOS-17, GOS-27, FZ-13 CLON y el testigo comercial (DELTA PINE). Estos genotipos se caracterizaron por que su fibra es muy resistente, la finura es promedio y muy áspera, la longitud de fibra es media, el índice de fibra corta es muy baja, la elongación es débil y elevado, el índice de hilabilidad es bueno y el color de la fibra es blanca.

El Grupo IV fue conformado por los genotipos FZ-15, P1-583 CHAPIS y P1-589, tienen una fibra áspera (micronaire), no es muy resistente (débil y promedio), el índice de fibra corta es

regular, la elongación es muy débil y regular, el color de fibra es blanca, el índice de uniformidad es baja y regular y el índice de hilabilidad es regular. Y el Grupo V estuvo conformado por la colecta GOS-22 proveniente de Tehuantepec, Oaxaca dicho material tiene una resistencia de fibra débil, finura promedio, longitud media, porcentaje de fibra corta elevada, elongación débil, índice de uniformidad baja y color de fibra blanca. Ruiz (2017), menciona que las medidas de dispersión son esenciales en una distribución de datos, complementando a las de posición central, al caracterizar la variabilidad de los datos respecto a las mismas.

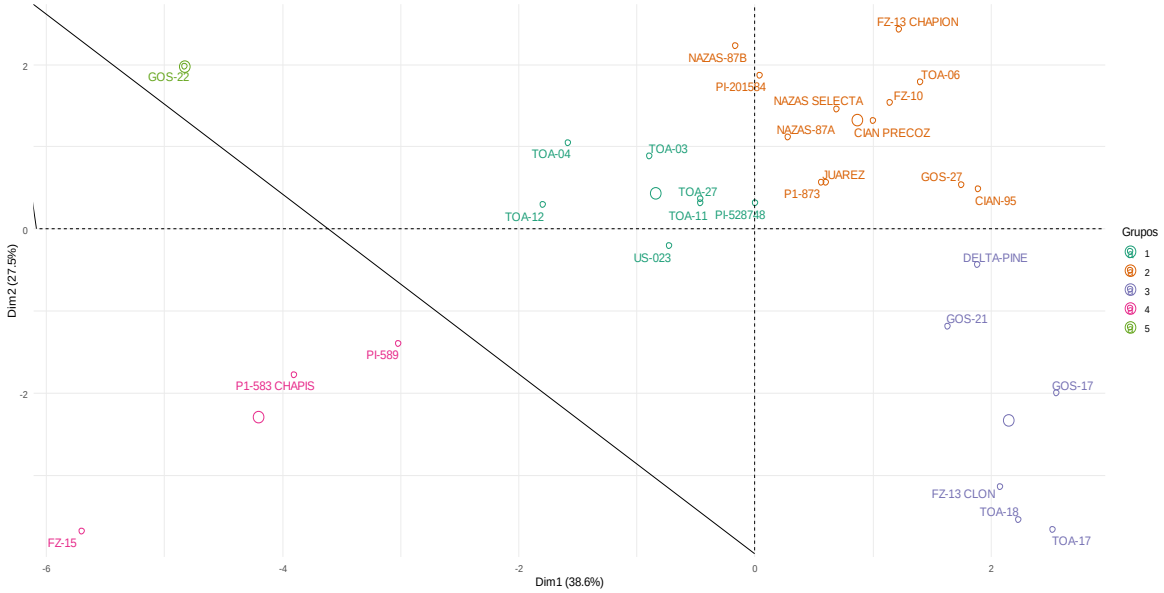


Figura 1. Dispersión de 28 colectas nativas de algodón y un híbrido comercial como testigo, sobre el plano determinado por los primeros dos componentes principales, con base en 11 variables del análisis combinado. FIN = Finura en índice de micronaire; LON = Longitud en mm de pulgada; RES = Resistencia en (g/tex); ICH = Índice de hilabilidad en %; UNI = Índice de Uniformidad en %; IFC = Índice de fibras cortas en %; ELONG = Elongación en %; REF = Reflectancia en %; PB = PLUS_B en +b; Reflectancia en Rd

El análisis de conglomerados formó también cinco grupos como se observa en la Figura 2, los cuales difirieron en su conformación con los obtenidos en el análisis de componentes principales. Esta diferencia se debe a que en el análisis de componentes principales se utilizan únicamente las variables que explican los CP1 y CP2 (77 % de la variación), mientras que el análisis de conglomerados utiliza todas las variables evaluadas en la obtención del dendrograma. Vicente (2007), menciona que el análisis Clusters o Análisis de Conglomerados sirve para resolver problemas de clasificación y su objeto es ordenar objetos (personas, cosas, animales,

plantas, variables, etc.) en grupos (conglomerados o clusters) de forma que el grado de asociación/similitud entre miembros del mismo cluster sea más fuerte que el grado de asociación/similitud entre miembros de diferentes clusters.

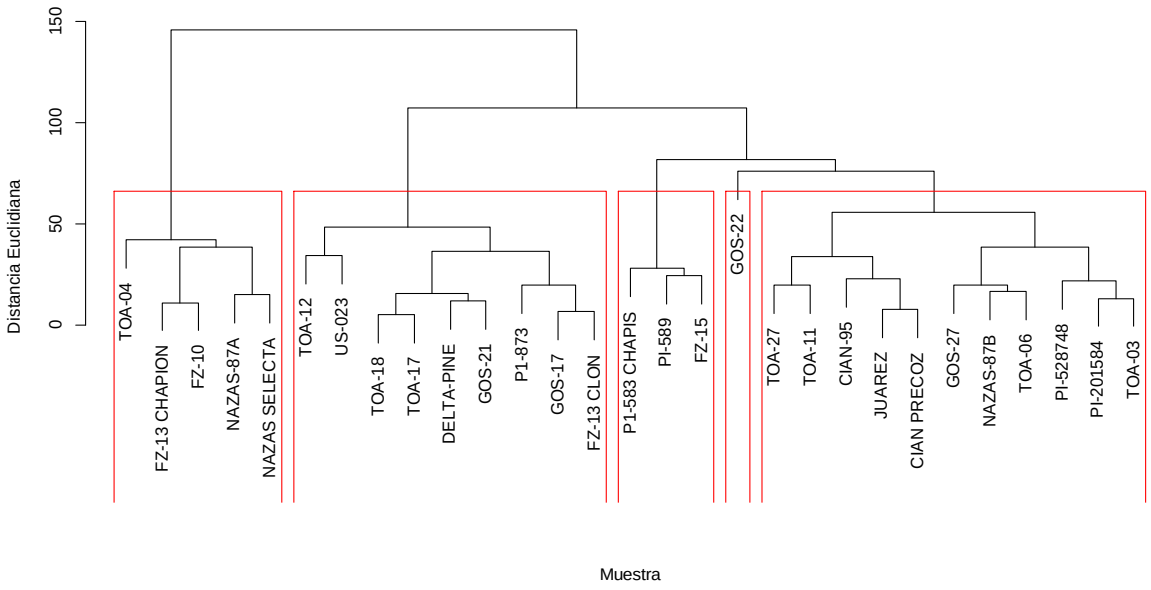


Figura 2. Dendrograma de 22 colectas de algodón nativo, seis variedades convencionales y un testigo (Delta Pine), con base en 11 variables del análisis combinado.

CONCLUSIONES

De los algodones nativos GOS 22, GOS 27, FZ13-CHA, P1589, 583CHAPI, P1201584, P1873 y P1528748 cumplen con los parámetros de calidad que la industria textil requiere en finura, longitud y resistencia y color (fibra blanca), lo que las hace una fuente importante de germoplasma para el programa de mejoramiento genético de algodón del Campo Experimental La Laguna y las variedades convencionales NAZASSEL, NAZASAST, NAZAS87, CIANP, JUAREZ y CIAN95 pueden ser utilizadas para la formación de nuevas líneas con excelente calidad de fibra para la industria textil.

REFERENCIAS

Burbano-Figueroa, O. Montes-Mercado, K., S. Pastrana-Vargas, I., J. Cadena-Torres, J. 2017. Introducción y desarrollo de variedades de algodón Uhland en el sistema productivo colombiano: Una revisión. Ciencia y Agricultura. Vol.15 (1). Pp. 29-44. DOI: https://doi.org/10.19053/01228420.v15.n1.2018.7754

Griffon B., D. 2008. Estimación de la Biodiversidad en Agroecología. Revista Agroecología. Vol.3. Pp. 1-7.

Hammer K., Arrowsmith N., Gladis T. 2003. Agrobiodiversity with emphasis on plant geneticresources. Naturwissenschaften 90: 241–250.

Lobo A., Medina C.I. 2009. Conservación de recursos genéticos de la agrobiodiversidad como apoyo al desarrollo de sistemas de producción sostenibles. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 10(1): 33-42.

Montenegro. A. 2019. Transgénica, la mayor parte de la producción de algodón de Coahuila. Recuperado de: https://vanguardia.com.mx/articulo/transgenica-la-mayor-parte-de-la-produccion-de-algodon-de-coahuila

Rohlf, F.J. (2000) NTSYS-pc, Version 2.1d. Exeter Software, Setauket, NY.

Ruiz., J. D. P. 2017. Síntesis de la Investigación sobre Variabilidad y Dispersión en Estadística. Universidad de Granada. Pp. 1-92.

Santos., J. 2017. Instrumento de alto volumen H.V.I. Análisis del algodón. USTER THINK QUALITY Pp. 1-128.

Sarukhán., J. Koleff. P. Carabias. J. Soberon. J. Dirzo. R. Bousquets. J. L. Halffter. G. González. R. March. I. Mohar. A. Anta. S. Maza. J. Pisanty. I. Urquiza-Haas. T. RUIZ- González. S. P. García-Méndez. G. 2017. Capital natural de México. Síntesis: evaluación del conocimiento y tendencias de cambio, perspectivas de sustentabilidad, capacidades humanas e institucionales. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Disponible en http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/14039.pdf

SEMARNAT. 2020. Agro biodiversidad, consulta temática. Recuperado de: http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_BIODIV05_02&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce

Vicente-Villardon., J. L. 2007. Introducción al Análisis de Cluster. Departamento de estadística. Universidad de Salamanca. Pp. 1-22.

SINTOMATOLOGÍA DEL COMPLEJO DE HONGOS CAUSANTES DEL DAMPING OFF (*Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., y *Pythium* spp.) EN PLANTULAS DE CHILE (*Capsicum annuum* L.)

SYMPTOMATOLOGY OF THE COMPLEX OF FUNGI CAUSING DAMPING OFF (*Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., y *Pythium* spp.) IN CHILI SEEDLINGS (*Capsicum annuum* L.)

Núñez-Soriano Paloma Alejandra[1], Ramírez-Valadez María Gabriela[2*], Martínez-Fernández Maihualy[2], Maltos-Buendia Jorge[3]

[1]Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana. Carretera Durango – México Km 22.5 Ejido Villa Montemorelos, Durango.[2]INIFAP Campo Experimental Valle del Guadiana Km 4.5 carretera Durango-El Mezquital, Durango, Dgo. [3]INIFAP Campo Experimental La Laguna, Blvd. José Santos Valdez No. 1200, Matamoros, Coahuila.

***ga_bi05@hotmail.com**

RESUMEN

En este trabajo se estudió la sintomatología del Damping off mediante la inoculación artificial de tres patógenos causales de la enfermedad (*Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., y *Pythium* spp.) aplicados en solitario y en asociación en plántulas de chile de la variedad ANCHO SAN LUIS. Se aplicó un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones, y una plántula como unidad experimental, las variables analizadas fueron incidencia y severidad además de las variables morfológicas: número de hojas, área foliar, volumen de raíz, peso seco. Para determinar significancia estadística se aplicó la prueba de Tuckey al 5% a las variables morfológicas. Se obtuvo un 100 % de incidencia en los tratamientos inoculados con los diferentes hongos en solitario y en mezcla. El mayor porcentaje de severidad se obtuvo en los tratamientos donde se aplicó *Rhizoctonia* spp. y la mezcla de los tres patógenos en estudio (*Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., y *Pythium* spp.).

ABSTRACT

In this work, the symptoms of Damping off were studied by artificial inoculation of three pathogens causing the disease (*Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., and *Pythium* spp.) in chili seedlings with sterile substrate in the ANCHO SAN LUIS variety. A completely randomized experimental design was applied with an experimental unit of a plant, the variables analyzed were number of leaves, foliar área, root volumen, dry weight, incidence and severity of the disease. To determine statiscal

significance, the 5% Tuckey test was applied. The seedlings inoculated with *Rhizoctonia* spp. and the mixture of the three pathogens under study, presented a greater virulence, whit respect to the other treatments used.

INTRODUCCION

En México, la enfermedad conocida como damping off se considera el principal problema fitosanitario en la fase de almacigo del cultivo de chile y se atribuye a un complejo de hongos patógenos que incluyen a *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp. y *Pythium* spp. entre otros. (Hernández-Hernández *et al*., 2018), cuando se presenta en plantulas emergidas produce un estrangulamiento del cuello de la planta, generalmente de color marrón y posteriormente se produce la caida de la planta (Hernández y Plasencia, 2013). Estos patógenos pueden encontrarse en el suelo o ser transportados en la semilla infectada o contaminada. Las pérdidas ocasionadas varían según él o los patógenos involucrados, las condiciones ambientales y el estado fenológico en el que se encuentra la planta (Barbuy *et al*., 2019). Es frecuente encontrar dos o más de estos patógenos en la raíz de la planta, aunque el daño solo lo realizara uno de ellos (Márquez-Yáñez, 2020). La incidencia de plántulas enfermas en almácigos puede llegar a ser de hasta 29% y constituyen una fuente de inóculo que los agricultores transfieren al campo durante el trasplante; las pérdidas del cultivo en almácigo, campo y cosecha pueden variar entre 10 a 100% (Hernández-Hernández *et al*., 2018).

MATERIALES Y METODOS

Se sembraron semillas de chile variedad ANCHO SAN LUIS de forma manual en charolas de poliestireno de 200 cavidades, el sustrato utilizado fue una mezcla 2:1 de peat moss. Una vez emergidas las plántulas se realizaron riegos diariamente con agua simple, después se regaron con solución nutritiva Steiner al 25%, a partir de los 20 días al 50% y posterior a la inoculación al 100% con ajuste de 50 ppm menos de calcio y 50 ppm más de nitrógeno para facilitar el proceso de infección, el pH en solución nutritiva se mantuvo en un rango de 5.5 a 6.3. A los 35 días después de la emergencia (dde) las plántulas se trasladaron al laboratorio y se trasplantaron en vasos de poliestileno de 500 mL de capacidad.

La inoculación de los patógenos (*Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., y *Pythium* spp.) se llevó a cabo a los 36 dde, se tomaron discos miceliales (0.5 cm de diámetro) próximos a la periferia de

la colonia en crecimiento activo en placas Petri con medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) y se colocaron en el cuello de la planta donde anteriormente se ocasiono una herida.

Las variables evaluadas fueron: incidencia y severidad de la enfermedad además de variables morfológicas. La incidencia se calculó con la fórmula: inc.= (núm. Plantas enfermas/núm. total de plantas) *100. La severidad se estimó de manera visual a los 35 días de la inoculación mediante una escala cuantitativa de daños donde N0 = planta sana, N1 = Inicio de formación de cancros, N2 = Cancros y pudrición radicular, N3 = Cancro, pudrición vascular y radicular y N4 = Planta muerta. Además, se determinaron las siguientes variables agronómicas: Área foliar, número de hojas, volumen de raíz y peso seco. Para determinar el número de hojas, se contó el número total de hojas verdaderas en cada uno de los individuos. El área foliar se determinó a partir de hojas sin peciolo fotografiadas junto a una unidad de longitud (cm) conocida, el análisis se realizó con ayuda del programa ImageJ para Windows. Para la medición de volumen de raíz, se lavó cuidadosamente la zona radicular, en una probeta con un volumen de agua conocido se introdujeron las raíces y por diferencia se determinó el volumen con la siguiente formula: V=V2-V1

Dónde: V= Volumen de la raíz, V2 = Volumen final y V1 = Volumen inicial.

Para la obtención del peso seco, la biomasa vegetal se dejó secar por un mes a una temperatura ambiente y finalmente se pesó en balanza analítica. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 8 tratamientos y diez repeticiones, con una planta por unidades experimental. El análisis de datos se realizó mediante análisis de varianza y posteriormente la prueba de Tuckey (P=0.5) para la comparación de medias, se realizó con ayuda del software estadístico InfoStat.

RESULTADOS Y DISCUSION

A los 35 días después de la inoculación (ddi) se observó una incidencia en el 100% de las plantas de todos los tratamientos a excepción del tratamiento testigo. De los hongos aplicados en solitario los resultados muestran que en la inoculación con *Fusarium* spp. el 90% de las plantas inoculadas presentaron un nivel de severidad 1 (Cancros en base del tallo). En la inoculación con el hongo *Rhizoctonia* spp., el 40% de las pantas inoculadas presentaron nivel 2 de severidad y 20% nivel 3 de severidad. En las plantas inoculadas con *Pythium* spp., el 30% presentaron un nivel 1 de severidad, el 10% un nivel 2 y otro 30% un nivel 3 de severidad.

Cuadro 1. Resumen de la incidencia y severidad por Damping off en plántulas de chile.

Trat.	Inoculo	Dosis	Incidencia (%)	Severidad (%)			
				N1	N2	N3	N4
T0	Agua destilada estéril	5 mL	0	0	0	0	0
T1	*Fusarium* spp. (F)	1 disco (0.5 cm diámetro)	100	90	0	0	10
T2	*Rhizoctonia* spp. (R)	1 disco	100	0	40	20	40
T3	*Pythium* spp. (P)	1 disco	100	30	10	30	30
T4	F + R	½ disco + ½ disco	100	30	50	0	20
T5	F + P	½ disco + ½ disco	100	0	30	50	20
T6	R + P	½ disco + ½ disco	100	0	20	50	30
T7	F + R + P	½ disco + ½ disco + ½ disco	100	0	20	50	30

NOTA: Las representaciones alfanuméricas N1, N2, N3 y N4, corresponden al nivel de daño de las lesiones manifestadas en las plántulas.

En la mezcla F+R, 30% de las plantas presentaron un nivel 1, el 10% nivel 2 y otro 30% nivel 3 de severidad. En la mezcla F+P el 30% de las plantas inoculadas presentaron un nivel 2 de severidad y el 50% presentaron un nivel 3 de severidad y las mezclas R+P y F+R+P, el 20% presentaron un nivel 2 de severidad y el 50% un nivel 3 de severidad (Cuadro 1).

En la variable número de hojas se encontraron diferencias significativas, el tratamiento con menor número de hojas fue el inoculado con *Pythium* spp. con un valor de 6.43 hojas en promedio, mientras que en el tratamiento inoculado con *Fusarium* spp. se obtuvo un promedio de 9.11 hojas. En las plántulas inoculadas con *Rhizoctonia* spp. y la mezcla de los tres hongos (F+R+P) se obtuvo la menor área foliar con valores de 24.09 y 23.15 cm^2 respectivamente, la mayor área foliar se presentó en el tratamiento donde se inoculo *Fusarium* spp. El mayor volumen de raíz se obtuvo en la inoculación con *Rhizoctonia* spp. y la mezcla de (F + R), con valores similares al testigo (1.31 y 1.30 mL respectivamente) y sin diferencia estadística significativa (Cuadro 2). El tratamiento en el que se obtuvo menor volumen de raíz fue en la inoculación de la mezcla de los tres hongos (F + R + P). Los valores más bajos para esta variable oscilaron entre 0.14 a 0.17 gramos obtenidos en inoculación con *Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp. y las mezclas de los hongos (F+R+P), (R+P) y (F+P), mientras que el valor más alto se obtuvo en el tratamiento donde se inoculo con *Fusarium* spp. con un valor de 0.25 gramos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Pruebas de Tuckey (P<0.05) aplicadas a las variables de respuesta.

Tratamiento	No. Hojas	Área foliar (cm^2)	Volumen de raíz (ml)	Peso seco (g)
T0	8.00 ab	50.99 abc	1.31 a	0.21 ab
T1	9.11 a	71.93 a	0.74 ab	0.25 a
T2	6.83 ab	24.09 cd	1.30 a	0.16 b
T3	6.43 b	33.22 bcd	0.67 ab	0.17 b
T4	8.25 ab	52.11 ab	1.24 ab	0.20 ab
T5	8.75 ab	51.17 ab	0.94 ab	0.16 b
T6	7.57 ab	38.00 bcd	0.74 ab	0.15 b
T7	6.86 ab	23.15 d	0.56 b	0.14 b

La incidencia de estos fitopatogenos puede variar de acuerdo al tiempo, a las zonas agrícolas, así como al desplazamiento por competencia entre ellos. En otros estudios, reportaron a los géneros *Rhizoctonia* spp. y *Fusarium* spp. interactuando para causar la pudrición de la raíz en el cultivo de chile, señalándose a *Fusarium* spp. como el patógeno que ataca al cultivo de chile con mayor frecuencia en México (Guillén-Cruz *et al.,* 2006), en ese sentido, el experimento realizado muestra una reducción en la patogenicidad de *Fusarium* spp. inoculado de manera individual, las mezclas de los hongos mostraron una mayor patogenicidad, prevaleciendo mayormente los síntomas de uno en cada mezcla, pero con una severidad mayor.

Las plántulas inoculadas con *Rhizoctonia* spp. presentaron la mayor incidencia y severidad, Márquez Yánez (2020) menciona que en las plántulas que han emergido y que aún no han sido “ahogadas”, el hongo *Rhizoctonia* spp. ataca su tallo, volviéndolo, blando, necrótico, e incapaz de sostener la plántula, por lo que se desploman y mueren. Por otra parte, la acción del patógeno puede impedir el crecimiento de las plantas, retardar la emergencia y dañar las plantas adultas en el campo (Cedeño *et al.,* 2001).

Las plántulas inoculadas con *Pythium* spp. mostraron un daño mayor en la zona radicular y detención del crecimiento, esto posiblemente se debe a que la infección comienza en la punta de la raíz y lentamente desintegra las raicillas capilares y las finas raíces laterales, que son esenciales para la absorción de nutrientes, cuando la infección por *Pythium* spp, es severa, la parte más baja del tallo se torna fina y negra (Hernández y Plasencia, 2013).

En otros estudios, los síntomas que se presentan son una coloración amarrilla de las puntas del follaje, posteriormente marchites y finalmente, muerte de las plántulas (Medrano y Ortuño, 2007),

los resultados mostraron síntomas primarios; obstrucción y necrosis vascular y como síntomas secundarios; epinastia de las hojas más viejas, aclaramiento de la nervadura en hojas, detención del crecimiento y pudrición de las raíces. Y como daño directo, lesiones en la base del tallo (cancros color café-rojizo) que se extienden a raíz y de forma ascendente en tallo.

Los diferentes agentes fúngicos producen la destrucción de vasos de xilema próximos al sitio de infección, causando de esta forma un estrangulamiento en el tallo que conduce al marchitamiento y la caída de las plántulas, síntomas que son fácilmente observables a simple vista (Robledo, 2016).

CONCLUSION

Todos los hongos y mezclas utilizadas fueron patogénicos, presentando mayor porcentaje de mortalidad el hongo *Rhizoctonia* spp. seguido de *Pythium* spp., y las mezclas R+P y F+R+P, estos patógenos ocasionan una pudrición vascular interna en las plántulas de chile, siendo más severa en su infección conforme invaden los tejidos internos. Las plántulas con infección por *Pythium* spp. y mezcla de dos o más patógenos pueden presentar una mayor disminución de raíces, y por ende un menor desarrollo en la parte aérea de la planta.

REFERENCIAS

Barbuy, M., Rodríguez, A., & Cordes, G. (2019). *INTA*. Obtenido de CAIDA DE ALMACIGOS "DAMPING OFF" EN GARBANZO: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_cartilla_pv-_damping_off_en_garbanzo.pdf

Cedeño, L., Carrero, C., Quintero, K., Araujo, Y., Pino, H., & García, R. (2001). Identificación y virulencia de grupos de anastomosis de rhizoctonia solani kühn asociados con papa en Mérida, Venezuela. *Interciencia, 26(7)*, 296-300.

Guillén-Cruz, R., Hernández-Castillo, F., Gallegos-Morales, G., Rodríguez-Herrera, R., Aguilar-Gónzalez, C., Padrón-Corral, E., & Reyes-Valdés, M. (2006). Bacillus spp. como Biocontrol en un Suelo Infestado con Fusarium spp., *Rhizoctonia solani* Kühn y *Phytophthora capsici* Leonian y su Efecto en el Desarrollo y Rendimiento del Cultivo de Chile (*Capsicum annuum* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología, 24(2)*, 105-114.

Hernández, S. C., & Plasencia, M. J. (2013). *Biocontrol del mal del semillero, enfermedad causada por los hongos Pythium sp. y Phytophthora sp. en tomate de árbol (Solanum betaceum) empleando hongos antagonistas del genero Trichoderma sp a nivel de semilleros.* Obtenido de file:///C:/Users/Nu%C3%B1ez/Downloads/UPS-CT002576.pdf

Hernández-Hernández, E. J., Hernández-Ríos, I., Almaraz-Suarez, J. J., López-López, A., Torres-Aquino, M., & Morales Flores, F. J. (2018). Caracterización in vitro de rizobacterias y su antagonismo con hongos causantes del damping off en chile. *Revista mexicana de ciencias agrícolas, 9(3)*.

Márquez Yánez, S. A. (2020). *Manejo integrado de Damping off, en el cultivo de Ají Jalapeño Capsicum annuum.* Obtenido de http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8204/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000230.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Medrano, E. A., & Ortuño, N. (junio de 2007). *Control del Damping off mediante la aplicación de bioinsumos en almácigos de cebolla en el Valle Alto de Cochambamba-Bolivia.* Obtenido de http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v3n4/v3n4a03.pdf

Robledo, D. O. (2016). Enfermedad de marchitamiento fúngico en plántulas de lechuga: un modelo didáctico-experimental para la enseñanza de los postulados de Koch. *Revisat Eureka sobre Enseñanza y Divugación de las Ciencias, 13(3)*, 680-685.

TASA DE VARIACIÓN DEL INGRESO NETO E IMPACTO EN EL USO DE LA VARIEDAD DE SOYA HUASTECA 400

Alejandro-Allende, Florencia[1*]; Espinosa-García, José Antonio[2]; Vélez-Izquierdo, Alejandra[2]

[1]Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP. Carretera Matamoros-Reynosa km 61, Río Bravo, Tam., C.P. 88900. [2]CENID Fisiología Animal, INIFAP. Km 1, Carretera Colón, Col. Ajuchitlán Colón, Querétaro.
***alejandro.florencia@inifap.gob.mx**

RESUMEN

La variedad de soya Huasteca 400 se siembra en la región de las Huastecas, que comprende el sur de Tamaulipas, oriente de San Luis Potosí y norte de Veracruz, con el 48 % de la superficie de siembra en el ciclo agrícola primavera-verano (PV) 2015. Esta variedad fue generada en el Campo Experimental Las Huastecas-INIFAP. En el proceso de validación experimental demostró un 14 % más de rendimiento que la variedad testigo Huasteca 200. El objetivo de este estudio fue evaluar el indicador tasa de variación del ingreso neto de los productores que utilizan la variedad Huasteca 400. Se diseñó y aplicó una encuesta a una muestra de 40 productores que sembraron soya con un margen de error del 12 % y un intervalo de confianza del 88 %, utilizando un muestreo estratificado y entrevistas directas al azar, obteniendo información de las dos variedades. Los resultados indican que los productores que sembraron la variedad Huasteca 400 en el ciclo agrícola PV 2015, obtuvieron un ingreso neto superior al obtenido con la variedad testigo Huasteca 200, con una diferencia de $1,152.00 y una tasa de variación positiva de 269 % en el ingreso neto de los productores que utilizaron la variedad de soya Huasteca 400. Así mismo, la derrama económica en 82,312 ha sembradas en la región Huasteca durante el 2015, se estimó en $94,823,424.00.

ABSTRACT

The Huasteca 400 soybean cultivar is planted in the Huastecas region, which includes southern Tamaulipas, eastern of San Luis Potosí and north of Veracruz, with 48% of the planting area in the spring-summer (PV) 2015 agricultural cycle. This cultivar was developed in the Las Huastecas-INIFAP Experimental Station. In the experimental validation process, it showed 14% higher yield than the control cultivar Huasteca 200. The objective of this study was to evaluate the net income variation rate indicator of producers using the cultivar Huasteca 400. A survey was designed and applied to a sample of 40 soybean farmers with 12 % margin of error, and the confidence level of 88 %, using stratified sampling and random direct interviews, obtaining information on the two cultivar. The results indicate that producers who planted the Huasteca 400 cultivar in the PV 2015 agricultural cycle, obtained a higher net income than that obtained with the Huasteca 200 control cultivar, with a difference of $1,152.00 and a positive variation rate of 269 % in the net income of producers who used the Huasteca 400 soybean cultivar. Furthermore, the economic benefit of 82,312 ha planted in the Huasteca region during 2015 was estimated at $94,823,424.00.

INTRODUCCIÓN

La producción de soya en México es de 246,000 toneladas en 2020 (SIAP, 2021), la cual es insuficiente para cubrir la demanda interna de 6 millones de toneladas al año (USDA, 2021), por ello se importa más de 5 millones de toneladas anuales. Actualmente, México se ha convertido en el tercer país importador mundial de semilla de soya (FAOSTAT, 2021). La región Huasteca comprende el sur de Tamaulipas, oriente de San Luis Potosí y norte de Veracruz, en conjunto representan la mayor producción de soya a nivel nacional. De acuerdo con el SIAP (2016), en el ciclo agrícola PV 2015 se sembraron 171,164 ha, donde la variedad de soya Huasteca 400 ocupó un estimado del 48 % de la superficie. En esta región la mayor producción se realiza en verano con siembras entre los meses de junio y julio, aprovechando las lluvias de convección, con un ciclo de 120 a 135 días después de siembra y en buenas condiciones del cultivo la soya llega a producir de 3 a 3.5 t ha^{-1}; sin embargo, el promedio regional es de 1.3 t ha^{-1} (SIAP, 2021).

La variedad de soya Huasteca 400 se generó en el Campo Experimental Las Huastecas del INIFAP, se reportaron datos de rendimientos de lotes experimentales con diferentes productores del sur de Tamaulipas, donde indican que el rendimiento medio de esta variedad fue de 14 % superior al testigo Huasteca 200 y que dicha variedad, presenta buena adaptación al fotoperiodo del trópico húmedo y es tolerante a enfermedades y plagas presentes en la región, principalmente a antracnosis (*Colletotrichum dematium* var. truncata Schw. Arx.), ojo de rana (*Cercospora sojina* Hara), Mildiú velloso (*Peronospora manshurica* Naum. Syd), gusano terciopelo (*Anticarsia gemmatalis* Hübner), gusano falso medidor de la soya (*Pseudophusia includens* Walker) y mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn y *Bemisia argentifolii* Bellows y Perring) (Maldonado *et al*., 2010).

Desde 1994 el programa de mejoramiento genético de soya del INIFAP puso a disposición de los productores de la región la variedad Huasteca 200 y a partir del 2004, se impuso la adopción de la variedad Huasteca 400, desplazando gradualmente a la variedad Huasteca 200, pero a la fecha ambas variedades siguen en uso. Por lo anterior, el objetivo fue evaluar el indicador tasa de variación del ingreso neto de los productores que usan la variedad Huasteca 400, el cual permite cuantificar el beneficio económico por el uso de esta variedad comparada con el testigo Huasteca 200.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la zona de producción de soya que corresponde la región sur de Tamaulipas, oriente de San Luis Potosí y norte de Veracruz. Para obtener la información se diseñó y aplicó una encuesta dirigida a productores que sembraron soya Huasteca 400 durante el ciclo agrícola PV 2015, que en su momento usaron la variedad de soya Huasteca 200, obteniendo información de ambas variedades. El cuestionario fue estructurado con la finalidad de determinar ingresos y costos de producción de las dos variedades y realizar el cálculo de la tasa de variación del ingreso neto de Huasteca 400 comparado con el testigo Huasteca 200.

Para obtener una representación de las regiones de estudio se determinó una muestra para poblaciones finitas, se utilizó la formula siguiente con base a Sánchez *et al*. (2012), citado por Borja-Bravo *et al*. (2016):

$$n = \frac{Z^2 Npq}{(N-1)e^2 + Z^2 pq}$$

donde n es el tamaño de muestra; N es la población; Z es el nivel de confianza; e es el error; p es la probabilidad de que la muestra sea representativa; q es la probabilidad de que la muestra no sea representativa.

Con una población de aproximadamente 700 productores que utilizaron la variedad de soya Huasteca 400, un nivel de confianza del 88 % (Z=1.55), un error de 12 % y una probabilidad de que la muestra represente 50 %, el tamaño de muestra estimado fue de 40 encuestas. Posteriormente se realizó una estratificación de los productores en referencia a las regiones de estudio con el fin de integrar una representación de cada estrato (Cuadro 1), por último, la aplicación de las encuestas a productores se realizó mediante entrevistas al azar, durante el mes de septiembre de 2016. Una vez realizadas las entrevistas, se diseñó un formato de Excel para la captura de datos y se utilizó estadística descriptiva para el análisis de la información y estimación de los indicadores económicos.

Cuadro 1. Estratos de productores según región de producción de soya Huasteca 400.

Estrato	Número de productores	Porcentaje	Productores encuestados
Sur de Tamaulipas	490	70	28
Oriente de San Luis Potosí	120	17	7
Norte de Veracruz	90	13	5
Total	700	100	40

Para obtener información oficial de la superficie con el uso de la variedad de soya Huasteca 400 se solicitó por constancia a los Distritos de Desarrollo Rural, el cual se determinó que en ciclo agrícola PV 2015 se tuvo constancia de una superficie de 82,312 hectáreas.

Para estimar la tasa de variación del ingreso de los productores (TV_I) se utilizó la formula siguiente:

$$TV_I = \left(\frac{IN_I}{IN_T} - 1\right) * 100$$

donde IN_I es el ingreso neto de la tecnología exitosa del INIFAP y IN_T es el ingreso neto del testigo. Adicionalmente se estimó la derrama económica, multiplicando la diferencia del ingreso neto de los productores que sembraron la variedad soya Huasteca 400 menos los que sembraron Huasteca 200 que fue la tecnología testigo, por el número de hectáreas sembradas con la primera variedad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con los resultados obtenidos de la encuesta (Cuadro 2), la variedad Huasteca 400 con un rendimiento promedio de 1.567 t ha^{-1} y un precio promedio de venta de $5,933 por t, se obtuvo un ingreso total de $9,297 ha que al restar los costos de producción promedio de $7,717 ha, se

tiene un ingreso neto de $1,580 ha. Con respecto a la testigo la variedad de soya Huasteca 200 del INIFAP, el ingreso neto obtenido fue de $428 ha. La diferencia del ingreso neto de ambas variedades fue $1,152.

Con el uso de la variedad Huasteca 400 se observó que los costos de producción son ligeramente superiores a Huasteca 200, pero el costo medio de producción por kg de Huasteca 400 disminuyo con respecto a Huasteca 200; por lo tanto, el aumento en el rendimiento por el uso de Huasteca 400 y la disminución del costo medio de la producción por kg de soya, son conceptos que reflejan una mayor productividad. Ayala-Garay *et al*. (2013), menciona que una mejor productividad radica en que los costos medios disminuyan y los rendimientos incrementen. Esta situación repercute directamente en la ganancia unitaria del productor.

Cuadro 2. Ingresos y costos de producción de los productores que utilizan la variedad Huasteca 400 comparada con la variedad testigo Huasteca 200.

Concepto	Huasteca 400	Huasteca 200
Costos de producción ($ ha^{-1})	7,717	7,682
Costo medio de producción ($ kg^{-1})	4.9	5.6
Rendimiento (t ha^{-1})	1.567	1.367
Precio ($ t^{-1})	5,933	5,933
Ingreso bruto ($ ha^{-1})	9,297	8,110
Ingreso neto ($ ha^{-1})	1,580	428
Diferencia en el ingreso neto ($)	1,152	

Con base al ingreso neto de cada variedad, y aplicando la fórmula para el cálculo del indicador tasa de variación del ingreso neto de los productores, se obtuvo una tasa de variación positiva de 269 % por el uso de la variedad de soya Huasteca 400 comparada con la variedad de soya Huasteca 200, lo cual significa un incremento en el ingreso neto de los productores que usaron Huasteca 400, de más del doble en comparación de los que usaron Huasteca 200. Así también, la importancia de este cultivo en la región impacta en la derrama económica generando un beneficio económico, el cual se calculó mediante la diferencia en el ingreso neto de ambas variedades multiplicada por la superficie de siembra con la variedad de soya Huasteca 400, representando una derrama económica de $94,823,424.00 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tasa de variación del ingreso de los productores y derrama económica por el uso de la tecnología INIFAP.

Tecnología evaluada	Regiones productoras	Tasa de variación del ingreso de los productores (%)	Diferencia en el ingreso neto ($)	Superficie con la variedad Huasteca 400 (ha)	Derrama económica ($)
Variedad de soya Huasteca 400	Sur de Tamaulipas, oriente de San Luis Potosí y norte de Veracruz	269	1,152	82,312	94,823,424

CONCLUSIONES

Se concluye que la tecnología evaluada, variedad de soya Huasteca 400 alcanzó un rendimiento ligeramente superior respecto a la variedad testigo, sin embargo, se tiene un ingreso neto superior en $1,152. Así mismo, se tiene un indicador positivo de 269 % en el ingreso neto de los productores que utilizan la variedad de soya Huasteca 400 comparada con la testigo Huasteca 200. El uso de la variedad de soya Huasteca 400 en el ciclo agrícola PV 2015, generó un impacto económico estimado de $94,823,424.00.

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.

Borja-Bravo, M., García-Salazar, J. A., 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.

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization Statistical Database). 2021. Data - trade. Consultado el 30 de julio, 2021, desde http://www.fao.org/faostat/es/#data/TCL.

Maldonado, M. N., Ascencio, L. G. y Gill, L. H. R. 2010. Huasteca 400, Nueva variedad de soya para el sur de Tamaulipas, oriente de San Luis Potosí y norte de Veracruz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 1(5): 687-692.

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 de Zacatecas, INIFAP. 80 p.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021. Anuario estadístico de la producción agrícola. Consultado el 28 de julio, 2021, desde https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Anuario estadístico de la producción agrícola. Consultado el 20 de septiembre, 2016, desde https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/.

USDA (United States Department of Agriculture). 2021. Foreign Agricultural Service. Consultado el 30 de julio, 2021, desde https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home.

TEMPERATURAS EN INVIERNO EN MICROTÚNELES EN LA COMARCA LAGUNERA

Valenzuela-García, Ana Alejandra[1*]; Cervantes-Vázquez, María Gabriela[1]; Vázquez Vázquez, Cirilo[1]; Preciado-Rangel, Pablo[1]; López-Hernández, Lorenzo Daniel[1]

[1]Universidad Juárez del Estado de Durango - Facultad de Agricultura y Zootecnia. Domicilio Conocido Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango. *ale.valenzuela@ujed.mx

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia ubicado en el Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango. Los objetivos principales fueron obtener las temperaturas adecuadas para la germinación y desarrollo de los cultivos mediante la evaluación de diferentes tratamientos y generar las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo del cultivo a través del micro túnel. Para llevar a cabo la investigación se evaluaron los siguientes tratamientos: Agrovelo abajo (T1), Agrovelo arriba (T2), Transparente arriba (T3), Acolchado negro abajo y transparente arriba (T4) y Transparente arriba y abajo (T5). Las variables evaluadas fueron la temperatura ambiente, la temperatura ambiente dentro del micro túnel y la temperatura en el subsuelo a 10 cm de profundidad. Los datos obtenidos se analizaron bajo el diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones. Tomando en cuenta los datos obtenidos pudimos observar que de los tratamientos evaluados de los diferentes materiales para el recubrimiento del microtúnel y acolchado el mejor material para la retención de la radiación solar e incremento de temperatura es el que está constituido por el acolchado plástico sin albedo.

ABSTRACT

The study was conducted in the Agricultural Station of the Agriculture and Zootechnics Faculty located in the Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango. The aims of this work were to obtain the appropriate temperatures for the germination and development of the crops by evaluating different treatments and generating the appropriate environmental conditions for the development of the crop through the micro tunnel. To carry out the research, the following treatments were evaluated: Agrovelo below (T1), Agrovelo above (T2), Transparent above (T3), Black padding below and transparent above (T4) and Transparent above and below (T5). The variables evaluated were the room-temperature, the room-temperature inside the micro tunnel and the temperature in the subsoil at a depth of 10 cm. The data obtained were analyzed under a randomized block design with five treatments and three repetitions. From the evaluated treatments of the different materials for coating the microtunnel and padding, the best material for the retention of solar radiation and increased temperature is the one that is constituted by plastic padding without albedo.

INTRODUCCION

La superficie de agricultura protegida es aquella área en la que el desarrollo del cultivo se realiza bajo cubiertas plásticas, malla sombra u otro tipo de material y en condiciones ambientales controladas como la temperatura, humedad, luz, etcétera, esto de acuerdo con la Normatividad para la generación de estadística básica agropecuaria y pesquera que emite el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (SIAP, 2017). La modalidad de agricultura protegida toma relevancia como la mejor alternativa para controlar los factores externos,

aumentar el rendimiento y mejorar el aprovechamiento de los insumos, también se incrementa la oferta y disponibilidad de productos sustentables.

De acuerdo con el Atlas Agroalimentario 2015, en México existen 25,814 unidades de producción de agricultura protegida, de las cuales 65% son invernaderos, 10% son macro túneles, 10% micro túnel y 15% son casa sombra, techo sombra o pabellón. En las cuales se producen principalmente hortalizas como jitomate, pepino, pimientos, melón, y algunos cultivos ornamentales, forestales y medicinales (SIAP, 2016). En la Comarca Lagunera los municipios productores de hortalizas son Matamoros, San Pedro, Torreón, Viesca, Gómez Palacio, Lerdo, Mapimí y Tlahualilo, obteniendo un rendimiento de 32.12 t ha-1(SIAP-SAGARPA, 2017).

Con la implementación de micro túneles y acolchados plásticos algunas hortalizas como la calabacita, el melón, el pepino, el tomate, el chile y la sandía han mostrado incrementos significativos en lo que respecta a precocidad y rendimiento obteniendo un mejor precio de venta en el mercado (González *et al.,* 2015). Es por ello que el objetivo de este trabajo es obtener las temperaturas adecuadas para la germinación y desarrollo de los cultivos de importancia en esta región mediante la evaluación de los diferentes tratamientos evaluados, así como generar las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo del cultivo a través del micro túnel mediante la evaluación del comportamiento de la temperatura superficial y a 10 cm de profundidad en el sistema de producción en micro túnel acolchado y plástico.

MATERIALES Y METODOS

Localización y descripción del sitio experimental. El experimento se llevó a cabo en el campo agrícola de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (FAZ-UJED), ubicada en el ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango, México. Este municipio se localiza entre los paralelos 25° 32’ y 25° 54’ de latitud norte; los meridianos 103° 19’ y 103° 42’ de longitud oeste.

Establecimiento. Se realizó una preparación convencional para cama melonera de 1 m que es la que se utiliza en la región. Barbecho a una profundidad de 30 cm, una rastra doble y nivelación del terreno. Las camas se realizaron con ayuda de una bordadora realizando surcos dobles y con una pala se acondicionaron para la colocación de los materiales plásticos (microtúneles). El sistema de riego utilizado fue presurizado por cintilla. Se estableció la tubería correspondiente para colocar la línea regante. Los riegos se aplicaron dos o tres veces por semana a través del sistema de riego por goteo (cintilla) reponiendo el 80 % de la evaporación del tanque evaporímetro tipo A. Los diferentes tipos de acolchados se colocaron sobre los tratamientos correspondientes una semana antes de la siembra. Tras germinar la semilla se colocaron los microtúneles con ayuda de alambrones curvos sobre los cuales se colocaron los diferentes tipos de materiales. Las cubiertas se retiraron un mes y medio después de la siembra.

Diseño experimental y tratamientos. Los datos se analizaron bajo el diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron: Agrovelo abajo (T1), Agrovelo arriba (T2), Transparente arriba (T3), Acolchado negro abajo y transparente arriba (T4) y Transparente arriba y abajo (T5).

Variables evaluadas. Temperatura ambiente, temperatura ambiente dentro del micro túnel y temperatura en el subsuelo a 10 cm de profundidad en cada tratamiento y repetición midiéndose cada cuatro horas a través de termómetros termo tracker.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las temperaturas encontradas en los diferentes tratamientos de microtúnel para la fecha semanal del 25 al 31 de enero de 2019, se observa que en el análisis de varianza de esta fecha muestra diferencia estadística altamente significativa para los tratamientos de microtúnel (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de varianza de la temperatura ambiente en los tratamientos de microtúnel del 25 al 31 de enero de 2019.

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	F. VALOR	Pr > F
Repetición	2	0.73200	0.36600	2.87	0.1151
Tratamiento	4	48.85066	12.21266	95.66	<.0001
Error	8	1.02133	0.13766		
Total	14	50.60400			

Realizando la comparación de medias de las temperaturas del ambiente del microtúnel para la fecha del 25 al 31 de enero de 2019 se observa en el Cuadro 2 que la temperatura más elevada es para el tratamiento 5, el cual consiste en plástico transparente sin albedo en la estructura del microtúnel y en acolchado o suelo con el mismo material plástico, con 20.96 °C en promedio de esta fecha, este valor es de esperarse ya que, una característica del material plástico es la penetración de las ondas térmicas, las cuales ya no son reflejadas debido a la característica del material plástico, y por ende hay una mayor concentración de temperatura. El aumento de la temperatura del suelo se debe a la reducción de la pérdida de calor radiante y convectivo debajo de las cubiertas (Ruíz-Machuca et al., 2015). Este tratamiento es estadísticamente diferente a todos los demás evaluados.

El tratamiento 3 con plásticos transparente sin albedo sin acolchado presenta el segundo valor de temperatura más elevada con 18.93 °C, lo cual corrobora que este material sin albedo es el que atrapa y conserva más la incidencia de los rayos solares. Esta temperatura es óptima para la germinación y desarrollo de los cultivos hortícolas de la región como el melón y la sandía. Distintos autores han encontrado beneficios en diferentes cultivos como en okra (Brown & Channell-Butcher 2000), melón (Ibarra *et al.* 2001), apio (Jenni *et al.* 2006), pepino (Wolfe *et al.* 2009), y pimiento morrón (Jolliffe & Gaye 2005), donde se ha observado que el uso de microtúnel conduce a una producción más temprana y mayores rendimientos.

Cuadro 2. Comparación de medias para la temperatura en los diferentes tratamientos del microtúnel del 25 al 31 de enero de 2019.

Tratamiento	Temperatura °C
5	20.96 a
3	18.93 b
2	17.46 c
4	16.66 d
1	15.86 e
DMS	0.672

Realizando el análisis de varianza de temperatura ambiente dentro de los tratamientos de microtúnel para la fecha del 01 al 07 de febrero de 2019 muestra que existe diferencia altamente significativa en los tratamientos evaluados (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de varianza de la temperatura ambiente en los diferentes tratamientos de microtúnel del 01 al 07 de febrero de 2019.

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	F. VALOR	Pr > F
Repetición	2	0.08133	0.04066	0.33	0.7281
Tratamiento	4	58.72266	14.680666	119.33	<.0001
Error	8	0.98533	0.12316		
Total	14	59.78933			

Realizando la comparación de medias para esta fecha, se observa que el tratamiento 3 es el que representa el valor más elevado con una temperatura de 23.56 °C siendo estadísticamente diferente a todos los tratamientos evaluados (Cuadro 4). En esta fecha, el tratamiento 5 se muestra en segundo lugar con 22.36 °C, pero queda evidenciado que el tratamiento con microtúnel utilizando plástico transparente sin albedo es el que conserva más la temperatura ambiente dentro del microtúnel.

Cuadro 4. Comparación de medias para la temperatura en los diferentes tratamientos del microtúnel del 01 al 07 de febrero de 2019.

Tratamiento	Temperatura °C
3	23.56 a
5	22.36 b
4	22.16 b
2	21.00 c
1	17.76 d
DMS	0.660

Realizando el análisis de varianza de fecha del 08 al 14 de febrero de 2019 en tratamientos de microtúnel muestra que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos evaluados (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de varianza de la temperatura ambiente en los tratamientos de microtúnel del 08 al 14 de febrero de 2019.

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	F. VALOR	Pr > F
Repetición	2	0.04133	0.02066	0.39	0.6901
Tratamiento	4	78.13066	19.53266	367.39	<.0001
Error	8	0.42533	0.05316		
Total	14	78.59733			

La comparación de medias de temperaturas del 08 al 14 de febrero de 2019 se observa en el Cuadro 6, en donde el valor más elevado corresponde al tratamiento 5 con un valor de temperatura de 25.66 °C, siendo estadísticamente igual al tratamiento 3. Ambos tratamientos son los que están constituidos por el material plástico sin albedo. En el período de evaluación de estos tratamientos se comprueba que este material es el que mejor retiene y conserva la radiación solar.

Ibarra *et al.* (2000) encontraron que en un cultivo de melón y en un cultivo de pimiento el acolchado plástico incrementó el número de días grado (DG) suelo en relación con el testigo. Los resultados concuerdan con lo propuesto por Ham *et al.* (2013) quienes indican que el incremento de la temperatura del suelo existe debido a que el acolchado negro absorbe el 96% de la radiación de onda corta y muy poca se transmite y refleja, la radiación es conducida a la capa alta del suelo. Así mismo, podemos observar que el tratamiento 1 presenta la menor temperatura, ya que autores como Peterson y Taber (2011) mencionan que el uso de microtúneles incrementa la temperatura del aire.

Cuadro 6. Comparación de medias para la temperatura en los diferentes tratamientos del microtúnel del 08 al 14 de febrero de 2019.

Tratamiento	Temperatura °C
5	25.66 a
3	25.63 a
4	23.56 b
2	22.30 c
1	19.56 d
DMS	0.434

El análisis de varianza de los microtúneles de la temperatura sub-superficial (10 cm) para la fecha del 25 al 31 de enero de 2019 muestran significancia estadística para los tratamientos evaluados (Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis de varianza de la temperatura sub-superficial en los tratamientos de microtúnel del 25 al 31 de enero de 2019.

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	F. VALOR	Pr > F
Repetición	2	0.05200	0.02600	0.09	0.9116
Tratamiento	4	47.83066	11.95766	43.06	<.0001
Error	8	2.22133	0.27766		
Total	14	50.10400			

Realizando la comparación de medias de temperaturas sub-superficiales a 10 cm de profundidad en la fecha del 25 al 31 de enero de 2019, se observa que el valor más alto es para el tratamiento 5 con una temperatura de 21.56 °C, lo cual concuerda en la misma fecha con la temperatura ambiente de este tratamiento de microtúnel.

Existe un incremento de temperatura sub-superficial a los 10 cm de profundidad de 0.6 °C con respecto a la temperatura ambiente del microtúnel del tratamiento 5 siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos evaluados (Cuadro 8).

En esta fecha, el tratamiento 1 acolchado agrovelo la temperatura sub-superficial a 10 cm de profundidad muestra un valor de 20.00 °C siendo la segunda temperatura más elevada y existiendo diferencia estadística en los tratamientos evaluados con microtúnel.

Cuadro 8. Comparación de medias de la temperatura sub-superficial en los diferentes tratamientos del microtúnel del 25 al 31 de enero de 2019.

Tratamiento	Temperatura °C
5	21.56 a

1	20.00 b
4	18.23 c
2	17.50 c
3	16.60 d
DMS	0.992

Con respecto al análisis de varianza para la fecha del 01 al 07 de febrero de 2019 en los tratamientos de microtúnel en las temperaturas sub-superficiales a 10 cm de profundidad muestra significancia estadística en los tratamientos evaluados (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis de varianza de la temperatura sub-superficial en los tratamientos de microtúnel del 01 al 07 de febrero de 2019.

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	F. VALOR	Pr > F
Repetición	2	0.03733	0.01866	0.33	0.73
Tratamiento	4	37.14400	9.28600	162.91	<.0001
Error	8	0.45600	0.05700		
Total	14	37.63733			

En el cuadro 10 se muestra comparación de medias de las temperaturas sub-superficiales a 10 cm de profundidad, para la fecha del 01 al 07 de febrero de 2019 donde se observa que el valor más elevado en temperatura le corresponde al tratamiento 5 con 22.16 °C, lo cual indica que el mejor tratamiento es el que está constituido por el material plástico transparente sin albedo y siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos evaluados.

Cuadro 10. Comparación de medias de la temperatura sub-superficial en los diferentes tratamientos del microtúnel del 01 al 07 de febrero de 2019.

Tratamiento	Temperatura °C
5	22.16 a
4	20.56 b
1	20.16 b
2	18.83 c
3	17.53 d
DMS	0.449

Realizando el análisis de varianza para la fecha del 08 al 14 de febrero de 2019 de temperatura sub-superficial a 10 cm de profundidad en los diferentes tratamientos de micro túnel muestra significancia estadística entre los tratamientos evaluados (Cuadro 11).

Cuadro 11. Análisis de varianza de la temperatura sub-superficial en los tratamientos de microtúnel del 08 al 14 de febrero de 2019.

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	F. VALOR	Pr > F
Repetición	2	0.07600	0.03800	0.57	0.5854
Tratamiento	4	55.90933	13.97733	210.77	<.0001
Error	8	0.53066	0.06633		
Total	14	56.51600			

Realizando la comparación de medias para esta fecha (del 08 al 14 de febrero de 2019), la temperatura su-superficial a 10 cm de profundidad muestra que el valor más elevado es para el

tratamiento 5 con una temperatura de 26.03 °C, esta temperatura es óptima para la germinación y buen desarrollo de los cultivos hortícolas de la región que requieren temperaturas altas como es el caso del cultivo de melón, ya que de acuerdo con la CONABIO (2006) la semilla del cultivo de melón germina entre 15 y 39°C, y en el caso del cultivo de sandía, la germinación de las semillas requiere temperaturas relativamente altas, mínimas de 12 a 16 ºC con un óptimo entre 26 a 35 ºC , siendo este tratamiento estadísticamente diferente a todos los demás tratamientos de microtúnel estudiados. Esta fecha se consideró como la última, ya que, como se puede observar, el incremento de la temperatura en la región ya no pudiera ser una limitante para el buen desarrollo del cultivo (Cuadro 12).

Cuadro 12. Comparación de medias de la temperatura sub-superficial en los diferentes tratamientos del microtúnel del 08 al 14 de febrero de 2019.

Tratamiento	Temperatura °C
5	26.03 a
4	24.96 b
3	23.30 c
2	21.26 d
1	21.23 d
DMS	0.0484

Nava (2011) menciona que desde el punto de vista social y económico para los productores de melón el uso del plástico es conveniente, ya que con un menor número de aplicaciones de agroquímicos se obtienen mayores ingresos por hectárea en cada ciclo, viéndose menos expuestos al contacto con los productos químicos y utilizando menor cantidad de personal. Se recomienda utilizar el plástico en otras zonas productoras de melón y realizar investigaciones para introducirlo en otros cultivos.

CONCLUSIONES

El mejor tratamiento evaluado de microtúnel para el incremento de la temperatura para el desarrollo de los cultivos de la región en fecha invernal fue el tratamiento 5 con una temperatura promedio en las fechas evaluadas de 23.9 °C en el ambiente del microtúnel siendo estadísticamente diferente a los tratamientos evaluados. En relación con la temperatura sub-superficial a 10 cm de profundidad, el valor promedio de las fechas evaluadas fue de 23.25 °C siendo muy similar al valor promedio ambiente. De los tratamientos evaluados de los diferentes materiales para el recubrimiento del microtúnel y acolchado podemos concluir que el mejor material para la retención de la radiación solar e incremento de temperatura es el que está constituido por el acolchado plástico sin albedo.

REFERENCIAS

CONABIO. (2006). *Proyecto GEF-CIBIOGEM de Bioseguridad.* Obtenido de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/20912_sg7.pdf

Ham, J. M., G. J. Kluitenberg, and W. J. Lamont. (2013). Optical properties of plastic mulches affect the field temperature regime. J Amer. Soc. Hort. Sci. 118:188-193.

Ibarra Jiménez, Luis, & Fernández Brondo, José Manuel, & Rodríguez Herrera, Sergio Alfredo, & Reyes López, Alfonso, & Díaz Pérez, Juan Carlos, & Hernández Mendoza, José Luis, & Farías Larios, Javier (2000). Influencia del acolchado y microtúnel en el microclima y rendimiento de pimiento morrón y melón. Revista Fitotecnia Mexicana, 23(1),1-15.[fecha

de Consulta 29 de Septiembre de 2020]. ISSN: 0187-7380. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=610/61023

Ibarra L, Flores J, Díaz-Pérez JC. (2001). Growth and yield of muskmelon in response to plastic mulch and row covers. Sci Hortic-Amsterdam. 87:139–145.

Jenni S, Gamache I, Côté JC, Stewart KA. 2006. Plastic mulches and low tunnels to reduce bolting and increase marketable yield of early celery. J Veg Sci. 12:57–73.

Jolliffe PA, Gaye MM. (2005). Dynamics of growth and yield component responses of bell peppers (Capsicum annuum L.) to row covers and population density. Sci Hortic-Amsterdam. 62:153–164.

Nava, Juan Carlos (2011). Beneficios socioeconómicos al utilizar plástico en el cultivo del melón (Cucumis melo L.) en el municipio Miranda del estado Zulia. Revista de Ciencias Sociales (Ve), XVII (3),542-549.[fecha de Consulta 23 de Septiembre de 2020]. ISSN: 1315-9518. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id= 280/28022767013

Peterson, R. H., & H. G. Taber. (2011). Tomato flowering and early yield response to heal buildup under row covers. J Amer. Soc. Hor. Sci. 116: 206-209.

Ruíz-Machuca, L. M., Ibarra-Jiménez, L., Valdez-Aguilar, L. A., Robledo-Torres, V., Benavides-Mendoza, A., & Cabrera-De La Fuente, M. (2015). Cultivation of potato – use of plastic mulch and row covers on soil temperature, growth, nutrient status, and yield. *Acta Agriculturae Scandinavica: Section B, Soil & Plant Science*, *65*(1), 30–35. https://doi.org/10.1080/09064710.2014.960888

SIAP. (26 de Junio de 2017). Obtenido de https://www.gob.mx/siap/articulos/agricultura-protegida-el-valor-de-la-produccion-bajo-esta-tecnica-crecio-47-9-en-2016?idiom=es

Wolfe DW, Albright LD, Wyland J. (2009). Modeling row cover effects on microclimate and yield. I. Growth response of tomato and cucumber. J Am Soc Hortic Sci. 114:562–568.

USO DE IMÁGENES CAPTADAS MEDIANTE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS (UAV) PARA ESTIMAR EL ESTADO GENERAL DE HUERTAS CITRÍCOLAS

USE OF IMAGES CAPTURED BY UNMANNED AIR VEHICLES (UAV) TO ESTIMATE THE GENERAL CONDITION OF CITRUS ORCHARDS

Carlos Miguel Ramos-Cruz[1*]; Gerardo Delgado-Ramírez[2]; Emilia Raquel Pérez-Evangelista[3]; Enrique Miguel-Valle[3]; Ramón Trucios-Caciano[2]

[1*]Campo Experimental, General Terán-INIFAP, Km 31 Carretera Montemorelos-China. C. P. 67400. General Terán, Nuevo León.
[2]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera (CENID-RASPA) del INIFAP. Canal Sacramento Km. 6.5. C.P. 35140. Gómez Palacio, Durango.
[3]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez y carretera Santa Fe. C.P. 27054. Torreón Coahuila.

RESUMEN

Existe un interés creciente en el uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV) como alternativas rentables y de alta resolución a los satélites para el monitoreo ambiental de grandes áreas. El uso de UAV permiten monitorear de manera constante el estado general de salud de los cultivos e incluso detectar enfermedades, y estimar las necesidades hídricas. El objetivo del presente estudio fue estimar el estado general de huertas citrícolas mediante el uso de imágenes captadas por UAV con la finalidad de realizar enmiendas de manera dirigida y oportuna. Para ello, se realizó un vuelo mediante UAV y se obtuvieron imágenes multiespectrales y fotogramétricas. Los resultados indican que mediante las imágenes es posible conocer el estado general de las huertas, al identificar con precisión la altura de los árboles, diámetro de copa, número de árboles, árboles faltantes, árboles de otras especies y conocer el estado de salud mediante el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Con esta información el productor, realizo supervisiones y acciones de mejora dirigidas solo a aquellas áreas que presenten anomalías.

ABSTRACT

There is growing interest in the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) as cost-effective, high-resolution alternatives to satellites for environmental monitoring of large areas. The use of UAVs allow to constantly monitor the general status of crop health and even detect diseases, and estimate water needs. The objective of this study was to estimate the general state of citrus orchards through the use of images captured by UAV in order to make amendments in a targeted and timely manner. For this, a flight was carried out by UAV and multispectral and

photogrammetric images were obtained. The results indicate that through the images it is possible to know the general state of the orchards, by precisely identifying the height of the trees, crown diameter, number of trees, missing trees, trees of other species and knowing the state of health through the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). This information could be useful for the producer, to carry out improvement actions directed only to those areas that present anomalies.

INTRODUCCION

Actualmente, la agricultura propende por la seguridad alimentaria a futuro, razón por la cual, se busca tecnologías modernas que contribuyan a mitigar la falta atención de diversas particularidades de los cultivos que generan gastos innecesarios durante su producción (González *et al*., 2017). Recientemente, a nivel mundial ha crecido el interés por la agricultura de precisión (AP) como un paso prometedor hacia el cumplimiento de una demanda de producir más alimentos y de mejor calidad y de manera sostenible, al mejorar la eficiencia en el uso de los recursos, la productividad, rentabilidad y sostenibilidad de la producción agrícola (Delavarpour *et al.*, 2021).

El uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV) en la agricultura de precisión representa un hito importante en la adquisición y análisis de imágenes de alta resolución (Hunt y Daughtry, 2018). Además de ser rentables y de alto rendimiento, permiten realizar estudios de manera rápida, precisa y no destructiva (Abdulridha *et al*., 2018). Los UAV permiten recolectar, visualizar y evaluar las condiciones de salud de los cultivos en sus distintas etapas fenológicas (Ojeda *et al*., 2016). Con esta información, se pueden identificar zonas de intervención diferencial o con problemas de desarrollo y facilitar la dirección de las acciones de supervisión de campo, dirigiéndolas solo a aquellas que presenten anomalías con la finalidad de resolverlas de manera oportuna (Zeng *et al*., 2021). Estas acciones de buenas prácticas y su rápida implementación contribuirán a incrementar la calidad y rendimiento del cultivo, reducir el número de aplicaciones de plaguicidas, dirigir la aplicación de fertilizantes de acuerdo a las necesidades del árbol y el uso eficiente del agua. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue obtener el estado general de huertas citrícolas mediante el uso de imágenes captadas por vehículos aéreos no tripulados, con la finalidad de realizar enmiendas de manera dirigida y oportuna.

MATERIALES Y METODOS

El área de de estudio se localiza en el municipio de General Terán, Nuevo León, México (25°18´42.82´´ N, 99°35´25.46´´ W) y cubre una superficie de 23.0 ha plantadas con toronja

(*Citrus paradisi* L.). La huerta 1 ocupa una superficie de 8.0 ha, los árboles tienen una edad de 12 años, plantados a una separación de 8x5, con una densidad de 250 árboles por ha^{-1}. La huerta 2, ocupa una superficie de 15.0 ha, los árboles tienen una edad de 22 años, plantados a la misma separación y con la misma densidad que la huerta 1. El riego en las huertas es inundación, mediante un sistema de riego tipo válvulas alfalferas.

Adquisición de imágenes de UAV. Se utilizó un UAV de ala fija (ebee plus®) para la adquisición de imágenes; éstas se tomaron antes del medio día para reducir los efectos de sombra en las imágenes, las cuales se captaron con una cámara multiespectral (Sequoia®) y una cámara fotogramétrica (senseFly® S.O.D.A.).

Planeación de vuelo. Para la planificación y gestión del vuelo se utilizó el software eMotion 3 (senseFly Parrot Gruop), en el cual se seleccionó la zona de estudio. El área total de vuelo fue de 69.89 ha^{-1} a una altura de 127.5 m, con una duración estimada de 00:32m:36s de vuelo y una resolución de 3 cm^{-2} pix, con lo cual se capturaron 285 imágenes.

Instalación de Geobase. Se utilizó una Sensefly GeoBase®, que cuenta con 132 canales, modos de posicionamiento L1/ L2 / L2C GPS, GLONAS Y SBAS, lo cual, garantiza una precisión en RTK de 0.6 cm ± 0.5 ppm en horizontal y 1 cm ± 1 ppm en vertical.

Procesamiento de imágenes fotogramétricas y multiespectrales. Los datos se procesaron mediante el software Pix4D Mapper para unir las imágenes UAV recopiladas en mapas aéreos. En este paso se generó un mapa de las siguientes bandas: azul (B), verde (G), rojo (R) e infrarrojo cercano (N). Asimismo, se generaron los modelos digitales de terreno y superficie.

Cálculo de NDVI. El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI Normalized Difference Vegetation Index), es un indicador de la cubierta vegetal y la biomasa de la vegetación que se obtiene de forma robusta, simple y directa desde las imágenes multiespectrales mediante una combinación algebraica de las reflectividades en el rojo e infrarrojo cercano, con el fin de proporcionar una señal relacionada con el desempeño saludable y fisiológico de la vegetación (Huete *et al*., 2002).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

El área del dosel individual por árbol se obtuvo utilizando el software Qgis ver. 3.10.14, para ello, fue necesario crear una capa de puntos mediante una clasificación supervisada. La capa se conformó de las siguientes clases: Clase 1: Suelo desnudo; Clase 2: Árbol de toronjo; Clase 3: Sombra y Clase 4: Árbol de nogal. Posteriormente el archivo raster de la clasificación se convirtió

a formato vectorial para filtrar la información de interés. Con el formato shapefile y la ecuación 2 se determinó en diámetro de copa.

$$D = \sqrt{A/0.7854} \quad (2)$$

Donde D es el diámetro de copa.

Determinación de altura del árbol. Ésta es la diferencia del Modelo Digital del Terreno (MDT) y el Modelo Digital de Superficie (MDS) (Ecuación 3):

$$\text{Altura de árbol} = \text{MDT-MDS} \quad (3)$$

RESULTADOS Y DISCUSION

Mediante los modelos digitales de terreno (MDT) se identificó que las huertas tienen una pendiente longitudinal muy pronunciada (Figura 1). Sin embargó, la huerta 2 presenta una pendiente del 0.29%, con una longitud promedio de melga de 426 m, lo cual quiere decir que de cada 100 m esta baja aproximadamente 29 cm. Lo anterior, podría ocasionar una eficiencia de distribución del agua menor al 50%, ocasionado que los árboles de la cabecera presenten estrés hídrico antes que los árboles del final de la melga.

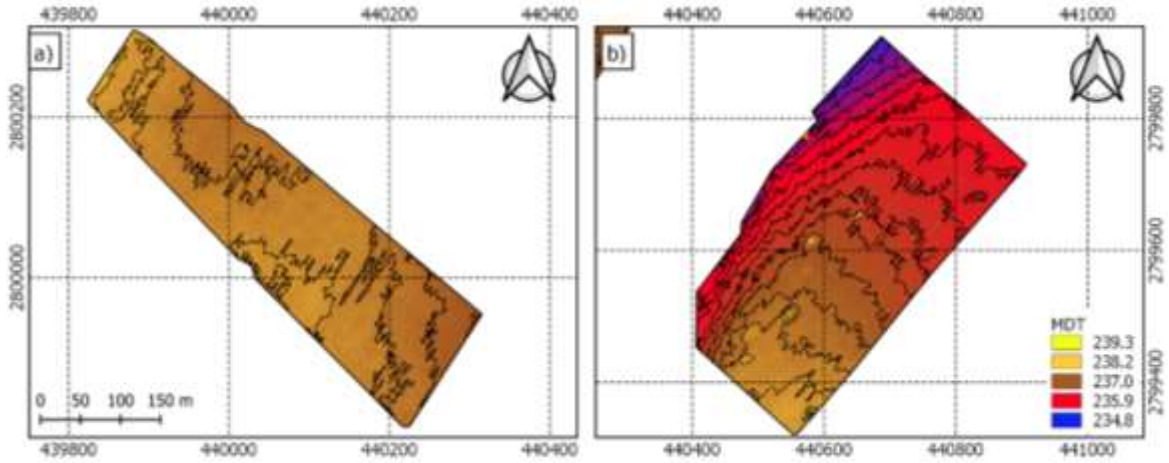


Figura 1. Modelo digital de terreno de la huerta 1 (imagen a) y huerta 2 (imagen b).

Con las imágenes multiespectrales obtenidas del UAV se pudo conocer de manera precisa el número de árboles de las huertas, el diámetro de copa, la distancia entre hileras y entre árboles. Asimismo, se pudo identificar árboles de otra especie dentro de la huerta (Nogal). Sin embargó, no se pudo identificar con precisión árboles de reposición (Figura 2). Lo anterior, puede deberse al tamaño de copa de los árboles, lo cual, coindice con Csillik *et al.* (2018), quienes mediante imágenes multiespectrales de UAV y redes neuronales encontraron dificultad para identificar

árboles pequeños de grandes y en numerosos casos detectaron copas múltiples dentro de árboles individuales.

Asimismo, mediante las imágenes captadas por UAV fue posible determinar la altura individual de los árboles. El rango encontrado fue de 3.2 a 7.0 m; la mayor altura se presentó en la huerta 2 y la menor altura se presentó en la huerta 1 (Figura 2). Lo anterior, puede atribuirse a la edad de los árboles, asimismo, los resultados indican que mediante el uso de UAV se puede determinar la altura individual de los árboles de toronjo de manera rápida en comparación con los métodos tradicionales. En un estudio realizado por Torres *et al*. (2015) reportaron una precisión del 97.0% al estimar la altura de árboles leñosos mediante el uso de Modelo Digital de Superficie (MDS) generados a partir de drones y técnicas de análisis basadas en objetos.

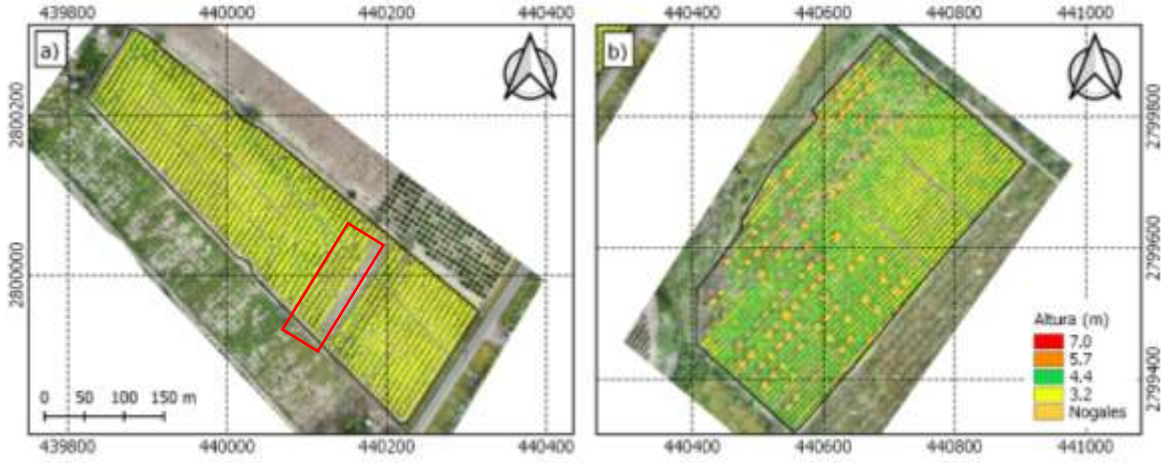


Figura 2. Altura de árboles; en la figura a), en color rojo se indican los árboles en reposición que no se identificaron; en la figura b), se muestran los árboles de nogal encontrados en la huerta 2.

Los valores de NDVI de las huertas oscilaron entre 0.22 a 0.95, los mayores valores de vigor se presentaron en la huerta 2, y los valores más bajos se presentaron en la huerta 1 (Figura 3). Lo anterior, podría atribuirse a que la huerta 1 al momento del vuelo se encontraba estresada por falta de riego. Asimismo, se identificó que los árboles de la huerta 2, donde la pendiente es encontrar del sentido de riego, presentaron el menor valor de NDVI. De acuerdo con Pino, (2019), los valores de NDVI cercano a 1.0 representan vegetación sana, mientras que valores cercanos a 0, indican suelo desnudo o que la vegetación presenta condiciones adversas tales como: estrés hídrico, daños causados por plagas o enfermedades o deficiencia nutricional.

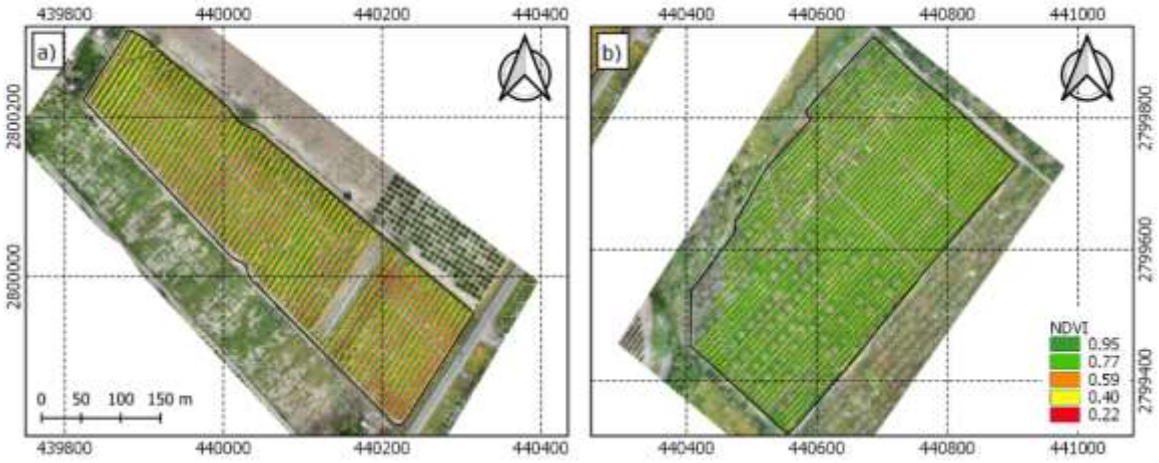


Figura 3. Valores de NDVI de las huertas en estudio. a) Huerta 1; b) Huerta 2.

CONCLUSIONES

Mediante el uso de imágenes captadas por UAV, es posible conocer el estado general de huertas citrícolas que incluye, identificar con precisión la altura de los árboles, diámetro de copa, número de árboles, árboles faltantes, árboles de otras especies, así como identificar malezas y obtener un panorama sobre el manejo del agua en la huerta con base a la topografía y al sistema de riego utilizado. Con dicha información el productor tomo decisiones de mejora en áreas que presenten anomalías.

REFERENCIAS

Abdulridha, J., Ehsani, R., Abd-Elrahman, A., Ampatzidis, Y. 2018. A remote sensing technique for detecting laurel wilt disease in avocado in presence of other biotic and abiotic stresses. Computers and Electronics in Agriculture, 156, 549-557.

Csillik, O., Cherbini, J., Johnson, R., Lyons, A., Kelly, M. 2018. Identification of Citrus Trees from Unmanned Aerial Vehicle Imagery Using Convolutional Neural Networks. Drones, 2 (4): 1-16.

Delavarpour, N., Koparan, C., Nowatzki, J., Bajwa, S., Sun, X. 2021. A Technical Study on UAV Characteristics for Precision Agriculture Applications and Associated Practical Challenges. Remote Sensing, 13: 1-25.

González, A., Amarillo, G., Amarillo, M., Sarmiento, F. 2017. Drones aplicados a la agricultura de precisión. Revista Especializada en Ingeniería, 10: 23-37.

Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodríguez, E.P., Gao, X., Ferreira, L.G. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote Sensing of Environment, 83 (1): 195-213.

Hunt, E.R., Daughtry, C.S.T. 2018. What good are unmanned aircraft systems for agricultural remote sensing and precision agriculture? International Journal of Remote Sensing, 39: 5345–5376.

Ojeda, W., González, A., Ontiveros, R., Flores, J., Rojano, A. 2016. Vehículos aéreos no tripulados (Drones/VANT). in: Uso y manejo de drones con aplicaciones al sector hídrico, (Eds.) W. Ojeda, J. Flores, R. Ontiveros, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, México, pp. 113-170.

Pino, E. 2019. Los drones una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta tecnología. IDESIA (Chile), 37 (1): 75-84.

Torres, J., López, F., Serrano, N., Arquero, O., Peña, J. 2015. High-Throughput 3-D Monitoring of Agricultural-Tree Plantations with Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Technology. PLOS ONE, 10 (6): 1-20.

Zeng, L., Peng, G., Meng, R., Man, J., Li, W., Xu, B., Lv, Z., Sun, R. 2021. Wheat Yield Prediction Based on Unmanned Aerial Vehicles-Collected Red–Green–Blue Imagery. Remote Sensing, 13(2937): 1-19.

UTILIZACIÓN DEL INDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA PARA SELECCIÓN DE HIBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO

Luis Roberto Ramírez-Cervantes[1], Marisol Galicia-Juárez[1*], Jesús Santillano-Cazares[1] Ulises Aranda-Lara[2] y Héctor Williams-Alanís[2]

[1]Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ciencias Agrícolas. Carretera a Delta s/n Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California. C.P. 21705. Tel: 686-523-0088 ext. 45925. [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (INIFAP). Campo Experimental Rio Bravo. Carretera Matamoros–Reynosa, km 61 Río Bravo, Tamaulipas, Apdo. Postal. 172, Río Bravo, Tamaulipas, México CP 88900. *marisol.galicia.juarez@uabc.edu.mx

RESUMEN

El cultivo de sorgo tiene gran importancia a escala mundial, pues está comprobado que puede sustituir cereales como el trigo y el maíz en la mayoría de los usos de estos, tanto en la alimentación humana como en la producción de forraje o grano para la ceba de animales y también en la industria. Con el objetivo de utilizar nuevas herramientas para la selección de genotipos de sorgo que se adapten a la región del Valle de Mexicali, se realizaron mediciones del NDVI en 32 híbridos de sorgo para grano con finalidad de seleccionar aquellos que presenten los valores de NDVI más altos, bajo el supuesto de que estos serán los híbridos que mejor se adapten a las condiciones climáticas de la región. El ensayo se realizó en el campo experimental del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California. Se utilizaron 28 híbridos experimentales donados por el CIRNE-INIFAP y 4 híbridos comerciales destacados de la región del Valle de Mexicali. Los genotipos se establecieron bajo un diseño experimental de BCA con tres repeticiones. La parcela experimental fue de dos surcos de 5 m de largo, con una separación entre surcos de 1 m y distancia entre plantas de 0.15 m. Al menos tres híbridos experimentales (H20, H19 y H18) pueden superar el rendimiento de los híbridos comerciales de la región, lo que permite ofrecer nuevas alternativas de genotipos de sorgo para grano a los productores del Valle de Mexicali

ABSTRACT

The cultivation of sorghum is of great importance worldwide, since it is proven that it can replace cereals such as wheat and corn in most of their uses, both in human consumption and in the production of forage or grain for the fattening of animals and also in industry. In order to use new tools for the selection of sorghum genotypes that adapt to the Mexicali Valley region, NDVI measurements were carried out in 32 grain sorghum hybrids in order to select those that present the highest NDVI values, under the assumption that these will be the hybrids that best adapt to the climatic conditions of the region. The test was carried out in the experimental field of the Institute of Agricultural Sciences of the Autonomous University of Baja California. 28 experimental hybrids donated by CIRNE-INIFAP and 4 outstanding commercial hybrids from the Mexicali Valley region will be used. The genotypes were established under a BCA experimental design with three replications. The experimental plot consisted of two rows of 5 m long, with a separation between rows of 1 m and a distance between plants of 0.15 m. At least three experimental hybrids (H20, H19 and H18) can exceed the performance of commercial hybrids in the region, which allows offering new alternatives for grain sorghum genotypes to producers in the Mexicali Valley.

INTRODUCCIÓN

Los tres principales países productores de sorgo a nivel mundial durante 2019/20 fueron Estados Unidos, Nigeria y Etiopía con aportaciones del 15, 12 y 9 %, respectivamente. México e India comparten el cuarto lugar con 4.5 MT y 7.8 % de la producción mundial del grano (FIRA, 2020). El cultivo de sorgo pertenece a las plantas C4, las cuales forman compuestos de cuatro carbonos, haciéndola más eficiente en el uso del agua, bióxido de carbono y nutrientes (Chuck et al., 2011). De acuerdo con Taylor y colaboradores (2006) es el mejor cereal en términos de resistencia a la sequía. Es muy eficiente en ambientes cálidos y con intensidad luminosa alta, como los prevalecientes en regiones semiáridas (Rooney y Serna-Saldívar, 2000).

El cultivo de sorgo tiene gran importancia a escala mundial, pues está comprobado que puede sustituir cereales como el trigo y el maíz en la mayoría de los usos de estos, tanto en la alimentación humana como en la producción de forraje o grano para la ceba de animales y también en la industria (Pérez et al., 2010). El pronóstico de la producción mundial de sorgo para el ciclo 2020/21 es de 62 MT, es decir 7 % por arriba de la cosecha 2019/20, determinado por Estados Unidos, Nigeria, Etiopía, Sudán, India, y México.

En México, el ciclo O-I 2020/21 el estado de Tamaulipas fue el mayor productor de sorgo, se ha visto fuertemente golpeado por problemas climáticos, en la etapa inicial del cultivo siendo afectado por heladas y posteriormente por la falta de agua y escasez de lluvias que mermarán los rendimientos y en consecuencia el volumen de producción hasta del 46.6% menor al obtenido durante el ciclo anterior, s**e prevé que el presente ciclo sea el más bajo en 20 años.** Referente al ciclo PV 2021, el estado de Sinaloa es uno de los que se verán más afectados, ya que la falta de agua no permitirá el establecimiento de un segundo ciclo de cultivo, por lo que se estima que la cosecha de este grano forrajero sea 61.6% menor al ciclo PV 2020 (USDA, 2021).

El el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, acrónimo del inglés *Normalized Difference Vegetation Index*) (Rouse *et al*., 1973; Araus *et al*., 2002). NVDI es un índice normalizado que cuenta por cambios en la radiación incidente. Un índice normalizado facilita las comparaciones entre mediciones tomadas bajo diferentes condiciones de luz, donde las mediciones hechas bajo radiación incidente alta (ejemplo, a pleno sol) podrían tener mayores valores (mayor diferencia absoluta entre la reflectancia de RED y NIR) que aquellos tomados bajo poca radiación incidente (ejemplo, cielo nublado) (Reynolds et al, 2013).

El objetivo de la presente investigación es utilizar nuevas herramientas para la selección de genotipos de sorgo que se adapten a la región del Valle de Mexicali, se realizaron mediciones del NDVI en 32 híbridos de sorgo para grano con finalidad de seleccionar aquellos que presenten los valores de NDVI más altos, bajo el supuesto de que estos serán los híbridos que mejor se adapten a las condiciones climáticas de la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el campo experimental del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California. Ubicado a 50 km al sur de Mexicali, Baja California México (32°24'44,16" N, 115°11'56,87"O) y una altitud de 12 msnm. El tipo de suelo es vertisol, con textura arcillosa de color café con tonalidades grisáceas.La temperatura media anual es de 22 °C y la precipitación media anual de 75.9 mm. El clima es tipo desértico, donde el mes más frio es enero con una temperatura mínima promedio de -1.66 °C y el mes más cálido con una temperatura máxima de 45 °C (INEGI, 2020).

Se utilizaron 28 híbridos experimentales donados por el Centro de Investigación Regional Noreste (CIRNE) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); y 4 híbridos comerciales destacados de la región del Valle de Mexicali. Los genotipos se

establecieron en campo (primavera-verano 2021) bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental fue de dos surcos de 5 m de largo, con una separación entre surcos de 1 m y distancia entre plantas de 0.15 m.
La variable evaluada fue el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) mediante un GreenSeeker Trimble®, la medición se realizó 60 cm por encima de la altura de planta registrando el promedio de cinco plantas con competencia completa por parcela, se observa en la siguiente figura cómo se realizó la medición (Figura 1).

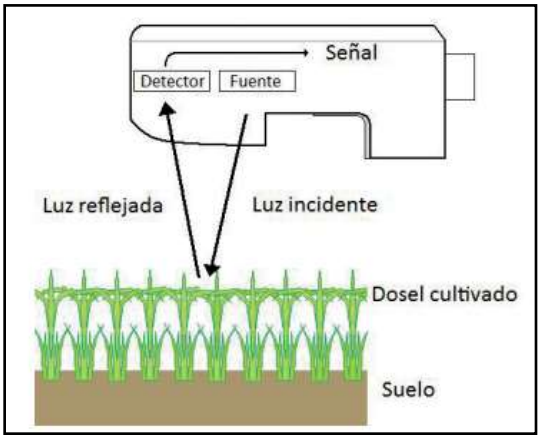


Figura 1. Partes y funcionamiento del sensor de GreenSeeker (Gutiérrez et al, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 2 se observa que los tres genotipos con valores de medias de NDVI mas altos son los híbridos experimentales 20, 19 y 18, superando a los cuatro testigos comerciales y adaptados en la región. El GreenSeeker (green = verde y seek = buscar) es un instrumento que provee un índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), cuya interpretación puede contribuir al diagnóstico rápido y dirigido de las condiciones nutricionales (especialmente de nitrógeno), el estado fisiológico, la incidencia de estrés, y el rendimiento potencial de los cultivos (Inman et al. 2005, Lan et al. 2009). Además, en comparación con los sensores remotos, el cálculo del NDVI determinado con ayuda del GreenSeeker no es afectado por condiciones atmosféricas adversas como la nubosidad o el polvo en suspensión, por lo que puede ser usado a cualquier hora del día.

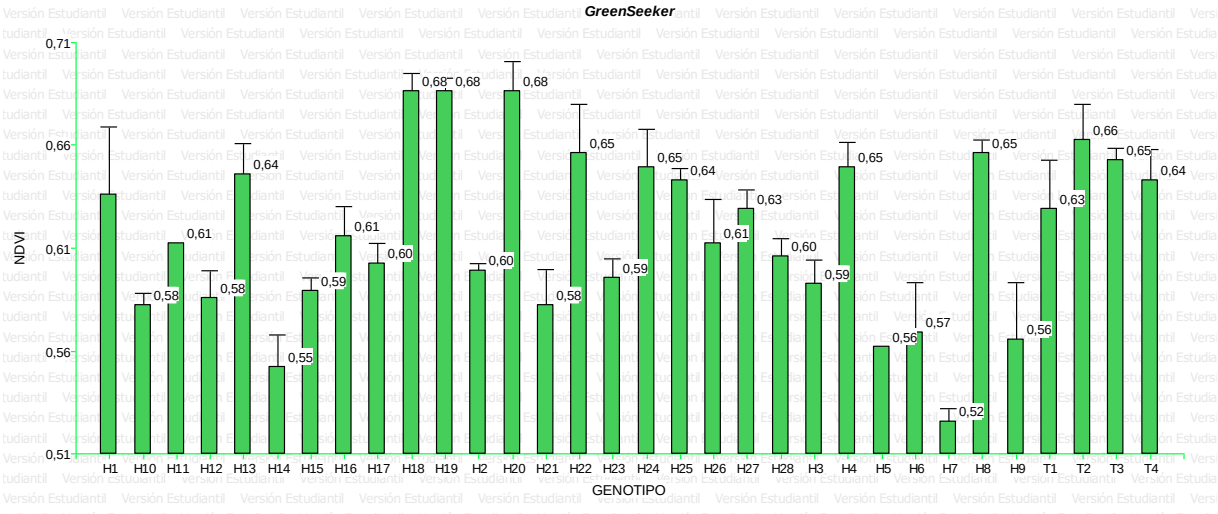


Figura 2. Medias del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) en genotipos de sorgo granífero en el Valle de Mexicali.

Las mediciones de los índices de vegetación han sido aplicadas exitosamente para evaluar índice de área foliar, biomasa y vigor de los genotipos del trigo (Wiegand y Richardson, 1990; Baret y Guyot, 1991; Price y Bausch, 1995). Una aplicación más práctica de estos índices es la predicción del rendimiento mediante medidas sucesivas tomadas durante la temporada de crecimiento. El NDVI ha sido usado para predecir rendimiento de grano de soya, trigo durum y trigo de invierno (Aparicio et al., 2000; Ma et al., 2001; Raun et al., 2001), y en experimentos a través de múltiples lugares, el NVDI fue capaz de explicar el 50-65% de las variaciones del rendimiento del trigo (Tucker et al., 1980; Aparicio et al., 2000; Serrano et al., 2000; Raun et al., 2001).

CONCLUSIONES

Al menos tres híbridos experimentales (H20, H19 y H18) pueden superar el rendimiento de los híbridos comerciales de la región, por lo que se pueden ofrecer nuevas alternativas de genotipos de sorgo para grano a los productores del Valle de Mexicali.

REFERENCIAS

Aparicio, N., Villegas, D., Casadesus, J., Araus, JL. y Royo, C. (2000) Spectral vegetation indices as nondestructive tools for determining durum wheat yield. Agronomy Journal 92, 83–91.

Araus, JL. (1996) Integrative physiological criteria associated with yield potential. In 'Increasing yield potential in wheat: Breaking the barriers'. Ciudad Obregon, Sonora, Mexico. (Eds. Reynolds, M., Rajaram, S. y McNab, A.) pp. 150–166. (CIMMYT).

Baret, F. y Guyot, G. (1991) Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. Remote Sensing of Environment 35, 161–173

Chuck, H, C. Pérez, C., E. Heredia, E. Olea S. S., (2011). Sorgo como un cultivo multifacético para la producción de bioetanol en México: Tecnologías, avances y áreas de oportunidad. Revista Mexicana de Ingeniería Química. Vol.10. Núm.3. Pag. 529-549.
Database.

FIRA (2020) Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Prespectivas 2020.

INEGI (2020). Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía. Consultado 28 de febrero de 2020.

Inman, D; Khosla, R; Mayfi ed, T. 2005. On-the-go active remote sensing for effi cient crop nitrogen management. Sensor Review 25(3):209-214.

Lan, Y; Zhang, H; Lacey, R; Hoffmann, WC; Wu, W. 2009. Development of an integrated sensor and instrumentation system for measuring crop conditions. Agricultural Engineering International, The CIGR E-Journal 11:1-16.

Ma, BL., Dwyer, LM., Costa, C., Cober, ER. y Morrison, MJ. (2001) Early prediction of soybean yield from canopy reflectance measurements. Agronomy Journal 93, 1227–1234.

Pérez, A., Saucedo, O., Iglesias, J., Hilda, BW., Reyes, F., Oquendo, G. y Idolkys, M. Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench). *Pastos y Forrajes* [online]. 2010, vol.33, n.1, pp.1-1. ISSN 0864-0394.

Price, JC. and Bausch, WC. (1995) Leaf area index estimation from visible and near-infrared reflectance data. Remote Sensing of Environment 52, 55–65.

Raun, WR., Solie, JB., Johnson, GV., Stone, ML., Lukina, EV., Thomason, WE. y Schepers, JS. (2001) In-season prediction of potential grain yield in winter wheat using canopy reflectance. Agronomy Journal 93, 131–138

Reynolds M.P., Pask A.J.D., Mullan D.M. y Chávez-Dulanto P.N. (Eds.) (2013) *Fitomejoramiento Fisiológico I: Enfoques Interdisciplinarios para mejorar la adaptación del cultivo*. México, D.F.: CIMMYT.

Rooney, L. y Serna-Sald´ıvar, S. (2000). Sorghum. En: Handbook of Cereal Science and Technology, (Kulp, K., Ponte, J., eds.). Marcel Dekker, New York, USA.

Rouse, JW., Haas, RH., Schell, JA. y Deering, DW. (1973) Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In 'Third ERTS Symposium' pp. I:309–317.

Serrano, L., Filella, I. y Penuelas, J. (2000) Remote sensing of biomass and yield of winter wheat under different nitrogen supplies. Crop Science 40, 723–731.

Taylor, J.R.N., Schober T.J. y Bean S.R. (2006). Novel food and non food uses for sorghum and millets. Journal of Cereal Science 44, 252-271.

Tucker, JC., Holben, BN., Elgin Jr, JH. y McMurtrey, JE., III (1980) Relationship of spectral data to grain yield variation. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 46, 657–666.

USDA (2021). Foreign Agricultural Service's Production, Supply and Distribution (PSD) Online

Wiegand, CL. y Richardson, AJ. (1990) Use of spectral vegetation indices to infer leaf area, evapotranspiration and yield: II. Results. Agronomy Journal 82, 630–636.

VALIDACIÓN DE TEMPERATURAS OBTENIDAS MEDIANTE VAN Y CÁMARA THERMOMAP.

Miguel-Valle, Enrique[1], Sifuentes-Morín, Norma Guadalupe[2], Estrada-Avalos, Juan[1], Servín-Prieto, Alan Joel[2], Trucios-Caciano, Ramón[1].

[1] Instituto Nacional de Investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias CENID-RASPA. Gómez Palacio, Dgo.
[2]Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón–San Pedro de las Colonias Km 7.5, Ejido Ana, CP 27170. Torreón, Coah.

RESUMEN

El uso de vehículos aéreos no tripulados (VAN) con el paso del tiempo se han popularizado, así como también los diversos sensores que pueden acoplarse a estos en especial las cámaras térmicas, ha llevado el uso generalizado de estas tecnologías especialmente para el uso en la agricultura de precisión. En este trabajo se evaluó su confiabilidad de los datos obtenidos mediante la cámara ThermoMap se realizaron 6 vuelos durante la duración del ciclo de primavera 2021 donde se estableció cultivo de maíz forrajero, así mismo se recolectaron datos terrestres con termómetro de mano el cual se utilizó para tomar lecturas de temperatura en las plantas y en suelo, se encontró que la mejor correlación de los datos de temperatura fueron las temperaturas de las plantas ya que la cámara térmica utiliza detectores de microbolómetros que miden la radiación térmica e infrarroja de 7 a 14 µm. Cuando la radiación golpea el material del detector, se calienta y por lo tanto cambia la resistencia eléctrica que se mide y procesa en valores de temperatura, es asi que se pudo concluir que los datos térmicos son confiables para el uso principalmente en la agricultura de precisión.

ABSTRACT

The use of unmanned aerial vehicles (VAN) over time have become popular, as well as the various sensors that can be attached to them, especially thermal cameras, has led to the widespread use of these technologies especially for use in the precision farming. In this work, the reliability of the data obtained through the ThermoMap camera was evaluated, 6 flights were made during the duration of the 2021 spring cycle where forage corn was established, also land data was collected with a hand thermometer which was used to Taking temperature readings in plants and in soil, it was found that the best correlation of the temperature data was the temperatures of the plants since the thermal camera uses microbolometer detectors that measure thermal and infrared radiation from 7 to 14 µm. When the radiation hits the detector material, it heats up and therefore changes the electrical resistance that is measured and processed in temperature values, so it could be concluded that the thermal data are reliable for use mainly in precision agriculture.

INTRODUCCION

La temperatura es una de las variables ambientales más importantes que afectan los procesos fisiológicos de las plantas incluida la transpiración, el potencial hídrico de las hojas y la fotosíntesis (Sagan *et al*, 2019). Los cambios de temperatura que pueden sufrir en el dosel las plantas la cual su principal función de las hojas del dosel de una planta, pueden ser medidos con una cámara

termográfica, también conocida como cámara infrarroja, que forma una imagen de temperatura utilizando la radiación de onda larga emitida (Urban, *et al* 2017).

Los usos de equipos térmicos instalados en satélites se han usado con el paso del tiempo sus principales usos es el monitoreo de la vegetación y las condiciones de cultivos a escala regionales (Seguin, *et al,* 1991) detectar el estrés hídrico de las plantas (Sepulcre *et al,2009*), estimar los flujos de energía y la humedad del suelo (Bastiaansen 2000; Norman *et al* 2003; Xu *et al 2018)*, predecir el rendimiento (Leroux *et al* 2016) y el monitoreo de las sequias a grandes escalas (Anderson *et al, 2011;* Anderson *et al* 2012; Song *et al* 2018). su principal limitante de imágenes térmicas de satélite es su resolución espacial y temporal ya que no son adecuadas para el uso en la agricultura de precisión (Zaman *et al* 2015; Wang *et al* 2010) además que las nubes son un problema en zonas con clima templado siendo así un desafío importante en la teledetección (Mulla, 2013).

En los últimos años los avances en los vehículos aéreos no tripulados (VAN) han impulsado el uso de imágenes con mayor resolución en varios campos, proporcionando información a bajo costo y mayor resolución espacial, temporal y espectrales. Es asi que los VAN se han convertido en importantes herramientas rentables y de alta rendimiento (23,25,26,27). Por otro lado, las cámaras térmicas han incrementado su uso en la agricultura de precisión (Mulla, 2013). principalmente para la detección de estrés hídrico y la programación del riego (Espinoza *et al* , 2017; Bellvert *et al,* 2016; Gonzalez *et al,* 2015; Di GHennaro *et al,* 2017) en trabajos realizados an encontrado que el fusionar datos térmicos y multiespectrales proporciona una mejor estimación para la concentración de nitrógeno y el contenido de clorofila.

Las imágenes térmicas se pueden utilizar para medir las temperaturas de las hojas o del dosel, que liego se pueden utilizar para estimar el estado hídrico de la panta y asi generar una programación del riego (Pocovi; Volder *et al* 2020) Las cámaras térmicas son una variable de respuesta rápida para controlar el crecimiento y el estrés de las plantas, es así que la temperatura forma una variable fundamental en la planta en los procesos fisiológicos, como la transpiración, el potencial hídrico de las hojas y la fotosíntesis.

Por tal razón que de ver la importancia que tiene la variable como lo es la temperatura

Entendiendo la importancia que tiene la variable temperatura se contempló en realizar este trabajo para observar la confiabilidad de los datos obtenidos de la cámara Térmica “Thermomap”.

MATERIALES Y METODOS

En este trabajo se compararon datos de temperatura obtenidos mediante cámara ThermoMap a bordo de VAN y termómetro laser **(Figura 1).** Las especificaciones técnicas se muestran en la **Tabla 1**. Esta cámara térmica utiliza detectores de microbolómetros que miden la radiación térmica e infrarroja de 7 a 14 µm. Cuando la radiación golpea el material del detector, se calienta y por lo tanto cambia la resistencia eléctrica que se mide y procesa en valores de temperatura (Sagan, *et al*, 2019).

Figura 1: Vehículo aéreo no tripulado (a), cámara térmica thermoMap (b) y termómetro laser (c)**.**

Tabla 1. Especificaciones técnicas de cámara térmica y termómetro laser

Parámetros	ThermoMap	Termómetro laser
Rango espectral	7.5 µm	6.5 -18 µm
Exactitud	(+/-)5°C	±0.5 ≤±1
Formato de datos	TIFF + video MP4	N/A
Resolución del sensor	640 * 512	N/A
Sensibilidad térmica	0.1 °C	0.2 °C
Peso	134 g	120 g
Calibración de Temp.	Automática en vuelo	N/A
Altitud operativa	75 - 150m	N/A

ThermoMap

Esta cámara es de tamaño pequeño fabricada por la compañía SenseFly, tiene un peso aproximado de 134 gramos, con un rango espectral de 7.5 µm alcanzando una exactitud de ± 5 °C, la calibración de esta cámara es total mente automática y se realiza en vuelo, el formato de datos son en formato TIFF. Los datos se capturan atreves de puntos de referencia del plan de vuelo del VAN pre programado, estos datos se etiquetan geográficamente utilizando la información del GPS del controlador de vuelo del VAN.

Termómetro laser.

Es un termómetro puntual de mano, fabricado por FLUKE, es un diseño portátil y práctico, cuenta con una exactitud de ±05 °C, con un rango de espectral de 6.5 – 18 µm y puede alcanzar una sensibilidad de 0.2 °C.

Sitio de recolección de datos.

Los datos de comparación se recabaron en instalaciones de predio de productor cooperante el cual se encuentra ubicado en el municipio de Francisco I Madero del estado de Coahuila, este predio nos brindó la oportunidad de realizar vuelos en una superficie de 12 ha^{-1}, durante el ciclo de primavera, donde el cultivo establecido fue maíz para forraje en dicho predio tiene como fuente de aprovechamiento agua subterránea, con sistema de riego tipo válvulas alfalfares este sistema fue diseñado para un gasto de 120 lps^{-1}, las melgas fueron diseñadas para un gasto unitario de 7lm^2 donde 20 m de ancho por 125 m de largo **(Figura 2)**.

Figura 2. Localización del sitio de vuelo

Recopilación de datos.

Las imágenes térmicas se recopilaron mediante dron eBee plus y la camara ThermoMap **(Figura 1 a,b)**. La resolución espacial fue de 18 cm/px a una altura de 95.3 m, solape lateral del 70% y longitudinal del 90% adquiriendo 708 imágenes en una superficie de vuelo de 14.4 ha^{-1}, los vuelos

se realizaron en un horario de 10:00 am a 2:00 pm, estos vuelos se realizaron durante el ciclo primavera que corresponde de marzo a julio del 2021.

Los datos de temperatura en suelo y planta fueron promediados de los valores obtenidos en 1 m^2 con el termómetro simultáneamente al vuelo del VAN, estos puntos se ubicaron con un navegador Garmin etrex.

Procesamiento de imagen

El mosaico de las imágenes térmicas se realizó utilizando el software eMotion 3 para etiquetar geográficamente cada una de las imágenes utilizando los archivos bb3 del VAN los cuales contienen datos GPS **(Figura 3 a).** El software pix4D fue utilizado para generar el mosaico una vez etiquetadas geográficamente las imágenes, este software se obtuvo la temperatura de superficie en grados Celsius (° C) **(Figura 3 b).**

Figura 3. Software para etiquetado de imagen geográficamente (a), software mosaico en °C (b).

Datos meteorológicos.

Los datos de temperatura serán extraídos de una estación meteorológica que se encuentra dentro de las instalaciones del predio cooperante marca Davis la cual estará registrando datos de temperatura, máxima y minina en espacios de 30 minutos, estos datos los podremos extraer mediante el software waderlink **(Figura 4).**

Figura 4. Estación meteorológica Davis

Datos de temperatura puntuales.

La recolección de datos de temperatura puntuales se realizó simultáneamente a los vuelos realizados con la cámara ThermoMap, estos datos fueron tomados en el dosel del cultivo **(Figura 5 a)** así mismo los datos de temperatura en suelo **(Figura 5 b),** se tomaron tres repeticiones s distribuidos en el sitio de estudio por día de vuelo.

Figura 5. Temperatura en dosel (a), temperatura en suelo (b)

RESULTADOS Y DISCUSION

Se realizaron un total de 6 vuelos en el área de estudio durante el ciclo de primavera en cultivos de maíz forrajero estos vuelos se realizaron en horario que oscilo de las 9:00 am a 2:00 pm, asi mismo se recabaron los datos de temperatura en planta y en suelo.

Tabla 2. Fechas de vuelo y horas de vuelo.

FECHAS VUELO	HORA DE VUELO
07/04/2021	10:36
27/04/2024	09:40
07/05/2021	10:00
17/05/2021	11:13
27/05/2021	11:22
25/06/2021	02:00

Imágenes térmicas cámara ThermoMap.

En la **(Figura 6)** se pude observar los vuelos realizados durante el ciclo de primavera en el cultivo de maíz, podemos observar en una serie de tiempo diferentes tonalidades que representan un cambio de temperatura cuyos valores están en grados Celsius (°C), podemos apreciar tonalidades azules las cuales representan valores de temperatura menores y tonalidades rojizas que representan valores de temperaturas altas, la **(Figura 6 a)** nos representa las temperaturas de la fecha 07 de abril del 2021 donde podemos observar temperaturas que van de 31°C a 34.87°C presentándose los valores menores en cultivo con mayor vigor y los valores altos se presentan en suelo desnudo como los bordos o cabeceras.

En la **(Figura 6 b)** correspondiente al 27 de abril del 2021 se puede observar la diferencia de tonalidades entre una tonalidad azul fuerte y una tonalidad naranja esto se debe a que la tonalidad azul representa áreas donde se estaba presentando riego o donde ya se había regado unas horas antes teniendo valore de 23.78 °C, ya que las la temperatura de las plantas cambia rápidamente en condiciones de estrés (Messina and Modica 2020), por otro lado los zonas en tonalidad naranja muestran cultivos donde aún no se han aplicado el riego y las temperaturas son mayores 27.1°C.

En la **(Figura 6 d)** se puede apreciar una tonalidad azul prácticamente en toda la superficie, esta fecha se pudieron captar datos de temperatura de 30.44 °C hasta los 35.43°C los valore 33.77 a 34.87 °C se presentaron en zonas con plantas que presentaban un estrés.

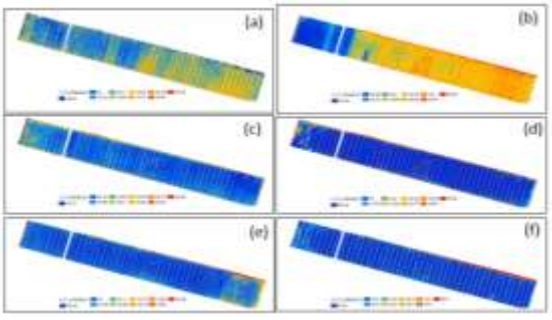


Figura 6. Temperatura en dosel (a), temperatura en suelo (b)

Datos de temperatura.

En **(Figura 7)** podemos observar las temperaturas máximas en la hora que se realizaron los vuelos, podemos observar que a partir del mes de mayo las temperaturas oscilaban por arriba de los 30°C.

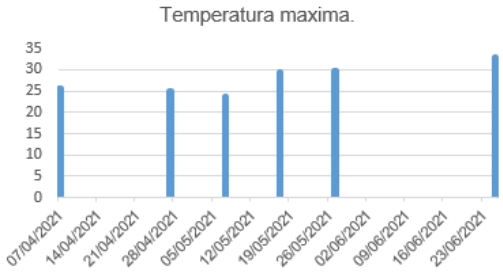


Figura 7. Datos de temperatura máxima estación Davis.

Temperatura de planta, suelo y cámara ThermoMap.

Para validar las temperaturas derivadas del VAN y cámara ThermoMap se realizó una comparación con los datos térmicos recopilados terrestre utilizando el termómetro laser en la **(Figura 8)** se puede apreciar de tonalidad amarilla los datos de cámara ThermoMap, en tonalidad azul se pueden observar los datos térmicos de la planta y rojo los datos de suelo, se puede identificar que los datos térmicos del suelo son superiores a los de la cámara, así mismos superiores a los datos de la planta.

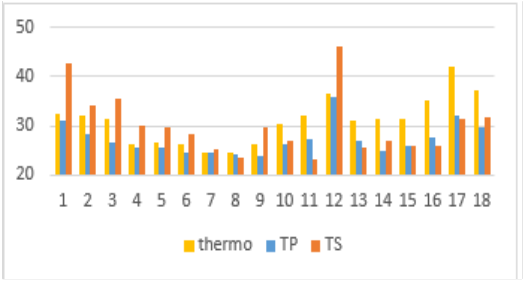


Figura 8. Temperaturas recopiladas de cámara thermoMap, temperatura de planta (TP) y temperatura de suelo (TS).

Correlación temperatura ThermoMap y temperatura del suelo.

Se realizó la relación de temperatura del suelo y los datos de temperatura de ThermoMap donde como se muestra en la **(Figura 9)** la correlación es muy baja con un R^2 de 0.15 esto pudiera deberse a que las temperaturas en el suelo son muy elevadas en dos fechas de muestreo.

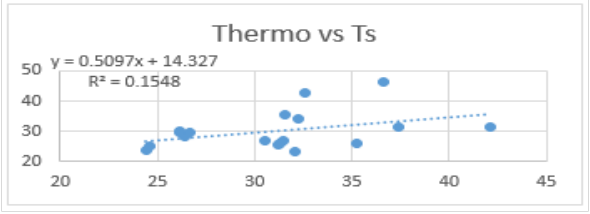


Figura 9. Grafica de correlación temperatura suelo y datos térmicos cámara.

Correlación temperatura ThermoMap y temperatura de la planta.

En la **(Figura 10)** se puede observar que la relación entre datos de temperatura medidos con termómetro en el dosel de la planta y datos térmicos de cámara tienen mayor relación teniendo una R^2 de 0.64 trabajos realizados por (Sagan *et al*, 2019) encontraron una correlación entre datos terrestres con cámara térmica y datos de cámara thermo una R^2 de 0.94.

Esta menor relación obtenida en este trabajo puede considerante aceptable ya que el equipo terrestre no es una cámara térmica más sin embargo los datos de temperatura pueden ayudar a considerar si los datos de la cámara térmica pudieran tomarse como datos confiables.

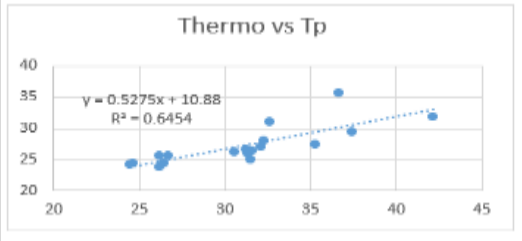


Figura 10. Grafica de correlación temperatura en planta y datos térmicos cámara.

CONCLUSIONES

Al termino de este trabajo podemos concluir que los datos recolectados por la cámara ThermoMap pueden ser confiables y así mismo podemos concluir también que los datos que son tomados en el dosel del cultivo pudiéramos considerar que son los más confiables en utilizar ya que en suelo nos mostró una baja correlación.

Así mismo podemos concluir que el uso de esta herramienta se puede potencializar en la agricultura de precisión ya que la temperatura de las plantas cambia rápidamente en condiciones de estrés o que hace que la RS térmica sea útil herramienta para la detección en tiempo real de las condiciones de estrés de las plantas.

REFERENCIAS

Urban, J.; Ingwers, M.; McGuire, M.A.; Teskey, R.O. Stomatal conductance increases with rising temperature. Plant Signal. Behav. 2017, 12, e1356534. [Google Scholar] [CrossRef][Green Version]

Sagan, V.; Maimaitijiang, M.; Sidike, P.; Eblimit, K.; Peterson, K.T.; Hartling, S.; Esposito, F.; Khanal, K.; Newcomb, M.; Pauli, D.; Ward, R.; Fritschi, F.; Shakoor, N.; Mockler, T. UAV-Based High Resolution Thermal Imaging for Vegetation Monitoring, and Plant Phenotyping Using ICI 8640 P, FLIR Vue Pro R 640, and thermoMap Cameras. *Remote Sens.* **2019**, *11*, 330. https://doi.org/10.3390/rs11030330

Bastiaanssen, W.G.M. SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. J. Hydrol. 2000, 229, 87–100. [Google Scholar] [CrossRef]

Norman, J.M.; Anderson, M.C.; Kustas, W.P.; French, A.N.; Mecikalski, J.; Torn, R.; Diak, G.R.; Schmugge, T.J.; Tanner, B.C.W. Remote sensing of surface energy fluxes at 10(1)-m pixel resolutions. Water Resour. Res. 2003, 39, 1775. [Google Scholar] [CrossRef]

Xu, C.Y.; Qu, J.J.; Hao, X.J.; Cosh, M.H.; Prueger, J.H.; Zhu, Z.L.; Gutenberg, L. Downscaling of Surface Soil Moisture Retrieval by Combining MODIS/Landsat and In Situ Measurements. Remote Sens. 2018, 10, 210. [Google Scholar] [CrossRef]

Espinoza, C.Z.; Khot, L.R.; Sankaran, S.; Jacoby, P.W. High Resolution Multispectral and Thermal Remote Sensing-Based Water Stress Assessment in Subsurface Irrigated Grapevines. Remote Sens. 2017, 9, 961. [Google Scholar] [CrossRef]

ZONIFICACIÓN PRODUCTIVA PARA EL SISTEMA MILPA EN EL ORIENTE DE YUCATÁN, MÉXICO.

Cano González A[1], Ramírez Jaramillo G[2*], Lozano Contreras M. G[3], Uzcanga Pérez N. G[4]

[1,2,3 y 4]Centro de Investigación Regional Sureste. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias., Calle 6 No. 398 x 13 Av. Correa Rachó, Col. Díaz Ordaz C.P. 97130, Mérida, Yucatán, México.

*Autor de correspondencia: ramirez.genovevo@inifap.gob.mx

RESUMEN

La pérdida de bosques y selvas en México asciende a 2.5 millones de hectáreas, y se han recuperado sólo la cuarta parte, lo que significa la pérdida de un millón 840 mil ha. Para el año 2013 desaparecieron 192,000 ha en el país y la Península de Yucatán fue la más afectada con 80 mil ha. La pérdida de la vegetación en la Península de Yucatán, se debe en gran parte a la forma como se ha fomentado el desarrollo agrícola de la región, con proyectos y programas basados en la especialización de cultivos como son: la ganadería extensiva, los cultivos de henequén, maíz mecanizado, soya y el arroz sembrados como monocultivos y en grandes extensiones, con bajos rendimientos, poca rentabilidad y deterioros a la ecología como la deforestación de grandes áreas, contaminación del medio ambiente y perdida de la biodiversidad. Ante esta situación, se plantea como alternativa técnico-productiva, los sistemas agroforestales como herramienta que contribuya para alcanzar esta meta. Uno de los modelos que se implemento fue el de milpa maya mejorada y la primera etapa considero la zonificación productiva sustentable de las especies consideradas que para este caso fueron: maíz, frijol, calabaza y cedro. Con el manejo del productor los mejores rendimientos que se pueden obtener de maíz son de 2.32 a 3.87 t ha^{-1} y solo comprende una superficie de 8,609 ha, mientras que con la tecnología propuesta por INIFAP es factible alcanzar de 3.37 a 8.40 t ha^{-1} y una superficie de 38,720 ha.

ABSTRACT

The loss of forests and jungles in Mexico amounts to 2.5 million hectares, and only a quarter have been recovered, which means the loss of one million 840 thousand hectares. By 2013, 192,000 ha disappeared in the country and the Yucatan Peninsula was the most affected with 80,000 ha. The loss of vegetation in the Yucatan Peninsula is due in large part to the way in which the agricultural development of the region has been promoted, with projects and programs based on the specialization of crops such as: extensive livestock farming, henequen, mechanized corn, soybeans and rice planted as monocultures and in large areas, with low yields, little profitability and damage to the ecology such as deforestation of large areas, environmental pollution and loss of biodiversity. Faced with this situation, agroforestry systems are considered as a technical-productive alternative as a tool that contributes to achieving this goal. One of the models that was implemented was the improved Mayan cornfield and the first stage considered the sustainable productive zoning of the species considered, which in this case were: corn, beans, squash and cedar. With the producer's management, the best corn yields that can be obtained are from 2.32

to 3.87 t ha-^{1} and it only covers an area of 8,609 ha, while with the technology proposed by INIFAP it is feasible to reach 3.37 to 8.40 t ha-^{1} and an area of 38,720 ha.

INTRODUCCIÓN

El problema de la degradación ambiental, es de origen multifactorial y su atención implica una suma de esfuerzos entre los diferentes actores involucrados (gobierno federal, estatal y municipal, asociaciones civiles y sociedad). El enfoque tradicional de concebir la restauración como la simple reforestación y conservación de áreas protegidas debe ser sustituido por un enfoque que logre restaurar las funciones de los ecosistemas, logrando un equilibrio entre los diferentes intereses y mantener las bases sociales y culturales (González-Maya y col 2012).

De acuerdo a un estudio realizado por Pronatura Península de Yucatán (UICN-PPY, 2014), de una superficie utilizada para el análisis de 13, 584 637.00 ha, el 60.9 % se encontraba en un estado de conservación de bueno a muy bueno, mientras que en estado regular el 29.1 % y con alta y muy alta degradación un 10 %. Para el caso del área degradada por estado, Yucatán presento el mayor porcentaje en los estratos de alto y muy alto con 22 %, seguido de Campeche con 6 % y en menor proporción Quintana Roo con 3.1 %.

En base a esta información, de 3 952,400 hectáreas el estado de Yucatán contaba con una superficie de 869,528 hectáreas degradadas en las que es necesario implementar medidas para su restauración.

En lo que se refiere al estado de Yucatán, las acciones productivas que han favorecido la deforestación y degradación de los suelos son: los monocultivos del maíz, henequén, además de la ganadería extensiva y la agricultura migratoria (Roza-Tumba-Quema), en gran medida por las extensiones de superficie que ocupan con niveles de productividad muy bajos.

Ante esta situación, se plantea como alternativa técnico-productiva, los sistemas agroforestales como herramienta que contribuya a la recuperación de las áreas degradas. Uno de los modelos que se implemento fue el de milpa maya mejorada que pretende orientarse a una mayor permanencia en el área de cultivo y el enriquecimiento del monte. La primera etapa considero la zonificación productiva de las especies consideradas y que para este caso fueron: maíz, frijol, calabaza y cedro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El estudio se llevó a cabo en la zona de influencia del Área de Conservación Privada “el Zapotal”, a cargo de Pronatura Península de Yucatán (PPY), ubicada en el municipio de Tizimín, Yucatán, con una extensión aproximada de 56,250 hectáreas. La zona de interés comprende los tres polígonos que conforma el Área de Conservación El Zapotal, y su zona de influencia o zona de amortiguamiento, conformada por la totalidad de los Ejidos de Moctezuma, Nuevo Centro de Población Agrícola (NCPA) El Nuevo Mundo, NCPA Santa María, NCPA Nuevo León, NCPA El Limonar, NCPA Nuevo Tesoco, San Arturo, Santa Clara, San Pedro y sus Anexos, Santa Isabel, Santa María, Santa Rosa y sus Anexos, Cenote Azul, Benito Juárez y una parte de los ejidos de El Cuyo, NCPA Tekal Nuevo, Samaria, Luis Echeverría Álvarez, Colonia Yucatán, Francisco Villa y Manuel Cepeda Pedraza (Figura 1).

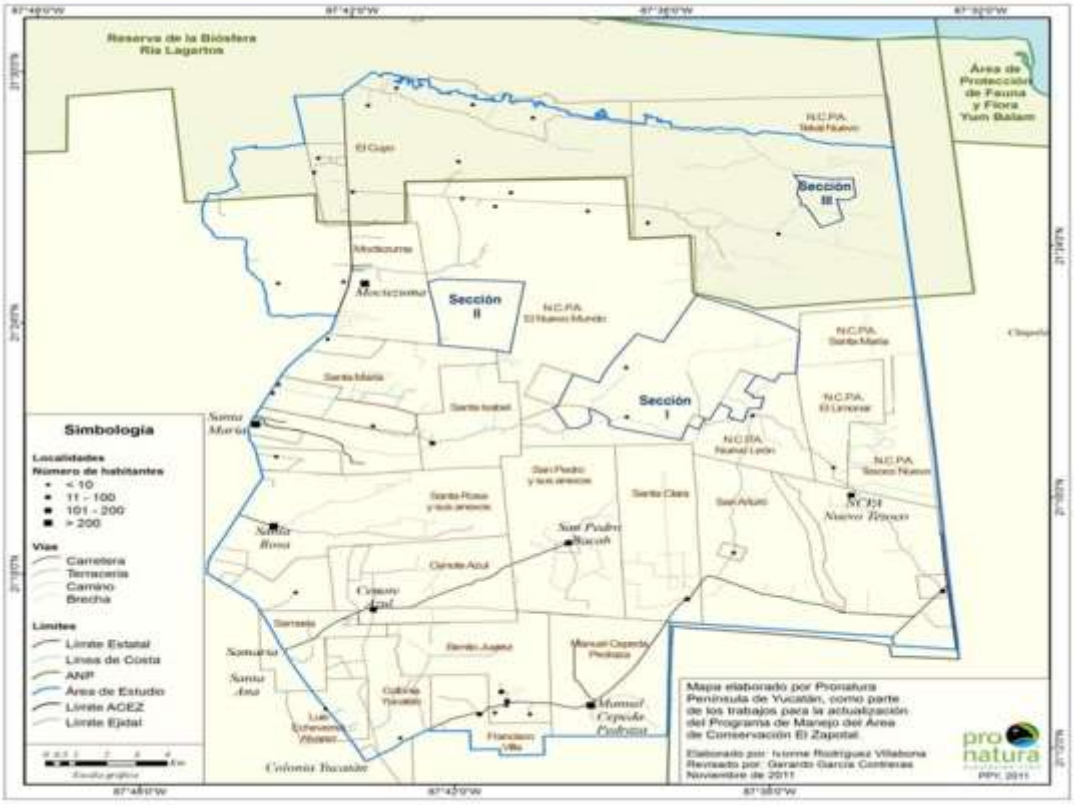


Figura 1. Localización geográfica de la Reserva Privada El Zapotal. Pronatura Península de Yucatán.

La metodología general considera dos etapas y se indican a continuación:

Etapa 1. Para la delineación de subcuencas, se utiliza un mapa de escurrimientos, cuencas y el modelo digital de elevación (MDE) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Al mapa de subcuencas generado, se le incluyeron suelos, uso de suelo e intervalos de pendientes. Se utiliza la información del mapa edáfico reportado también por el INEGI (escala 1:250000). Para determinar el uso de suelo, se genera una máscara formato raster delimitando la frontera agrícola. Para la generación de los intervalos de pendiente se generaron cinco categorías (0-3, 3-8, 8-15, 15-30 y > 30 %) con base al MDE. Los insumos descritos sirvieron para la generación de las unidades de evaluación, que en el modelo SWAT se denominan Unidades de Respuesta Homogeneas (URH's). Las URH's son áreas que pertenecen a la misma subcuenca, presentando homogeneidad interna con respecto a los insumos (pendiente, suelo y uso de suelo).

Etapa 2. Al mapa de las URH's, se le incluyen otras variables edáficas y climáticas, así como los parámetros fisiológicos y de manejo del cultivo, para simular y estimar el rendimiento. Con respecto a suelos, la base de datos contiene 171 subunidades de suelo, clasificadas de acuerdo a la WRB, 2007. Con respecto al clima, se utilizan datos históricos de 1074 estaciones climáticas con datos de precipitación, temperatura máxima, mínima entre otras, de por los menos 98 años dentro del periodo 1912-2010. Los datos estadísticos mensuales fueron calculados con el

generador climático del modelo Environment Policy Integrated Climate (EPIC) (Sharpley y Williams, 1990). Para el proceso de simulación, el SWAT evalúa cada estación meteorológica con base a la proximidad al centroide de cada una de las subcuencas generadas por el modelo.

Con respecto a los parámetros fisiológicos y manejo del cultivo, el SWAT posee una estructura interna de bases de datos para la captura de las variables correspondiente al cultivo de evaluación. Para llevar a cabo el proceso de cálculo de generación de biomasa del cultivo, se introducen los parámetros de manejo, que considera, las fechas de inicio y cosecha, dosis de fertilización y labores de cultivo, ya que estos datos forman parte de las variables de mayor sensibilidad.

El producto final, es un mapa del rendimiento (T ha-1) y clasificado en cinco categorías (muy bajo, bajo, medio, alto muy alto) por medio del método de intervalos iguales. El método de clasificación a intervalos iguales (Equal Interval Classification Data Classification) divide los valores de los atributos en rangos de tamaño iguales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La domesticación del maíz, frijol y calabaza permitió a los primeros agricultores, establecer una forma de cultivo simbiótica conocida comúnmente como milpa. El maíz es el eje de la milpa, mientras que el frijol y la calabaza son parte fundamental de esta forma de policultivo que aún persiste en algunas comunidades indígenas y campesinas de México. En la Península de Yucatán, la milpa o kool, en lengua maya, es un espacio agrobiológico, donde el maíz (Zea mays) generalmente se encuentra asociado con camote (I*pomoea batata*), calabaza (*Cucurbita moschata*) y variedades de frijoles (*Phaseolus vulgaris, Phaseolus lunatus, Vigna spp*).

El modelo de milpa maya mejorada considera la selección de lunares de K'ankab para hacer un uso continuo del suelo e incorporar además del maíz - frijol ib – calabaza, árboles forestales y que en este caso se está proponiendo cedro (*Cedrela odorata* L). Se recomienda para zonas rurales ejidales marginadas donde existe la tradición milpera de temporal, excluye posteriormente la quema.

En la milpa, la agro diversidad aumenta al considerar los diferentes cultivos, razas y variedades de maíz que se han integrado a lo largo del tiempo.

En base a la metodología se zonificaron áreas para maíz, frijol ib, calabaza y cedro. Por espació del artículo, y dado que el maíz es la especie central del sistema milpa, para los fines del escrito solo se presentan los resultados de maíz en donde se pude observar la distribución y se anexan

los rendimientos que es factible alcanzar en base al manejo de la tecnología del productor y la propuesta por INIFAP.

En el caso de la zonificación productiva con el manejo del productor (nula fertilización, variedades criollas, de 30 a 40 mil plantas ha^{-1}, principalmente) se determinaron con la metodología utilizada que en el rango de rendimiento muy bajo 0 a 0.77 t h^{-1} se dispone de una superficie de 12,199 ha, en el rango de bajo 0.77 a 1.55 t h^{-1} se dispone de una superficie de 13,236 ha, en el rango de medio 1.55 a 2.32 t h^{-1} se dispone de una superficie de 42,448 ha, en el rango de alto 2.32 a 3.09 t h^{-1} se dispone de una superficie de 38,767 ha y en el rango de muy alto 3.09 a 3.87 t h^{-1} se dispone de una superficie de 8,609 ha (Figura 2).

En el caso de la zonificación productiva con el manejo INIFAP (suelos profundos y con buen drenaje, con la dosis de fertilización 120-92-00, variedades e híbrido, 60 mil plantas ha^{-1}, principalmente) se determinaron con la metodología utilizada que en el rango de rendimiento muy bajo 0 a 1.68 t h^{-1} se dispone de una superficie de 363 ha, en el rango de bajo 1.68 a 3.37 t h^{-1} se dispone de una superficie de 23,177 ha, en el rango de medio 3.37 a 5.06 kg h^{-1} se dispone de una superficie de 13,449 ha, en el rango de alto 5.06 a 6.74 kg h^{-1} se dispone de una superficie de 39,550 ha y en el rango de muy alto 6.74 a 8.40 kg h^{-1} se dispone de una superficie de 38,720 ha (Figura 3).

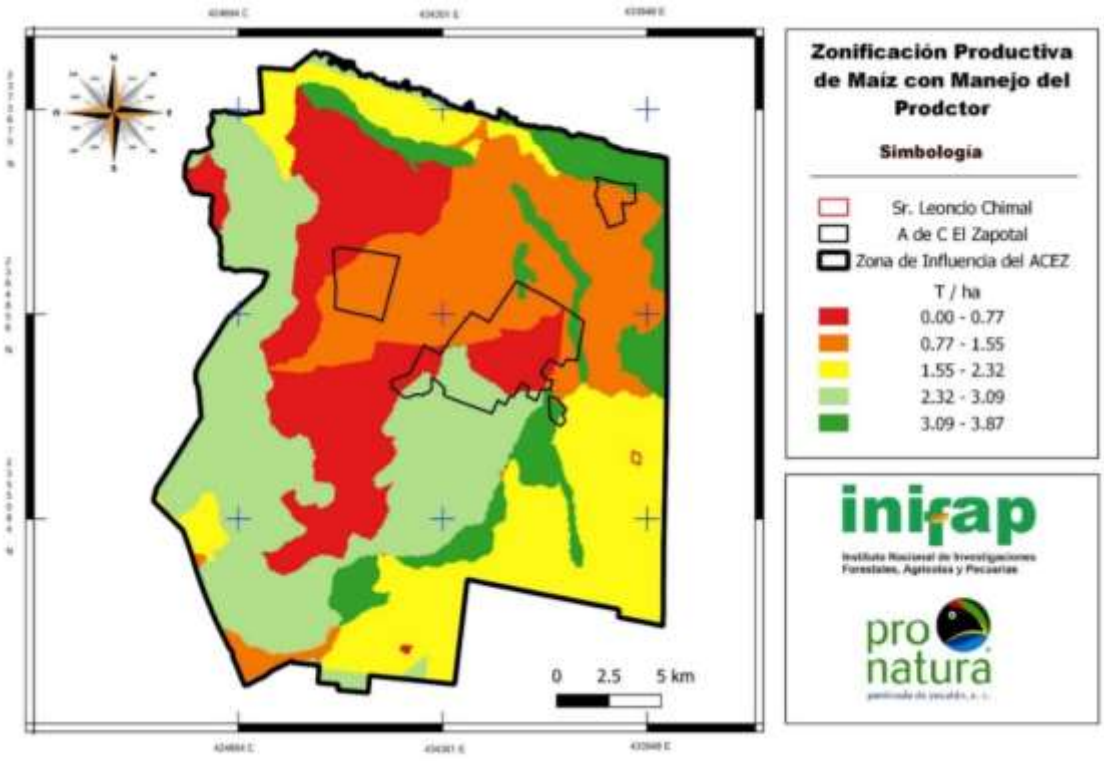


Figura 2. Zonificación Productiva para Maíz con Manejo del Productor en la Zona de Influencia del Área de Conservación El Zapotal

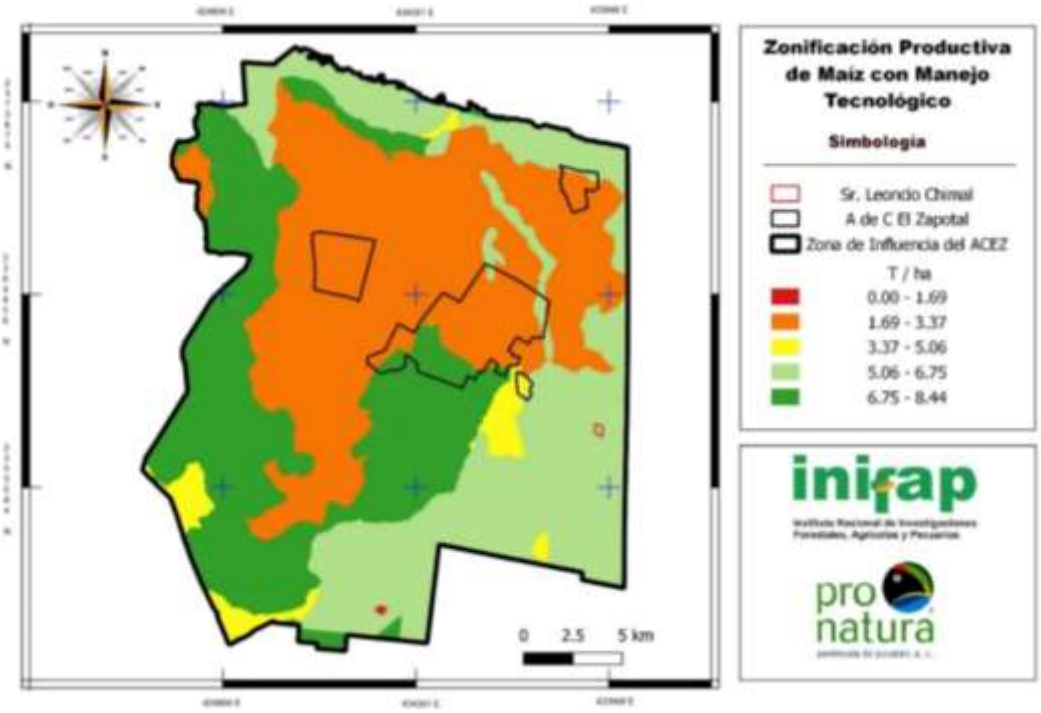


Figura 3. Zonificación Productiva para Maíz con Manejo INIFAP en la Zona de Influencia del Área de Conservación El Zapotal

CONCLUSIONES

1. En base al manejo propuesto se tienen diferentes niveles de producción en maíz.
2. Para el caso de la parcela del Sr. Leoncio Chimal si el manejo es con su tecnología se tendría un potencial de rendimiento de 1.55 a 2.32 t ha^{-1}.
3. Para el caso de la parcela del Sr. Leoncio Chimal si el manejo es con tecnología INIFAP se tendría un potencial de rendimiento de 5.06 a 6.75 t ha^{-1}.
4. Considerando parámetros climáticos, edafológicos, fisiológicos y el manejo tecnológico es factible modelar el rendimiento.

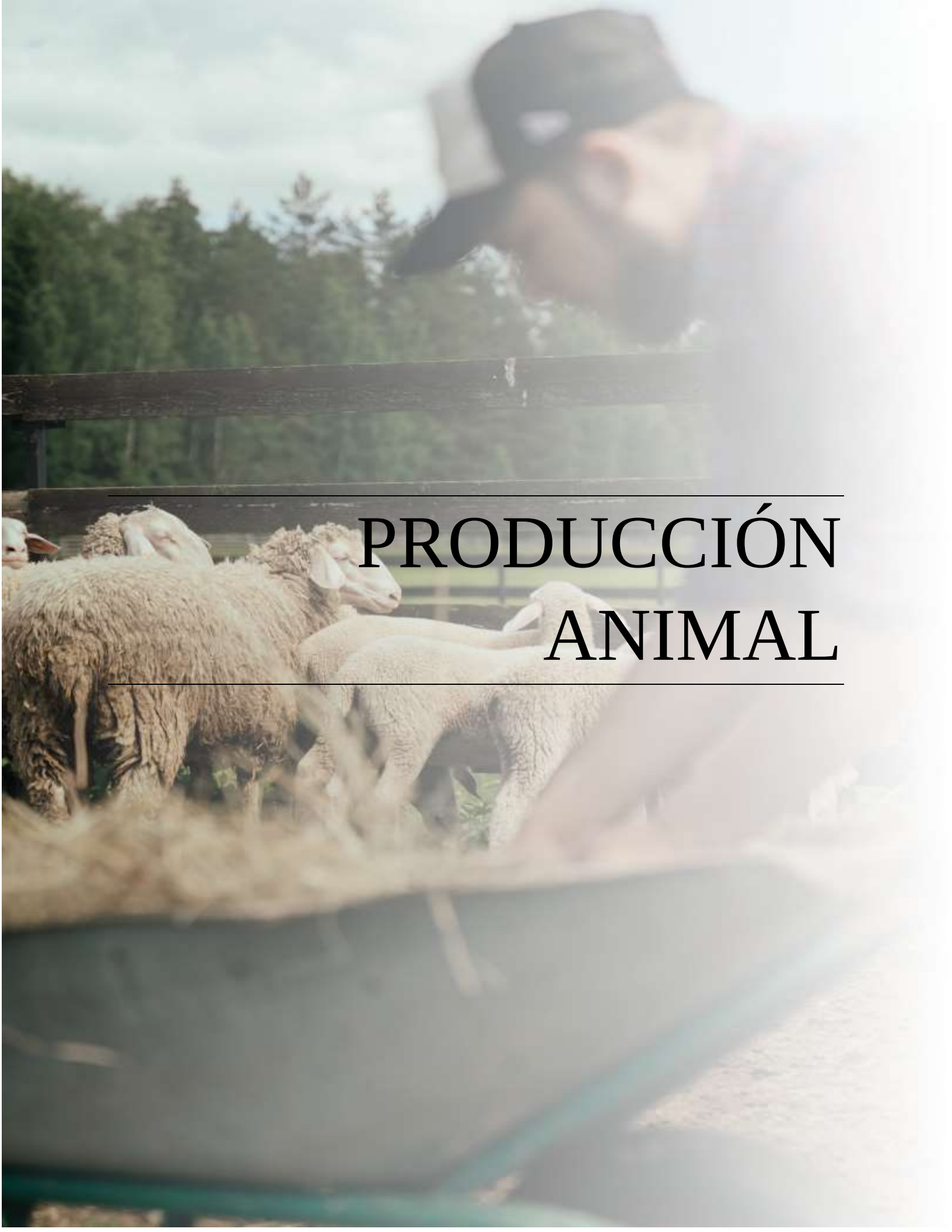
REFERENCIAS

González-Maya JF, Víquez-R LR, Cruz-Lizano I & Cepeda AA. 2012. Repensando la restauración ecológica en Latinoamérica: ¿hacia dónde queremos ir? Revista Latinoamericana de Conservación 2 (2) 3 (1): 1-6.

CCMSS.La jornada. 2015. México ha perdido 2 millones y medio de hectáreas de bosque. http://www.jornada.unam.mx/2015/04/13/sociedad/035n1soc.

Pronatura Península de Yucatán. s/f. Generalidades y características del área de conservación del estado de Yucatán. Documento de trabajo.

UICN-PPY. 2014. Diseño de un modelo geoespacial para la identificación de zonas potenciales para la restauración productiva del paisaje rural en la península de Yucatán. Informe preliminar.



PRODUCCIÓN ANIMAL

CARACTERIZACIÓN DE PERFILES METABÓLICOS EN CAPRINOS EN PASTOREO.

CHARACTERIZATION OF METABOLIC PROFILES IN GRAZING GOATS

García-Sánchez, Héctor D.[1]; Castellanos-Pérez, Edmundo[1]; Bustamante-Andrade, Arturo [1]; Puentes-Gutiérrez, Judith[1].

[1]Facultad de Agricultura y Zootecnia - Universidad Juárez del Estado de Durango Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo, Dgo km 35 Ej. Venecia, Dgo. Mex.

gshd40@hotmail.com

RESUMEN

La variabilidad estacional de la Comarca Lagunera incide sobre en calidad y cantidad de alimentos dispuesto para cabras en pastoreo, como consecuencia las cabras explotadas bajo este régimen presentan deficiencias nutricionales las cuales se acentúan más en cierta época del año. Para conocer sobre el comportamiento nutricional de los caprinos manejados bajo es te sistema se caracterizaron los perfiles metabólicos energéticos y proteicos de 16 cabras representativas de un hato en pastoreo, con diferentes etapas fisiológicas: Cabras en desarrollo, gestantes en el último tercio de la gestación y en producción. Las cabras se alimentaron solo de lo consumido durante el pastoreo (6 horas de pastoreo), se organizaron las cabras en 3 grupos (4 cabras por grupo) 1 para cada etapa ficológica. Mensualmente durante 12 meses se les extrajo sangre de la vena yugular para determinar las concentraciones de glucosa y colesterol como indicadores del metabolismo energético, Proteína total y urea en sangre como indicadores del metabolismo proteico. Los valores obtenidos mediante la determinación de perfiles durante los muestreo nos permiten observar que para los meses de noviembre a febrero los metabolitos de glucosa, colesterol, proteína total y nitrógeno ureico los cuales se reflejaron aún más para cabras en producción. Teniendo como valor más bajo de glucosa 44.26 ± 0.57, de colesterol 55.01 ± 0.66, para proteína total 57.53 ± 0.59 y de nitrógeno Ureico 29.64 ± 0.59.

ABSTRACT

The seasonal variability of the Comarca Lagunera affects the quality and quantity of food available for grazing goats, therefore the goats exploited under this regime present nutritional deficiencies which are more accentuated at certain times of the year. To learn about the nutritional behavior of goats managed under this system, the energy and protein metabolic profiles of 16 representative goats of a grazing herd were characterized, with different physiological stages: Developing goats, pregnant in the last third of gestation and in production. The goats were fed only on what was consumed during grazing (6 hours of grazing), the goats were organized in 3 groups (4 goats per group) 1 for each psychological stage. Monthly for 12 months, blood was drawn from the jugular vein to determine glucose and cholesterol concentrations as indicators of energy metabolism, Total protein and urea in blood as indicators of protein metabolism. The values obtained by determining profiles during the sampling allow us to observe that for the months of November to February the metabolites of glucose, cholesterol, total protein and urea nitrogen which were reflected even more for goats in production. With the lowest value of glucose 44.26 ± 0.57, cholesterol 55.01 ± 0.66, for total protein 57.53 ± 0.59 and Ureic nitrogen 29.64 ± 0.59.

INTRODUCCIÓN

La Comarca Lagunera de Coahuila y Durango cuenta aproximadamente con un inventario caprino de 392,407 cabezas (SAGARPA, 2020) donde mayor parte de los caprinos son explotados bajo el sistema extensivo por los propios caprinocultores, comúnmente en condiciones de escasez de recursos económicos. 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 variabilidad climatológica anual de la región, ya que esta modifica la calidad y/o cantidad de alimentos disponibles, así como los requerimientos de agua y energía, provocando variabilidad en el estado nutricional del ganado y con ella en ciertos momentos desbalances nutrición (Arias, 2008). Las deficiencias nutricionales del ganado provocan; retardo en el crecimiento, pérdida de peso, baja fertilidad, disminución en la producción de leche, y menor resistencia a enfermedades reflejándose en un deterioro de la salud e inclusive puede ocasionar la muerte de los animales (Avalos et al., 2009). Los perfiles metabólicos han probado ser una herramienta eficaz para evaluar el estado nutricional del ganado determinando el desequilibrio o equilibrio entre ingestión, metabolismo y excreción (Payne et al., 1970). Los perfiles metabólicos permiten caracterizar las vías metabólicas de un individuo o un grupo de ellos, permitiendo así tener un acercamiento a las características de la ración consumida (Ceballos et al., 2002). Los perfiles metabólicos permiten realizar de forma temprana diagnósticos sobre desordenes metabólicos que puedan afectar la salud y la producción del ganado. La glucosa, urea, proteína total, albumina, cuerpos cetónicos y ácidos grasos. son constantes bioquímicas que representan las principales vías metabólicas, en los cuales glucosa y ácidos grasos representa el metabolismo energético; la urea, hemoglobina y albúmina en sangre son representantes el metabolismo proteico (Oblitas et al., 2008). Es importante para las sustentabilidad del sistema caprino de la región conocer el comportamiento nutricional que guarda el hato caprino en las diferentes épocas del año para determinar con presión la o las etapas críticas de balance nutricional negativo, así como el conocer cuáles son las deficiencias de metabólicas a cubrir, por lo que el objetivo fue medir las concentraciones de glucosa, colesterol, proteína total y nitrógeno ureico en cabras de segundo parto en producción, cabras en desarrollo y cabras en el último tercio de la gestación, todas en condiciones de pastoreo.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en el ejido Horizonte, Dgo. Municipio de Tlahualilo, Durango, situado a 19.3 km de Tlahualilo de Zaragoza, Durango. 25° 56' 9.52" Latitud N; 103° 24' 58.17" W (INEGI, 2016). El estudio se inició el 30 de enero del 2015 concluyendo el 30 de diciembre del 2015. Se seleccionaron e identificaron 16 cabras en pastoreo representativas de un hato caprino las cuales fueron segmentadas en 3 grupos de 4 cabras acorde a su estado fisiológico: Grupo 1 (G1) cabras en desarrollo, Grupo 2 (G2) cabras en el último tercio de la gestación, Grupo 3 (G3) cabras en producción (30 días posparto), fueron alimentadas con lo consumido durante la horas de pastoreo (8 horas), posteriormente se confinaban en los corrales de resguardo, las cabras se fueron reemplazado conforme fueron cambiando de etapa fisiológica.

Para determinar las concentraciones de glucosa, colesterol, proteína total y nitrógeno ureico los cuales fungen como parte de los indicadores del balance energéticos y proteicos. Se obtuvieron muestras de sangre mensuales para cada cabra, la colecta iniciaba a las 7:00 am y concluía a las 8:00 am, estas fueron obtenidas des pues de 12 horas de ayuno por punción de la vena yugular utilizando tubos de vacío sin anticoagulante de 6 ml de capacidad.

Las muestras se centrifugadas a 3000 rpm x 10 min para obtener el suero, se almacenarán en tubos Eppendorf de 2 ml debidamente rotulados y se conservarán a -20°C y posteriormente se analizaron mediante la técnica de foto colorimetría en un fotocolorímetro de la marca HACH.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las medias y desviación estándar (DE) de los metabolitos sanguíneos de glucosa y colesterol en cabras relacionados con el metabolismo energético analizados se muestran en los Cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Promedio (± DE) de las concentraciones séricas de Glucosa (mg/Dl) en cabras en desarrollo (G1), en cabras en el último tercio de la gestación (G2) y cabras en producción (G3).

	G1	G2	G3
Agosto	53.26 ± 0.65	54.04 ± 0.58	52.27 ± 0.58
Septiembre	51.93 ± 0.40	53.42 ± 0.35	50.96 ± 0.58
Octubre	50.67 ± 0.68	53.06 ± 0.35	50.18 ± 0. 64
Noviembre	47.94 ± 0.67	50.82 ± 0.53	46.95 ± 0.67
Diciembre	46.93 ± 0.59	50.51 ± 0.50	45.64 ± 0.65
Enero	46.81 ± 0.50	50.21 ± 0.53	45.54 ± 0.59
Febrero	45.94 ± 0.60	50.00 ± 0.66	44.26 ± 0.57
Marzo	50.48 ± 0.51	51.11 ± 0.63	47.21 ± 0.60
Abril	52.16 ± 0.54	53.69 ± 0.59	49.71 ± 0.56
Mayo	52.36 ± 67	53.79 ± 0.35	50.71 ± 0.56
Junio	53.52 ± 0.65	54.81 ± 0.60	50.75 ± 0.60
Julio	53.56 ± 0.62	54.83 ± 0.71	57.21 ± 0.58

Las cabras en el último tercio de la gestación tuvieron valores mayores de glucosa que las cabras en desarrollo y las cabras en producción. Son similares a los reportados por Brem et al (2011), están por debajo de los reportados por Varas et al. (206), Cabiddu et al. (1999) y por encima de los encontrados por Zabaleta et al. (2012) aunque este último bajo el sistema de explotación intensiva . Los niveles de glucosa fueron menores en los meses de Noviembre a Febrero en los tres grupos de cabras. En las cabras en desarrollo y en las cabras en producción en estos meses de Noviembre a Febrero los niveles de glucosa estuvieron por debajo de 50 mg/Dl los cuales se encuentran por debajo de los valores de referencia mostrados por Fernández et al. (2012) el cual hace referencia que los valores bioquímicos de los caprinos fluctúan entre los 50 y los 70 mg/ Dl en cabras, mientras que en cabras en el último tercio de la gestación tuvieron valores de 50 mg/Dl.

Cuadro 2. Promedio (± DE) de las concentraciones séricas de Colesterol (mg/Dl) en cabras en desarrollo (G1), en cabras en el último tercio de la gestación (G2) y cabras en producción (G3).

	G1	G2	G3
Agosto	71.35 ± 0.68	69.67 ± 0.53	65.88 ± 0.66
Septiembre	67.91 ± 0.71	66.91 ± 0.71	64.96± 0.47
Octubre	65.66 ± 0.72	65.41 ± 0.71	63.78 ± 0.66
Noviembre	62.78 ± 0.42	63.84 ± 0.53	61.09 ± 0.61
Diciembre	59.66 ± 0.78	62.87 ± 0.56	58.07 ± 0.61
Enero	57.67 ± 0.55	62.62 ± 0.63	55.93 ± 0.65
Febrero	56.78 ± 0.69	61.02 ± 0.49	55.01 ± 0.66
Marzo	61.57 ± 0.58	64.67 ± 0.61	60.7 ± 0.68
Abril	65.11 ± 0.56	67.78 ± 0.58	63.36 ± 0.65
Mayo	69.21 ± 0.70	70.24 ± 0.55	66.38 ± 0.53
Junio	71.11 ± 0.64	72.575 ± 0.67	66.76 ± 0.68
Julio	71.05 ± 0.83	73.74 ± 0.81	67.75 ± 0.62

Las concentraciones de colesterol fueron similares en los tres grupos de cabras, sin embargo, todas por debajo del valor de referencia mostrado por Fernández et al. (2012) y Posadas et al. (2012) quien realizó estudios en cabras en producción estabuladas de la raza cabras lactantes de las razas Saanen y Alpina, el grupo de las cabras en producción no alcanzó los 70 mg/DL en ningún mes. Se observó una tendencia a bajar la concentración del colesterol en los meses de Noviembre a Marzo en los tres grupos de cabras, mismo que son similares a los mostrados por Varas et al. (206), y superiores a los presentados Brem et al. (2011).

Los valores promedios y desviación estándar (DE) de los metabolitos sanguíneos de Proteína total y Nitrógeno Ureico en cabras relacionados con el metabolismo Proteico analizados se muestran en los Cuadros 3 y 4.

Cuadro 3. Promedio (± DE) de las concentraciones séricas de Proteína Total (mg/Dl) en cabras en desarrollo (G1), en cabras en el último tercio de la gestación (G2) y cabras en producción (G3).

	G1	G2	G3
Agosto	66.76 ± 0.64	68.59 ± 0.79	65.48 ± 0.59
Septiembre	65.12 ± 0.80	66.67 ± 0.52	64.29 ± 0.73
Octubre	63.39 ± 0.62	65.15 ± 0.52	62.69 ± 0.68

Noviembre	62.99 ± 0.63	62.79 ± 0.54	61.11 ± 0.53
Diciembre	60.86 ± 0.525	61.8 ± 0.51	60.01 ± 0.50
Enero	59.62 ± 0.56	60.55 ± 0.75	58.67 ± 0.55
Febrero	60.13 ± 0.57	61.13 ± 0.55	57.53 ± 0.59
Marzo	62.31 ± 0.58	63.02 ± 0.60	60.74 ± 0.63
Abril	64.55 ± 0.73	65.1 ± 0.60	63.90± 0.59
Mayo	66.6 ± 0.60	67.711 ± 0.49	65.82 ± 0.53
Junio	67.44 ± 0.46	68.61 ± 0.50	66.03 ± 0.34
Julio	66.78 ± 0.96	69.36 ± 0.69	66.41 ± 0.66

En la concentración sérica de proteína total en los tres grupos de cabras se observó una disminución en los meses de Noviembre a Febrero estos valores, mismos que coinciden con los encontrado por Brem et al. (2011) quine menciona que afínales del otoño y durante el invierno las cabras muestran disminución en la concentración de metabolitos entre ellos los de proteína total, Varas et al. (2006) refiere resultados similares en cabras gestación y al inicio de la lactancia e inferiores a los mostrados en ovinos en pastoreo por Masa et al. (2011).

Cuadro 4. Promedio (± DE) de las concentraciones séricas de Nitrógeno Ureico (mg/dl) en cabras en desarrollo (G1), en cabras en el último tercio de la gestación (G2) y cabras en producción (G3).

	G1	G2	G3
Agosto	36.67 ± 0.45	36.84 ± 0.60	34.24 ± 0.59
Septiembre	35.97 ± 0.58	36.15 ± 0.46	34.05 ± 0.73
Octubre	34.78 ± 0.62	35.03 ± 0.46	33.84 ± 0.68
Noviembre	32.85 ± 0.59	32.98 ± 0.46	31.85 ± 0.53
Diciembre	31.93 ± 0.62	31.65 ± 0.57	31.08 ± 0.50
Enero	30.80 ± 0.45	31.16 ± 0.60	30.27 ± 0.55
Febrero	30.26 ± 0.52	30.98 ± 0.38	29.64 ± 0.59
Marzo	32.92 ± 0.66	33.01 ± 0.48	31.64 ± 0.63

Abril	34.97 ± 0.54	34.74 ± 0.44	33.87 ± 0.59
Mayo	35.15 ± 0.60	36.24 ± 0.50	34.39 ± 0.53
Junio	35.51 ± 0.58	36.67 ± 0.57	35.24 ± 0.34
Julio	36.81 ± 0.61	37.27 ± 0.52	36.27 ± 0.66

Las concentraciones de nitrógeno ureico fueron similares en los tres grupos de cabras. La disminución del nitrógeno ureico fue en los meses de diciembre a Febrero en los tres grupos de cabras aun así están por encima de los encontrados en cabras lactante y preñadas por Posadas et al. (2012) y Varas et al. (2006) Y Similares a los encontrados por Brem et al. (2011).

CONCLUSIONES.

La de terminación de perfile metabólicos como los son la glucosa, colesterol proteína total y nitrógeno ureico permitió corroborar la variabilidad nutricional de cabras que pastorean todo el año, se pudo observar que para este hato en especial las épocas más críticas del estado nutricional de las cabras son los meses comprendidos de noviembre a febrero, pues son estos los que muestran en los tres grupos los valores más bajo de glucosa, colesterol, proteína total y nitrógeno ureico , si bien podemos concluir que dicha herramienta es funcional, debemos mencionar que es importante aumentar el número constantes bioquímicas ligadas al metabolismo energético y proteico que permitan hacer una mejor evaluación condición nutricional del ganado.

BIBLIOGRAFÍA.

Arias, R. A., Maderb, T.L., Escobara, P. C. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche Revisión bibliográfica Arch. Med Vet. 40, 7-22.

Avalos, C. R., Leyva C. J. Cl., Sánchez H., Osuna A. J. 2009. Guía de alimentación de Caprinos. Centro de investigación regional del noroeste, Campo experimental todos santos-INIFAP. La Paz, B.C.S., México. Folleto para productores.

A., Villa, N. A., Bohórquez, A., Quiceno, J., Jaramillo M., Giraldo, G. 2002. Análisis de los resultados de perfiles metabólicos en lecherías del trópico alto del eje cafetero colombiano. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 15, (1): paginas 26:35 URL: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89680203. Accesado 17 de abril de 2017.

Brem, J.J.; Ortíz, M.L.; Trulls, H.E.; Zach, A.; Brem, J.C. 2011. Perfil bioquímico caprino. Rev. vet. 22: 2, 100-104.

Cabiddu, A. Branca, A. Decandia. M. Pes, A. Santucci, P.M. Masoero, F. Calamari, L. Relationship between body condition score, metabolic profile, milk yield and milk composition in goats browsing a Mediterranean shrubland, Livestock Production Science, Volume 61, Issues 2–3, 1999, Pages 267-273.

Ceballos, A. Villa, N. A. Bohórquez, A.Q. Jaime, J. Martín. G. G. 2002. Análisis de los resultados de perfiles metabólicos en lecherías del trópico alto del eje cafetero colombiano. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 15(1),26-35.[fecha de Consulta 25 de Agosto de 2021]. ISSN: 0120-0690. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=295026068003

Fernandes. S. R. De Freitas, J. A. De Souza, D. F. Kowalsk, L. Helena. Dittrich, R. L. Junior, Pa. R. Silva, C. J. A. 2012. Lipidograma como ferramenta na avaliação do metabolismo energético em ruminantes. Bras. Agrociência, Pelotas, v.18, n.1-4, p.21-32, jan-mar. Microsoft Word - artigo03 (ufpel.edu.br) Accesado 17 de abril de 2017.

Grilli, D., Paez, S., Candela, M. L., Egea, V., Sbriglio, L. y Allegretti, L. 2007. VALORES hematológicos en diferentes estados fisiológicos de cabras biotipo criollo del Ne de Mendoza, Argentina Vº Congreso de especialistas en pequeños rumiantes y camélidos sudamericanos, Mendoza, Argentina.

Oblitas, G. F. 2008. Uso de los perfiles metabólicos en el diagnóstico y prevención de trastornos metabólicos y nutricionales en vacas lecheras. Revisión bibliográfica. Facultad de Medicina Veterinaria Universidad Nacional de Cajamarca pagina 1.

Posada S L, Noguera R R y Bedoya O 2012**.** Perfil metabólico de cabras lactantes de las razas Saanen y Alpina. *Livestock Research for Rural Development. Volume 24, Article #182.* Retrieved August 25, 2021.

Maza A. L. Cardona, Á. J.Vergara. G. Oscar. 2011. Análisis del perfil metabólico de hembras ovinas criollas gestantes en condiciones de pastoreo extensivo. Revista Científica, XXI(4),335-339.[fecha de Consulta 25 de Agosto de 2021]. ISSN: 0798-2259. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95918727008

SAGARPA. 2020. Información sobre el número de animales que se crían en el país con fines de producción Disponible en: Población ganadera | Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera | Gobierno | gob.mx (www.gob.mx) Accesado 18 de junio de 2020.

Zabaleta, J. Pérez, M. L. Riera, M. Nieves, L. Vila, V. 2012. Concentración de glucosa y triglicéridos en el suero sanguíneo de cabras de la raza canaria durante el período de transición Revista Científica, vol. XXII, núm. 3, mayo-junio, 2012, pp. 225-230 Universidad del Zulia Maracaibo, Venezuela.

CONSUMO DE ALIMENTO EN BECERRAS HOLSTEIN LACTANTES SUPLEMENTADAS CON EXTRACTOS DE PLANTAS MEDICINALES

FOOD CONSUMPTION IN HOLSTEIN NURSLING CALVES SUPPLEMENTED WITH MEDICINAL PLANT EXTRACTS

Ramiro González Avalos[1*], Melisa Concepción Hermosillo Alba[1], Blanca Patricia Peña Revuelta[1], Rafael Ávila Cisneros[1], José González Avalos[2]

[1*]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, Departamento de Ciencias Básicas, carretera a Santa Fe y Periférico, Torreón, Coahuila, México. [*]e-mail: jaliscorga@gmail.com

[2]Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Hidalgo, México.

RESUMEN

La crianza de reemplazos es fundamental en cualquier sistema de producción, ya que las becerras son las que sustituirán en un determinado tiempo a las vacas que poco a poco dejan la explotación. La presente investigación tuvo como objetivo valuar el consumo de alimento en becerras Holstein lactantes suplementadas con extractos de plantas medicinales. 90 becerras de raza Holstein desde su nacimiento fueron utilizadas y de manera aleatoria se incluyeron en 1 de 3 tratamientos: T1= calostro pasteurizado, T2= calostro pasteurizado + 5mL de extracto de moringa, T3= calostro pasteurizado + 5mL de extracto de cítricos por litro de calostro respectivamente; en ambos tratamientos se administró hasta los 10 días de vida de las crías. El parámetro evaluado fue consumo de alimento. El grupo de becerras a las cuales se les suministró extracto de cítricos obtuvieron mayor consumo de alimento.

ABSTRACT

The raising of replacements is essential in any production system, the calves are the ones that will replace the cows that gradually leave the farm at a certain time. The objective of this research was to evaluate the feeding consumption in lactating Holstein calves supplemented with extracts of medicinal plants. 90 Holstein calves since the birth were used and were randomly included in 1 of 3 treatments: T1 = pasteurized colostrum, T2 = pasteurized colostrum + 5mL of moringa extract, T3 = pasteurized colostrum + 5mL of citrus extract per liter colostrum respectively; in both treatments it was administered until the 10 days of life. The evaluated parameter was food

consumption. The group of calves to which citrus extract was supplied obtained higher feed consumption.

INTRODUCCIÓN

La Comarca Lagunera está considerada como una de las regiones de mayor importancia respecto a la producción de leche en México. El tamaño de los hatos es superior a 200 vacas pero existen explotaciones con más de 1,000 vacas en producción. El nivel de producción es superior a 7,500 litros de leche por lactación. La producción de leche es más de 2 mil 330 millones de litros anuales, de los cuales el 42 por ciento corresponden a La Laguna de Durango y 58 por ciento al estado de Coahuila (SIAP-SAGARPA, 2016).

La crianza de becerras para reemplazos cobra importancia para el mantenimiento y expansión de los hatos lecheros de la Comarca Lagunera. 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).

El tracto gastrointestinal del bovino recién nacido sufre apreciables cambios a los cuales el rumen se hace funcional. Factores tales como calidad, cantidad y forma física de la dieta, determinan el desarrollo y diferenciación de los compartimentos del aparato digestivo. El acceso de alimento solido desde temprana edad estimula el desarrollo retículo-rumen; además la cantidad, calidad y suministro de la dieta líquida regulan el consumo del alimento sólido y los cambios funcionales de los compartimentos del estómago, considerando que el suministro de dietas liquidas en cantidades restringidas favorecerá el temprano consumo del alimento sólido (Ghezzi *et al.,* 2000).

Las plantas producen una gran diversidad de productos naturales denominados metabolitos secundarios que son insignificantes para los procesos de crecimiento y desarrollo (Rosenthal *et al*., 1991). Algunos antimicrobianos naturales se obtienen principalmente de hierbas, plantas, y especias. Lo más difícil es extraer, purificar, estabilizar e incorporar dicho antimicrobiano al alimento sin afectar su calidad sensorial y seguridad (Beuchat y Golden, 1989). La actividad antimicrobiana de hierbas y plantas es generalmente atribuida a los compuestos fenólicos

presentes en sus extractos o aceites esenciales, y se ha observado que la grasa, proteína, concentración de sal, pH y temperatura afectan la actividad antimicrobiana de estos compuestos (Nychas, 1995). El objetivo del presente estudio fue evaluar el consumo de alimento en becerras Holstein lactantes suplementadas con extractos de plantas medicinales.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se desarrolló del 01 de junio 2018 al 01 de junio de 2019, en un establo del municipio de Torreón en el Estado de Coahuila de Zaragoza; éste se localiza a una altura 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).

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 con densidad ≥50 mg•mL^{-1}de Ig se combinó hasta acumular la cantidad de 40 L (un lote). Se pasteurizaron 10 lotes, a una temperatura de 60°C, por 60 min, en un pasteurizador comercial (Dairytech, Inc., Windsor, Colorado USA ®). Después de pasteurizado, 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.

Para observar el efecto de la adición de extracto de plantas en el consumo de alimento se seleccionaron 90 becerras 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 los siguientes: se utilizaron tres tratamientos: T1= calostro pasteurizado, T2= calostro pasteurizado + 5mL de extracto de moringa, T3= calostro pasteurizado + 5mL de extracto de cítricos por litro de calostro respectivamente; en ambos tratamientos se administró hasta los 10 días de vida de las crías. En los tres tratamientos la primera toma de calostro se realizó durante las primeras dos h de vida, la segunda de cuatro a siete h posteriores a la primera. Se suministraron 2 L•toma^{-1}. A las crías se les suministraron 6 L de leche pasteurizada: 3 en la mañana y 3 en la tarde hasta el día 60 de vida. Se ofreció agua a libre acceso a partir del segundo día de vida. Cada tratamiento constó de 30 repeticiones considerando cada becerra como una unidad experimental.

El concentrado iniciador se administró diariamente por la mañana y de ser necesario se sirvió por la tarde. La variable evaluada fue consumo de concentrado. Para determinar el consumo de

concentrado se utilizó una báscula electrónica digital (EQM 200/400, Torrey ®), el consumo del alimento se midió a partir del día dos de vida hasta el destete de las becerras 60 días.

El análisis estadístico del consumo de alimento se realizó mediante un análisis de varianza y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey. Se utilizó el valor de $P < 0.05$ para considerar diferencia estadística. Los análisis se ejecutaron utilizando el paquete estadístico de Olivares-Sáenz (2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio en relación al consumo de alimento (Cuadro 1) muestra diferencia estadística $p< 0.05$ a favor de los tratamientos T1 y T3 respectivamente. Difieren de Elizondo-Salazar y Sánchez-Álvarez (2012), donde alimentaron a un grupo de animales (8 becerras y 2 becerros de raza Holstein) se les ofreció una dieta líquida en forma restringida en 2 tomas diarias (2 L am y 2 L pm) en el caso de T1 y en el T2 se le suministró a los animales una dieta líquida de 8 L (4 L am y 4 L pm), en dicho estudio las becerras tuvieron un consumo semanal de 837 g y 517 g respectivamente. Esta situación permitió analizar que animales que consumieron mayores cantidades de dieta líquida demostraron satisfecha su necesidad de alimentación, por lo que no experimentaron la necesidad de consumir alimento balanceado en mayor proporción.

Cuadro 1. Consumo promedio (kg) de concentrado iniciador en becerras suplementadas con extracto de plantas medicinales.

Tratamientos	Consumo primer mes	Promedio de consumo por becerra	Consumo segundo mes	Promedio de consumo por becerra
Testigo	3.365[a]	.112[a]	10.863[a]	.362[a]
Extracto de Moringa	3.119[b]	.104[b]	8.550[b]	.285[b]
Extracto de cítricos	3.423[a]	.114[a]	11.417[a]	.381[a]

Diferente literal indica diferencia estadística $p<0.05$

En la etapa de lactancia la becerra es esencialmente monogástrico por lo que depende del alimento líquido para sobrevivir, no obstante, es conveniente inducirlo a la ingestión temprana de alimento, para prepararlo para el destete. En relación a la dieta líquida, se prefiere la leche entera sobre los sustitutos de leche ya que es la fuente más natural y completa de nutrientes (Gasque, 2008).

El consumo durante los últimos 5 días se incrementó (Figura 1), Luchini *et al.* (1991) recomiendan que un alimento iniciador conteniendo 16-20% de proteína cruda (PC) sea suficiente para lograr ganancias adecuadas diarias de peso, siempre y cuando el alimento iniciador sea suministrado además de sustituto de leche. De acuerdo a Quigley (1997), cuando una becerra Holstein esté consumiendo 1000 g de iniciador por día, por dos días consecutivos, entonces estará lista para ser destetada.

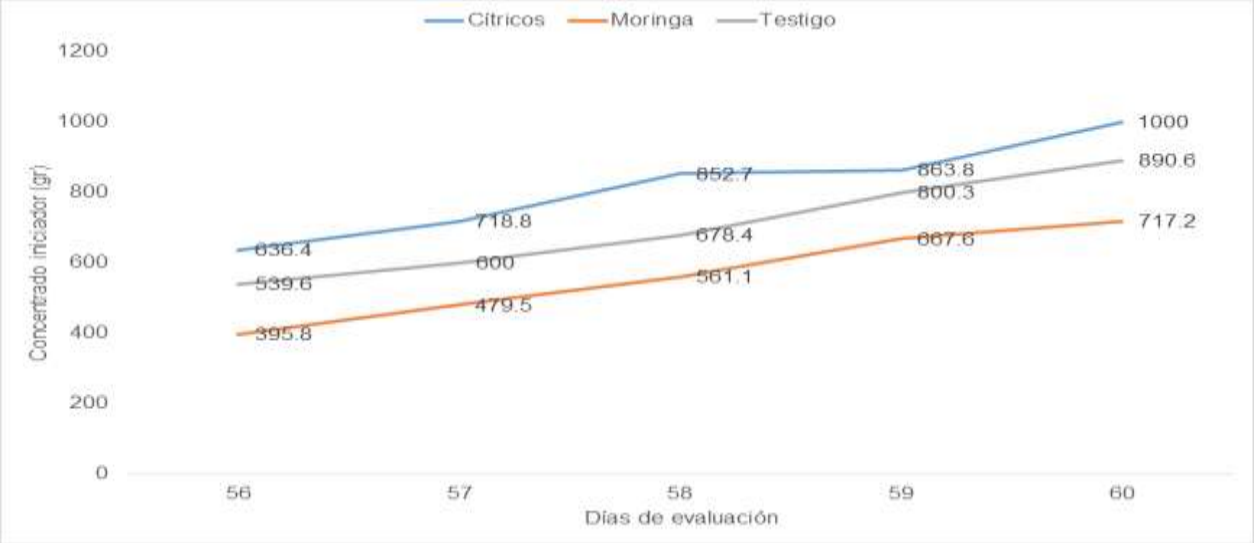


Figura 1. Consumo promedio (kg) de concentrado iniciador en becerras suplementadas con extracto de plantas medicinales (últimos 5 días).

Sin embargo, los resultados que se obtuvieron en este experimento en el T2 obtuvo un consumo de concentrado 0.754 g/d. superando así los reportados por Alfani *et al*. (1996) utilizaron diferentes edades al destete (6, 8 y 10 semanas) en 142 becerros, donde el consumo de concentrado y heno al destete mencionado y a los 90 kg aproximados de peso no fue afectado por la edad al destete, obteniendo consumos de: 0.719 (1.7% de peso vivo), 1.288 (2.6% del peso vivo) y 0.930 (1.5%) del peso vivo respectivamente. Favela (2015) reporta consumos promedio durante los tres últimos días de 0.691 hasta 0.958 en becerras alimentadas con sustituto de leche en un período de 45 días de lactancia, estos resultados son superiores a los observados en el presente estudio. Resultados similares reportan González *et al*. (2014) en becerras alimentadas con 6 L de leche por un período de 50 días, consumos de 1,200 g/d durante los tres últimos días. De la Cruz (2015) reporta en su estudio experimental un promedio de 0.616 g, 0.497g y 0.581g de ganancia de peso diario en becerras destetadas a los 57 días. La implementación de

programas para la alimentación de becerras es una de las vías para lograr mayor eficiencia en la producción lechera. La alimentación en la vida temprana de la becerra puede afectar no solamente el desempeño y supervivencia durante el tiempo de la alimentación líquida, sino también la producción futura de leche una vez que la becerra alcanza su edad adulta (Soberon *et al*., 2012).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación se puede concluir que existió diferencia estadística $P<0.05$ a favor de los grupos T1 y T3. El grupo de becerras a las cuales se les suministró extracto de cítricos obtuvieron mayor consumo de alimento. Se sugiere realizar más investigaciones en los cuales se pueden incrementar los días de suministro de los cítricos y evaluar el desempeño de los animales en etapas pos-destete.

REFERENCIAS

Alfani, G., Ventura, M., Esparza, D., Dean, D. y Villar, V.1996. Evaluación de diferentes sistemas de alimentación en becerros mestizos lecheros. Universidad de Zulia. Rev. Fac. Agron. (LUZ).13:115-134.

Beuchat, L. R. y Golden, D. A. 1989. Antimicrobials ocurring naturally infoods. Food Technol. 43(1):134-142.

De la Cruz, M.C. 2015. Desarrollo y supervivencia de becerras Holstein suplementada con levaduras en el periodo de lactancia. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón Coahuila, México.

Elizondo-Salazar, J. A. 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.

Favela, E.N. 2015. Efecto del selenio y vitamina B12 sobre el desarrollo y supervivencia de becerras lecheras Holstein Frisian. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón Coahuila, México.

Gasque, G. R. 2008. Enciclopedia bovina. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM. Cría de becerras lecheras. Primera Edición. Cap. 3. Pp. 46-49.

Ghezzi, M., Lupidio, M.C., Castro, A.N.C., Gómez, S.A., Bilbao, G.N., Landi, H.G. 2000. Desarrollo morfológico del estómago en terneros alimentados con sustitutos lácteos. Rev. Chilena de Anatomía. 18 (1):19-26.

González, A.R., Pérez, R.E., González, A.J., Ramos, A.J.F., Florentino, B.G., De la Cruz, A.F., Peña, R.B.P., Núñez, G.L.E. 2014. Consumo de concentrado iniciador en becerras lecheras sometidas a diferentes sistemas de alimentación líquida. Memoria de la XXVI Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango, México.

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, Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.

Luchini, N. D., Lane, S. F. y Combs, D. K. 1991. Evaluation of starter diet crude protein level and feeding regimen for calves weaned at 26 days of age. J. Dairy Sci. 74:394-395.

Nychas, G. J. E. 1995. Natural Antimicrobials from plants. En: New Methods of food preservation. G. W. Gould (Ed.). Blakie Academia y Professional. Glasgow. Pp. 1 -21.

Olivares-Sáenz, E. 2012. Paquete de diseños experimentales. FAUANL. Versión. 1.1. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Martín, Nuevo León, México.

Quigley J.D. 1997. Replacement heifers from birth to weaning. Western Dairy Management Conference. March 13-15, Las Vegas, Nevada, USA. pag. 23-34.

Rosenthal, G. A. 1991. Nonprotein aminoacids as protective allelochemicals. In: G.A. Rosenthal and M. R. Berenbaum (Ed.) Herbivores: Their Interactions with Secondary Plant Metabolites. Vol. I: The Chemical Participants pp: 1-34. Academic Press, New York.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SIAP-SAGARPA). 2016. Producción agropecuaria y pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria en la Región Lagunera. Coahuila y Durango. http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo (Consulta: enero 13, 2020).

Soberon, F., Raffrenato, E., Everett, R.W. y Van M.E.A. 2012. preweaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. J. Dairy Sci. 95:783-793.

DEGRADABILIDAD IN SITU DE NOPAL FERMENTADO CON DOS LEVADURAS

[1]Esperanza Herrera Torres, [2]Manuel Murillo Ortiz, [3]Gerardo Pámanes Carrasco, [2]Fernando Sánchez, [4]Esther Araiza Rosales, [2]Fanny Reveles Saucedo

[1]Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Valle del Guadiana. Durango, Dgo. Mexico; Email: hetoes99@yahoo.com.mx, [2]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo. Mexico. [3]CONACYT – UJED. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo, Mexico

RESUMEN

Para evaluar el efecto de la fermentación en estado sólido en el nopal forrajero con *Kluyveromyces marxianus* y *Saccharomyces cereviseae* en la degradabilidad *in situ* se utilizaron tres tratamientos experimentales: pencas de nopal sin fermentar como testigo; pencas de nopal fermentado con *Saccharomyces cerevisiae* (SC); y pencas de nopal fermentado con *Kluyveromyces marxianus* ITD00262 (KM). Las muestras de nopal fueron incubadas en dos novillos y se midieron las degradabilidades de la materia seca (DMS) y proteína (DPC). Los resultados obtenidos muestran que la degradabilidad total de la MS se incrementó debido al pretratamiento con levaduras ($p<0.05$). La degradabilidad de la proteína disminuyó en el nopal fermentado con *Saccharomyces cerevisea* ($p<0.05$). Mientras que en el nopal fermentado con *Kluyveromyces marxianus* incrementó la fracción "A" de la DMS, y de DPC. El uso de Saccharomyces cerevisea y *Kluyveromyces marxianus* para fermentar nopal mediante el proceso de fermentación en estado sólido incrementa la disponibilidad de proteína y contribuye a la reducción de la síntesis de metano ruminal in vitro en un 23%.

ABSTRACT

To evaluate the effect of the solid state fermentation (SSF) of prickly pear with yeast cultures on *in situ* degradability, three experimental treatments were evaluated: solely prickly pear without previous SSF with control; prickly pear fermented with *Saccharomyces cerevisiae* (SC); and prickly pear fermented with *Kluyveromyces marxianus ITD00262* (KM). The samples were incubated in two steers and the degradability of dry matter (DDM) and protein (DCP) were measures. The results obtained showed that total degradability of DM increased due to yeast pretreatment ($p<0.05$). Crude protein degradability decreased in prickly pear fermented with *Saccharomyces cereviseae* ($p<0.05$). While, the prickly pear fermented with *Kluyveromyces marxianus* increment the fraction "A" of DDM and DCP ($p<0.05$).The use of *Saccharomyces cerevisea* y *Kluyveromyces marxianus* for fermented prickly pear with process of fermentation of solid state increased the availability of nutrients.

INTRODUCCION

El nopal forrajero es una alternativa natural que puede ayudar en el alivio de la falta de acceso al agua para el ganado; debido a que el contenido de agua en el nopal es aproximadamente del 90%. Además, posee una alta eficiencia en el uso del agua en comparación con otros cultivos anuales., también presenta un mayor contenido en carbohidratos y calcio, además de una elevada eficacia en convertir el agua en materia seca y energía digestible (Flores y Reveles, 2010). Sin embargo, su bajo contenido en proteínas (aproximadamente 4%, MS) limita el uso del nopal como fuente de nutrientes en la alimentación animal. De este modo, los investigadores están desarrollando diversas alternativas para incrementar el contenido de proteína mediante el

proceso de fermentación en estado sólido (FES). Esta biotecnología permite mdeiante la proliferación de cultivos de levadura adheridos a las pencas del nopal aumentar el contenido de proteína (Herrera et al., 2017). Por su parte, Histrov et al. (2010) observó que un suplementación directa con cepas de levadura de Saccharomyces cerevisiae disminuyó ligeramente la producción de metano producción. Existe poca información del uso de nopal fermentado tanto con *Saccharomyces cereviseae* como con *Kluyveromyces marxianus* en la alimentación animal, por llo que es necesario caracterizar nutricionalmente este tipo de nopal. Por lo que medir la degradabilidad *in situ* es importante para corroborar la disponibilidad de la materia seca y la proteína generada por el proceso de fermentación. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del proceso de fermentación del nopal con dos diferentes levaduras sobre los parámetros de degradabilidad *in situ* de la MS y la proteína.

MATERIALES Y METODOS

Nopal y levaduras

Las pencas de nopal son de la variedad AV6 (*Opuntia ficus- indica*) y fueron cosechadas al azar durante septiembre del 2020 en el rancho santa cruz del aguaje localizado a 24°1.2192′ N y 104°39.4536′ O y 1884 msnm. El cultivo de levadura de *Saccharomyces cerevisiae* cultures fue adquirido en una tienda local, mientras que, *Kluyveromyces marxianus* ITD00262 fue obtenida del cepario del Instituto Tecnológico del Estado de Durango.

Fermentación en Estado sólido (FES)

Las pencas de nopal colectadas fueron cortadas en pequeños cubos utilizando un cuchillo. El nopal fresco sin cultivo de levaduras fue utilizado como testigo (T).

El nopal fue sometido a una FES colocando en un recipiente de plástico (19 l) con *Sacharomyces cerevisiae* al 1% (SC) y con *Kluyveromyces marxianus* ITD00262 (KM). Las fermentaciones con cada cultivo de levadura se llevaron a cabo por triplicado. El proceso de fermentación se realizó a 25ºC por 48h para SC y por 144h para KM de acuerdo a las recomendaciones de Herrera *et al*. (2017).

Análisis químicos

Después de terminado el proceso de FES, los tratamientos experimentales fueron secados en una estufa de aire forzado a 55°C por 72 h y molidos a 1 mm de tamaño de particular en un molino Wiley mill (Arthur H Thomas, Philadelphia, PA, USA) para determinar la MS; proteína cruda (PC) (AOAC, 1994). La concentración de FDN y FDA se obtuvieron siguiendo los procedimientos propuestos por Van Soest *et al*. (1991).

Degradabilidad *In situ* de la materia seca y proteína

Aproximadamente 10 g de muestra de los tratamientos experimentales fueron colocados en bolsas de nylon las cuales fueron selladas, las bolsas fueron previamente pesadas y marcadas. Después las bolsas fueron incubadas en novillos provistos de cánula ruminal a diferentes tiempos (0, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 48, 72 y 96 h) por triplicado. Una vez pasado el tiempo, las bolsas fueron retiradas del rumen y lavadas hasta que el agua quedó clara. La digestibilidad de la materia seca de cada tiempo fue determinada por la diferencia de peso de las bolsas antes y después del proceso de fermentación. Posteriormente, del residuo se tomó muestra para determinar el contenido de proteína (AOAC, 1994). Para describir los parámetros de la cinética de degradación de la materia seca y proteína se utilizó el modelo de Orskov and McDonald (Orskov and McDonald, 1979):

Deg(t)= A+B(1-exp(-c*(t)))

Donde “Deg (t)” es la degradabilidad al tiempo t (%), “A” es el intercepto de la degradación al tiempo zero (%), “B” es la degradabilidad potencial al tiempo t (%) y “c” es la tasa constante de degradación (%/h).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de la composición química y la degradabilidad de la materia seca y proteína fueron analizados con un diseño completamente al azar utilizando los procedimientos de GLM del del SAS (2002). La comparación de medias se realize con la prueba de rango múltiple de Tukey y declarando diferencias significativas cuando $p<0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las concentraciones de MS y proteína fueron diferentes entre tratamientos ($p<0.05$, Tabla 1). De hecho, la PC del nopal se incrementó 69 y 130% cuando se fermentó con SC y KM, respectivamente. Además, el contenido de FDN y FDA también aumentaron con el proceso de FES ($p<0.05$). Sin embargo el contenido de lignina disminuyó cerca del 55% al fermentar el nopal con SC ($p<0.05$).

Tabla 1. Composición química de los tratamientos experimentales.

Nutrientes (%)	T	SC	KM	EEM	p
Materia seca	9.9±0.15^{b}	11.0±0.23^{a}	9.8±0.73^{b}	0.37	0.0325
Proteína cruda	5.3±0.16^{c}	9.0±0.28^{b}	12.2±0.07^{a}	0.14	0.0001
FDN	38.2±0.17^{c}	55.5±0.57^{a}	45.4±2.70^{b}	1.44	0.0001
FDA	13.0±0.22 ^{b}	18.3±0.33 ^{a}	19.2±1.21^{a}	0.72	0.0002
Lignina	3.8±0.08^{a}	1.7±0.05^{b}	3.7±0.08^{a}	0.06	0.0001

^{abc}Medias con diferente literal en la misma hilera no son iguales ($p<0.05$); FDN=fibra detergente neutra; FDA=fibra detergente ácida; EEM=Error estándar de la diferencia entre medias.

El incremento observado en SC y KM con respecto T es resultado de la proteína que es producto de la adición de los cultivos de levaduras así como la proliferación de estas debido al proceso de FES (Herrera *et al.*, 2017). Además, la FES contribuyó a incrementar los carbohidratos estructurales, sin embargo con SC disminuyó la concentración de lignina. Aparentemente, SC contribuye a la degradación de lignina, de hecho, Herrera *et al.* (2014) atribuyeron la degradación de la lignina a un incremento en las enzimas ligo-celulolíticas que se derivan durante el proceso de FES debido a la presencia de *S. cerevisiae*.

Degradabilidad *in situ* de la materia seca y proteína

La fracción soluble (A) incrementó con SC y con KM ($p<0.05$, Tabla 2); por el contrario, la fracción potencialmente degradable (B) disminuyó ($p<0.05$, Tabla 2). Por otro lado, no se observaron cambios en la tasa constante de degradación (c) entre los tratamientos. Además, la

degradabilidad total incrementó con SC ($p<0.05$). Por su parte, la cinética de degradabilidad se presenta en la tabla 2. La fracción soluble de la proteína y la degradabilidad total fueron menores con SC ($p<0.05$), mientras que, la fracción potencialmente degradable incrementó con SC ($p<0.05$).

Tabla 2. Cinética de degradabilidad *In situ* de la materia seca y proteína de los tratamientos experimentales.

Parametros	T	SC	KM	EEM	p
Degradabilidad *In situ* de la materia seca					
A (%)	49.9±0.05^{c}	54.6±0.10 ^{b}	57.5±0.24^{a}	0.26	0.0001
B (%)	42.1±0.17 ^{a}	39.91±0.17 ^{b}	34.6±0.53 ^{c}	0.58	0.0012
A+B (%)	92.0±0.22 ^{b}	94.6±0.27 ^{a}	92.1±0.29 ^{b}	0.46	0.0108
C (%/h)	0.05±0.003	0.04±0.000	0.05±0.004	0.005	0.3495
Degradabilidad *In situ* de la proteína cruda					
a (%)	59.12±2.11^{a}	43.75±4.826 ^{b}	68.91±0.70^{a}	3.06	0.0033
b (%)	29.98±2.17^{ab}	37.75±4.24^{a}	19.7±1.39^{b}	2.87	0.0126
a+b (%)	89.1±0.3771^{a}	81.5±0.64^{b}	88.6±0.92^{a}	0.68	0.0004
c (%/h)	0.065±0.0102 ^{ab}	0.04±0.012^{b}	0.10±0.005^{a}	0.009	0.0169

^{ab}Medias con diferente letra dentro de las hileras no son iguales ($p<0.05$); A=Es el intercepto en la curva de degradación al tiempo cero; B=degradabilidad potencial; C= Tasa constanter de degradación; a=Intercepto en la curva de degradación de proteína al tiempo cero; b= Degradabilidad potencial de la proteína; c= tasa constante de degradación de la proteína "b"; EEM=Error estándar de la diferencia entre medias.

La presencia de cultivos de levaduras promueve la proliferación de bacterias celulolíticas (Khadem *et al*., 2007). A pesar de que, no se observaron cambios en la tasa constante de degradabilidad (c) entre los tratamientos, el proceso de FES utilizado como pretratamiento incrementó la degradabilidad ruminal de la fibra. Esto último se confirma mediante aumentos en la fracción soluble (parámetro A) y reducciones en la fracción potencialmente soluble (parámetro B). A diferencia de los efectos observados con la degradabilidad de la materia seca, la degradabilidad de la proteína mostró el efecto contrario. Como se observa, hay una disminución en la fracción soluble de las proteínas cuando el nopal se fermentó con SC. Los resultados en la composición química de los tratamientos experimentales indican que la fracción de lignina fe menor que en los otros tratamientos. Este efecto permitió un aumento en la degradabilidad con SC sugiriendo una reducción en los complejos de lignina-carbohidrato. Sin embargo, se observó un efecto opuesto con las fracciones de degradabilidad de proteínas. Aparentemente, la lignina no degradada en PP + SC formó complejos con la proteína, evitando su degradación total. En consecuencia, la tasa constante de degradabilidad de la proteína apoya esta teoría al reducir sus valores debido a la presencia de complejos lignina-proteína que limitan la actividad de las

bacterias proteolíticas. De esta manera, Stevanic y Salmen (2008) reportaron interacciones lignina-proteína y lignina-pectina dentro de la pared celular primaria, sugiriendo que los microorganismos ruminales son más propensos a degradar carbohidratos simples en lugar de proteínas complejas que demandan un mayor consumo de energía (Van Soest *et al*., 1991).

CONCLUSIONES

Los resultados observados en este estudio mostraron que la proteína proporcionada por Kluyveromyces marxianus ITD00262 en un SSF, es más alta y más biodisponible debido a los altos valores en la degradabilidad potencial (A+B)

REFERENCIAS

AOAC. Official Methods of Analysis. 1997. Association of Official Analytical Chemists International.16th ed. Virginia, USA, 1994, pp. 69-83.

Flores, O.M., Reveles, H.M. 2010. Producción de nopal forrajero de diferentes variedades y densidades de plantación. VIII Simposium Taller Nacional y 1er Internacional Producción y Aprovechamiento del Nopal y Maguey, Nuevo León, México, Nov. 2010; RESPYN, Nuevo León, México. 5:198- 2010

Herrera, T.E., Murillo, M., Berumen, L., Soto, O.N., Páez, J. 2017. Protein enrichment of Opuntia ficus-indica using Kluyveromyces marxianus in solid-state fermentation. Ciencia e Investigación Agraria. 44(2): 113-1240. https://doi.org/10.7764/rcia.v44i2.1767

Herrera, T.E., Murillo, M., Berumen, L., Páez, J.B., Villarreal, G. 2014. Efecto de *Sacharomyces cerevisiae* y *Kluyveromices marxianus* durante el tiempo de fermentación en la calidad nutritiva del nopal forrajero. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 1(1):33-40.

Khadem, A.A., Pahlavan, M., Afzalzadeh, A., Rezaeian, M. 2007. Effects of live yeast Saccharomyces cerevisiae on fermentation parameters and microbial populations of rumen, total tract digestibility of diet nutrients and on the in situ degradability of alfalfa hay in Iranian Chall sheep. Pakistani Journal of Biological Science. 10(4): 590-597. https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.590.597

Hristov A.N., Jouany, J.P. 2005. Factors affecting the efficiency of nitrogen utilization in the rumen. In: Pfeffer, E., and Hristov, A.N., eds. Nitrogen and phosphorus nutrition of cattle. CABI Publishing: Cambridge. pp. 117–166.

Stevanic, J.S., Salmen, L. 2008. Interactions among components in the primary cell wall of Norway spruce (Picea Abies (L.) Karst.): Effect of a low sulphonation pretreatment. Journal of Pulp and Paper Science. 34(2):107- 112. https://www.researchgate.net/publication/25 8118528

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition: carbohydrate methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle. Journal of Dairy Science. 74: 35-83. https://doi.org/10.3168/jds.S0022- 0302(91)78551-2

DETECCIÓN DEL VIRUS DE LA ARTRITIS ENCEFALITIS CAPRINA MEDIANTE ELISAi EN HATOS CAPRINOS DE CUATRO ESTADOS DEL NORESTE DE MEXICO

DETECTION OF CAPRINE ARTHRITIS ENCEPHALITIS VIRUS BY ELISAi EN GOAT HATS OF FOUR OF NORTHEASTERN MEXICAN STATES

Ana Belén Hernández Hernández[1], María Genoveva Álvarez Ojeda[2]*, Isidro Humberto Almeyda León[3], Lorenzo Danilo Granados Rivera[3], Ulises Aranda Lara[2]

[1]UAT. Unidad Académica Multidisciplinaria Rhode. [2]INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Río Bravo. Carretera Matamoros-Reynosa km 61, Río Bravo, Tam., C.P. 88900, México. Tel: 8000882222, extensión 83210, [3]INIFAP-CIRNE-Campo Experimental General Terán.

alvarez.genoveva@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo del estudio fue detectar al virus de la Artritis Encefalitis Caprina mediante la técnica de ELISAi en hatos caprinos de cuatro hatos caprinos de cuatro Estados del noreste de México. Se realizó un estudio descriptivo de tipo transversal, para tal efecto, se eligieron 356 sueros de hatos caprinos en Nuevo León, 250 en San Luis Potosí, 234 en Coahuila y 179 en Tamaulipas, México. Los sueros fueron tomados por punción venosa, de cabras lecheras de diferentes razas (Sannen, Alpina y Toggenburg), con edades promedio de 2 años, se realizó la técnica de ELISAi. La frecuencia obtenida de caprinos positivos al virus de la Artritis Encefalitis Caprina fue; 26.40 % (94/ 356), 5.0 % (9/179), 0.0 (0/259) y 0.0 (0/234) en Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí y Coahuila respectivamente. Estos resultados no discriminan entre razas de ganado muestreadas, sin embargo, se estableció la seroprevalencia del virus ya que se muestreo un 10 % del hayo. Los resultados obtenidos en este estudio, demostraron que la infección por el virus de la Artritis Encefalitis Caprina está presente en los hatos caprinos lecheros de Nuevo León y Tamaulipas.

ABSTRACT

The objective of the study was to detect the Caprine Arthritis Encephalitis virus using the ELISAi technique in goat herds of four goat herds of four states in northeastern Mexico. A descriptive cross-sectional study was carried out, for this purpose, 356 sera were chosen from goat herds in Nuevo León, 250 in San Luis Potosí, 234 in Coahuila and 179 in Tamaulipas, Mexico. The sera were taken by venipuncture, from dairy goats of different breeds (Sannen, Alpina and Toggenburg), with an average age of 2 years, the ELISAi technique was performed. The frequency obtained of goats positive to Caprine Arthritis Encephalitis virus was; 26.40% (94/356), 5.0% (9/179), 0.0 (0/259) and 0.0 (0/234) in Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí and Coahuila respectively. These results do not discriminate between sampled cattle breeds; however, the

seroprevalence of the virus was established since 10% of the beech was sampled. The results obtained in this study demonstrated that the Caprine Arthritis Encephalitis virus infection is present in the dairy goat herds of Nuevo León and Tamaulipas

INTRODUCCIÓN

El lentivirus de la Artritis Encefalitis Caprina (AEC), es altamente infectivo y ocasiona un complejo de enfermedades persistentes, que afectan a cabras de todas las edades. Se transmite de madres infectadas a su descendencia, en particular, a través de la ingestión de calostro y leche infectada. (Bertoni, 2007). Esta enfermedad, se caracteriza por una inflamación multisistémica afecta al ganado caprino y ovino (virus de los pequeños rumiantes LvPR por sus siglas en inglés), infectando de manera crónica la línea celular de monocitos-macrófagos. Existe cierta incidencia de esta enfermedad en los lugares de crianza para la producción intensiva de leche, en hatos donde los primeros partos ocurren en condiciones inadecuadas, favoreciendo la dispersión del virus a través de secreciones fisiológicas. De esta manera, las cabras adultas pueden contagiarse en su juventud, y a partir de ahí son portadoras toda su vida. Sin embargo, los signos o síntomas pueden llegar a manifestarse hasta meses o inclusive años después de haber sido infectados. El tiempo entre la infección y la aparición de anticuerpos serológicamente medibles es muy variable (OMS, 2008; Ryan *et al*., 2000). Con base en lo anterior, el objetivo del estudio fue detectar la presencia del virus artritis encefalitis caprina mediante la técnica de ELISAi en hatos caprinos de cuatro Estados del noreste de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo del tipo transversal, para tal efecto, se recolectaron 1023 sueros de hatos caprinos en cuatro estados del Noreste de México (Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Tamaulipas). Se muestreo un 10 % de los hatos para conocer la prevalencia del virus, en rebaños que pertenecen a hatos tecnificados donde se aplican las Buenas Prácticas Pecuarias. La toma de muestras se realizó por punción venosa a partir de cabras lecheras de las razas Alpina, Toggenburg y Sannen, y con edades promedio de 2 años. Después de separar los sueros, se realizó la técnica de (ELISAi), usando una proteína recombinante y estandarizada en nuestro laboratorio. Los sueros controles y las muestras, se diluyeron 1/10 en amortiguador PBS-Tween (0.05 %) y se dispensó 100 µl para después incubar 1 h a 37 °C en cámara húmeda. Después del periodo de incubación, se realizaron tres lavados con 200 µl de PBS-T y se agregó a cada pozo 100 µl del conjugado anti cabra unido a peroxidasa de rábano (200 µg/0.5 ml), diluido 1:5000 en BSA al 1 % (p/v), como agente estabilizador. Las muestras se incubaron nuevamente por 1 h a 37 °C en cámara húmeda, y posteriormente se procedió al lavado de las placas en tres

ocasiones con 200 µl de amortiguador PBS-T. Se añadió el sustrato TMB/H2O (trimetilbencidina/peróxido hidrógeno) de la marca Sigma-Aldrich®, y se colocó en oscuridad por 15 min a temperatura ambiente, la reacción se detuvo con H_2SO4 1M. La lectura de las placas se realizó en un espectrofotómetro (Sigma Diagnostics, EIA multi-well reader) a λ= 450 nm. Cuando la absorbancia de las muestras se encontraba por encima de la media de los controles negativos más dos desviaciones estándar, la muestra se consideró positiva. En caso contrario se consideró negativa. Por separado, se calculó la prevalencia por Estado, la fórmula aplicada fue P= (Muestras Positivas) / (Total de muestras) x100

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La frecuencia de caprinos positivos al virus de la AEC fue de 26.4 % (94/356), 5.0 % (9/179) y 0 % (0/250), (0/234 %) en Nuevo Neón, Tamaulipas, San Luis Potosí y Coahuila respectivamente, pero no se discriminó entre las razas de ganado muestreadas. En México, las primeras evidencias del virus se presentaron en el Estado de México y Guanajuato con una prevalencia del 27% en cabras que estaban relacionadas de forma directa con cabras infectadas procedentes de E.U.A. (Adams et al., 1984).

Las frecuencias de ganado positivas al virus de la AEC reportada por Santiago *et al*. (2017) en rebaños del Estado de Guanajuato fue de un 17.6 % mientras que Castro-Flores (2015) en el Estado de Sinaloa reportó una frecuencia del 14.18 %. Delgado *et al*. (2017), reportaron frecuencias de 66.3 % en un hato caprino del Noreste de México, mientras que en Amezcala, Querétaro y Cuautitlán, Estado de México, muestrearon 50 cabras, de las cuales 33 resultaron positivas a la prueba de ELISA, por lo que resultó una prevalencia de 66% Tesoro et al., 2003).

El diagnóstico de las infecciones causadas por el Lentivirus de AEC puede hacerse clínicamente, aunque sólo el 30-35 % de los animales afectados desarrollan signos clínicos (Pisoni *et al*., 2005), por lo cual el método más rápido, sensible y confiable como apoyo para realizar el diagnóstico a la infección de LvPR es a la serología. En este trabajo se corroboró que la prueba de ELISA, mediante el uso de péptidos recombinantes es adecuada y suficiente para la evaluación de la seroprevalencia de AEC. En hatos caprinos tal y como lo señalan Delgado *et al.* (2017). Las pruebas serológicas constituyen una herramienta fundamental para la detección de la infección en un rebaño y se cuenta con una gran variedad de métodos que incluyen IDAG, ELISA y WB, de los cuales ELISA es la más recomendada como prueba de referencia (OIE, 2004) ya que permite trabajar con un mayor número de muestras por un menor costo en comparación con otras técnicas.

Los resultados obtenidos en este estudio muestran evidencia que la técnica de ELISA indirecta es adecuada para la detección del virus, sobre todo cuando los signos clínicos corresponden a animales asintomáticos, como ocurrió en los hatos muestreados, donde no se observaron animales con manifestaciones clínicas aparentes de estar infectados. Sin embargo, la aparición de nuevos casos de contagios en los últimos años indica que la erradicación de este virus de una población no se puede lograr con facilidad. Para superar este problema se requiere identificar las características genómicas y antigénicas de los virus circulantes en cada región, además, contar con programas de monitoreo para establecer estrategias de prevención y control en los hatos (Thomann *et al.,* 2017).

CONCLUSIÓN

La técnica de ELISAi fue eficiente para la detección del virus de la Artritis Encefalitis caprina y se demostró que la enfermedad presente en caprinos de Nuevo León y Tamaulipas, México.

REFERENCIAS

Adams D.S., Oliver R.E., Ameghino E., Demartini J.C., Verwoerd D.J., Houwers D. J. Waghela S., Gorham J.R., Hyllseth B., Dawson M., Trigo F.J., McGuire T.C. 1984. Globalsurvey of serological evidence of caprine arthritis encephalitis virus infection. Vet Rec. 10:493-495.

Bertoni, G. 2007. Caprine Arthritis Encephalitis Complex. In: Tempesta, M (ed.) Recent Advances in Goat Diseases (A0902.0707). Ithaca N.Y. USA: International Veterinary Information Service. Consultado en línea el 14 de octubre de 2020. http: // www.oie.int, fecha de consulta 20 de agosto de 2021.

Castro, F. R. Detección de Lentivirus de Pequeños Rumiantes (LyPR) en hatos mixtos de ovinos y caprinos de Culiacán Sinaloa. Tesis de maestría. UAS-Colegio de Ciencias del Mar.

Delgado, M. T., Alvarez O. M.G, Saavedra A. S., Almeyda, L. I.H., Hernández, H. A.B. 2017. Prevalencia de artritis encefalitis caprina en un hato lechero del norte de México. Memorias de la XLIV Reunión Científica AMPA, Clima y Ganadería: Productividad Sustentable. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 784-787.

Manual de la OIE sobre animales terrestres 2004. Manual de las pruebas de diagnóstico y de vacunas para los animales terrestres (mamíferos, aves y abejas). Vol II. http//

Organización Mundial de Salud Animal (OMS). 2008. Manual de la OIE sobre animales terrestres. Artritis encephalitis caprina y Maedi Visna. Capítulo 2.7.3/4:1-10.

Organización Mundial de Salud Animal (OMS). 2004. Manual de las Pruebas de Diagnóstico y de las Vacunas para los Animales Terrestres. (mamiferos avez y abejas). Vol 1. ISBN 92-9044-632-3., https://www.oie.int/doc/ged/D6508.PDF

Pisoni, G., Quasso, A., Moroni, P. 2005. Phylogenetic analysis of smallruminant lentivirus subtype B1 in mixed flocks: evidence for natural transmission from goats to sheep. Virology 339:147-52.

Ryan, S., Tiley, L., McConnell, I., Blacklaws, B.A. 2000. Infection of dendritic cells by the Maedi Visna lentivirus. American Society for Microbiology 74: 10096-10103.

Santiago, B. C.I., Gutiérrez, H. J.L., Herrera, L. E., Palomares, E. E.G., Díaz, A. E. 2017. Quehacer Científico en Chiapas 12(1): 15-19.

Thomann, B, Falzon, L.C., Bertoni, G.A. 2017. Census to determine the prevalence and risk factors for caprine arthritis-encephalitis virus and visna/maedi virus in the swiss goat population. Prev Vet Med 137:52–8.

DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS VOLATILES EN QUESO PRODUCIDO EN DURANGO

Esteban Méndez Maricela[1], González Valdés Laura S.[1], Camacho Luis Abelardo[2]

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango del Instituto Politécnico Nacional. Sigma 119 Fracc. 20 de noviembre II Durango, Dgo. C.P. 34220, Facultad de Medicina y Nutrición de la Universidad Juárez del Estado de Durango Av. Universidad y Fanny Anitúa Durango. Dgo. C.P. 3400
mestebanmendez@hotmail.com

RESUMEN

Los compuestos volátiles en el queso son producidos por el metabolismo de la lactosa, lípidos y proteínas presentes en la leche, en este trabajo se determinó la presencia de estos compuestos en dos de las principales marcas de queso Chihuahua producidos en el municipio de Durango elaborados con leche cruda y leche pasteurizada, se realizó la técnica de microextracción en fase solida (SPME) en espacio de cabeza o headspace (HS) y la separación e identificación por cromatografia de gases acoplado a espectroscopia de masas (GC/MS). Se identificaron 19 compuestos volátiles en el queso de leche cruda y 28 en leche pasteurizada, los compuestos detectados fueron ácidos grasos, alcoholes, ésteres, cetonas y terpenos cada muestra presenta un perfil diverso de estos compuestos.

ABSTRACT

Volatile compounds in cheese are produced by the metabolism of lactose, lipids and proteins present in milk, in this study the presence of these compounds in two of the main brands of Chihuahua cheese produced in the municipality of Durango made with raw milk and pasteurized milk was determined, the solid phase microextraction technique (SPME) was performed in headspace (HS) and gas chromatography separation and identification coupled to mass spectroscopy (GC/MS). 19 volatile compounds were identified in raw milk cheese and 28 in pasteurized milk, the compounds detected were fatty acids, alcohols, esters, ketones and terpenes each sample presents a different profile of these compounds.

INTRODUCCIÓN

El queso menonita o Chihuahua producido en el estado de Durango es un queso semi maduro con textura suave se somete a un proceso de maduración de 3 a 6 semanas, se produce empleando leche pasteurizada ya que es un requisito establecido por la norma oficial NOM-243-SSA1-2010, sin embargo, en la actualidad este queso aún es producido empleando leche cruda

ya que presenta una gran cantidad bacterias acido lácticas (BAL) autóctonas que le confieren un sabor más agradable y de mayor aceptación por los consumidores (Van Hekken et al., 2006). El sabor del queso es atribuido a los compuestos volátiles y no volátiles que se forman durante la maduración del queso, son producidos por la glucólisis, lipolisis y proteólisis; de la lactosa, lípidos y proteínas que se encuentran en la leche, estos procesos son llevados a cabo por las enzimas presentes en la leche, el cuajo y los microorganismos, principalmente por las BAL (Fox et al., 1993). El sabor, así como la apariencia y la textura son los principales factores que son decisivos para la elección de los productos por los consumidores. Los principales métodos empleados para el análisis de los compuestos volátiles son cromatografía de gases acoplado a espectroscopia de masas (GC/MS) y para la extracción de los compuestos volátiles se ha usado la técnica de microextracción en fase solida (SPME) en espacio de cabeza o headspace (HS) que es conocido por sus siglas en inglés como (HS-SPME). En el queso Chihuahua o menonita no han sido estudiados los compuestos volátiles a los que se le atribuyen su sabor, por lo que se evaluaron dos de las principales marcas que se comercializa en el municipio de Durango Dgo., una de ellas producida con leche cruda y otra con leche pasteurizada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se adquirieron dos de las principales marcas de queso chihuahua elaborado con leche cruda y leche pasteurizada que se comercializan el municipio de Durango Dgo. Para la extracción de los compuestos volátiles se empleó la técnica de micro extracción en fase solida con espacio de cabeza que es conocido por sus siglas en inglés como (HE-SPME) y posteriormente los compuestos se pasaron e identificaron por cromatografía de gases con detección por espectrometría de masas (GC/MS). Las muestras de queso se rallaron manualmente y 10 g se transfirieron a un vial de vidro y mezclaron con 10 mL de agua, 10 µL de solución patrón interna (4,14 g/L 1-heptanol en solución acuosa de etanol al 20%) y 1 g de cloruro de sodio. Los viales de vidrio transparente se sellaron con tapones de rosca con septas de silicona/ PTFE, se cerraron y se colocaron en agitación magnética a 60 °C durante 25 min los volátiles en el espacio de la cabeza se adsorbieron utilizando una fibra de DVB–Carboxen de polidimetilsiloxano (PDMS) durante 30 min a 60 °C. La fibra de micro extracción en fase sólida se insertó directamente en un el equipo (GC/MS) Agilent 5973, equipado con una columna capilar DB-WAX Agilent Technologies, con las siguientes características 30 m, 250 mm d.i., espesor de la película 0,25 µm. El análisis CG/MS fue realizado según lo informado por Corona (2010). En resumen, la temperatura CG fue de 40 °C durante 2 min (durante la inyección) de 40 a 60 °C (a 4 °C/min) 60 °C durante 2 min, de 60 a 190 °C (a 2 °C/min) de 190 a 230 °C (a 5 °C/min) 230 °C durante 15

min (inyector 250 °C, línea de transferencia 230 °C, helio portador 1 mL/min; EM 70 eV). Los espectros de masas se registraron por impacto electrónico (EI) a 70 eV utilizando temperaturas de fuente de iones a 200 °C. La identificación de los compuestos presentes fue hecha con base en la comparación de los tiempos de retención con patrones específicos utilizando el índice de Kovats.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se obtuvieron 18 compuestos volátiles en el queso elaborado con leche cruda y 28 con el queso elaborado con leche pasteurizada (Tabla No. 1). Las dos marcas de queso presentaron casi los mismos compuestos volátiles, cabe mencionar que en su proceso de producción se adicionan cultivos lácticos iniciadores indefinidos, por lo que el tipo y cantidad de los compuestos depende del cultivo utilizado, las bacterias presentes en los cultivos participan en los procesos catabólicos para la generación de los compuestos volátiles, responsables del olor y sabor en el queso.

Los principales compuestos identificados son los ácidos grasos libres o ácidos carboxílicos de cadena lineal corta que son derivados de la lipolisis de los triglicéridos, se detectó el ácido butanoico, el ácido hexanoico, octanoico, nonanoico, decanoico, dodecanoico en ambas muestras y el ácido pentanoico y heptanoico se encontraron únicamente en el queso elaborado con leche pasteurizada, estos compuestos volátiles cuando se encuentran en altas concentraciones y en un pH ácido, son responsables del sabor rancio (Alewijn, 2006, Singh et al., 2003).También se detectó el ácido acético en ambas muestras, aunque no es parte de la lipolisis también es parte de los ácidos carboxílicos y es obtenido por el metabolismo de los carbohidratos llevado a cabo por las BAL heterofermentativas o por la fermentación del lactato o el metabolismo de los aminoácidos (Beuvier et al., 2004). Los ácidos grasos además de participar directamente en el sabor del queso, también lo hacen de manera indirecta ya que son precursores de metil cetonas, alcoholes secundarios, aldehídos de cadenas cortas, lactonas, esteres y S-tioesteres (Collins et al., 2003; Smit et al., 2005; Thierry et al., 2017).

Otro grupo de compuestos volátiles que se detectaron son los alcoholes constituidos por etanol, 1-pentanol, 1-hexanol, 2,3-butanediol, fenil-etilalcohol, 1-undecanol y 1-hexanol 2-etil. El etanol se encontró presente en ambas muestras, este es producido por la fermentación de la lactosa que es el principal carbohidrato presente en la leche. Durante la fabricación del queso, las BAL que pueden estar presente en el cultivo iniciador o en la leche cruda convierten lactosa en lactato y este es metabolizado en etanol, acetato, acetaldehído y formiato. El 2,3-butanediol es originado por el citrato residual presente en la cuajada, es metabolizado por BAL citrato positivo en acetato y lactato produciendo este y otros compuestos de sabor importantes como acetoína, diacetilo y

2-butanona (McSweeney et al., 2017; Singh, Drake, y Cadwallader, 2003). Se identificaron en total 4 cetonas; la 2,3-butanodiona, 3-hidroxi-2-butanona, 2-nonanona en los dos tipos de muestras y 2-heptanona únicamente en la muestra elaborada con leche pasteurizada, estos compuestos pueden estar presentes en la leche o producirse por proceso térmico en la producción de queso o por la -β-cetoacidosis (Alewijn et al., 2006)

Se identificaron los compuestos de tipo éster como, el etilacetato en las dos muestras y el ácido propanoico-etil-éster, ácido acético 2-fenil-etil-éster, ácido butanoico-butil-éster se encontraron en una u otra muestra cómo se observa en la Tbla 1, estos compuestos están relacionados con elevada cantidad de ácidos grasos y son caracterizados por proporcionar notas florales y frutales, minimizando el sabor amargo del queso (Curioni y Bosset 2002; Liu et al., 2004; Sabl´e y Cottenceau, 1999).

Los compuestos volátiles como los fenoles y terpenos están presentes en la leche antes de la elaboración del queso y depende del régimen de alimentación que se les proporciona a las vacas en este trabajo en las dos muestras de queso analizado se detectó la presencia de limoneno el cual es un terpeno.

Tabla No.1 identificación de compuestos volátiles en dos marcas de queso Chihuahua producido en el municipio de Durango

TR	Compuesto identificado (µg/kg)	Indice de Kovats	Queso de leche cruda	Queso de leche pasteurizada
2.71	Etil acetato	839	D	D
3.08	3-metil Butanal	907	ND	D
3.32	Etanol	915	D	D
3.71	Acido propanoico, etil éster	934	D	ND
4.11	2,3-Butanodiona	971	D	D
13.79	2-heptanona	1157	ND	D
14.77	Limoneno	1172	D	D
18.02	1-Pentanol	1220	ND	D
19.26	3-hidroxi-2-butanona	1248	D	D
23.49	1-Hexanol	1326	ND	D
25.24	2-Nonanona	1358	D	D
27.70	Acido acético	1404	D	D
29.91	2- etil - 1 hexanol	1456	D	ND
31.62	2,3-Butanediol	1532	ND	D
35.49	Acido Butanoico	1588	D	D
42.07	Acido acetico, 2- Fenil etil éster	1762	ND	D
43.25	Acido Hexanoico	1800	D	D
43.53	Acido Pentanoico	1801	ND	D
44.32	Acido Butanoico, butil éster	1816	D	D
45.38	2-Fenil etanol	1836	D	ND
46.39	Hidroxitolueno Butilado	1855	ND	D
47.94	Acido Heptanoico	1885	ND	D
49.30	1-Undecanol	1910	ND	D
54.49	Acido octanoico	2002	D	D
64.93	Acido Nonanoico	2083	D	D
70.19	Acido Hexadecanoico, metil éster	2061	ND	D
72.29	Acido decanoico	2139	D	D
78.46	Acido Benzoico	2185	D	D
81.56	Acido Dodecanoico	2209	D	D
75.26	Acido 9-Decenoico	2080	ND	D
88.12	Acido Tetradecanoico	2256	D	D

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio demostraron que los compuestos volátiles están presentes en ambas muestras de queso Chihuahua y cada una tiene un perfil diferente y diverso, aunque los dos tengan la misma denominación, esta heterogeneidad es atribuida a que en cada marca de queso se utilizan cultivos iniciadores que son seleccionados por los productores.

REFERENCIAS

Alewijn, M., Sliwinski, E. L., & Wouters, J. T. M. (2003). A fast and simple method for quantitative determination of fat-derived medium and low-volatile compounds in cheese. Intl Dairy J, 13, 733–41

Alewijn, M. (2006). Formation of fat-derived flavour compounds during the ripening of Gouda-type cheese [PhD thesis]. Netherlands: Wageningen University

Beuvier E, Buchin S. Raw milk cheeses. In: Fox PF, McSweeney PLH, Cogan TM, Guinee P, editors. Cheese: Chemistry, physics and microbiology: General aspects, vol. 1. London, UK: Elsevier;2004. pp. 319-46.

Collins, Y. F., McSweeney, P. L. H., & Wilkinson, M. G. (2003). Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. Intl Dairy J, 13, 841–66.

Corona, O. 2010. Wine-making with protection of must against oxidation in a warm,semi-arid terroir. South African Journal of Enology and Viticulture, 31, 58–63.

Curioni, P. M. G., & Bosset, J. O. (2002). Key odorants in various cheese types as determined by gas chromatography-olfactometry. Intl Dairy J, 12, 959–84.

Fox, P.F., Law, J., McSweeney, P.L.H. and Wallace, J.M. (1993) Biochemistry of cheese ripening. In Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Vol. 1, 2nd edn. ed. Fox, P.F. pp. 389–438. London: Chapman & Hall**.**

Liu, S. Q., Holland, R., & Crow, V. L. (2004). Esters and their biosynthesis in fermented dairy products: a review. Intl Dairy J, 14, 923–45.

McSweeney, P. L. H. (2017). Biochemistry of cheese ripening: introduction and overview. In: P. L. H. McSweeney, P. F. Fox, P. D. Cotter, & D. W. Everett, editors. Cheese: chemistry, physics, and microbiology. 4th ed. San Diego: Academic Press. pp 379–88.

McSweeney, P. F. Fox, P. D. Cotter, & D. W. Everett, editors. Cheese: chemistry, physics, and microbiology. 4th ed. San Diego: Academic Press. pp 423–44.

Sabl´e, S., & Cottenceau, G. (1999). Current knowledge of soft cheeses flavor and related compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47, 4825–36.

Smit, G., Smit, B. A., & Engels, W. J. M. 2005. Flavour formation by lactic acid bacteria and biochemical flavour profiling of cheese products. Fems Microbiology Reviews, 29, 591–610.

Singh, T. K., Drake, M. A., Cadwallader, K. R. (2003). Flavor of Cheddar cheese: a chemical and sensory perspective. Compr Rev Food Sci Food Saf, 2, 166–89.

Thierry, A., Collins, Y. F., Mukdsi, M. C. A., McSweeney, P. L. H., Wilkinson, M. G., & Spinnler, H. E. (2017). Lipolysis and metabolism of fatty acids in cheese. In: P. L. H.

Van Hekken, D. L., M. A. Drake, F. J. M. Corral, V. M. Guerrero-Prieto, and A. A. Gardea. 2006. Mexican Chihuahua cheese: Sensory profiles of young cheese. J. Dairy Sci. 89:3729–3738.

EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE CABRAS EN PASTOREO DURANTE LA LACTANCIA TEMPRANA

Jorge Alonso Maldonado-Jaquez[1], Lorenzo Danilo Granados Rivera[2] Jonathan Raúl Garay-Martínez[3]

[1]Colegio de Postgraduados, Programa de Ganadería, Texcoco, Estado de México. C.P. 56264; [2]Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.E. General Terán, Nuevo León. C.P. 67400; [3]Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.E. Huastecas, Tamaulipas. C.P. 89610.

granados.danilo@inifap.gob.mx

RESUMEN

El sistema extensivo de producción caprino se lleva a cabo por productores con baja capacidad de inversión. Por lo que es necesario identificar momentos específicos dentro de las etapas productivas en las cuales hacer una inversión sea más eficiente. En este sentido, los productores saben que complementar la dieta de las cabras durante la lactancia incrementa la producción de leche. Sin embargo, complementar la dieta durante toda la lactancia representa una alta inversión. Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue identificar en qué etapa de la lactancia (temprana o tardía) es más eficiente ofrece un suplemento para incrementar la producción de leche. Para ello, se utilizaron 20 cabras Locales de la Comarca Lagunera, mismas que fueron asignadas a cuatro tratamientos: 1) Testigo lactancia temprana, 2) Testigo lactancia tardía, 3) Complementación lactancia temprana, 4) Complementación lactancia tardía. Se midieron las variables peso vivo, producción de leche y eficiencia del uso del complemento en la producción de leche. El peso vivo de las cabras no cambio por efecto de la complementación. No obstante, la producción de leche incrementó con el uso del suplemento. Las cabras en lactancia temprana complementas fueron más eficientes en la producción de leche respecto a las cabras en lactancia tardía. Se concluye que ofrecer 500 g de alimento concentrado durante la época seca incrementa la producción de leche de cabras tanto en lactancia temprana como en tardía. Sin embargo, se obtiene una mayor eficiencia durante la lactancia temprana.

ABSTRACT

The farmers carry out the extensive goat production system with low investment capacity. Therefore, it is necessary to identify specific moments within the productive stages in which making an investment is more efficient. In this sense, producers know that supplementing the diet of goats during lactation increases milk production. However, supplementing the diet throughout breastfeeding represents a high investment. Based on the above, the objective of the present study was to identify in which stage of lactation (early or late) it is more efficient to offer a supplement to increase milk production. For this, 20 local goats from the Lagunera region were used, which were assigned to four treatments: 1) Early lactation control, 2) Late lactation control, 3) Early lactation supplementation, 4) Late lactation supplementation. The variables live weight, milk production and efficiency of the use of the supplement in milk production were measured. The live weight of the goats did not change because of the supplementation. However, milk production increased with the use of the supplement. Supplemental early lactation goats were more efficient at milk production compared to late lactation goats. It is concluded that offering 500

g of concentrated feed during the dry season increases the milk production of goats in both early and late lactation. However, greater efficiency is obtained during early lactation.

INTRODUCCION

En México, durante el año 2020 se produjeron 163.650 L-1 de leche de cabra, de los cuales, la región de la Comarca Lagunera, ubicada en los estados de Coahuila y Durango, al norte del país, aportaron 56% (92.713 L^{-1}), siendo la región de mayor producción de leche de cabra en México.

En esta región, existen dos sistemas de producción: pastoreo extensivo y estabulación. Siendo el primero el de mayor presencia. Dicho sistema, consiste en pastar cabras en terrenos ejidales durante el día, sin suplementación y, por la noche se encierran para descanso y protección. La dieta se compone de especies herbáceas, gramíneas y arbustivas nativas tales como mezquite (*Prosopis spp*.) y Huizache (*Acacia spp*.), así como de algunos residuos de cosecha (Maldonado-Jáquez et al., 2017). Además, tienen estacionalidad reproductiva y en la producción (Torres-Hernández *et al*., 2021). Las cabras que se utilizan en este sistema de producción son denominadas criollas o locales (Montaldo *et al*., 2010). Los productos principales en ambos sistemas de producción son las crías y la leche.

El sistema caprino extensivo está afectado por una marcada estacionalidad reproductiva y por la escasez de alimento durante el estiaje. Lo cual, lleva a una tasa alta de mortalidad, baja eficiencia reproductiva y producción de estacional de leche. Además, el manejo inadecuado de las cabras ocasiona degradación de áreas de pastoreo. Por lo anterior, es necesario dirigir esfuerzos que se encaminen a mejorar la productividad del sistema caprino extensivo en el noreste de México. Para ello, una estrategia que se ha desarrollado es el uso de complementos alimenticos, debido a que el agostadero por sí solo no puede satisfacer las necesidades nutricionales de la cabra lechera (Morand-Fehr *et al*., 2007). En particular, porque el forraje a lo largo del año presenta variaciones en cantidad y calidad nutricional (Chilibroste *et al*., 2007). En este sentido, resultados favorables por efecto de la complementación alimenticia ya se encuentran reportados en la literatura (Baraza *et al*., 2008; Urrutia *et al*., 2008). Por ejemplo, Maldonado-Jáquez *et al*. (2017) complementaron la dieta de cabras en lactancia tardía y, reportaron que la producción de leche aumentó 225% con cabras en lactancia tardía al incluir en la dieta 1 kg de alimento integral.

Con base en lo anterior, podemos notar que la complementación alimenticia tiene efectos positivos en la productividad de las cabras lecheras. No obstante, un aspecto que no ha sido prioritario en los estudios realizados, es identificar en qué momento de la lactancia se obtiene la mayor eficiencia por el uso de complementos alimenticios, dicho aspecto es especialmente relevante, sobre todo en el sistema caprino extensivo del noreste de México, en el cual los productores son principalmente de bajos recursos económicos y con baja capacidad de inversión (Escareño *et al*., 2011). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue comparar la eficiencia del uso de un suplemento alimenticio en cabras que se encontraban en lactancia temprana y tardía sobre el desempeño productivo de los animales en la época seca en el noreste de México.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó durante la época seca en una unidad de producción privada ubicada en el Ejido Zaragoza, Viesca, Coahuila, dentro de la Comarca Lagunera. Esta región se ubica entre las coordenadas 24° 22’ y 26° 23’ Latitud Norte y 102° 22´ y 104° 47´ Longitud Oeste y a 1100 msnm.

El clima, según la clasificación de Köppen, corresponde a BWhw, que se caracteriza por ser muy seco o desértico, semicálido con invierno fresco. La precipitación media anual es de 240 mm y la temperatura media anual a la sombra es de 25 °C, con rangos de -1 °C en invierno a 44 °C en verano (García, 1988).

Se utilizaron 20 cabras locales multíparas las cuales se asignaron de forma aleatoria a uno de cuatro grupos, bajo un diseño de bloques completos al azar. Los tratamientos fueron los siguientes. 1) Tratamiento testigo lactancia; 2) Tratamiento testigo lactancia tardía; 3) Tratamiento complemento lactancia temprana; 4) Tratamiento complemento lactancia tardía. En los tratamientos testigo las cabras se alimentaron solo a través del pastoreo y para los tratamientos que incluía la complementación alimenticia, se les ofreció 500 g de alimento concentrado cabra^{-1} d^{-1} antes de salir al pastoreo, en un horario entre las 7:00 y 8:00 h. El experimento tuvo una duración de 42 días.

La ordeña se realizó de forma manual una vez por día, entre las 6:00 y 7:00 h. Posteriormente las cabras salían a pastorear entre las 9:00 18:00 h, con recorridos entre 5 y 10 km d-1, dependiendo de la disponibilidad de forraje y residuos agrícolas (avena (*Avena sativa*), sorgo (*Sorghum halepense*), entre otros). Al regreso las cabras se alojaban en corrales de descanso sin divisiones con disponibilidad a bloques de sal mineral.

La producción de leche se midió de forma individual en cada cabra con una báscula portátil (Torrey®, capacidad 10 kg ±1 g) una vez por semana durante el periodo experimental.

La composición química del alimento se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, donde se les determinó: materia seca (MS), proteína cruda (PC), (AOAC, 2006), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) (Van Soest *et al*., 1991) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición química del alimento concentrado ofrecido a cabras locales en el periodo experimental.

Variable	% MS
Materia seca (%)	89.2
Proteína cruda (% MS)	21.9
Fibra detergente neutro (% MS)	27.4
Fibra detergente acido (% MS)	12.8
Energía Neta de Lactancia (EN_l) (Mcal/kg)	1.72

Los datos fueron analizados utilizando un modelo de medidas repetidas, a través del procedimiento MIXED (SAS, 2008). Para ello, se obtuvieron los criterios de información Bayesiano de Schwarz y Akaike que ayudaron a determinar la estructura de covarianza más adecuada para cada variable. La comparación de medias de mínimos cuadrados se realizó a través de la prueba de Tukey ajustada. Además, se usó la producción de leche inicial como covariable. La comparación de medias de mínimos cuadrados se realizó a través de la prueba de Tukey ajustada.

RESULTADOS Y DISCUSION

El peso vivo de las cabras no se modificó por efecto de la suplementación (Cuadro 2). Estos resultados coinciden con los reportes de estudios realizados en la misma región (Maldonado-Jáquez *et al*., 2017; Isidro-Requejo *et al*., 2017) quienes complementaron la dieta de cabras locales en la Región Lagunera, no obstante, si encontraron una mejoría en la condición corporal de las cabras en ambos estudios.

Cuadro 2. Peso vivo y producción de leche de cabras locales complementadas con concentrado comercial en lactancia temprana y tardía en la época seca.

Variables	Trat-1[1]	Trat-2[2]	Trat-3[3]	Trat-4[4]	EEM[5]	*P*
Peso vivo (kg)	32.7	33.2	34.1	32.9	1.4	0.703
Producción de leche(g d^{-1})	663.9 b	457.2 c	850.6 a	508.1 b	47.3	0.001
Eficiencia de la producción de leche (g d^{-1})[6]	---	---	187.1 a	51.2 b	16.8	0.001

[1]Trat-1= Testigo lactancia temprana; [2]Trat-2= Testigo lactancia tardía; [3]Trat-3= Complemento lactancia temprana; [4]Trat-4= Complemento lactancia tardía; [5]EEM= Error estándar de la media; [6] La eficiencia de la producción de leche al uso de un complemento se calculó como la diferencia en la producción de leche de cabras que recibieron el complemento y las cabras testigo en un mismo tratamiento.

La producción de leche se incrementó en las cabras que recibieron el suplemento (Cuadro 2). Al respecto, la producción de leche en las cabras en inicio de lactancia que recibieron 500 g de alimento concentrado fue 28% mayor que las cabras en la misma etapa de la lactancia sin complementación alimenticia. Con respecto a las cabras en finales de lactancia que recibieron el complemento produjeron 11 % más de leche que las cabras del tratamiento testigo de la misma etapa de lactancia. Lo anterior puede explicarse por diferentes factores, uno de ellos es la variación en la composición química de las especies vegetales a lo largo del año y su disponibilidad estacional (Chilibroste *et al*., 2007), esto provoca que exista una variación en la calidad nutricional de la dieta de las cabras en pastoreo a través del año. Siendo en algunos periodos insuficiente para cubrir los requerimientos nutricionales de las mismas, en particular, durante la época seca (Maldonado-Jáquez et al., 2017), como es el caso del presente estudio, debido a lo anterior, ofrecer un complemento alimenticio durante esta etapa ayuda a que la producción de leche se incremente (Isidro-Requejo *et al*., 2017).

En cuanto a la eficiencia de la producción de leche, se observó una mayor eficiencia en las cabras de inicios de lactancia. El grupo de cabras en inicios de lactancia produjeron 136 g más leche por cabra por día que las cabras en lactancia tardía complementadas. El inicio de la lactación implica el desencadenamiento de procesos fisiológicos y metabólicos para el establecimiento de la lactación y su consecuente incremento en la producción de leche, caracterizado por el incremento de la demanda de energía (Bauman y Currie, 1980). Debido a esto, un incremento en la disponibilidad de nutrientes en esta fase de la lactancia, se refleja en una mayor producción de leche (Butler, 2001) dado que en este momento la etología del rumiante y en consecuencia el propio metabolismo prioriza la producción láctea para ofrecer la mayor cantidad de alimento a la

cría (Relling y Mattioli, 2003). En consecuencia, los nutrientes consumidos por el rumiante son dirigidos a la producción láctea e incluso, si estos no son suficientes, como es de forma general, se hace uso de las reservas corporales del rumiante (Butler, 2001). En contraste, hacia finales de la lactancia la producción de leche decrece de forma natural, por lo que los mecanismos fisiológicos que se activan en inicios de la lactancia, hacia el final de la misma se apagan (Relling y Mattioli, 2003). En finales de la lactancia, los nutrientes son utilizados de forma más eficiente para compensar la pérdida de condición corporal generada en el establecimiento de la producción de leche (Drackley, 1999).

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales del presente estudio, ofrecer 500 g de alimento concentrado durante la época seca incrementa la producción de leche de cabras tanto en lactancia temprana como en tardía. No obstante, fue más eficiente la suplementación durante el inicio de la lactancia. Con base en lo anterior, se recomienda que en sistemas de producción caprina donde no es posible realizar una suplementación durante toda la lactancia, ésta se realice durante la lactancia temprana a fin de aprovechar de forma eficiente la inversión en el suplemento.

REFERENCIAS

AOAC. (2006). Official methods of analysis. 18 Th ed. Gaithersburg, MD: AOAC International.

Baraza E., Ángeles S., García, A. & Valiente, A. (2008). Nuevos recursos naturales como complemento de la dieta de caprinos durante la época de seca en el Valle de Tehuacán, Puebla. Interciencia, 33: 891-896.

Bauman, D.E. and Currie, W.B. (1980). Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. . J Dairy Sci. 63(9):1514-1529.

Chilibroste, P., Soca, P., Mattiauda, D.A., Bentancur, O. & Robinson, P.H. (2007). Short term fasting as a tool to design effective grazing strategies for lactating dairy cattle: a review. Australian Journal of Experimental Agriculture, 47(9):1075-1084.

Drackley J.K. Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier? Journal of Dairy Science, 82: 2259.

Escareño, L., Wurzinger, M., Pastor, F., Salinas, H., Solkner, J. & Iñiguez, L. (2011). La cabra y los sistemas de producción caprina de los pequeños productores de la Co-marca Lagunera, en el norte de México. Revista Chapingo-Serie Ciencias Foresta-les y del Ambiente, 17:235-246.

Isidro-Requejo L M, Maldonado-Jáquez J A, Granados-Rivera L D, Salinas-González H, Vélez-Monroy L I, Chávez-Solís A U. (2017). Suplementación pre y post parto durante la estación lluviosa en cabras locales del norte de México. Nova Scientia. 9(2):134-153.

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.

Montaldo H H, Torres-Hernández G, Valencia-Posadas M. (2010). Goat breeding research in Mexico. Small Rumin. Res. 89:155–163.

Morand-Fehr, P., Fedele, V., Decandia, M. & Le Frileux, Y. (2007). Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. Small Ruminant Research, 68:20-34.

Relling A. & Mattioli G. (2003). Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes. Facultad de Ciencias Veterinarias. Argentina: Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina.

Torres-Hernández G, Maldonado-Jáquez JA, Granados-Rivera L, Wurzinger M, Cruz-Tamayo AA. (2021). Creole goats in Latin America and the Caribbean: a priceless resource to ensure the well-being of rural communities. International Journal of Agricultural Sustainability.

Urrutia M.J., Aranda O.G. & Luna V.J. (2008). Usos del nopal en la alimentación de rumiantes. Desplegable para productores Núm. 33. INIFAP.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74(10):3583-3597.

EMPADRE DE HEMBRAS CAPRINAS A LOS 9 MESES: 1. EFICIENCIA REPRODUCTIVA

Vázquez-García, Juan Manuel[1], Guerrero-Niño, Jazmín[1], Flores-Nájera, Manuel de Jesús[2], Herrera-Corredor, Camelia Alejandra[1], Rivas-Jacobo, Marco Antonio[1], Villareal-Rostro, Dulce María[1], Rosales-Nieto, César Augusto[1]*

***[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma San Luis Potosí, San Luis Potosí, 78321, México.* *Correspondencia: César A. Rosales-Nieto (cesar.rosales@uaslp.mx)**
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna, 27440, Matamoros, Coahuila, México

RESUMEN

La producción nacional anual de carne y leche de caprinos no alcanza a cubrir la demanda. Es necesario desarrollar estrategias simples y de bajo costo que permita a los criadores de cabras incrementar la productividad y eficiencia reproductiva de sus animales. Una opción es empadrar las hembras a los 9 meses de edad. El objetivo de este trabajo es describir la eficiencia reproductiva de hembras caprinas empadradas a los 9 meses de edad. Se utilizaron 62 cabras primalas (44 Alpinas y 18 Saanen) de la Unidad Caprina de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP. Las cabras fueron alimentadas con heno de avena y alfalfa, sorgo y ensilado de maíz. El peso promedio al inicio del empadre fue de 23±0.5 kg (Saanen: 23.9±1.3 kg; Alpinas: 22.7±0.4) y la edad promedio al inicio del empadre fue de 283±3 días (Saanen: 271±8 d; Alpinas: 288±2 d). La edad al inicio del empadre difirió entre razas ($P < 0.05$); pero no el peso ($P > 0.05$). El 72% de las hembras Saanen y el 61% de las hembras Alpino quedaron gestantes. La tasa de fertilidad no difirió entre razas ($P > 0.05$). El peso y la edad al inicio del empadre no influyeron la tasa de fertilidad ($P > 0.05$). La tasa reproductiva en las hembras Saanen fue de 138% y 111% en las hembras Alpinas. La tasa reproductiva no difirió entre razas ($P > 0.05$). La edad al inicio del empadre influyó la tasa reproductiva ($P < 0.05$); pero no el peso al inicio del empadre. Se concluye que es posible empadrar hembras caprinas a los 9 meses de edad y obteniendo un buen porcentaje de fertilidad y una buena tasa reproductiva. La raza más pesada (Saanen) mostró un mejor rendimiento reproductivo en comparación con la raza Alpina. Se requiere más investigación para determinar si el empadrar hembras caprinas a los 9 meses de edad afecta negativamente el vínculo materno, producción láctea y el peso al nacimiento, y desarrollo postnatal de la progenie.

ABSTRACT

The national annual production of meat and milk of goats does not cover the demand. It is necessary to develop simple and low-cost strategies that allow goat producers to increase the productivity and reproductive efficiency of their animals. One option is to breed the females at 9

months of age. The objective of this work is to describe the reproductive efficiency of female goats bred at 9 months of age. We used sixty-two primarous goats (44 Alpine and 18 Saanen) from the Caprine Unit of the Faculty of Agronomy and Veterinary Medicine of the UASLP. The goats were fed alfalfa and oat hay, sorghum, and corn silage. The average weight at the beginning of the breeding was 23 ± 0.5 kg (Saanen: 23.9 ± 1.3 kg; Alpinas: 22.7 ± 0.4) and the average age at the beginning of the breeding was 283 ± 3 d (Saanen: 271 ± 8 d; Alpinas: 288 ± 2 d). The age at the beginning of the breeding differed between genotypes ($P < 0.05$); but not the weight ($P > 0.05$). The fertility rate was 72% in Saanen females and 61% in Alpine females. The fertility rate did not differ between genotypes ($P > 0.05$). Weight and age at the beginning of the breeding did not influence the fertility rate ($P > 0.05$). The reproductive rate in Saanen females was 138% and 111% in Alpine females. The reproductive rate did not differ between genotypes ($P > 0.05$). The age at the beginning of the mating influenced the reproductive rate ($P < 0.05$); but not the weight at the beginning of the breeding. We concluded that it is possible to breed female goats at 9 months of age and obtaining a good fertility rate and reproductive rate. The heavier breed (Saanen) showed better reproductive performance compared to the Alpine breed. More research is required to determine whether mating female goats at 9 months of age negatively affects maternal bonding, milk production and birth weight, and postnatal development of offspring.

INTRODUCCIÓN

Alrededor del mundo, las cabras se distribuyen en diversas zonas geográficas y agroecológicas y el 95% de ellas se crían en países en desarrollo (Miller y Lu, 2019). En particular, las cabras son importantes para la producción de leche y carne y suelen ser la principal fuente de ingresos en los sistemas agrícolas de bajos insumos (González-Bulnes et al., 2011). En México existen más de 8.8 millones de cabras, en su mayoría de cruza genética, distribuidas principalmente en los ecosistemas áridos y semiáridos. Los ecosistemas en donde se desarrollan las cabras se caracterizan por tener una vegetación con valor nutritivo variable a lo largo del año y que no alcanza a cubrir los requerimientos nutricionales de animales en producción y que repercute negativamente en la eficiencia reproductiva y productiva (Rosales-Nieto et al., 2011; Mellado et al., 2020; García-Monjaras et al., 2021). A pesar de todo eso, las cabras aportaron a la economía en 2019 cerca de 40,000 toneladas de carne y 167,000 toneladas de leche (Panorama Agroalimentario, 2020). Sin embargo, esta producción registrada en 2019 no alcanza a cubrir la demanda nacional e internacional.

Considerando esta situación, es necesario desarrollar estrategias simples y de bajo costo que permita a los criadores de cabras incrementar la productividad y eficiencia reproductiva de sus animales. Una opción es empadrar las hembras a los 9 meses de edad. Un aspecto

importante es el escepticismo por parte del productor en la decisión de retrasar el primer empadre de las hembras jóvenes, con la creencia de que el desempeño reproductivo se verá afectado en los años subsiguientes. Considerando que la eficiencia reproductiva (tasa de fertilidad y tasa reproductiva) son bajas. En hembras ovinas se han desarrollado estrategias que indican el peso ideal al inicio del empadre y la ganancia de peso diaria durante el empadre para poder incrementar la eficiencia reproductiva y poder tener una mayor ganancia económica (Rosales Nieto et al*.* 2018). Sin embargo, información similar no existe reportada hasta el momento en cabras.

Llegar a satisfacer la creciente demanda de productos de origen animal requiere del desarrollo de sistemas más redituables y eficientes para combatir las futuras necesidades en la producción. El reto al empadrar hembras jóvenes es asegurar la ovulación, la concepción y la sobrevivencia del recién nacido. De tal manera que el objetivo de este trabajo es describir la eficiencia reproductiva (tasa de fertilidad y tasa reproductiva) de hembras caprinas de dos razas (Saanen y Alpina) empadradas a los 9 meses de edad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ética animal

Todos los procedimientos en este estudio son consistentes con la guía del Consejo Nacional de Investigación para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio y cumplen con las normas de ARRIVE para informar sobre investigaciones con animales (Kikenny et al., 2010).

Lugar de Estudio

El estudio se realizó en la unidad caprina de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (100° 51’ 40.49’’ O y 22° 13’ 56.63’’ N).

Animales y Diseño Experimental

Se utilizaron 62 cabras primalas (44 Alpinas y 18 Saanen) para determinar el impacto del empadre de hembras a los 9 meses de edad sobre la tasa de fertilidad y tasa reproductiva. Las hembras nacieron en la Unidad Caprina de la Facultad en los meses de febrero y marzo. Previo al empadre las hembras fueron expuestas a machos vasectomizados, durante un periodo de 30 días (noviembre), posteriormente se utilizaron machos enteros para el empadre (diciembre), durante un periodo de 42 días. Las hembras se pesaron antes y durante el empadre con una báscula digital (TORREY®) con una sensibilidad de 0.01 kg. Las cabras fueron alimentadas con heno de avena y alfalfa, sorgo y ensilado de maíz.

Análisis Estadísticos

La información se analizó con el paquete estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute Inc, Cary, NC, EE.UU.). El peso y edad al inicio del empadre se analizaron mediante modelos mixtos y técnica de estimación de máxima verosimilitud restringida (PROC MIXED). La tasa de fertilidad se analizó mediante modelos lineares generalizados mixtos con distribución binomial y enlace logic (PROC GLIMMIX). La tasa reproductiva se analizó mediante modelos lineares generalizados mixtos con distribución multinomial y enlace logic (PROC GLIMMIX). El efecto fijo fue raza. El peso y la edad al inicio del empadre se agregaron como co-variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso y Edad al Inicio del Empadre

El peso promedio al inicio del empadre fue de 23±0.5 kg y la edad promedio al inicio del empadre fue de 283±3 días. El peso al inicio del empadre fue de 23.9±1.3 kg para las hembras Saanen y 22.7±0.4 kg para las hembras Alpinas. El peso al inicio del empadre no difirió entre razas ($P > 0.05$). La edad al inicio del empadre fue de 271±8 días para las hembras Saanen y 288±2 días para las hembras Alpinas. La edad al inicio del empadre difirió entre razas ($P < 0.05$).

Tasa de Fertilidad

El 65% de las hembras quedaron gestantes (40 de 62). El 72% de las hembras Saanen (13 de 18) quedaron gestantes y el 61% de las hembras Alpino (27 de 44) quedaron gestantes. La tasa de fertilidad no difirió entre razas ($P > 0.05$). El peso y la edad al inicio del empadre no influyeron la tasa de fertilidad ($P > 0.05$).

Tasa Reproductiva

La tasa reproductiva fue del 120%, en donde el 20% de las hembras gestantes (8 de 40) quedaron gestantes con gemelos. La tasa reproductiva en las hembras Saanen fue de 138% (5 de 13 gestantes con gemelos). La tasa reproductiva en las hembras Alpino fue de 111% (3 de 27 gestantes con gemelos). La tasa reproductiva no difirió entre razas ($P > 0.05$). La edad al inicio del empadre influyó la tasa reproductiva ($P < 0.05$); pero no el peso al inicio del empadre.

El presente trabajo muestra datos interesantes al demostrar que es posible empadrar a las hembras caprinas a los 9 meses de edad con un porcentaje aceptable de fertilidad y con una buena tasa reproductiva. La mayor proporción de caprinos en México son desarrollados bajo condiciones extensivas lo que limita severamente la ganancia de peso diaria. De tal manera que los productores de caprinos tienen la percepción de que empadrar hembras jóvenes no es redituable y resulta en un bajo porcentaje de fertilidad y problemas futuros para las hebras. Por otro lado, no existe información sobre los sistemas estabulados en México si realizan o no la

actividad de empadrar hembras jóvenes. En condiciones estabuladas evaluamos el comportamiento reproductivo de hembras Alpinas y Saanen empadradas a los 9 meses de edad.

Parte importante para poder empadrar hembras jóvenes es el desarrollo postnatal y el inicio de la pubertad. Se ha reportado que la masa corporal y las ganancias de peso diarias posteriores al nacimiento son esenciales para alcanzar más rápido la pubertad y que las hembras más pesadas al inicio del empadre son las más fértiles (Rosales Nieto et al., 2013; 2015). Adicionalmente, el tener ganancias de peso durante la época de empadre incrementa el porcentaje de fertilidad y fecundidad en hembras jóvenes (Rosales Nieto et al., 2015). Nuestros resultados concuerdan con los resultados obtenidos por estos autores dado que observamos que las hembras Saanen que son más pesadas mostraron mejor tasa de fertilidad y tasa reproductiva. Los autores del presente trabajo hasta el momento no encontraron reportes publicados en cabras para poder comparar nuestros resultados.

Interesante es que la edad al inicio del empadre sobre la tasa reproductiva fue significativa. Este resultado necesita verificarse más a fondo. Sin embargo, información que está en proceso de publicación muestra una relación positiva entre la edad y peso al inicio del empadre de borregas sobre la eficiencia reproductiva y productiva (Thompson et al., en prensa)

Para poder hacer recomendaciones eficientes sobre el empadre de hembras caprinas a los 9 meses de edad es necesario realizar más investigación. Es necesario determinar la habilidad materna de estas hembras jóvenes para desarrollar a las crías. Determinar si la producción láctea se ve reducida y si la calidad láctea se ve afectada. También es importante determinar si el peso y tamaño al nacimiento, el desarrollo postnatal y reproductivo de la progenie se ve afectado.

CONCLUSIÓN

Se concluye que es posible empadrar hembras caprinas a los 9 meses de edad y obteniendo un buen porcentaje de fertilidad y una buena tasa reproductiva. Los resultados indican una posible interacción entre el peso y la edad de la hembra al inicio del empadre sobre las variables reproductivas. Se requiere realizar más investigación para poder determinar si el empadrar hembras caprinas a los 9 meses de edad afecta negativamente el vínculo materno, producción láctea y el peso al nacimiento, y desarrollo postnatal de la progenie.

REFERENCIAS

García-Monjaras, S., Santos-Díaz, R.E., Flores-Najera, M.J., Cuevas-Reyes, V., Meza-Herrera, C.A., Mellado, M., Chay-Canul, A.J., Rosales-Nieto, C.A., 2021. Diet selected by goats on xerophytic shrubland with different milk yield potential. Journal of Arid Environments 186, 104429

Gonzalez-Bulnes, A., C.A. Meza-Herrera, M. Rekik, H. Ben Salem, R.T. Kridli. 2011. Limiting factors and strategies for improving reproductive outputs of small ruminants reared in semi-arid environments. In: Semi-arid environments: Agriculture, water supply and vegetation. Ed: K.M. Degenovine. Nova Science Publishers Inc. Hauppauge, NY, USA., Chapter 2, p. 41-60. ISBN: 978-1-61761-541-2.

Kilkenny, C., Browne, W.J., Cuthill, I.C., Emerson, M., Altman, D.G., 2010. Improving Bioscience Research Reporting: The ARRIVE Guidelines for Reporting Animal Research. PLOS Biology 8, e1000412.

Mellado, M., Rodríguez, I.J., Alvarado-Espino, A., Véliz, F.G., Mellado, J., García, J.E., 2020. Short communication: reproductive response to concentrate supplementation of mixed-breed goats on rangeland. Tropical Animal Health and Production 52, 2737-2741.

Miller, B.A., Lu, C.D., 2019. Current status of global dairy goat production: an overview. Asian-Australasian journal of animal sciences 32, 1219-1232.

Panorama-Agroalimentario. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural y Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2020 https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/

Rosales-Nieto, C.A., Gamez-Vazquez, H.G., Gudino-Reyes, J., Reyes-Ramirez, E.A., Eaton, M., Stanko, R.L., Meza-Herrera, C.A., Gonzalez-Bulnes, A., 2011. Nutritional and metabolic modulation of the male effect on the resumption of ovulatory activity in goats. Animal Production Science 51, 115-122.

Rosales Nieto, C.A., Ferguson, M.B., Macleay, C.A., Briegel, J.R., Martin, G.B., Thompson, A.N., 2013. Selection for superior growth advances the onset of puberty and increases reproductive performance in ewe lambs. animal 7, 990-997.

Rosales Nieto, C.A., Ferguson, M.B., Thompson, H., Briegel, J.R., Macleay, C.A., Martin, G.B., Thompson, A.N., 2015. Relationships among Puberty, Muscle and Fat, and Liveweight Gain during Mating in Young Female Sheep. Reproduction in Domestic Animals 50, 637-642.

Rosales Nieto, C.A., Thompson, A.N., Martin, G.B., 2018. A new perspective on managing the onset of puberty and early reproductive performance in ewe lambs: a review. Animal Production Science 58, 1967-1975.

Thompson, A.N., Bowen, E., Keiller, J., Pegler, D., Kearney, G., Rosales-Nieto, C.A. The number of offspring weaned from ewe lambs is affected differently by liveweight and age at breeding. ***In press***.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los estudiantes de la Facultad de Agronomía y Veterinaria por su contribución en la obtención de datos durante el desarrollo experimental. A Felipe Escalante Leura por el cuidado de los animales. A la Facultad de Agronomía y Veterinaria y a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí por el apoyo recibido.

EMPADRE DE HEMBRAS CAPRINAS A LOS 9 MESES: 2. COMPORTAMIENTO DE LA PROGENIE

Vázquez-García, Juan Manuel[1], Bravo-Bravo, Raúl[1], Flores-Nájera, Manuel de Jesús[2], Herrera-Corredor, Camelia Alejandra[1], Rivas-Jacobo, Marco Antonio[1], Villareal-Rostro, Dulce María[1], Rosales-Nieto, César Augusto[1]*

[1]***Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma San Luis Potosí, San Luis Potosí, 78321, México.*** ***Correspondencia: César A. Rosales-Nieto (cesar.rosales@uaslp.mx)**

[2]***Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna, 27440, Matamoros, Coahuila, México***

RESUMEN

La percepción por parte de los productores de empadrar hembras jóvenes es que la progenie nace más ligera, tiene un desarrollo más lento e incrementa su mortalidad. El objetivo de este trabajo es describir la eficiencia productiva de la progenie de hembras caprinas empadradas a los 9 meses de edad. Se utilizaron 62 cabras primalas (44 Alpinas y 18 Saanen) y su progenie (23 hembras y 21 machos) de la Unidad Caprina de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP. Al nacimiento de la progenie se determinó el peso al nacimiento, índice de masa corporal (IMC), tipo de parto y sexo. La progenie se pesó al nacimiento y al destete (60 días). La tasa de sobrevivencia se determinó a los 60 días. El peso promedio al nacimiento de la progenie fue de 3.0±0.1 kg (Alpina:3.1±0.1 kg; Saanen: 2.9±0.2 kg; $P > 0.05$). El índice de masa corporal al nacimiento de la progenie fue de 0.28±0.01 unidades (Alpina: 0.28±0.02 unidades; Saanen: 0.28±0.01 unidades; $P > 0.05$). La ganancia de peso diaria de la progenie fue de 177±5 g/d (Alpina: 173±7 g/d; Saanen: 183±8 g/d; $P = 0.09$). El peso promedio al destete de la progenie fue de 11.4±0.3 kg (Alpina: 11.4±0.4; Saanen: 11.5±0.5 kg; $P > 0.05$). La tasa de sobrevivencia fue de 87%. La tasa de sobrevivencia no fue influenciada por el genotipo ($P > 0.05$). Se concluye que el empadrar hembras a los 9 meses de edad no afecta negativamente el peso al nacimiento, desarrollo postnatal, peso al destete de la progenie y la tasa de sobrevivencia es alta.

ABSTRACT

The perception by goat producers of breeding young females is that the progeny is born lighter, have a slower development and increase their mortality. The objective of this work is to describe the productive efficiency of the progeny and female goats bred at 9 months of age. We used 62 goats (44 Alpine and 18 Saanen) and their progeny (23 females and 21 males) from the Goat Unit of the Faculty of Agronomy and Veterinary Medicine of the UASLP. At the birth, birth weight, body mass index (BMI), birth type, and sex were determined. The progeny were weighed at birth and weaning (60 days). The survival rate was determined after 60 days. The mean birth weight of the progeny was 3.0±0.1 kg (Alpina:3.1±0.1 kg; Saanen: 2.9±0.2 kg; $P > 0.05$). The body mass index at birth of the progeny was 0.28±0.01 units (Alpina: 0.28±0.02 units; Saanen: 0.28±0.01 units; $P > 0.05$). The daily weight gain of the progeny was 177±5 g/d (Alpina: 173±7 g/d; Saanen: 183±8 g/d; $P = 0.09$). The average weaning weight of the progeny was 11.4±0.3 kg (Alpina: 11.4±0.4; Saanen: 11.5±0.5 kg; $P > 0.05$). The survival rate was 87%. The survival rate was not influenced by genotype ($P > 0.05$). It is concluded that breeding females at 9 months of age does not negatively affect birth weight, postnatal development, weaning weight of the progeny and the survival rate is high.

INTRODUCCIÓN

Alrededor del mundo, las cabras se distribuyen en diversas zonas geográficas y agroecológicas y el 95% de ellas se crían en países en desarrollo (Miller y Lu, 2019). En particular, las cabras son importantes para la producción de leche y carne y suelen ser la principal fuente de ingresos

en los sistemas agrícolas de bajos insumos (González-Bulnes et al., 2011). En México existen más de 8.8 millones de cabras, en su mayoría de cruza genética, distribuidas principalmente en los ecosistemas áridos y semiáridos. Los ecosistemas en donde se desarrollan las cabras se caracterizan por tener una vegetación con valor nutritivo variable a lo largo del año y que no alcanza a cubrir los requerimientos nutricionales de animales en producción y que repercute negativamente en la eficiencia reproductiva y productiva (Rosales-Nieto et al., 2011; Mellado et al., 2020; García-Monjaras et al., 2021). A pesar de todo eso, las cabras aportaron a la economía en 2019 cerca de 40,000 toneladas de carne y 167,000 toneladas de leche (Panorama Agroalimentario, 2020). Sin embargo, esta producción registrada en 2019 no alcanza a cubrir la demanda nacional e internacional.

Considerando esta situación, es necesario desarrollar estrategias simples y de bajo costo que permita a los criadores de cabras incrementar la productividad y eficiencia reproductiva de sus animales. Una opción es empadrar las hembras a los 9 meses de edad. Un aspecto importante es el escepticismo por parte del productor en la decisión de retrasar el primer empadre de las hembras jóvenes, con la creencia de que el desempeño productivo se verá afectado. Principalmente la creencia es que el peso al nacimiento de la progenie es más bajo y que el desarrollo postnatal se ve disminuido en comparación con el desarrollo de la progenie de hembras adultas. En hembras ovinas empadradas a los 8 meses de edad se reporta que el peso al nacimiento y desarrollo postnatal de la progenie no fue afectado negativamente y estuvo dentro del rango del genotipo en estudio (Rosales-Nieto et al., 2018). Sin embargo, información similar no existe reportada hasta el momento en cabras.

Llegar a satisfacer la creciente demanda de productos de origen animal requiere del desarrollo de sistemas más redituables y eficientes para combatir las futuras necesidades en la producción. El reto al empadrar hembras jóvenes es asegurar la ovulación, la concepción y la sobrevivencia del recién nacido. De tal manera que el objetivo de este trabajo es describir la eficiencia productiva (peso al nacimiento, índice de masa corporal, ganancia de peso diaria, peso al destete y tasa de sobrevivencia) de hembras caprinas de dos genotipos (Alpina y Saanen) empadradas a los 9 meses de edad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ética animal

Todos los procedimientos en este estudio son consistentes con la guía del Consejo Nacional de Investigación para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio y cumplen con las normas de ARRIVE para informar sobre investigaciones con animales (Kikenny et al., 2010).

Lugar de Estudio

El estudio se realizó en la unidad caprina de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (100° 51’ 40.49’’ O y 22° 13’ 56.63’’ N).

Animales y Diseño Experimental

Se utilizaron 62 cabras primalas (44 Alpinas y 18 Saanen) y su progenie (23 hembras y 21 machos) para determinar el impacto del empadre de hembras a los 9 meses de edad sobre el peso al nacimiento, índice de masa corporal, desarrollo postnatal, y sobrevivencia de la progenie. Las hembras nacieron en la Unidad Caprina de la Facultad en los meses de febrero y marzo. Previo al empadre las hembras fueron expuestas a machos vasectomizados, durante un periodo de 30 días (noviembre), posteriormente se utilizaron machos enteros para el empadre (diciembre), durante un periodo de 42 días. Las hembras se pesaron antes y durante el empadre con una báscula digital (TORREY®) con una sensibilidad de 0.01 kg. Las cabras fueron alimentadas con heno de avena y alfalfa, sorgo y ensilado de maíz. Al nacimiento de la progenie se determinó el peso al nacimiento, índice de masa corporal (IMC), tipo de parto y sexo. La progenie se pesó al nacimiento y al destete (60 días). La tasa de sobrevivencia se determinó

hasta los 60 días. La progenie fue alimentada con los mismos ingredientes además de recibir alimento concentrado como complemento de la dieta para el desarrollo.

Análisis Estadísticos

La información se analizó con el paquete estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute Inc, Cary, NC, EE.UU.). El peso al nacimiento, índice de masa corporal (IMC), ganancia de peso diaria, y peso al destete se analizaron mediante modelos mixtos y técnica de estimación de máxima verosimilitud restringida (PROC MIXED). La sobrevivencia se analizó mediante modelos lineares generalizados mixtos con distribución binomial y enlace logic (PROC GLIMMIX). El efecto fijo fue el genotipo. La edad y peso al inicio del empadre de las madres, el tipo de parto y sexo de las crías se agregaron como co-variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso al Nacimiento

El peso promedio al nacimiento de la progenie fue de 3.0±0.1 kg. El peso promedio al nacimiento fue de 3.1±0.1 kg para la progenie Alpina y 2.9±0.2 kg para la progenie Saanen. El peso al nacimiento no difirió entre genotipos ($P > 0.05$; cuadro 1). Los machos y las crías de parto sencillo fueron más pesadas que las hembras y las crías de parto doble ($P < 0.01$; cuadro 1). La edad y peso de la madre al momento del empadre no influyó el peso de la progenie al nacimiento ($P > 0.05$).

Índice de Masa Corporal al Nacimiento (IMC)

El IMC al nacimiento de la progenie fue de 0.28±0.01 unidades. El IMC al nacimiento fue de 0.28±0.02 unidades para la progenie Alpina y 0.28±0.01 unidades para la progenie Saanen. El IMC no difirió entre genotipos, sexo o tipo de parto ($P > 0.05$; cuadro 1). La edad y peso de la madre al momento del empadre no influyó el IMC de la progenie al nacimiento ($P > 0.05$).

Ganancia de Peso Diaria

La ganancia de peso diaria de la progenie fue de 177±5 g/d. La ganancia de peso diaria fue de 173±7 g/d para la progenie Alpina y 183±8 g/d para la progenie Saanen. La ganancia de peso diaria tuvo una tendencia a diferir entre genotipos ($P = 0.09$; cuadro 1). Las crías nacidas de parto sencillo desarrollaron más rápido que las crías nacidas de parto doble ($P < 0.05$; cuadro 1). La ganancia de peso diaria no difirió entre sexo de la progenie ($P > 0.05$; cuadro 1). La edad y peso de la madre al momento del empadre no influyó la ganancia de peso diaria de la progenie al nacimiento ($P > 0.05$).

Peso al Destete

El peso promedio al destete de la progenie fue de 11.4±0.3 kg. El peso promedio al destete fue de 11.4±0.4 kg para la progenie Alpina y 11.5±0.5 kg para la progenie Saanen. El peso al destete no difirió entre genotipos ($P > 0.05$; cuadro 1). El peso al destete difirió entre el sexo de la progenie ($P < 0.01$; cuadro 1) y tuvo una tendencia a diferir entre tipo de parto ($P = 0.09$; cuadro 1). La edad y peso de la madre al momento del empadre no influyó el peso de la progenie al destete ($P > 0.05$).

Sobrevivencia

De las 44 crías nacidas, 6 murieron (13%; Alpino: 2 machos y 1 hembra; Saanen: 3 hembras). La edad promedio de la defunción fue a los 25 días. La tasa de sobrevivencia no fue influenciada por la genotipo, sexo o tipo de parto ($P > 0.05$). El peso y la edad de la madre al momento del empadre no influyó la tasa de sobrevivencia ($P > 0.05$).

Cuadro 1. Peso e índice de masa corporal al nacimiento, y desarrollo postnatal de la progenie de hembras empadradas a los 9 meses de edad. La variable genotipo combina el sexo y el tipo de parto de la progenie. La variable sexo combina el genotipo y el tipo de parto de la progenie. La variable tipo de parto combina el genotipo y el sexo de la progenie.

Genotipo	Peso Nacimiento (kg)	Índice Masa Corporal (unidades)	Ganancia Peso Diaria (g/d)	Peso Destete (kg)
Alpino	3.1±0.1	0.28±0.01	173±7	11.4±0.4
Saanen	2.9±0.2	0.28±0.02	183±8	11.5±0.5
Valor p	0.57	0.86	0.09	0.38
Sexo				
Hembras	2.8±0.1	0.27±0.01	172±6	10.5±0.3
Machos	3.2±0.1	0.30±0.02	182±9	12.3±0.4
Valor p	0.01	0.25	0.38	0.01
Tipo Parto				
Sencillo	3.2±0.1	0.29±0.01	183±6	11.7±0.3
Gemelo	2.5±0.2	0.27±0.02	159±9	10.6±0.7
Valor p	0.002	0.46	0.02	0.09

La percepción de los productores sobre empadrar hembras a muy temprana edad es que el peso al nacimiento de las crías y desarrollo postnatal es muy bajo y eso reduce la tasa de sobrevivencia. El presente trabajo muestra datos interesantes al demostrar que los pesos al nacimiento de la progenie de hembras empadradas a los 9 meses están dentro de los rangos para los genotipos. En el genotipo Saanen, Sen y Onder (2016) reportaron un peso al nacimiento de 3.1 kg de las crías de hembras empadradas al año de edad. De manera similar, Mellado et al. (2011) reporto el peso al nacimiento 3.2 kg de las crías de hembras empadradas al año de edad. En el estudio de Mellado et al. (2011) conjuntan la información de 5 genotipos (Saanen, Toggenburg, Alpina, Nubia y Granadina). En hembras multíparas, se ha reportado un peso al nacimiento de las crías de 3.4 kg para el genotipo Alpina y 3.6 para Saanen (Amoah et al., 1996). El peso al nacimiento es un factor genético y está estrechamente relacionado con el peso al inicio del empadre de las madres (Rosales Nieto et al., 2018; Flores-Najera et al., 2020; 2021). Es por ello que existe diferencia entre el peso al nacimiento de la progenie de hembras primalas y hembras multíparas.

Existe una estrecha relación entre el peso al nacimiento y el desarrollo postnatal y el peso al destete (Rosales Nieto et al., 2018; Ochoa Cordero et al., 2019). El desarrollo postnatal antes del destete depende hasta un 70% de leche materna, a pesar que el neonato comienza a consumir alimento solido a partir de los 10 días de edad (Doney et al., 1984; Lane et al., 2000). De tal manera que podemos asumir que la producción láctea de las madres no fue limitada o disminuida al ser empadradas a los 9 meses de edad ya que la ganancia de peso diaria y peso al destete de las crías está dentro del rango para condiciones intensivas y es muy superior a lo reportado en condiciones extensivas en cabras de genotipo mixta en localidades con diferentes precipitaciones (Flores-Najera et al., 2020; 2021). En condiciones similares a las del presente estudio, en madres multíparas, el peso al destete de las crías de genotipo Alpina 10.3 kg para las crías de genotipo Alpina (Rosales-Nieto información no publicada). La discrepancia con estos resultados de peso al destete entre hembras empadradas a los 9 meses de edad y hembras adultas (multíparas) es que el tamaño de camada difiere (Rosales-Nieto información no publicada).

La sobrevivencia está en función de varios aspectos internos y externos. Sin embargo, un alto porcentaje de mortalidad en neonatos es debido al bajo peso al nacimiento y a la poca habilidad materna lo que reduce el vínculo materno (Hinch and Brien, 2014). Recientemente reportamos que el proporcionar una suplementación energética durante el último tercio de

gestación en hembras multíparas caprinas incrementa el vigor al nacimiento de la progenie (Vazquez-García et al., 2020). En base a la tasa de sobrevivencia, nuestros resultados indican que la habilidad materna y aptitud láctea no se ve afectada al ser la hembra empadrada a los 9 meses de edad. En el presente estudio no realizamos una indagación exhaustiva sobre la posible causa de defunción del neonato, sin embargo, esto abre la oportunidad para extender más este conocimiento.

A pesar que los resultados son alentadores, para poder hacer recomendaciones eficientes sobre el empadre de hembras caprinas a los 9 meses de edad es necesario realizar más investigación. Es necesario determinar la habilidad materna de estas hembras jóvenes para desarrollar a las crías. Es necesario determinar el vigor al nacimiento de las crías y posibles causas de defunción. Determinar si la producción láctea se ve reducida y si la calidad láctea se ve afectada. Más importante aún es determinar si la vida reproductiva en los subsiguientes empadres se ve afectada.

CONCLUSIÓN

Se concluye que el empadrar hembras a los 9 meses de edad no afecta negativamente el peso al nacimiento, desarrollo postnatal y peso al destete de la progenie. La tasa de sobrevivencia de la progenie fue alta y es posible que este en función de la edad de la madre al momento del empadre. Se requiere más investigación para poder elucidar esta posible relación entre la tasa de sobrevivencia y la edad de la madre al momento del empadre. De igual manera se requiere más información para determinar si el vigor de la progenie al nacimiento es afectado y si la producción y calidad láctea se ve mermado al tener las crías al año de edad.

REFERENCIAS

Amoah, E.A., Gelaye, S., Guthrie, P., Rexroad, C.E., Jr, 1996. Breeding season and aspects of reproduction of female goats. J. Anim Sci. 74, 723-728.

Doney, J.M., Smith, A.D.M., Sim, D.A., Zygoyannis, D., 1984. Milk and herbage intake of suckled and artificially reared lambs at pasture as influenced by lactation pattern. Animal Science 38, 191-199.

Flores-Najera, M.J., Vélez-Monroy, L.I., Sánchez-Duarte, J.I., Cuevas-Reyes, V., Mellado, M., Rosales-Nieto, C.A., 2020. Milk yield and composition and body weight of offsprings of mixed-breed goats on semi-arid rangelands with different rainfall. Tropical Animal Health and Production 52, 3799-3808.

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, 220.

García-Monjaras, S., Santos-Díaz, R.E., Flores-Najera, M.J., Cuevas-Reyes, V., Meza-Herrera, C.A., Mellado, M., Chay-Canul, A.J., Rosales-Nieto, C.A., 2021. Diet selected by goats on xerophytic shrubland with different milk yield potential. Journal of Arid Environments 186, 104429.

Gonzalez-Bulnes, A., C.A. Meza-Herrera, M. Rekik, H. Ben Salem, R.T. Kridli. 2011. Limiting factors and strategies for improving reproductive outputs of small ruminants reared in semi-arid environments. In: Semi-arid environments: Agriculture, water supply and vegetation. Ed: K.M. Degenovine. Nova Science Publishers Inc. Hauppauge, NY, USA., Chapter 2, p. 41-60. ISBN: 978-1-61761-541-2.

Hinch, G.N., Brien, F., 2014. Lamb survival in Australian flocks: a review. Animal Production Science 54, 656-666.

Kilkenny, C., Browne, W.J., Cuthill, I.C., Emerson, M., Altman, D.G., 2010. Improving Bioscience Research Reporting: The ARRIVE Guidelines for Reporting Animal Research. PLOS Biology 8, e1000412.

Lane, M.A., Baldwin, R.L., VI, Jesse, B.W., 2000. Sheep rumen metabolic development in response to age and dietary treatments3. Journal of Animal Science 78, 1990-1996.

Mellado, M., Meza-Herrera, C.A., Arévalo, J.R., De Santiago-Miramontes, M.A., Rodríguez, A., Luna-Orozco, J.R., Veliz-Deras, F.G., 2011. Relationship between litter birthweight and litter size in five goat genotypes. Animal Production Science 51, 490-490.

Mellado, M., Rodríguez, I.J., Alvarado-Espino, A., Véliz, F.G., Mellado, J., García, J.E., 2020. Short communication: reproductive response to concentrate supplementation of mixed-breed goats on rangeland. Tropical Animal Health and Production 52, 2737-2741.

Miller, B.A., Lu, C.D., 2019. Current status of global dairy goat production: an overview. Asian-Australasian journal of animal sciences 32, 1219-1232.

Ochoa Cordero, M., Meza Herrera, C.A., Vázquez García, J.M., Stewart, C.A., Rosales Nieto, C.A., Ochoa Alfaro, A.E., Purvis, I.W., Cuevas Reyes, V., Lee Rangel, H.A., Martin, G.B., 2019. Pregnancy and Litter Size, But Not Lamb Sex, Affect Feed Intake and Wool Production by Merino-Type Ewes. Animals 9, 214.

Rosales-Nieto, C.A., Gamez-Vazquez, H.G., Gudino-Reyes, J., Reyes-Ramirez, E.A., Eaton, M., Stanko, R.L., Meza-Herrera, C.A., Gonzalez-Bulnes, A., 2011. Nutritional and metabolic modulation of the male effect on the resumption of ovulatory activity in goats. Animal Production Science 51, 115-122.

Rosales Nieto, C.A., Ferguson, M.B., Macleay, C.A., Briegel, J.R., Wood, D.A., Martin, G.B., Bencini, R., Thompson, A.N., 2018. Milk production and composition, and progeny performance in young ewes with high merit for rapid growth and muscle and fat accumulation. animal 12, 2292-2299.

Panorama-Agroalimentario. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural y Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2020 https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/

Sen, U., Onder, H., 2016. Poor placental traits reduce kid birth weight in young Saanen dams in the first parity. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 40, 554-561.

Vázquez-García, J.M., Álvarez-Fuentes, G., Orozco-Gregorio, H.O., García-López, J.C., González-Hernández, M., Rosales-Nieto, C.A., 2021. Energy Supplementation during the Last Third of Gestation Improves Mother–Young Bonding in Goats. Animals 11, 287.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los estudiantes de la Facultad de Agronomía y Veterinaria por su contribución en la obtención de datos durante el desarrollo experimental. A Felipe Escalante Leura por el cuidado de los animales. A la Facultad de Agronomía y Veterinaria y a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

LOS DÍAS LARGOS ARTIFICIALES INCREMENTAN EL PESO CORPORAL DE LOS MACHOS CABRÍOS JÓVENES DEL NORTE DE MÉXICO

ARTIFICIAL LONG DAYS INCREASE BODY WEIGHT OF YOUNG MALE GOATS FROM THE NORTHERN MEXICO

[1*]Manuel de Jesús Flores Nájera, [2] Alexis Vargas Cruz, [1]Leonardo I. Vélez Monroy, [2]Horacio Hernández Hernández, [3]Cesar Augusto Rosales-Nieto

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna. Blvd. José Santos Valdez 1200 Pte. CP 27440. Matamoros, Coahuila, México.

***Correspondencia: mflores_najera@hotmail.com**

[2]Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA), Posgrado en Ciencias Agrarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe, C.P. 27054, Torreón, Coahuila, México.

[3]Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma de San Luis. Ejido Palma de la Cruz S/N, 78431, Soledad de Graciano Sánchez. C.P 78321, San Luís Potosí, México.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar si los días largos artificiales incrementan el peso corporal de los machos cabríos jóvenes del norte de México criados durante del otoño. Diez y nueve machos (3 meses de edad) alimentados bajo condiciones estabuladas fueron distribuidos en dos grupos experimentales. Un grupo de machos fue mantenido bajo fotoperiodo natural (11 h luz: 13 h oscuridad; FN; n=10), mientras otro grupo de machos fue expuesto a un fotoperiodo artificial (16 h luz: 8 h oscuridad; FA; n=9). En ambos grupos, el peso corporal fue medido semanalmente por un periodo de 22 semanas. Al inicio del experimento, el peso de los machos del grupo FN fue de 13.7 ± 0.8 kg, mientras que para el grupo FA fue 14.4 ± 0.4 kg. A partir de la semana 14 y hasta finalizar el estudio, los machos expuestos a días largos ganaron más peso (30.2 ± 0.7 kg), que los mantenidos bajo fotoperiodo natural (26.9 ± 0.8 kg; $P<0.01$). Similarmente, la tasa de crecimiento promedio fue mayor en el grupo FA (124.9 ± 6.1 g/d), que en el grupo FN (102.8 ±4.3 g/d: $P<0.05$). Al finalizar el estudio, el incremento de peso fue 14% más alto en los machos tratados que en el control ($P<0.001$). Los resultados del presente estudio demuestran que, en los machos cabríos jóvenes del norte de México, los días largos artificiales incrementan el peso corporal durante los días decrecientes de otoño.

ABSTRACT

The objective of the experiment was to determine whether artificial long days increases body weight in young male goats from the northern Mexico raised during the autumn. We used nineteen male goats (3 months of age) fed under intensive conditions and were distributed in two groups experimental. One group of male goats was maintained under a natural photoperiod (11 h light: 13 h darkness; NP; n=10), whereas other group was exposed to artificial long days (16 h light: 8 h darkness; AP; n=9). In both groups, body weight was determine weekly by period of 22 weeks. At the beginning of the experiment, the weight of the males of the NP group was 13.7 ± 0.8 kg, while for the AP group it was 14.4 ± 0.4 kg. From week 14 until end study, the male goats exposed long days gained more weight (30.2 ± 0.7 kg), than male goat maintained on a natural photoperiod

(26.9 ± 0.8 kg; P<0.01). Likewise, the mean growth rate was higher in male goats from the AP group (124.9 ± 6.1 g/d) than in NP group (102.8 ±4.3 g/d: P<0.05). At the end of the study, males from the AP treatment were 14% heavier than males from the NP treatment (P <0.001). The results of the present study show that in young male goats from the northern Mexico, artificial long days increase body weight during natural decreasing days.

INTRODUCCIÓN

En vaquillas y corderos criadas en latitudes templadas (>40˚N), previamente se reportó que aumentar el fotoperiodo de 8 a 16 h de luz por día durante los días decrecientes de otoño incrementa su ganancia diaria de peso (Peters et al., 1980; Schanbacher y Crouse, 1980). En los corderos de la raza Suffolk, por ejemplo, la ganancia diaria de peso fue mayor en los expuestos a días largos artificiales (410 g/día), que en los mantenidos en días cortos artificiales (340 g/día; Schanbacher y Crouse, 1980). En esta especie, el efecto anabólico del fotoperiodo sobre el peso corporal, fue independiente de las gónadas. En efecto, en los machos castrados, la ganancia de peso fue mayor en los expuestos a días largos (345 g/días), que en los mantenidos en días cortos artificiales (300 g/día; Schanbacher y Crouse, 1980). Este incremento en la ganancia de peso por los días largos fue obtenido en animales experimentan largas variaciones de la longitud del día durante el año.

En las regiones subtropicales del norte de México (26˚N), la longitud del fotoperiodo es menor a la registrada en las latitudes templadas. En la Comarca Lagunera, por ejemplo, el fotoperiodo varía de 13 h con 36 min en el solsticio de verano a 10 h con 24 min en el solsticio de invierno. En esta región, previamente se demostró que las cabras lactantes expuestas a días largos artificiales (16 h luz: 8 h oscuridad), produjeron 24% más de leche que las cabras mantenidas en días decrecientes naturales (Flores et al., 2011). Similarmente, los cabritos expuestos a días largos (16 h luz: 8 h oscuridad) ganaron más peso (7.7 kg), que los mantenidos en días decrecientes naturales (7.0 kg; Flores et al., 2018). En este estudio, los cabritos fueron alimentados exclusivamente de leche y la tasa de crecimiento fue medida durante los primeros 27 días de edad. No obstante, en otras regiones del norte centro de México (Zacatecas), el periodo de engorda de los cabritos puede ser desde los 6 a los 12 meses de edad, “llamados machos cabríos jóvenes” (Salinas et al., 1991). En este sistema de producción, las tasas de crecimiento de los animales alimentados bajo condiciones de pastoreo extensivo fluctúan entre 50 y 70 g/día (Flores et al., 2020). Una alternativa viable, para incrementar la tasa de crecimiento de estos animales sin el uso de hormonas exógenas, es mediante el uso de días largos artificiales. En el presente estudio, investigamos si este tratamiento fotoperiódico puede incrementar el peso corporal de los machos cabríos jóvenes (3-8 meses de edad) criados durante los días decrecientes de otoño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

El estudio fue llevado a cabo en las instalaciones del Campo Experimental La Laguna perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ubicado a una latitud 26° 23’ N y una longitud, 104° 47’ W. El estudio inició durante los días decrecientes de otoño (27 de septiembre) y, termino durante los días crecientes de invierno (20 de febrero). Durante el periodo de estudio, la salida del sol fue a las 7 horas con 24 minutos, mientras que

metida fue a las 18 horas con 36 minutos, resultando en una duración promedio del día de 11 horas con 11 minutos.

Condiciones generales del estudio

Para llevar a cabo el estudio, se utilizaron 19 machos cabríos criollos jóvenes castrados provenientes de un rebaño caprino del ejido Zaragoza, Viesca Coahuila. La fecha promedio de nacimiento fue el 26 de junio ± 2 días. Desde el nacimiento y hasta el destete (39 días edad), los cabritos fueron alimentados mediante amamantamiento natural efectuado dos veces por día; a las 7 de la mañana antes de que las madres salieran al pastoreo y a las 6 de la tarde, después del retorno de las hembras del pastoreo. Adicionalmente, a partir de los 20 días de edad, se les suministró 100 g de concentrado comercial por día (Purina iniciador becerras; 20% PC).

Diseño experimental

A partir de los 92 días de edad, los 19 cabritos fueron distribuidos en dos grupos experimentales considerando para ello, su fecha de nacimiento y peso inicial. En el primer grupo de machos la fecha promedio de nacimiento fue el 26 de junio (± 2.3 días) y el peso promedio inicial fue 13.7 ± 2.2 kg. En este grupo, los machos fueron mantenidos bajo fotoperiodo natural (11 h luz: 13 h oscuridad), desde el 27 de septiembre de 2019 al 20 de febrero de 2020 (FN; n=10). En el segundo grupo, la fecha promedio de nacimiento de los machos fue el 26 de junio (± 2.2 días) y el peso promedio inicial fue 14.3 ± 1.2 kg (FA; n=9). En este grupo los machos fueron expuestos a un fotoperiodo artificial (16 h luz: 8 h oscuridad) durante el mismo periodo que el grupo de fotoperiodo natural.

Alimentación

A partir del tratamiento de días largos artificiales, la dieta de los dos grupos experimentales estuvo compuesta por un 56% de alfalfa, 12% de pasta de soya y 30% de maíz rolado. Esta dieta proporcionó un 15.7 % de PC y 2.5 Mcal de EM/kg de MS. Adicionalmente, se les suministro el 1 % de carbonato de sodio y el 1% de minerales, principalmente, calcio, cloruro de sodio, ortofosfato, oxido de magnesio, sulfato de magnesio, sulfato de zinc, cloruro de potasio, sulfato de cobre, selenito de sodio y carbonato de cobalto. La dieta fue suministrada dos veces por día (en la mañana a las 0800 h y por la tarde a las 1400 h) y el consumo fue ofrecido a libre acceso. Para la alimentación de los machos, se construyeron corrales individuales que midieron 2m de ancho por 2m de largo, cada uno de ellos, provisto de sombra, bebedero y comedero.

Tratamiento fotoperiódico

En el grupo tratado con días largos artificiales, el corral fue equipado con lámparas de luz que emitían una intensidad luminosa de 400 lux a nivel del ojo de los animales. La programación de luz fue controlada por medio de un temporizador eléctrico (TEMP-08E, Steren, Cd. de México, México). Las luces se encendían a las seis de la mañana y se apagaban a las 9 de la mañana, y por la tarde, se encendían a las 5 y se pagaban a las diez de la noche para extender la duración del día natural y obtener un total de 16 horas de luz por día.

Castración de animales

La castración de los machos se realizó 30 días antes de iniciar el tratamiento fotoperiódico. El procedimiento se llevó a cabo de acuerdo a la Norma para el Cuidado Humanitario de los Animales de Granja (2013). Antes de iniciar la castración, se administró un sedante (Xilasina) a razón de 0.05 mg/kg de peso (Coetzee et al., 2010). Una vez desinfectado el escroto con iodo, se realizó un corte en la parte distal del escroto de forma trasversal y se extrajeron los testículos, posteriormente, se ligaron para evitar desangramientos con sutura absorbible de ácido poliglicólico. Una vez terminado el procedimiento, se le aplico meloxicam (1 mg/kg de peso) de forma subcutánea para evitar el dolor post operatorio (Orihuela y Ungerfeld, 2019).

Mediciones

Peso corporal

El peso corporal de todos los machos fue determinado cada semana, utilizando para este fin, una báscula móvil con una capacidad de 100 kg y con una precisión de 5 g.

Tasa de crecimiento

En el presente estudio, la ganancia de peso diaria promedio, se consideró como la tasa de crecimiento promedio. Por lo tanto, utilizando la ganancia diaria individual de los machos de cada grupo, la tasa de crecimiento media se calculó de la siguiente manera:

Ganancia diaria= (Peso final-peso inicial)/días de estudio

Análisis de datos

Para probar los efectos del tratamiento fotoperiódico y la edad de los machos sobre el peso corporal, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) a dos vías con medidas repetidas. En el análisis, el efecto fijo fue tratamiento y el peso inicial fue incluido en el modelo estadístico como covariable. La tasa de crecimiento fue analizada por medio de un ANOVA a una vía (efecto tratamiento). Los datos se presentaron como promedio (± sem) y los resultados se consideraron significativos cuando la probabilidad fue menor a 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El peso corporal promedio (±sem) fue mayor en los machos expuestos a días largos que en los mantenidos bajo fotoperiodo natural ($P<0.001$: Figura 1). Además, en ambos grupos, el peso corporal incrementó conforme paso el tiempo de estudio ($P<0.001$), y estos cambios fueron diferentes, entre el grupo tratado y el control, resultando en una interacción entre el tratamiento fotoperiódico y el tiempo ($P<0.01$). Así, a partir de la semana 14 y hasta finalizar el estudio, los machos expuestos a días largos ganaron más peso, que los mantenidos en fotoperiodo natural (Figura 1). Similarmente, la tasa de crecimiento fue afectada por el fotoperiodo, ya que la tasa de crecimiento promedio fue mayor en el grupo FA (124.9 ± 6.1 g/d), que en el grupo FN (102.8 ±4.3 g/d: $P<0.05$). Al finalizar el estudio, el incremento de peso fue 14% más alto en los machos tratados que en el control ($P<0.001$).

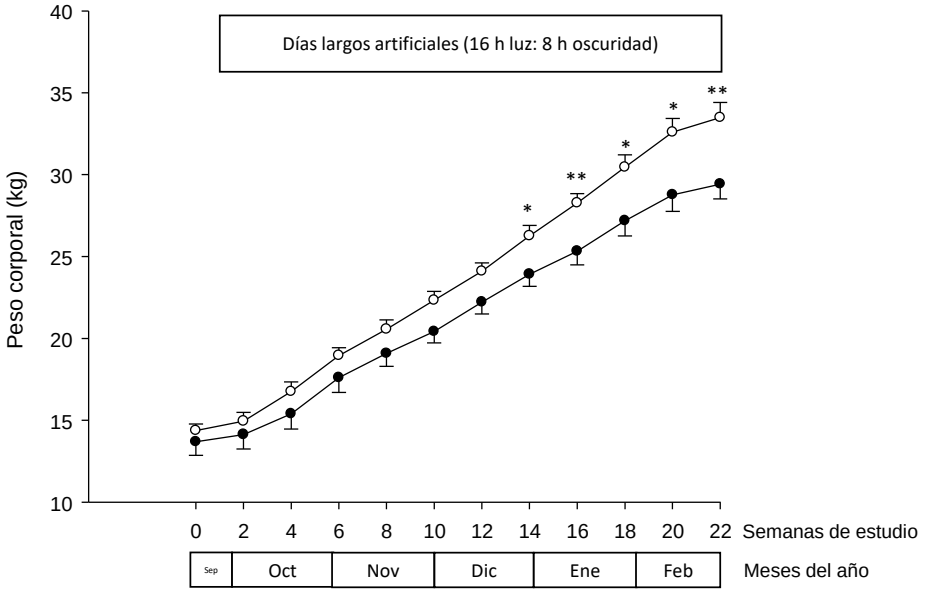


Figura 1. Peso corporal promedio (± SEM), de los machos cabríos jóvenes mantenidos bajo fotoperiodo natural (●; n=10) o expuestos a un fotoperiodo artificial (16 h luz: 8 h oscuridad: ○; n=9). Diferencias significativas entre grupos experimentales (*,P<0.05; **,P<0.01).

Los resultados del presente estudio demuestran que los machos cabríos jóvenes del norte de México expuestos a un fotoperiodo artificial ganan más peso que los machos mantenidos bajo fotoperiodo natural. Estos resultados demuestran por primera vez el efecto del fotoperiodo artificial sobre la tasa de crecimientos en los machos cabríos jóvenes criados desde los 3 a los 8 meses de edad y alimentados bajo condiciones estabuladas. No obstante, en esta región, previamente se reportó que en los cabritos nacidos durante la estación otoño, los días largos artificiales (16 h luz: 8 h oscuridad) incrementaron su peso corporal en comparación a los cabritos mantenidos en días decrecientes naturales, independiente si ellos fueron o no amamantados por sus madres (Flores et al., 2018). En este estudio, el cual se desarrolló durante los primeros 27 días de edad del cabrito, el incremento de peso fue de un 9 %. En cambio, en el presente estudio, el cual se realizó de los 3 a los 8 meses de edad, el incremento de peso en los machos expuestos a días largos fue un 14 %. Estos resultados concuerdan con los reportados previamente en vaquillas y corderos criados en latitudes templadas, en el cual, los días largos artificiales aplicados durante la estación de otoño incrementaron el peso corporal (Forbes et al., 1975; Peters et al., 1980). En corderos alimentados a libre acceso, y expuestos a días largos, el incremento de peso fue relativamente más alto (65 %), que el reportado en machos cabríos (Forbes et al., 1975). Esta diferencia se debe probablemente a una mayor tasa de crecimiento reportada en esta especie. El mecanismo por el cual los días largos incrementan el peso corporal de los machos cabríos, es desconocido. Una posibilidad es que, como se ha reportado en corderos, es probable que los machos expuestos a días largos fueron más eficientes en convertir el alimento en masa corporal que los machos mantenidos en un fotoperíodo natural (Forbes et al., 1979). Otros estudios sugieren que el aumento de peso en los animales está asociado a un incremento en las concentraciones de IGF-1 (Pehlivan, 2019). En el subtrópico mexicano, recientemente se reportó

que, en los cabritos criados durante la estación de otoño, la tasa de crecimiento y las concentraciones de IGF-1 fueron más altas en los expuestos a días largos, que en los mantenidos en días decrecientes naturales (Flores et al., 2018). Por lo tanto, aunque en el presente estudio no se reportaron las concentraciones de IGF-1. Es probable que el crecimiento de los machos cabríos jóvenes expuestos a días largos artificiales este asociado a esté factor de crecimiento.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio demuestran que, en los machos cabríos jóvenes del norte de México, los días largos artificiales incrementaron el peso corporal durante los días decrecientes de otoño.

REFERENCIAS

Coetzee, J.F., Gehring, R., Anderson, D.E., Tarus-Sang, J., 2010. Effect of sub-anaesthetic xylazine and ketamine ("ketamine stun") administered to calves prior to castration. Vet.Anaesth.Analg. 37 (6), 566–578.

Flores, M.J., Flores, J.A., Elizundia, J.M., Mejía, A., Delgadillo, J.A., Hernández, H., 2011. Artificial long-day photoperiod in the subtropics increases milk production in goats giving birth in late autumn. J. Anim. Sci. 89, 856–862.

Flores, M.J., Flores, J.A., Duarte, G., Vielma, J., Delgadillo, J.A., Hernández, H., 2018. Artificial long-day photoperiod in the subtropics increase body weight in goat kids born in the autumn. Small Ruminant Res. 169, 181-185.

Flores, M.J., Avilés, R., Vélez, L.I., Rosales-Nieto, C.A., 2020. El sistema de alimentación de las hembras caprinas modifica la tasa de crecimiento de los cabritos. XVI Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. 3 y 4 de Diciembre de 2020. Bermejillo, Dgo. P135-138

Forbes, J.M., Driver, P.M., El Shahat, A.A., Boaz, T.G., Scanes, C.G., 1975. The effect of daylength and level of feeding on serum prolactin in growing lambs. J. Endocrinol. 64, 549–554.

Forbes, J.M., El Shahat, A.A., Jones, R., Duncan, J.G.S., Boaz, T.G. 1979. The effect of daylength on the growth of lambs. 1. Comparisons of sex, level of feeding, shearing and breed of sire. Animal Production. 29: 33-42.

Orihuela, A., Ungerfel R. 2019. PRÁCTICAS ZOOTÉCNICAS DOLOROSAS Evaluación y alternativas para el bienestar animal. Primera edición. Editorial Biblioteca Básica de Agricultura (bba). Pp. 201

Pehlivan, E., 2019. Relations between insulin-like growth factor-1 (IGF-1) concentrations, body trait measurements, and climatic factors in prepubertal goat kids. Arch. Anim. Breed. 62, 241-248.

Peters, R.R., Chapin, L.T., Emery, R.S., Tucker, H.A., 1980. Growth and hormonal response of heifers to various photoperiods. J. Anim. Sci. 51, 1148–1153.

Salinas, H., y M. Quiroga. 1991. Reporte del proyecto de sistemas de producción caprino en la Comarca Lagunera y Zacatecas. Periodo 1989-1990. Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales y Agropecuarias/CIID. 54 p.

Shanbacher, B.D., Crouse, J.D., 1980. Growth and performance of growing-finishing lamb exposed to long or short photoperiods. J. Anim. Sci. 51, 943–948.

PESO Y RENDIMIENTO DE LA CANAL DE MACHOS CABRÍOS JÓVENES DEL NORTE DE MÉXICO EXPUESTOS A DÍAS LARGOS ARTIFICIALES

WEIGHT AND CARCASS PERFORMANCE OF YOUNG MALE GOATS FROM THE NORTHER MEXICO EXPOSED TO ARTIFICIAL LONG DAYS

[1*]Manuel de Jesús Flores Nájera, [2] Alexis Vargas Cruz, [2]Horacio Hernández Hernández, [3]Ricardo Avilés Ruiz, [4]Cesar Augusto Rosales-Nieto

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna. Blvd. José Santos Valdez 1200 Pte. CP 27440. Matamoros, Coahuila, México.
***Correspondencia: mflores_najera@hotmail.com**
[2]Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA), Posgrado en Ciencias Agrarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe, C.P. 27054, Torreón, Coahuila, México.
[3]Campo Experimental Las Huastecas, CIRNE-INIFAP. Altamira, Tamaulipas, México. C.P. 89610.
[4]Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma de San Luis. Ejido Palma de la Cruz S/N, 78431 Soledad de Graciano Sánchez. C.P 78321, San Luís Potosí, México.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar si los días largos artificiales incrementan el peso y rendimiento de la canal de los machos cabríos jóvenes del norte de México. Cuarenta machos cabríos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con arreglo factorial (2x2). El primer factor correspondió a dos tratamientos fotoperiódicos: natural (FN; n=20) o artificial (16 h luz: 8 h oscuridad; FA; n=20). El segundo factor correspondió a la condición reproductiva del macho con dos niveles: intactos o castrados. Al inicio del experimento, el peso de los machos del grupo FN fue de 13.7 ± 0.8 kg, mientras que para el grupo FA fue 14.4 ± 0.4 kg. Después de 167 días de tratamiento fotoperiódico, los machos fueron sacrificados, y el rendimiento y peso de la canal fue calculada. El fotoperiodo artificial incremento el rendimiento promedio de la canal; los machos tratados mostraron mayor rendimiento (50.1%), que los machos control (48.6%; $P<0.05$). No obstante, el rendimiento de la canal no difirió entre los machos intactos (49.7.1%) y los castrados (48.7%: $P>0.05$). Con respecto al peso promedio de la canal, los machos expuestos a días largos mostraron mayor peso (18.8 ± 0.5 kg), que los mantenidos bajo fotoperiodo natural (16.9 ± 0.4 kg; $P<0.001$). Similarmente, la canal de los machos intactos fue más pesada (19.1 ± 0.6 kg), que la de los castrados (16.3 ± 0.4 kg; $P<0.01$). Los resultados del presente estudio demuestran que, en los machos cabríos jóvenes criados durante el otoño, los días largos artificiales incrementaron el peso y rendimiento de la canal en comparación a los machos mantenidos en días cortos naturales.

ABSTRACT

To determine whether artificial long days increases the performance of the carcass in young male goats from the northern Mexico, forty young male goats were distributed in a completely randomized design with a factorial arrangement (2x2). Experimental groups consisted of two photoperiod treatments (natural [NP; n=20] or artificial photoperiod [AP; n=20], 16 h light: 8 h darkness). The second factor corresponded to the reproductive condition of the male with two levels: intact or castrated. At the beginning of the experiment, the weight of the males of the NP

group was 13.7 ± 0.8 kg, while for the AP group it was 14.4 ± 0.4 kg. The male goats were slaughter after 167 days of treatment, subsequently, weight and performance of the carcass was calculate. The mean performance of the carcass was greater in male goats exposed to long days (50.1%) than in males maintained under natural photoperiod (48.6%; P<0.05). However, mean performance of the carcass did not differ between intact (49.7%) and castrated male goats (48.7%; P>0.05). The carcass weight differed between AP (18.8 kg ± 0.5 kg) and NP (16.9 ± 0.4 kg; P<0.01). Similarly, the carcass weight differed between intact (19.1 ± 0.6 kg) and castrated male goats (16.3 ± 0.4 kg; P<0.01). The results of the present study indicate that in the young male goats reared during the fall, the artificial long days increased weight and their carcass performance compared to the young male goats maintained under natural short days.

INTRODUCCIÓN

En corderos y vaquillas en crecimiento, está documentado que los días largos artificiales (16 h luz: 8 h oscuridad) aplicados durante los días decrecientes de invierno estimulan la ganancia diaria de peso (Forbes et al., 1975; Peters et al., 1980). Además, en estas especies, los días largos incrementaron el peso y rendimiento de la canal en comparación a los mantenidos en días cortos artificiales (Schanbacher y Crouse, 1980; Petiticlerc et al., 1984). En corderos, por ejemplo, el peso de la canal fue mayor en los animales expuestos a días largos (31.8 kg), que en los mantenidos en días cortos artificiales (28.4 kg; Schanbacher y Crouse, 1980). Otro factor que modifica la tasa de crecimiento, la conversión alimenticia y las características de la canal, es la castración de los animales (Ciftci y Kor, 2010). En cabritos, el peso de la canal en estado frío o caliente, es mayor en los machos intactos que en los castrados (Ciftci y Kor, 2010). Esto se debe probablemente, a los bajos porcentajes de tejido muscular y altos porcentajes de tejido graso que presentan los machos castrados (Morand-Fehr et al., 1991). Lo anterior obedece a la ausencia de hormonas sexuales masculinas, particularmente la testosterona, la cual influye directamente en el crecimiento, rendimiento y características de la canal (Schanbacher et al., 1980).

En el subtrópico mexicano, particularmente en la Comarca Lagunera, recientemente se reportó que la tasa de crecimiento fue mayor en los cabritos expuestos a días largos (163 g/día) que en los mantenidos en días cortos naturales (141 g/día; Flores et al., 2018). Sin embargo, en este estudio, no fue posible medir si el fotoperiodo artificial aplicado durante los días decrecientes de otoño modificó el peso y rendimiento de la canal de los cabritos. Por ello, el objetivo del presente estudio fue determinar si los días largos artificiales tienen un efecto sobre el peso y rendimiento de la canal de los machos cabríos jóvenes criados durante los días decrecientes de otoño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

El presente estudio fue llevado a cabo en instalaciones de la Unidad de Reproducción Caprina del Campo Experimental La Laguna perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ubicado a una latitud 26° 23’ N y una longitud, 104° 47’ W. El estudio inició durante los días decrecientes de otoño (27 de septiembre) y, termino durante los días crecientes de invierno (13 de marzo). Durante el periodo de estudio, la salida del sol fue a las 7 horas con 23 minutos, mientras que la metida fue a las 18 horas con 37 minutos, resultando en una duración promedio del día de 11 horas con 14 minutos.

Condiciones generales del estudio

Para llevar a cabo este estudio, se utilizaron 40 machos cabríos criollos jóvenes provenientes de un rebaño caprino del ejido Zaragoza, Viesca Coahuila. La fecha promedio de nacimiento fue el 26 de junio ± 2 días. Durante los primeros 60 días de edad, los machos fueron alimentados

mediante amamantamiento natural y 100 g de concentrado comercial (Purina iniciador becerras; 20% PC).

Diseño experimental

A partir de los 92 días de edad, los 40 cabritos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con arreglo factorial (2x2). El primer factor correspondió al tratamiento fotoperiodico con dos niveles: fotoperiodo natural (FN) o artificial (FA). El segundo factor correspondió a la condición reproductiva del macho con dos niveles: intacto (I) o castrado (C). Así cuatro grupos de machos fueron conformados. Un primer grupo de machos intactos fue mantenido bajo fotoperiodo natural (FN-I; n=10), mientras otro grupo de machos de similar condición reproductiva fue sometido a un fotoperiodo artificial (16 h luz: 8 h oscuridad: FA-I; n=11). En los cabritos castrados, un grupo fue mantenido bajo fotoperiodo natural (FN-C; n=10), mientras que otro fue expuesto a un fotoperiodo artificial (FA-C; n=9). Los animales fueron mantenidos en corrales individuales (2mx2m), provistos de sombra y comederos.

Alimentación

A partir del tratamiento de días largos artificiales (20 de septiembre de 2020), la dieta de los cuatro grupos experimentales estuvo compuesta por un 56% de alfalfa, 12% de pasta de soya y 30% de maíz rolado. Esta dieta proporcionó un 15.7 % de PC y 2.5 Mcal de EM/kg de MS. Adicionalmente, se les suministro el 1 % de carbonato de sodio y el 1% de minerales, principalmente: calcio, cloruro de sodio, ortofosfato, oxido de magnesio, sulfato de magnesio, sulfato de zinc, cloruro de potasio, sulfato de cobre selenito de sodio y carbonato de cobalto. La dieta fue suministrada dos veces por día (en la mañana a las 0800 h y por la tarde a las 1400 h) y el consumo fue ofrecido a libre acceso.

Tratamiento fotoperiódico

En los grupos tratados con días largos artificiales, los corrales fueron equipados con lámparas de luz que emitían una intensidad de 400 lux a nivel del ojo de los animales. La programación de luz fue controlada por medio de un temporizador eléctrico (TEMP-08E, Steren, Cd. de México, México). Las luces se encendían a las seis de la mañana y se apagaban a las 9 de la mañana, y por la tarde, se encendían a las 5 y se pagaban a las diez de la noche para extender la duración del día natural y obtener un total de 16 horas de luz por día.

Castración de animales

La castración de los machos se realizó 30 días antes de iniciar el tratamiento fotoperiódico. El procedimiento se llevó a cabo de acuerdo a la Norma para el Cuidado Humanitario de los Animales de Granja (2013). Antes de iniciar la castración, se administró un sedante (Xilasina) a razón de 0.05 mg/kg de peso (Coetzee et al., 2010). Posteriormente, 30 segundos antes de la castración, el escroto fue desinfectado con iodo. Se realizó un corte en la parte distal del escroto de forma trasversal y se extrajeron los testículos, posteriormente, se ligaron para evitar desangramientos con sutura absorbible de ácido poliglicólico. Una vez terminado el procedimiento, se le aplico meloxicam (1 mg/kg de peso) de forma subcutánea para evitar el dolor post operatorio (Orihuela y Ungerfeld, 2019).

Sacrificio de animales

Todos los machos (n=40), fueron sacrificados después de terminar el tratamiento fotoperiódico (167 días). El sacrificio fue llevado a cabo en el rastro municipal de Matamoros, Coahuila. Antes de llevar a cabo este procedimiento, los animales fueron privado de consumir alimento, solo se les permitió consumir agua durante las últimas 24 hrs. El sacrificio de los machos fue realizado de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014.

Mediciones

Peso de la canal
Después de extraer la piel, vísceras, cabeza y pies, el peso de la canal caliente fue medida, usando una báscula móvil con una capacidad de 100 kg y una precisión de 50 g.
Rendimiento de la canal
El rendimiento de la canal fue determinado dividiendo el peso de la canal después del sacrificio (extracción de piel, vísceras, cabeza y pies) entre el peso vivo del animal expresado en porcentaje (Colomer-Rocher et al., 1987).

Análisis estadístico
Para probar los efectos del tratamiento fotoperiodico y la condición reproductiva del macho sobre el peso y el rendimiento de la canal. Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) a dos vías. Los resultados fueron considerados como significativos cuando la probabilidad fue menor a 0.05. Todos los análisis estadísticos fueron desarrollados usando el software SYSTAT 12 (Systat Software, San Jose, CA).

RESULTADOS DISCUSIÓN

El rendimiento promedio de la canal fue más alto en los machos expuestos a un fotoperiodo artificial, que en los mantenidos bajo un fotoperiodo natural (P<0.01; Figura 1). Sin embargo, el rendimiento de la canal no difirió entre los machos intactos (49.7.1%) y los castrados (48.7%: P>0.05). En el análisis, ninguna interacción fue encontrada entre el tratamiento fotoperiodico y la condición reproductiva sobre el rendimiento de la canal (P<0.05). Con respecto al peso de la canal, los machos tratados mostraron mayor peso (18.8 ± 0.5 kg), que los mantenidos bajo fotoperiodo natural (16.9 ± 0.7 kg: P<0.001). Similarmente, la condición reproductiva del macho modificó el peso de la canal (P<0.01). Los machos intactos mostraron mayor peso (19.1 ± 0.6 kg), que los castrados (16.3 ± 0.4 kg). Ninguna interacción fue encontrada entre el tratamiento fotoperiodico y la condición reproductiva del macho sobre el peso de la canal (P>0.05).

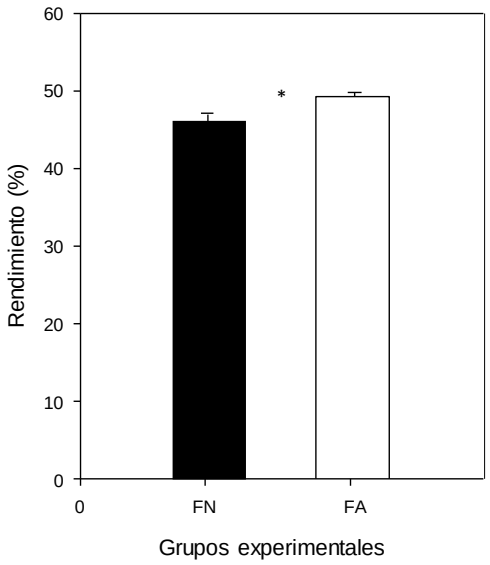


Figura 1. Rendimiento promedio de la canal (± SEM), de los machos cabríos jóvenes mantenidos bajo fotoperiodo natural (FN) ó expuestos a un fotoperiodo artificial (FA; 16 h luz: 8 h oscuridad). Diferencias significativas entre tratamientos son indicadas por un asterisco.

Los resultados del presente estudio demuestran que, en los machos cabríos jóvenes criados durante el otoño, los días largos artificiales mejoran el peso y rendimiento de la canal en comparación a los machos mantenidos bajo fotoperiodo natural. Además, en este estudio, los machos intactos mostraron mayor peso de la canal que los castrados. Estos resultados concuerdan en parte por los reportados por Schanbacher y Crouse, (1980), en el cual los corderos intactos o castrados expuestos a días largos artificiales (16 h luz: 8 h oscuridad) mostraron mayor peso de la canal que los mantenidos en días cortos artificiales (8 h luz: 16 h oscuridad). El mecanismo fisiológico mediante el cual los días largos artificiales mejoran el rendimiento y el peso de la canal aún no está totalmente determinado. No obstante, existen estudios que indican que el incremento del peso observado en los machos expuestos a días largos se debe al aumento de las mediciones corporales y a la síntesis de la proteína en el musculo (Forbes et al., 1979). En corderos, se reportó que la longitud, ancho y profundidad de la canal, así como la circunferencia de la pierna fue mayor en la canal de machos expuestos a días largos que en aquellos que fueron mantenidos en días cortos artificiales (Forbes et al., 1979). En esta especie, se reportó también, que el incremento del peso de la canal en los animales expuestos a días largos artificiales, se debió probablemente a una mayor síntesis de proteína en el musculo (Forbes et al., 1979). Similarmente en vaquillas alimentadas con un plano nutricional alto, se reportó que la aplicación de un fotoperiodo artificial de 16 h de luz por día incrementó un 11% % el contenido de proteína en la sección de costillas 9 a la 11 (Petitclerc et al., 1984). En el presente estudio, se encontró que los machos intactos de las gónadas mostraron mayor peso de la canal que los machos castrados. Resultados similares han sido observados en corderos de la raza Suffolk, en el cual los machos intactos mostraron mayor peso de la canal que la de machos castrados. Esta diferencia se debe probablemente a un efecto anabólico de la testosterona, la cual promueve una mayor acumulación de agua y proteína, pero menos grasa en la canal que la de los machos castrados (Schanbacher et al., 1980)

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio demuestran que, en los machos cabríos jóvenes criados durante el otoño, los días largos artificiales incrementaron el rendimiento y peso de la canal en comparación a los machos mantenidos en días cortos naturales. Además, estos resultados también demuestran que los machos intactos tuvieron mayor peso de la canal que los machos castrados.

REFERENCIAS

Ciftci, M.R., Kor, A. 2010. The effects of early castration on slaughter and carcass characteristics of Norduz male kids. Journal of Animal and Veterinary advances. 18: 2382-2385.

Colomer-Rocher, F., Morand-Fehr, P., Kirton, A. H. 1987. Standard methods and procedures for goat carcass evaluation, jointing and tissue separation. Livestock Production Science, 17, 149-159.

Flores, M.J., Echavarría, F.G., Salinas, H. 2005. GAVATT “Caprinocultores de Pánuco” Integración y Diagnóstico Estático. Folleto para Productores 32. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas. Calera de Víctor Rosales, Zacatecas.

Flores, M.J., Flores, J.A., Duarte, G., Vielma, J., Delgadillo, J.A., Hernández, H. 2018. Artificial long-day photoperiod in the subtropics increases body weight in goat kids born in the autumn. Small Ruminant Research. 169: 181-185.

Forbes, J.M., Driver, P.M., El Shahat, A.A., Boaz, T.G. and Scanes, C.G., 1975. The effect of daylength and level of feeding on serum prolactin in growing lambs. Journal of Endocrinology. 64: 549-554.

Forbes, J. M., EL Shahat, A.A., Jones, R., Duncan, J.G.S., Boaz, T.G. 1979. The effect of daylength on the growth of lambs. 1. Comparisons of sex, level of feeding, shearing and breed of sire. Animal Production. 29: 33-42.

Morand-Fehr, P., Havrrevool, O., Bas, P., Colomer-Rocher, P., Falagan, A. 1991. Influence of feding and rearing methods on the quality of young goat caracasses. In: Goat Nutrition, Morand-Fehr, P. (Ed). EAAP. Pub. Pudoc. Wageningen.

Peters, R.R., Chapin, L.T., Emery, R.S., Tucker, H.A. 1980. Growth and hormonal response of heifers to various photoperiods, Journal of Animal Science. 51: 1148-1153.

Petitclerc, D., Chapin, L.T., Tucker, H.A. 1984. Carcass composition and mammary development response to photoperiod and plane of nutrition in Holstein heifers. Journal of Animal Science. 58: 913-919.

Salinas, H., Flores, R.T. Falcón, J.A. 1993. Diagnóstico del sistema de producción de carne en el estado de Zacatecas. En: Reporte del proyecto de sistemas de producción caprino en la Comarca Lagunera y Zacatecas. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales y Agropecuarias. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo Rural. Campo Experimental Calera. Calera de Víctor Rosales, Zacatecas. México.75 p. (Publicación Especial No.10).

Schanbacher, B.D., Crouse, J.D., Ferrel, C.L. 1980. Testosterone influences on growth, performance, carcass characteristics and composition of young market lambs. Journal of Animal Science. 51: 685-691.

Schanbacher, B.D and Crouse, J.D. 1980. Growth and performances of growing-finishing lambs exposed to long or short photoperiods. Journal of Animal Science. 51: 943-948.

UJED
Universidad Juárez del Estado de Durango

FACULTAD DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA

XXXIII SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMÍA

8 al 10 de SEPT. del 2021

CONFERENCIAS MAGISTRALES

MEMORIA: ISSN:2594-1437

La Agricultura
y los recursos naturales ante las contingencias de salud & cambio climático

“Alternativas tecnológicas para regeneración de agua”

Caso para la remoción de Arsénico y otros contaminantes persistentes

CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

CIQA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

UJED
Universidad Juárez del Estado de Durango

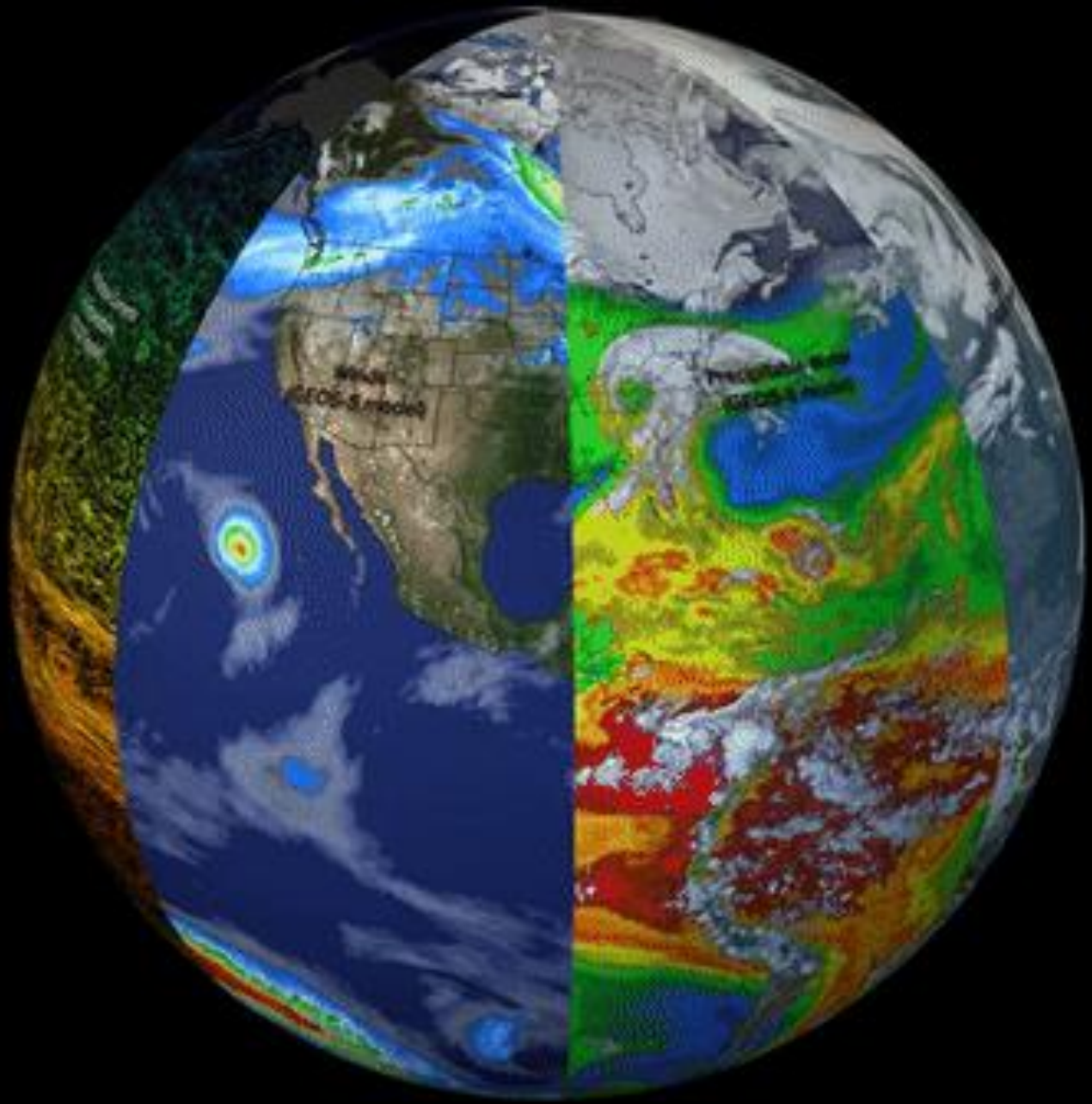
FAZ
Facultad de Agricultura y Zootecnia

XXXIII SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMÍA

Dr. Alejandro Lozano Morales

Departamento de Química Macromolecular y Nanomateriales
CIQA, Saltillo, Coahuila. México

Del 08 al 10 de septiembre del 2021



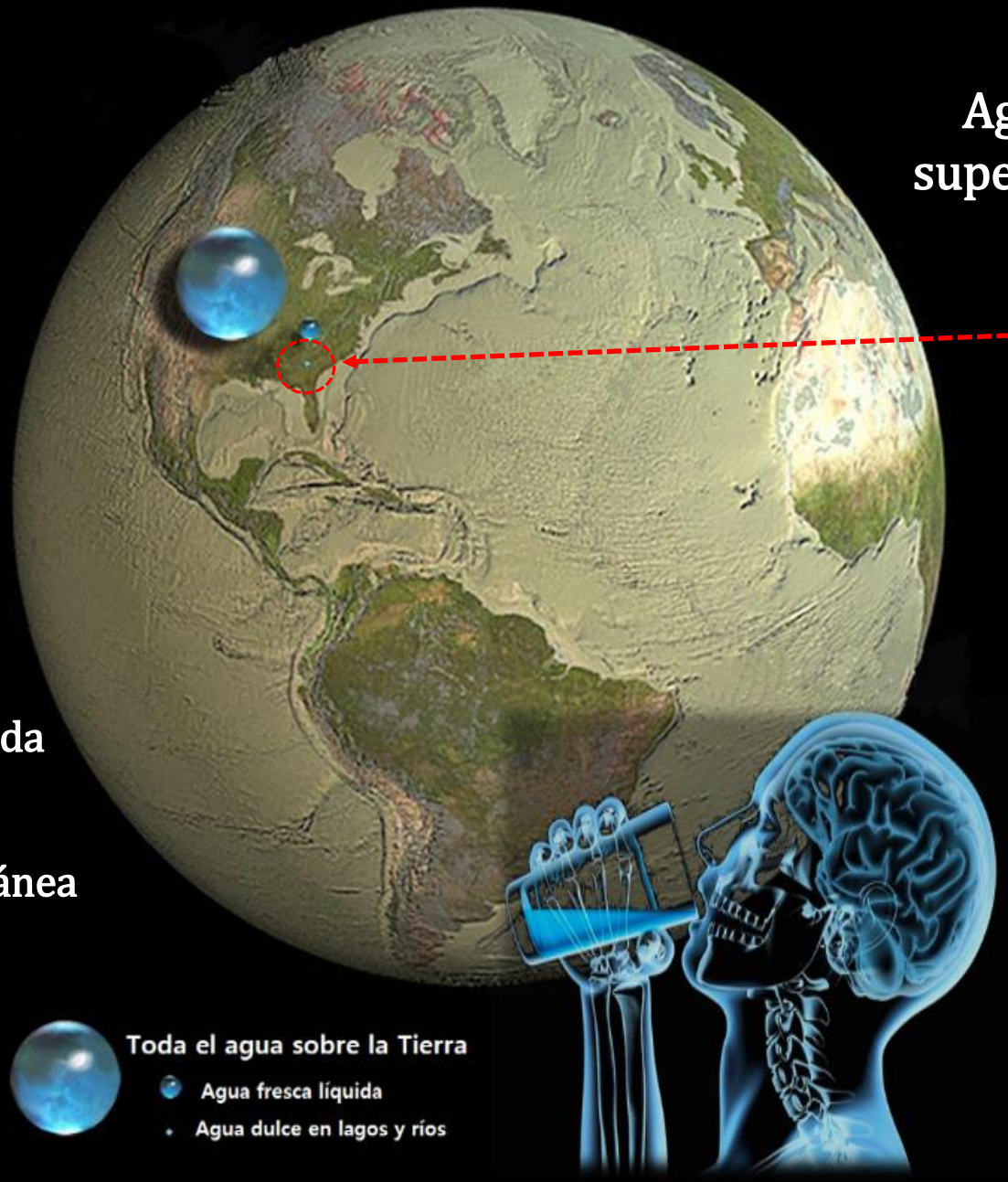
Fuente: Servicio Geográfico de EEUU (USGS)

Agua disponible en el mundo

97 % salada

03 % dulce

- 70 % Congelada
- 29 % Subterránea



Agua dulce disponible en la superficie es aproximadamente:

1%

- 87 % lagos
- 11 % pantanos
- 02 % ríos

Fuente: Servicio Geográfico de EEUU (USGS)

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE
17 OBJETIVOS PARA TRANSFORMAR NUESTRO MUNDO
1 FIN DE LA POBREZA
2 HAMBRE CERO
3 SALUD Y BIENESTAR
4 EDUCACIÓN DE CALIDAD
5 IGUALDAD DE GÉNERO
6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO
7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE
8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO
9 INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA
10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES
11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES
12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES
13 ACCIÓN POR EL CLIMA
14 VIDA SUBMARINA
15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES
16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS
17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS
OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Objetivos de Desarrollo Sostenible 6

¿Cuáles son algunos desafíos?

De la falta de agua potable:

- Deshidratación en poblaciones vulnerables.
- Higiene, salud y limpieza inadecuada.
- Impedimento de ciertas actividades económicas.
- Altos costos (tiempo y dinero) para acceder al agua .
- Afectación a actividad y salud de ecosistemas.

De la falta de saneamiento:

- El saneamiento inadecuado del agua en México genera una sobrecarga del sector salud. Se estima que el costo asciende a 5,800 millones de dólares al año.

1 Escasez

- 77% de la población de México vive en las regiones donde hay menos agua; 12 millones de personas carecen de agua potable, y 24 millones de alcantarillado.

2 Consumo

- El sector agropecuario consume 76.3% del agua, y genera 62% de las aguas residuales.

3 Sobre explotación

- De los 653 acuíferos de México, 106 están sobre-explotados.

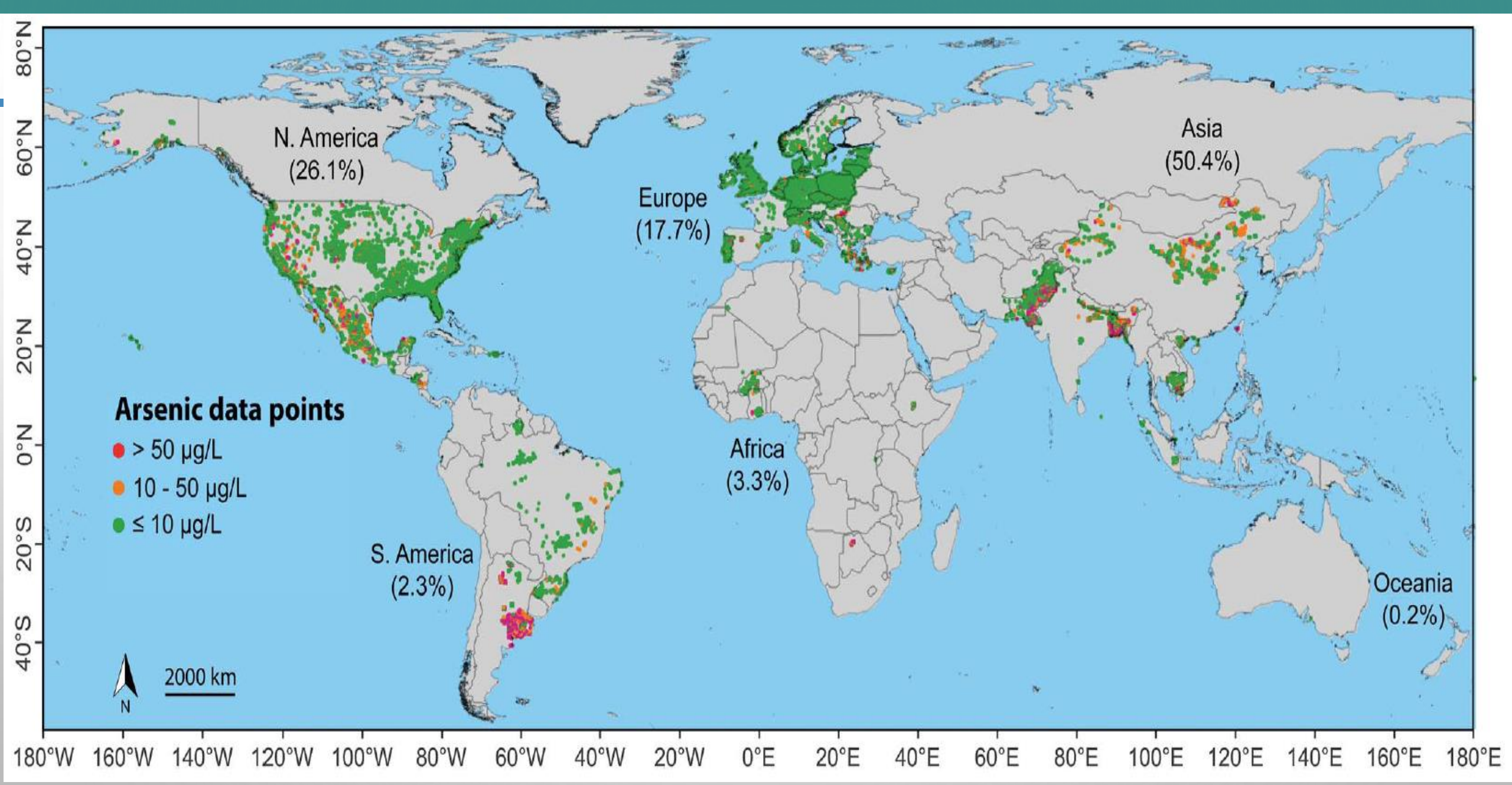
4 Contaminación

- **22.7%** del agua superficial se encuentra contaminada o fuertemente contaminada.

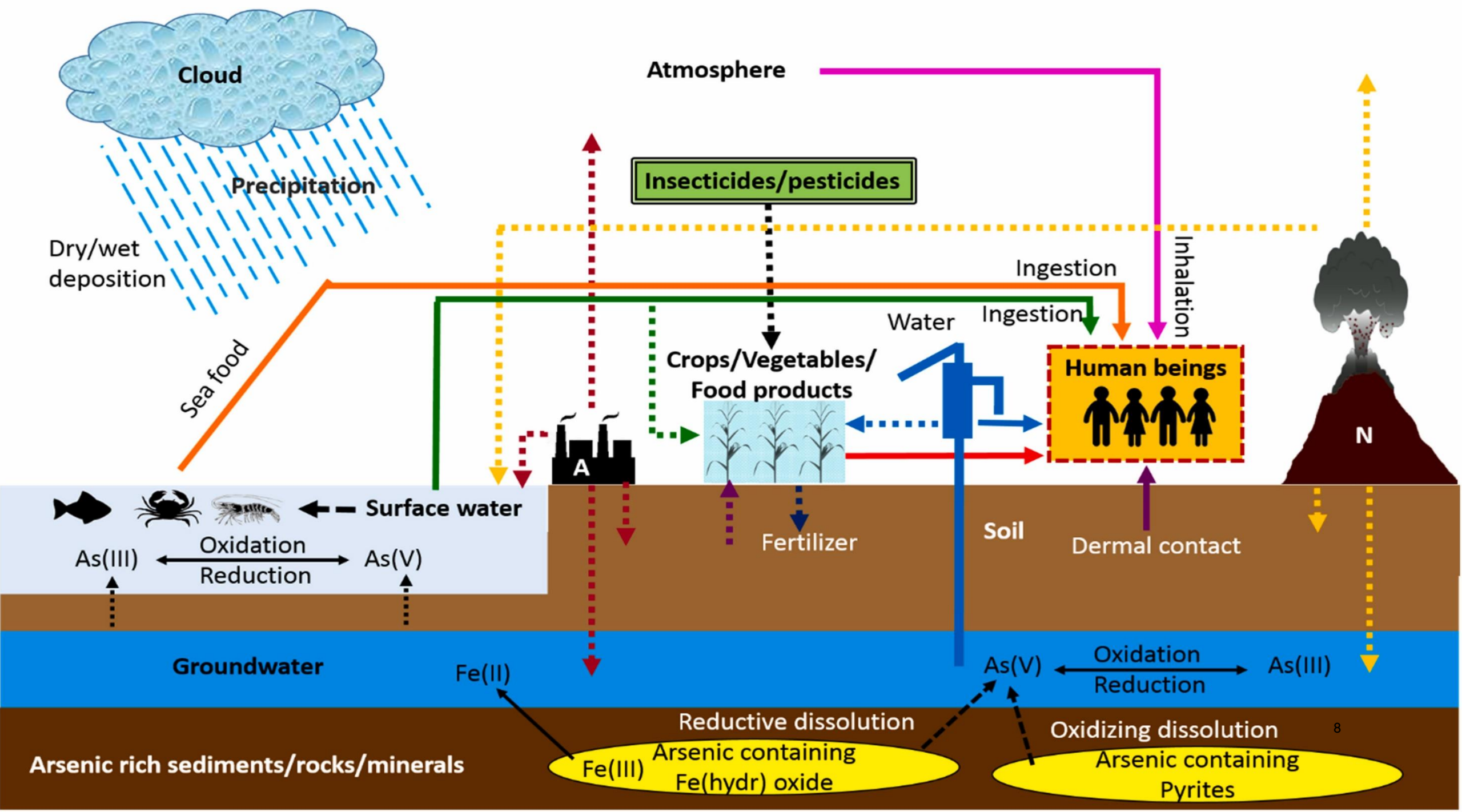
5 Desperdicio

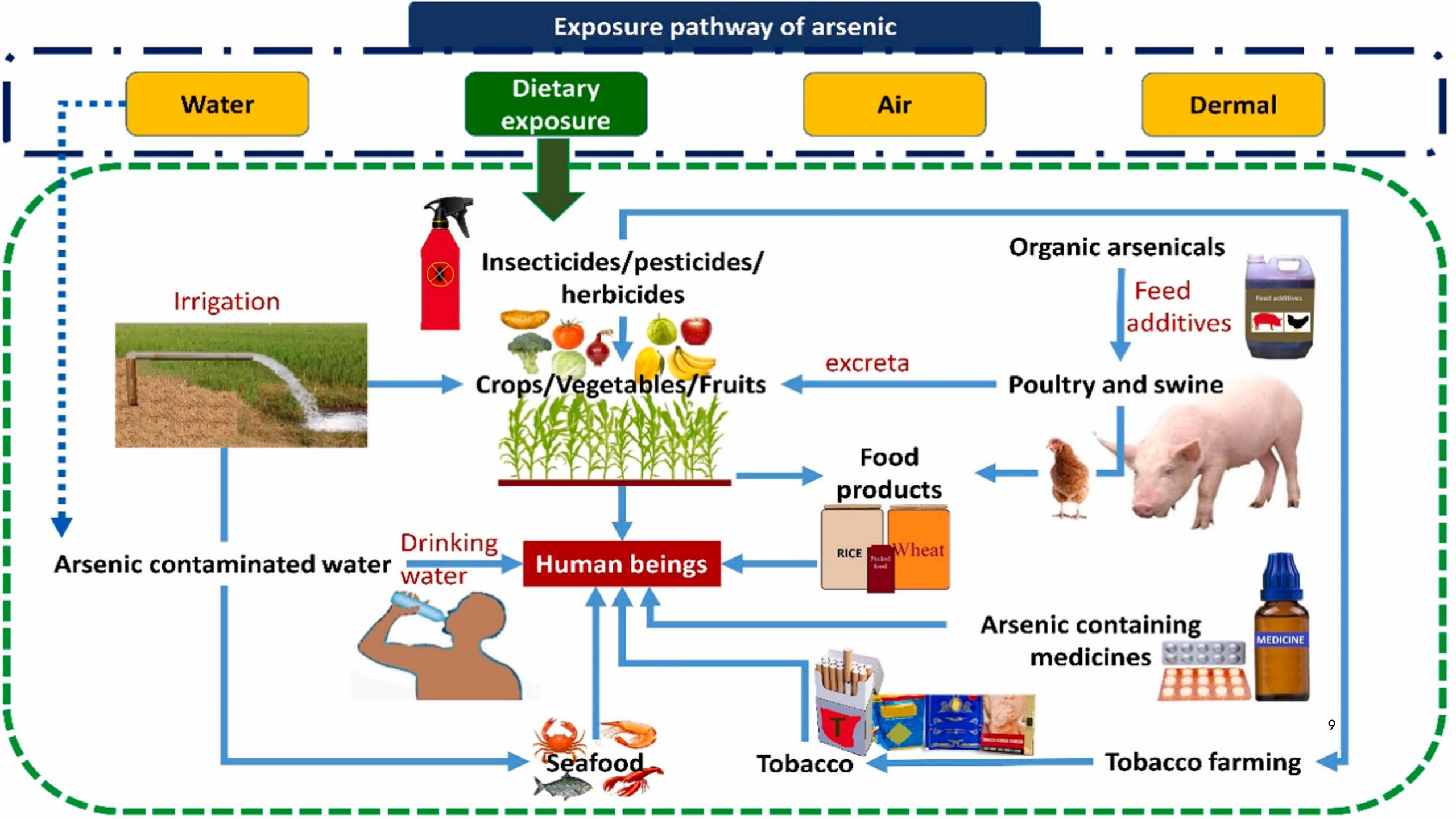
- En las ciudades se desperdicia por fugas alrededor de 40% del agua.

Composito de Nanopartículas de TiO_2 sobre Fibras Poliméricas



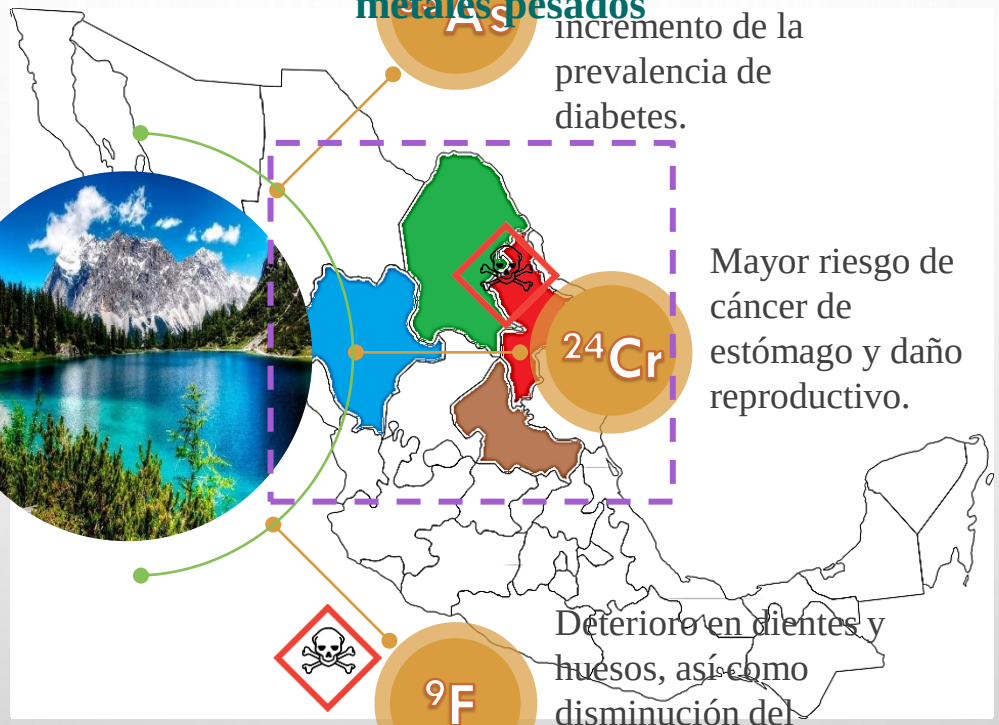
Podgorski et al., Science 368, 845–850 ***(2020) 22 May 2020***


Cloud
Precipitation
Dry/wet deposition
Atmosphere
Insecticides/pesticides
Ingestion
Ingestion
Inhalation
Water
Sea food
Crops/Vegetables/
Food products
Human beings
A
N
Surface water
As(III)
Oxidation
Reduction
As(V)
Fertilizer
Soil
Dermal contact
Groundwater
Fe(II)
As(V)
Oxidation
Reduction
As(III)
Reductive dissolution
Oxidizing dissolution
Arsenic rich sediments/rocks/minerals
Fe(III)
Arsenic containing
Fe(hydr) oxide
Arsenic containing
Pyrites


Exposure pathway of arsenic
Water
Dietary exposure
Air
Dermal
Insecticides/pesticides/ herbicides
Irrigation
Organic arsenicals
Feed additives
Feed additives
excreta
Crops/Vegetables/Fruits
Poultry and swine
Food products
RICE
Wheat
Arsenic contaminated water
Drinking water
Human beings
Arsenic containing medicines
MEDICINE
Seafood
Tobacco
Tobacco farming

INTRODUCCIÓN

Estados con mayor índice de agua contaminada por metales pesados



CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR ARSÉNICO

ONU

En la asamblea general del 2010 se declaró el acceso a agua potable como derecho humano

OMS

Límite permisible de arsénico en agua potable: 10 μg/L.

Arsénico

Altamente tóxico y carcinogénico. Aprox. 80 millones de personas afectadas en el mundo: principalmente por lesiones cutáneas

México

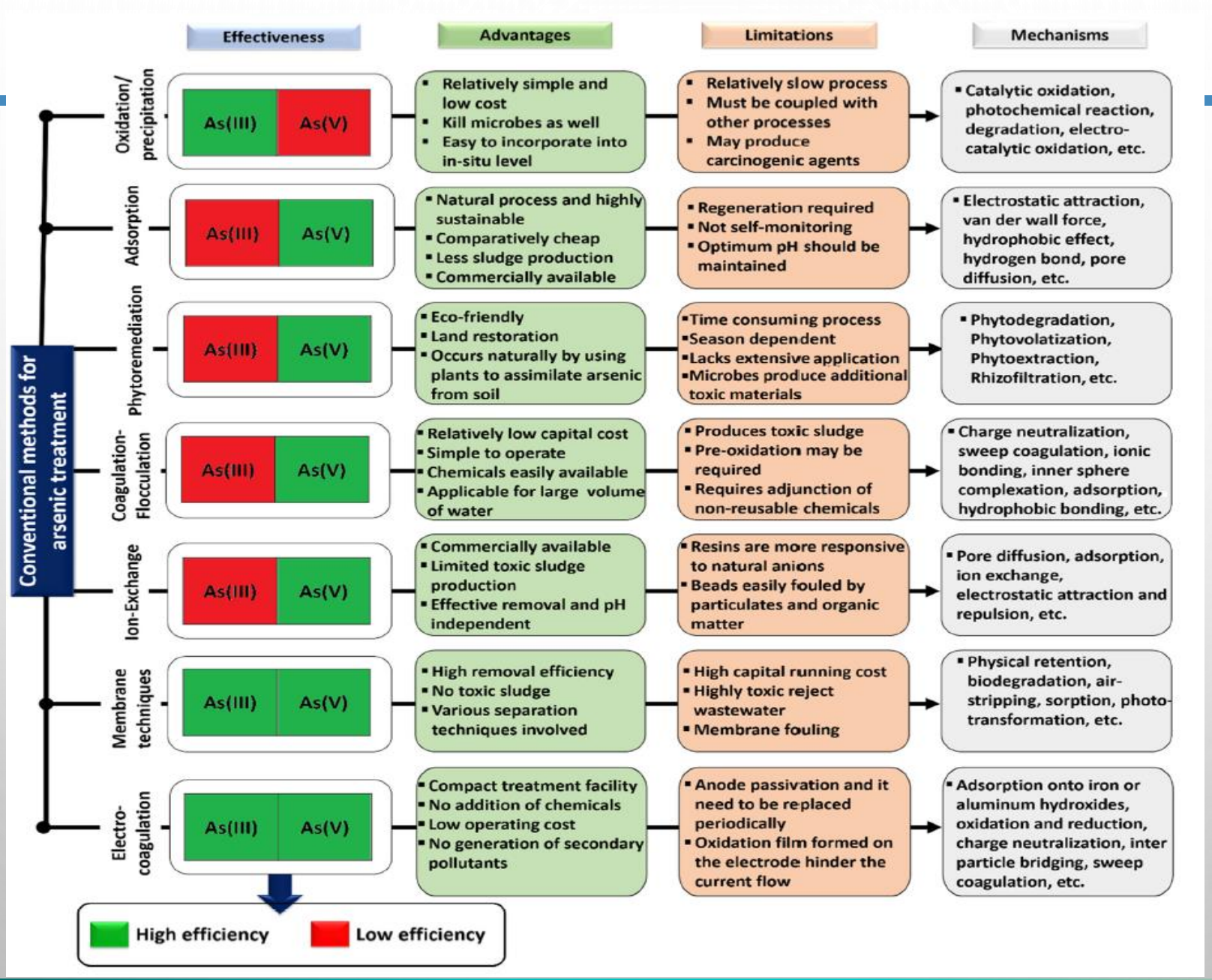
La Secretaría de Salud reporta concentraciones alarmantes de metales pesados. Hasta 620 μg/L de As en la region lagunera. Límite 25μg/L.

- WHO. *Guidelines for Drinking-Water Quality*, Fourth.; 2010.
- Bundschuh, J. et al. One Century of Arsenic Exposure in Latin America: A Review of History and Occurrence from 14 Countries. *Sci. Total, Environ.* 2012, *429*, 2–35.
- Secretaría de Salud. “Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano.” 2000
- CONAGUA. *Estadísticas Del Agua En México*, Vol. Comis.; 2014.

MÉTODOS TRADICIONALES DE TRATAMIENTO DE AGUA (PTAR´s)

- **Filtración**
- **Coagulación**
- **Precipitación**
- **Tratamientos biológicos**
- **Intercambio iónico**
- **Cloración**

- Guan, X.; Du, J.; Meng, X.; Sun, Y.; Sun, B.; Hu, Q. Application of Titanium Dioxide in Arsenic Removal from Water : A Review. *J. Hazard. Mater.* 2012, *215–216*, 1–16.
- Bundschuh, J. et al; Emerging Mitigation Needs and Sustainable Options for Solving the Arsenic Problems of Rural and Isolated Urban Areas in Latin America - A Critical Analysis. *Water Res.* 2010, *44* (19), 5828–5845.



Arsenic contamination, effects and remediation techniques:A special look onto membrane separation processes. M.K. Yadav et al. Journal of Environmental Chemical Engineering 9 ***(2021)*** *105203*

Factors for sustainability assessment	Qualitative evaluation of sustainability for various arsenic treatment technologies							Data source no.
	Adsorption	Ion-Exchange	Membrane technologies	Oxidation	Electrocoag-ulation	Coagulation-Flocculation	Phytoremed-iation	
Treatment Sustainability								
Pre and post-treatment requirement								1
***Treatment efficiency**								2
Ability to reach less than 10 ppb								3
Sludge management								4
Generation of secondary pollution								5
Ease of operation and maintenance								6
Skill Manpower requirement								7
Reuse and recycle management								8
Environmental Sustainability								
Resources exploitation								9
Secondary pollution generation								10
Impact on the surrounding environment								11
Financial Sustainability								
Cost-effectiveness due to capital cost								12
Cost-effectiveness due to O&M cost								13
Production cost								14
Cost for disposal management								15
Social Sustainability								
Acceptability by the local population								16
Acceptability of treatment plant to the surrounding								17
Public awareness								18

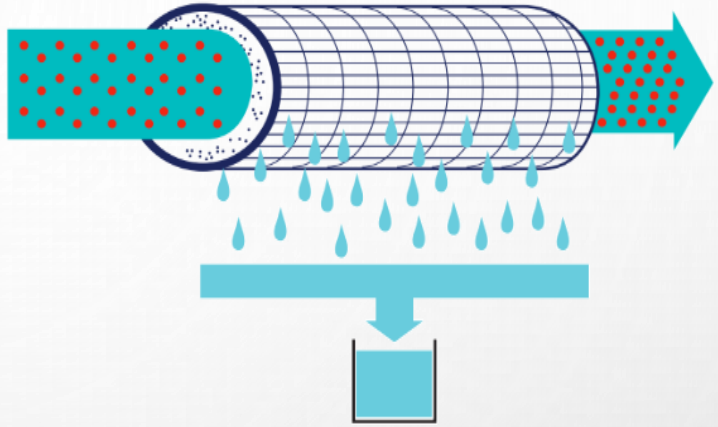
Relatively high sustainable **Relatively low sustainable**

Relatively moderate sustainable **Data not available**

***Treatment efficiency** **>99%** **95-99%** **90-95%** **<90%**

*Arsenic contamination, effects and remediation techniques:A special look onto membrane separation processes. M.K. Yadav et al. Journal of Environmental Chemical Engineering 9 **(2021)** 105203*

Nanomateriales

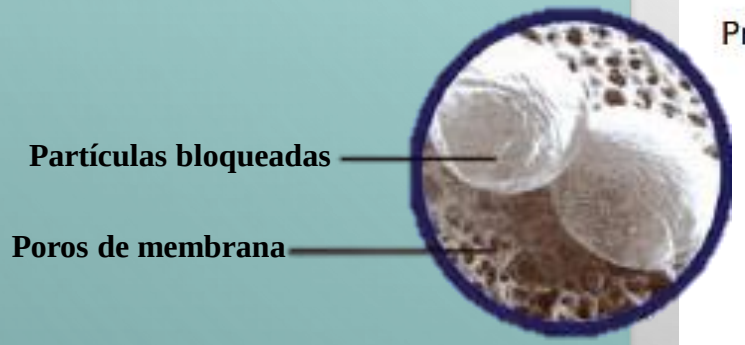


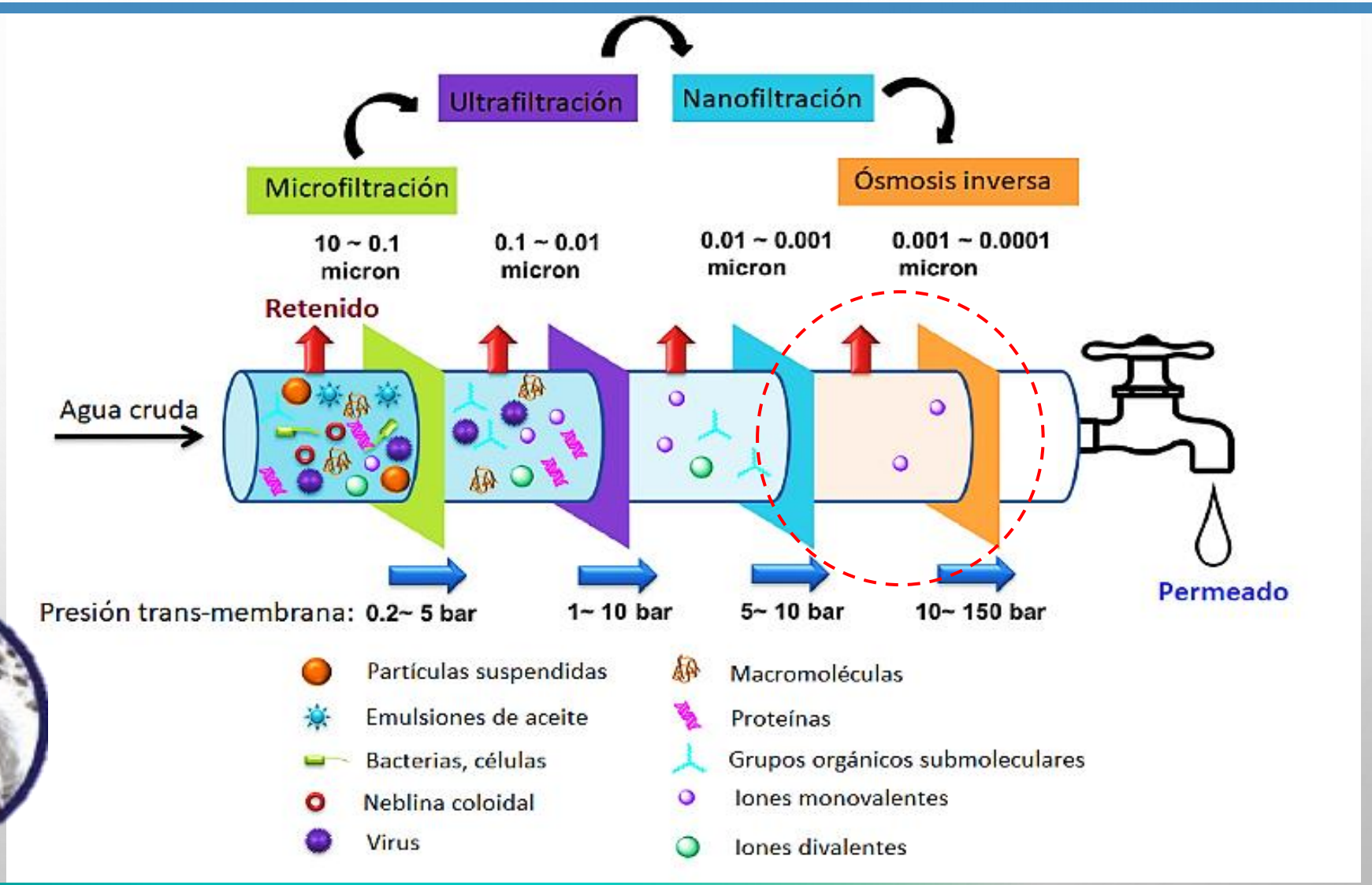
- ☑ Control de la contaminación
- ☑ Pequeña dimensión, alta área superficial, potencial catalítico, alta reactividad
- ☑ Nanofibras: Fabricación de membranas
- ☑ Alta densidad de poros, relación área superficie-volumen, permeabilidad, bajo peso y diámetro de fibra pequeño

- Mostafa, M. G.; Hoinkis, J. Nanoparticle Adsorbents for Arsenic Removal from Drinking Water : A Review. 2015, No. January 2012.
- Yadav, V. B.; Gadi, R.; Kalra, S. Clay Based Nanocomposites for Removal of Heavy Metals from Water: A Review. *J. Environ. Manage.* 2019, *232* (November 2018), 803–817.
- Balamurugan, R.; Sundarrajan, S.; Ramakrishna, S. Recent Trends in Nanofibrous Membranes and Their Suitability for Air and Water Filtrations. *Membranes (Basel).* 2011, *1* (3), 232–248.

EMPLEO DE MEMBRANAS EN EL TRATAMIENTO DE AGUA

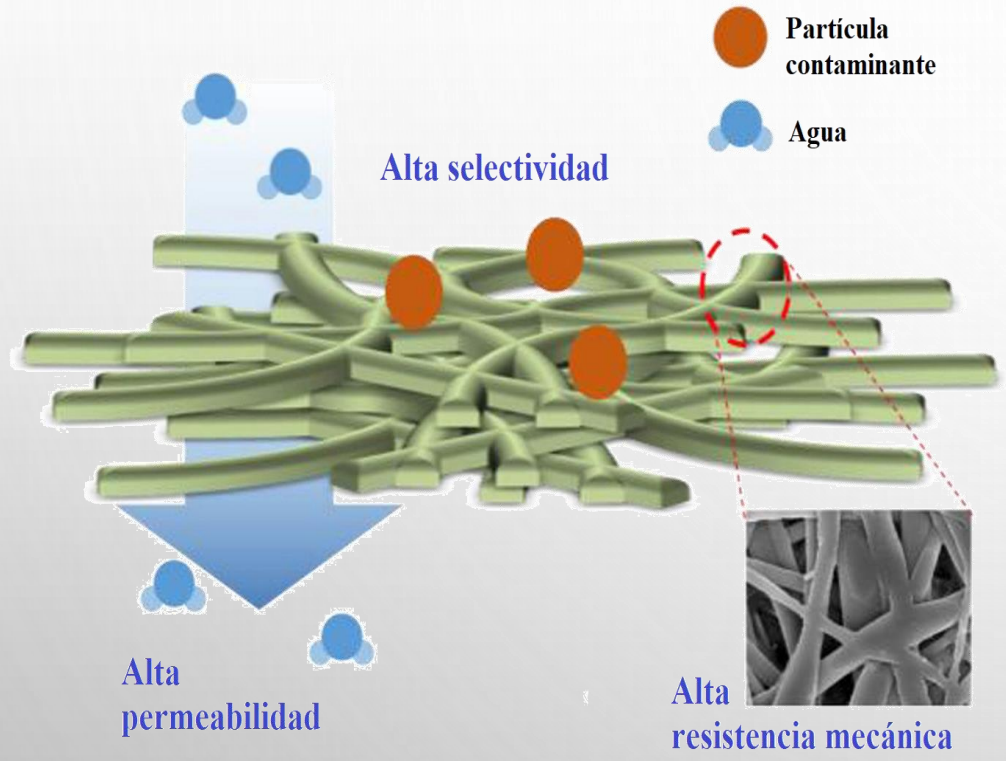
Las aberturas microscópicas o nanoscópicas permiten que las moléculas de agua pasen, pero no los compuestos que son más grandes que la abertura/poro de la membrana.



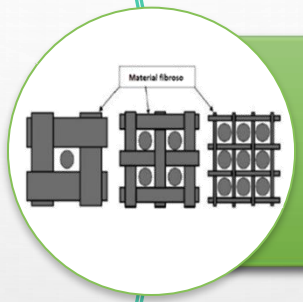


- Servos, M. R. *Nanotechnology for Water Treatment and Purification*; 2014.
- Liao, Y.; Loh, C. H.; Tian, M.; Wang, R.; Fane, A. G. Progress in Electrospun Polymeric Nanofibrous Membranes for Water Treatment: Fabrication, Modification and Applications. *Prog. Polym. Sci.* **2018**, *77*, 69–94.

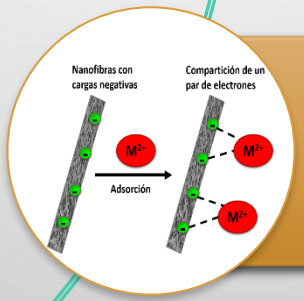
MEMBRANAS DE FIBRAS POLIMÉRICAS SUBMICROMÉTRICAS



Unidades más baratas y portátiles con menos consumo de energía



La eficiencia y el rendimiento dependen del diámetro de la fibra

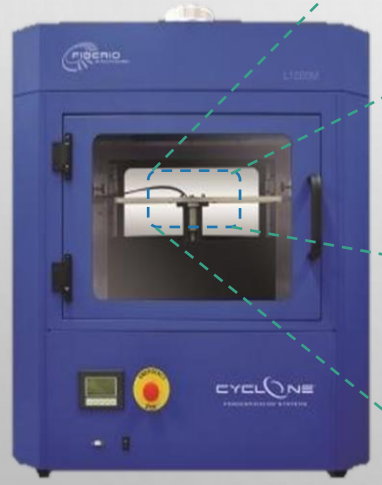


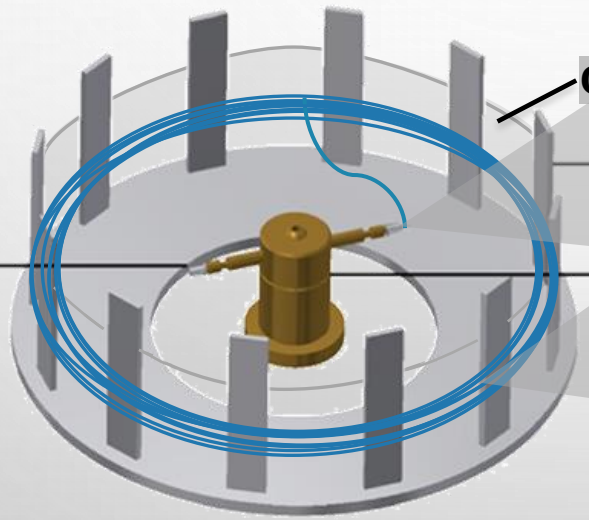
Aplicaciones en la filtración de metales pesados debido a su gran área superficial

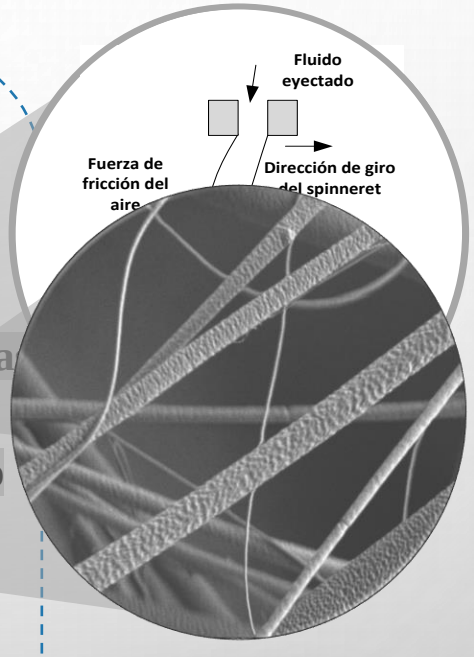
- Holzmeister, A. et al. Structurally and Chemically Heterogeneous Nanofibrous Nonwovens via Electrospinning. *Eur. Polym. J.* 2007, *43* (12), 4859–4867.
- Barhate, R. S.; Ramakrishna, S. Nanofibrous Filtering Media: Filtration Problems and Solutions from Tiny Materials. *J. Memb. Sci.* 2007, *296* (1–2), 1–8.
- Huang, Z.; Zhang, Y.; Kotaki, M.; Ramakrishna, S. A Review on Polymer Nanofibers by Electrospinning and Their Applications in Nanocomposites. 2003, *63*, 2223–2253.
- Balamurugan, R.; Sundarrajan, S.; Ramakrishna, S. Recent Trends in Nanofibrous Membranes and Their Suitability Water Filtrations. *Membranes (Basel).* 2011, *1* (3), 232–248.

HILADO POR CENTRIFUGACIÓN (FORCESPINNING)

Tecnología sustentable, versátil y de menor costo asociado







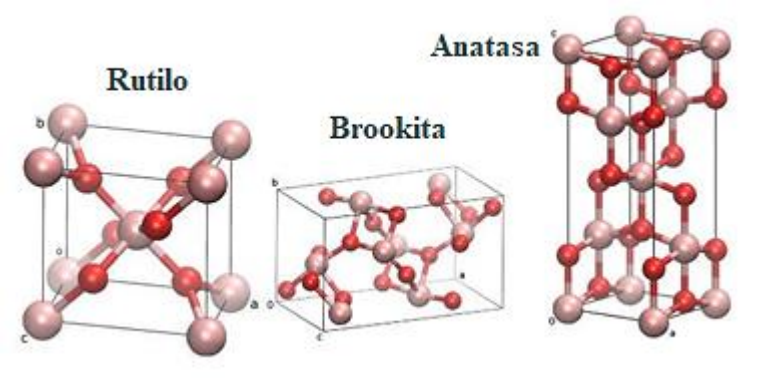
Ventajas

- No usa campo eléctrico
- Múltiples configuraciones de cabezales
- A partir de polímero fundido o en solución
- Alta tasa de producción (50-100 g/h)
- Bajos costos a nivel industrial

- Dotto, G. L. et al. Chitosan/Polyamide Nanofibers Prepared by Forcespinning® Technology. *J. Clean. Prod.* 2017, *144*, 120–129.
- Sarkar, K.; Gomez, C.; Zambrano, S.; Ramirez, M.; Hoyos, E. De; Vasquez, H.; Lozano, K. Electrospinning to Forcespinning. *Materialstoday* 2010, *13* (11), 13–15.
- Zhang, X.; Lu, Y. Centrifugal Spinning : An Alternative Approach to Fabricate Centrifugal Spinning. 2014, No. January 2016.
- Hammami, M. A.; Krifa, M.; Harzallah, O. Centrifugal Force Spinning of PA6 Nanofibers – Processability and Morphology of Solution-Spun Fibers. 2014, *5000*.

DIÓXIDO DE TITANIO (TiO_2)

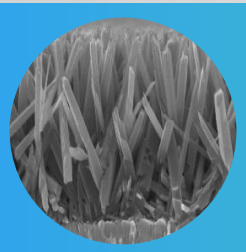
Estructuras cristalinas



Métodos de síntesis

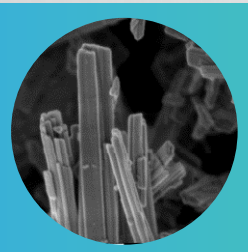
Morfologías obtenidas

Nanorods



Bin Liu y Eray (2008)

Nanobelts

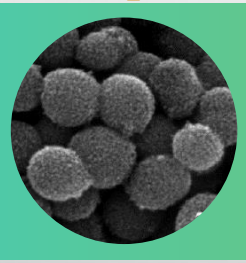


Elizalde y Lozano (2019)

Nanotubes

Zhang y col. (2016)

Nanospheres

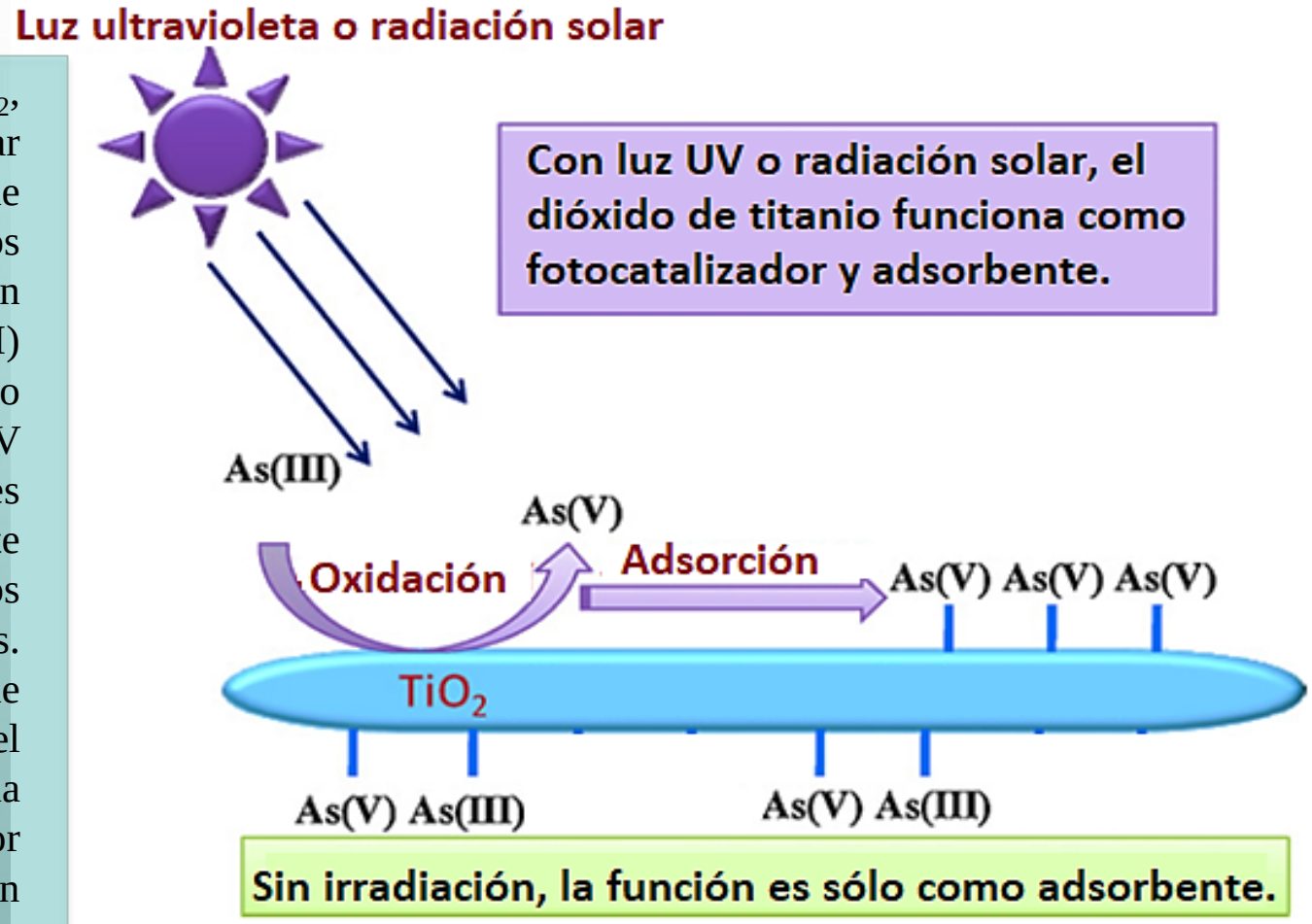


Wang y col. (2011)

- S., D. P. et al. Estudio DFT de Propiedades Estructurales y Electrónicas Del Óxido de Titanio En Sus Fases: Rutilo, Anatasa y Brookita. *Rev. Colomb. Mater.* 2013, *5*, 179–185.
- Keerthana, B. G. T. et al. Hydrothermal Synthesis and Characterization of TiO_2 Nanostructures Prepared Using Different Solvents. *Mater. Lett.* 2018, *220*, 20–23.
- Cui, L.; Hui, K. N.; Hui, K. S.; Lee, S. K.; Zhou, W.; Wan, Z. P.; Thuc, C. H. Facile Microwave-Assisted Hydrothermal Synthesis of TiO2 Nanotubes. *Mater. Lett.* 2012, *75*, 175–178.
- Servos, M. R. *Nanotechnology for Water Treatment and Purification*; 2014.

EFECTO SINERGICO EN REMOCIÓN Y OXIDACIÓN DE ARSÉNICO

Las partículas de TiO_2, además de proporcionar mayores capacidades de sorción que otros materiales, también puede oxidar el As (III) en el proceso fotocatalítico de UV que produce especies oxidantes altamente reactivas, como los radicales hidroxilos. Incluso en ausencia de luz se demuestra que el As (V) tiene una afinidad más fuerte por el TiO_2 en comparación con As (III).

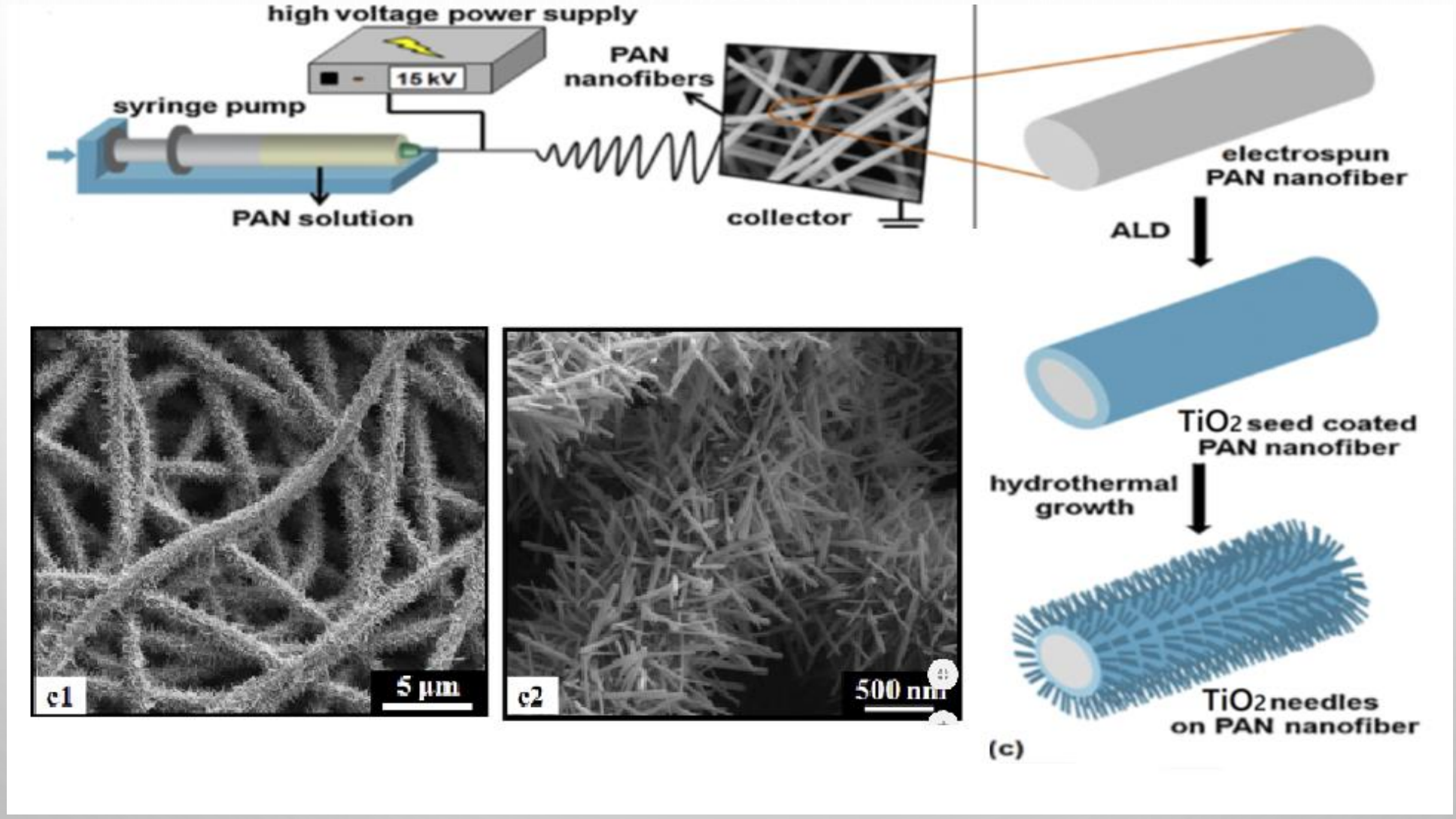


Major reactions involved in TiO_2-photocatalyzed As(III) oxidation.

Reactions		Reference
Generation of charge carriers and photooxidants		
$TiO_2 + h\nu \rightarrow e^-_{CB} + h^+_{VB}$	(1)	[33,36]
$e^-_{CB} + h^+_{VB} \rightarrow$ heat	(2)	
$O_2 + e^-_{CB} \rightarrow O_2^{\bullet}-$	(3)	
$OH_{ads} + h^+_{VB} \rightarrow {}^{\bullet}OH$	(4)	
$O_2^{\bullet} - + H^+ \rightarrow HO_2\bullet$	(5)	
$O_2^{\bullet} - + 2H^+ + e^-_{CB} \rightarrow H_2O_2$	(6)	
$H_2O_2 + e^-_{CB} \rightarrow \bullet OH + OH^-$	(7)	
$H_2O_2 + h^+_{VB} \rightarrow HO_2\bullet + H^+$	(8)	
$2O_2^{\bullet} - + 2H^+ \rightarrow H_2O_2 + O_2$	(9)	
As(III) as a charge recombinant		
$As(III) + \bullet OH/h^+_{VB} \rightarrow As(IV)$	(10)	[29,82]
$As(IV) + e^-_{CB} \rightarrow As(III)$	(11)	
As(III) oxidation		
Superoxide as the oxidant		
$As(III) + O_2^{\bullet} - /HO_2\bullet \rightarrow As(IV) \xrightarrow{O_2} As(V)$	(12)	[29,37,39]
$As(III) + 2HO_2^{\bullet} \rightarrow As(V) + 2OH^- + O_2$	(13)	
Positive hole as the oxidant		
$As(III) + h^+_{VB} \rightarrow As(IV) \xrightarrow{VB\ holes} As(V)$	(14)	[38,87]
Hydroxyl radicals as the oxidant		
$As(III) + {}^{\bullet}OH \rightarrow As(IV) + OH^- \xrightarrow{O_2} As(V)$	(15)	[40,91]

- Yang, H. et al. Homogeneous and Heterogeneous Photocatalytic Reactions of As(III) and As(V) in Aqueous Media. *J. Photochem. Photobiol. A Chem.* 1999, *123* (1–3), 137–143.
- Miller, S. M. et al. Optimization of Capacity and Kinetics for a Novel Bio-Based Arsenic Sorbent, TiO_2-Impregnated Chitosan Bead. *Water Res.* 2011, *45* (17), 5745–5754.
- Yu, L. et al. Arsenite Removal by -Fe_2O_3 –TiO_2 Magnetic Nanoparticles through Simultaneous Photocatalytic Oxidation and Adsorption. *J. Hazard. Mater.* 2013, *246–247*, 10–17.
- Hu, S.; Shi, Q.; Jing, C. Groundwater Arsenic Adsorption on Granular TiO_2. *Enviromental Sci. Technol.* 2015, *49*, 707−9713.

COMPOSITO OBJETIVO



- Cabello, G.; Davoglio, R. A.; Pereira, E. C. Microwave-Assisted Synthesis of Anatase- TiO_2 Nanoparticles with Catalytic Activity in Oxygen Reduction. *J. Electroanal. Chem.* **2017**, *794* (April), 36–42.

ELABORACIÓN DE MATERIALES FIBROSOS

1 Preparación de la solución precursora

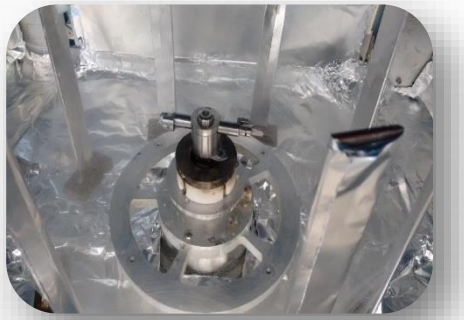
Fibras de PMMA

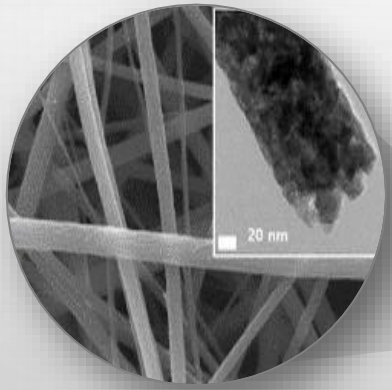
Soluciones con diferentes % en peso de PMMA en un algún solvente afín.

Fibras de PMMA/TiO_2

Soluciones de PMMA en presencia de NP's de TiO_2 con diferentes % en peso.

2 Fabricación de fibras

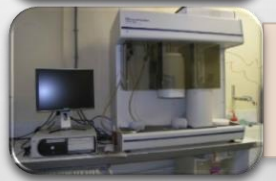




3 Caracterización de los materiales obtenidos

SEM-EDS

TEM



BET

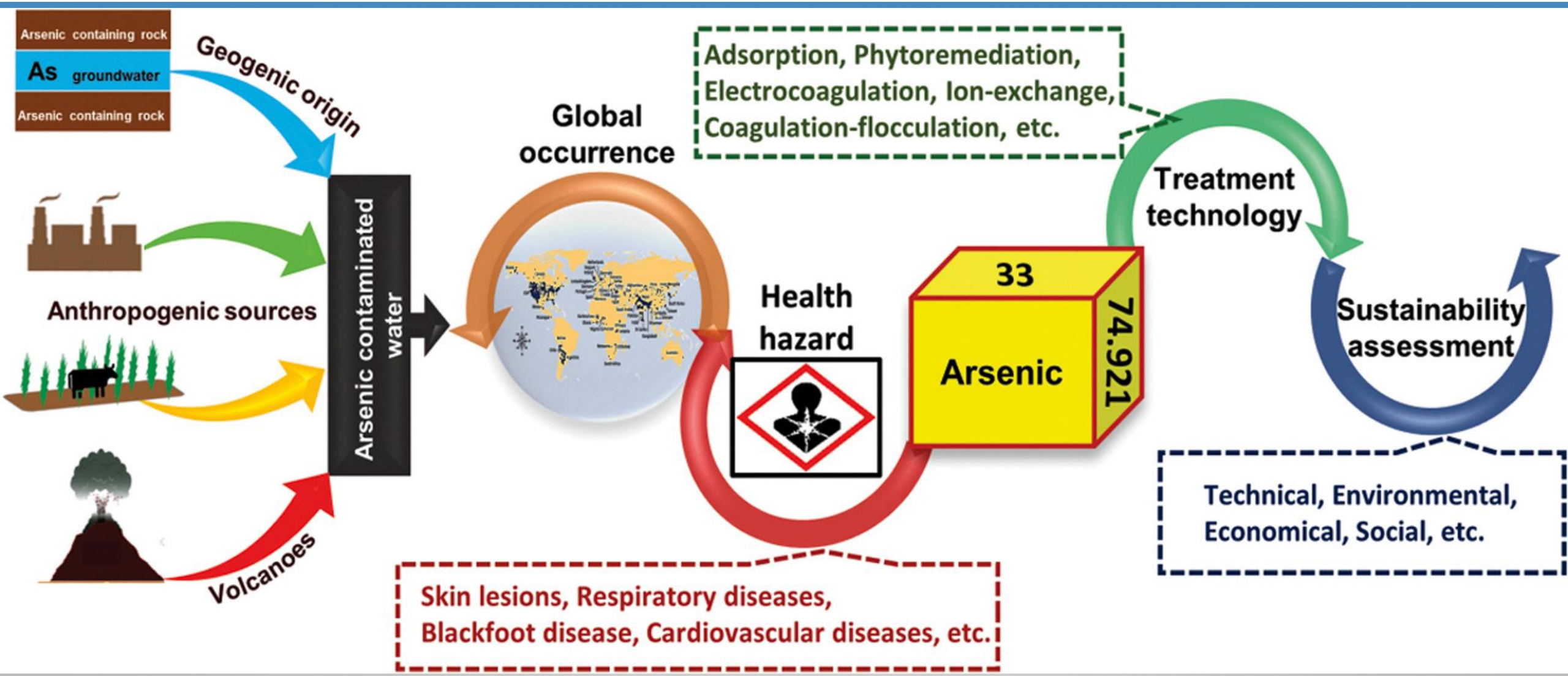
XRD

IR

Table 1
Efficiency of TiO_2-catalyzed photooxidation of As(III) under air equilibrium condition.

$[As(III)]_0$ (mg As L^{-1})	Catalyst	Concentration of catalyst (g L^{-1})	pH	Light source	Light flux	Time (min)	Percentage of oxidation
39.375	TiO_2 (Degussa P25)	2	9	A 400 W medium pressure mercury arc lamp	1.83×10^{-5} Einstein min^{-1}	30	~100%
0.1	TiO_2 (Degussa P25)	0.01	5–9	A 1000-W Xe short-arc lamp, $\lambda < 320$ nm	3×10^{-5} Einstein m^{-2} s^{-1}	3.3	>98%
3.75	TiO_2 (Degussa P25)	1.5	3 or 9	A 300-W Xe arc lamp (Oriel), $\lambda > 300$ nm	N.A.	120	~100%
100	TiO_2 from BDH chemicals	0.25	7	A 250 W medium pressure mercury arc discharge lamp, $\lambda > 300$ nm	N.A.	60–90	80%
37.5	TiO_2 (Degussa P25)	0.5	3	A 300-W Xe arc lamp (Oriel), $\lambda > 300$ nm	N.A.	180	>90%
37.5	TiO_2 (Degussa P25)	0.5	9	A 300-W Xe arc lamp (Oriel), $\lambda > 300$ nm	N.A.	180	~77%
37.5	Pt-TiO_2	0.5	3 or 9	A 300-W Xe arc lamp (Oriel), $\lambda > 300$ nm	N.A.	180	~100%
1.0	TiO_2 (Degussa P25)	1	NA	16 phosphor-coated low-pressure mercury lamps, $\lambda = 350$ nm	$1.5–5 \times 10^{16}$ (proton/s)/cm^3	7	~100%
7.5	TiO_2 (Degussa P25)	0.01	3	A 4-W UV lamp (Sankyo Denki, Japan, F4T5BL ($\lambda_{max} = 352$ nm))	1.56×10^{-6} Einstein L^{-1} s^{-1}	30	~40%
3.0	TiO_2 (Degussa P25)	0.1	9	Philips HPR 125 W high-pressure mercury vapor, $\lambda_{max} = 365$ nm	12.5 mW/cm^2	~12.5	~100%
0.062	TiO_2 (Degussa P25)	0.05	6.3	A 8 W, 365 nm lamp (UVP model UVL-28)	7.8×10^{16} photons s^{-1}	10	~100%
0.188	TiO_2 (Degussa P25)	0.05	6.3	A 8 W, 365 nm lamp (UVP model UVL-28)	7.8×10^{16} photons s^{-1}	15	~100%
0.622	TiO_2 (Degussa P25)	0.05	6.3	A 8 W, 365 nm lamp (UVP model UVL-28)	7.8×10^{16} photons s^{-1}	60	~100%
5.63	TiO_2 (Degussa P25)	0.1	3	A 4-W UV-A lamp (Sankyodenki, F4T5BLB, $300 < \lambda < 400$ nm)	N.A.	40	~80%
3.0	TiO_2 (Degussa P25)	0.05	6.4	9 W lamp (Radium Ralutec, 9 W/78), $350 < \lambda < 400$ nm	4.69×10^{-6} Einstein min^{-1}	10	~100%
5.0	TiO_2 (Degussa P25)	0.05	6.4	9 W lamp (Radium Ralutec, 9 W/78), $350 < \lambda < 400$ nm	4.69×10^{-6} Einstein min^{-1}	10	~100%
10.0	TiO_2 (Degussa P25)	0.05	6.4	9 W lamp (Radium Ralutec, 9 W/78), $350 < \lambda < 400$ nm	4.69×10^{-6} Einstein min^{-1}	30	~100%
20.0	TiO_2 (Degussa P25)	0.05	6.4	9 W lamp (Radium Ralutec, 9 W/78), $350 < \lambda < 400$ nm	4.69×10^{-6} Einstein min^{-1}	30	~100%
15.0	TiO_2 (Degussa P25)	0.5	3	A 300-W Xe arc lamp (Oriel), $\lambda > 300$ nm	$3.46(\pm 0.26) \times 10^{-3}$ Einstein L^{-1} min^{-1}	180	~100%

N.A.: not available.


Arsenic containing rock
As groundwater
Arsenic containing rock
Geogenic origin
Anthropogenic sources
Volcanoes
Arsenic contaminated water
Global occurrence
Health hazard
33
Arsenic
74.921
Adsorption, Phytoremediation,
Electrocoagulation, Ion-exchange,
Coagulation-flocculation, etc.
Treatment technology
Sustainability assessment
Technical, Environmental,
Economical, Social, etc.
Skin lesions, Respiratory diseases,
Blackfoot disease, Cardiovascular diseases, etc.

PROYECTO COMO RESPONSABLE TÉCNICO

Estado
de Coahuila

"2020, Año del Centenario Luctuoso de Venustiano Carranza, el Varón de Cuatro Ciénegas"

Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología

ACTA DE CONCLUSIÓN

INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Clave proyecto: COAH-2019-C13-C114 **Convocatoria:** C13-2019

Título del Proyecto:
Detección y cuantificación de arsénico (As) en agua subterránea de pozos de Coahuila, de la Región Lagunera.

Sujeto de Apoyo:
Centro de Investigación en Química Aplicada

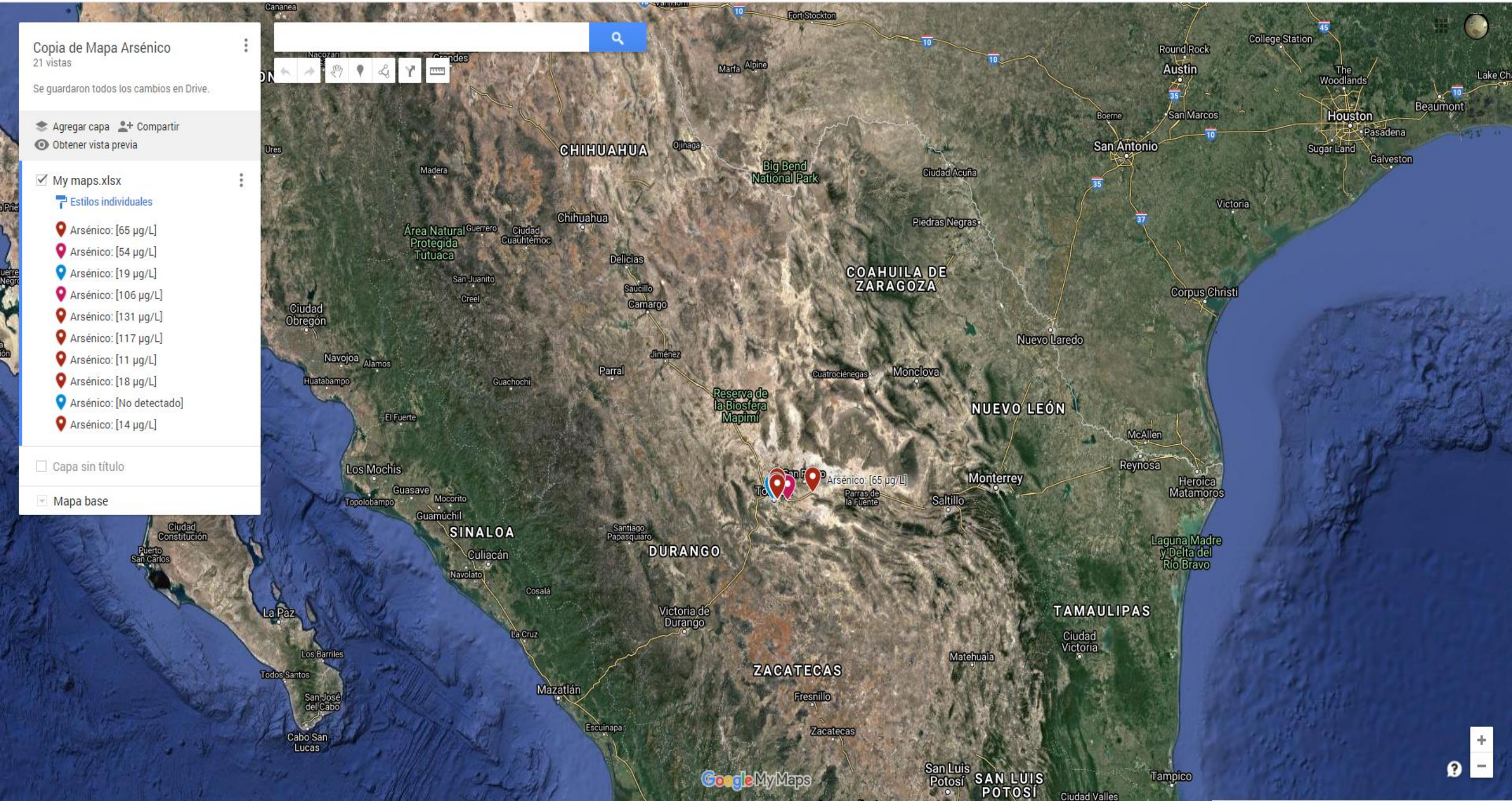
Responsable Legal:
Dr. Oliverio Santiago Rodriguez Fernández

Responsable Técnico:
Dr. S. Alejandro Lozano Morales

Responsable Administrativo:
C.P. Edith Sayuri Sifuentes Flores

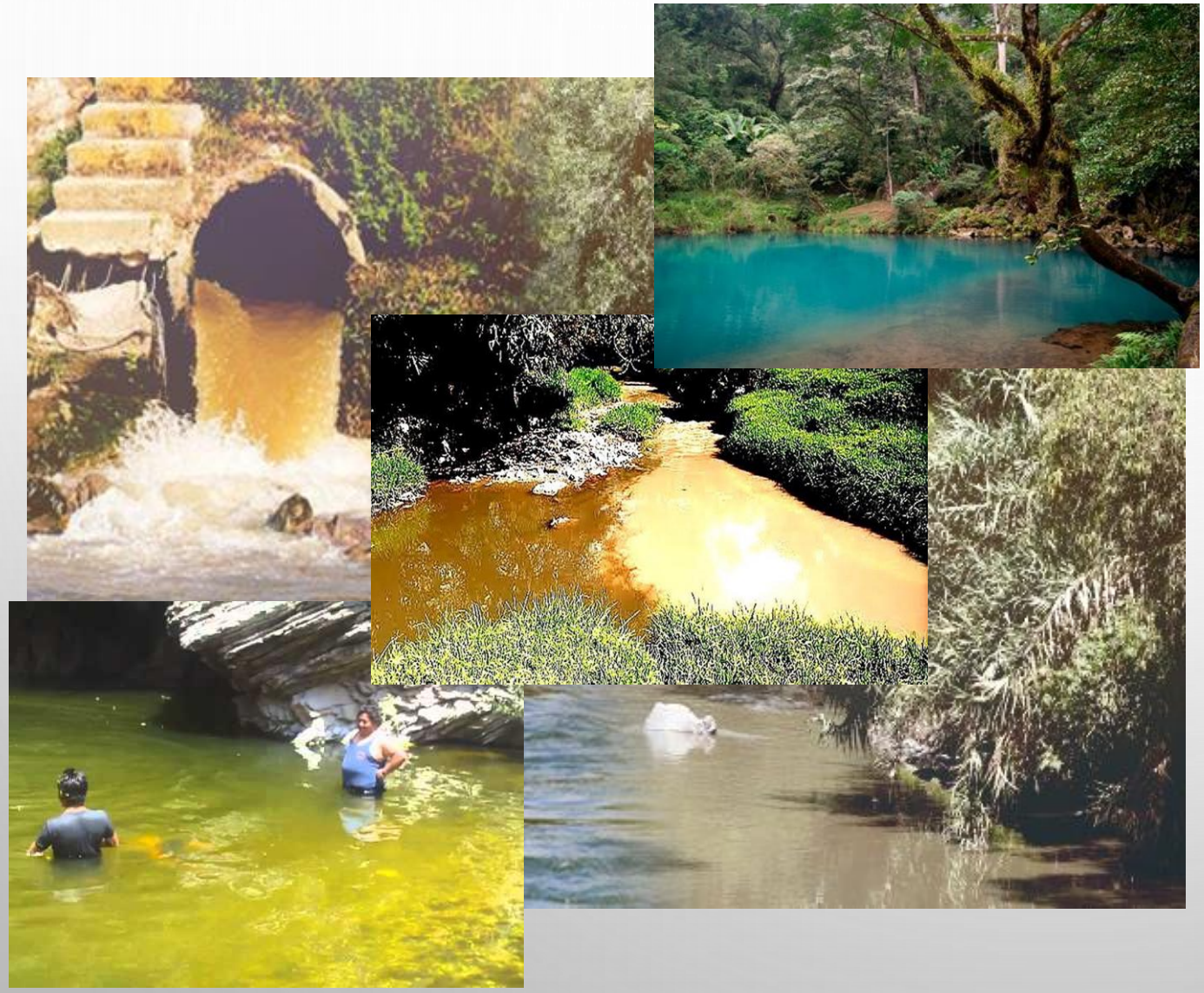
Fecha de inicio del Proyecto	Fecha de término Vigencia de proyecto	Extensión de Tiempo Vigencia de proyecto.	Fecha de término de Vigencia CAR
21 de Junio 2019	20 de Junio 2020	31 de agosto 2020	20 de Junio 2020

https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?hl=es-419&mid=1gY3ypXVaK79CGkrS5n-c7AYTo1TtZoKe&ll=25.582440534626244%2C-103.36338463787297&z=13

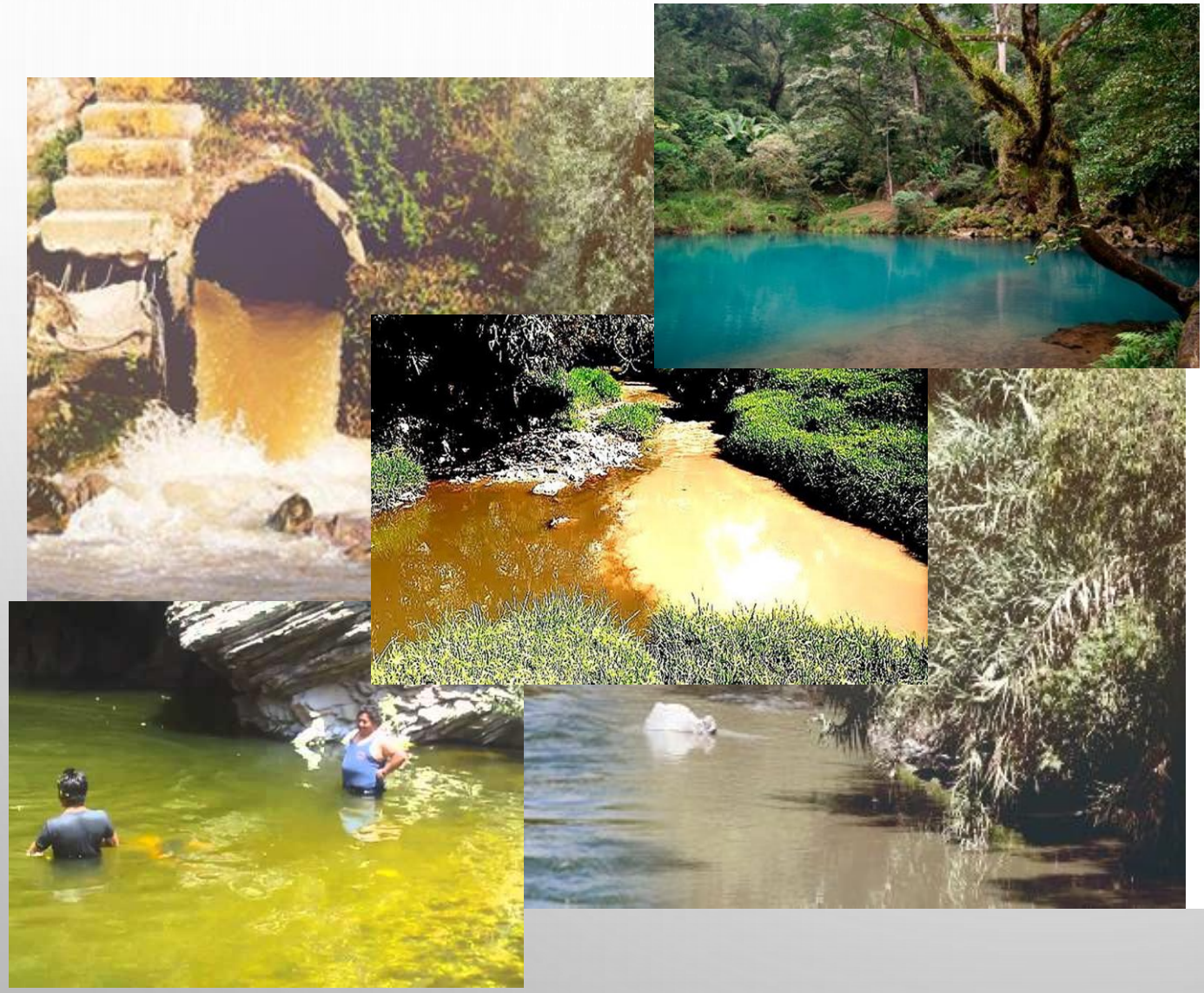

Copia de Mapa Arsénico
21 vistas
Se guardaron todos los cambios en Drive.
Agregar capa
Compartir
Obtener vista previa
My maps.xlsx
Estilos individuales
Arsénico: [65 µg/L]
Arsénico: [54 µg/L]
Arsénico: [19 µg/L]
Arsénico: [106 µg/L]
Arsénico: [131 µg/L]
Arsénico: [117 µg/L]
Arsénico: [11 µg/L]
Arsénico: [18 µg/L]
Arsénico: [No detectado]
Arsénico: [14 µg/L]
Capa sin título
Mapa base
CHIHUAHUA
COAHUILA DE ZARAGOZA
NUEVO LEÓN
TAMAULIPAS
SINALOA
DURANGO
ZACATECAS
SAN LUIS POTOSÍ
Arsénico: [65 µg/L]
Google My Maps

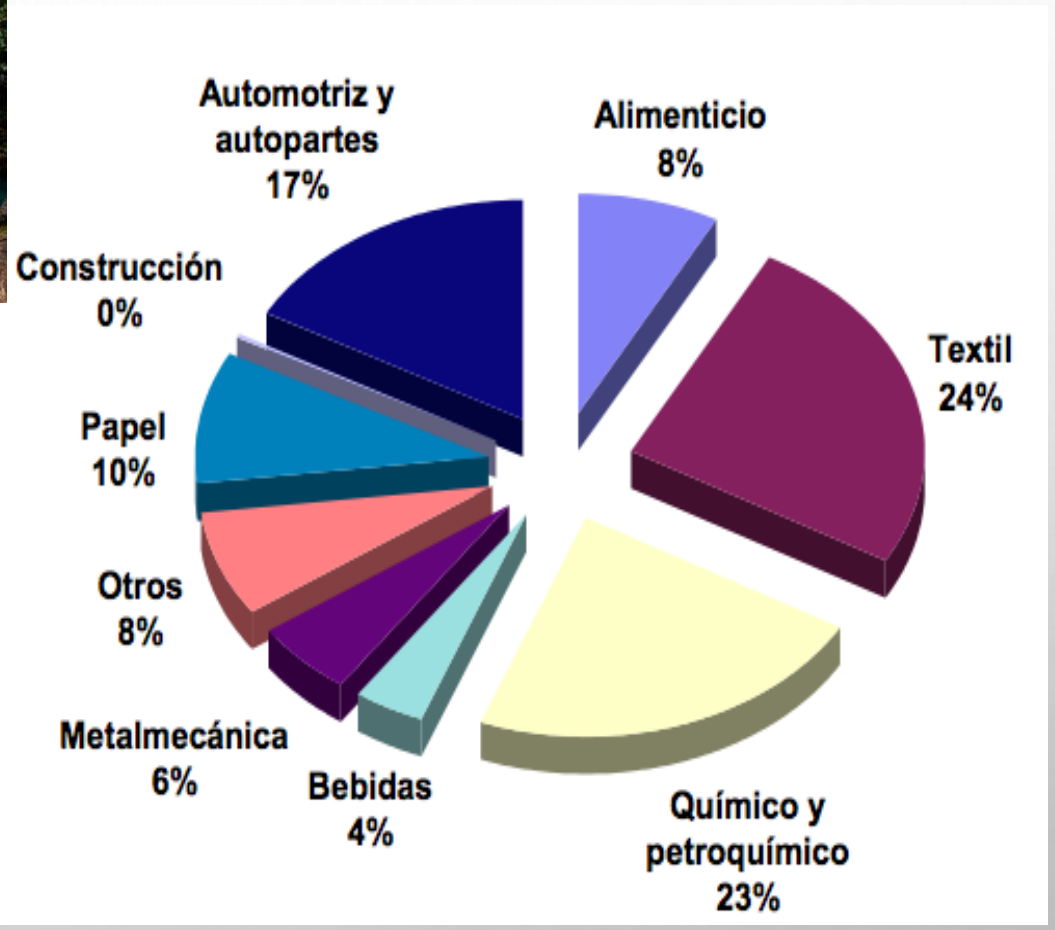
Composito de Carbón Activado con Nanoestructuras 1D de TiO_2

CONTAMINACIÓN EN EL RÍO ATOYAC



PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN EN EL RÍO ATOYAC





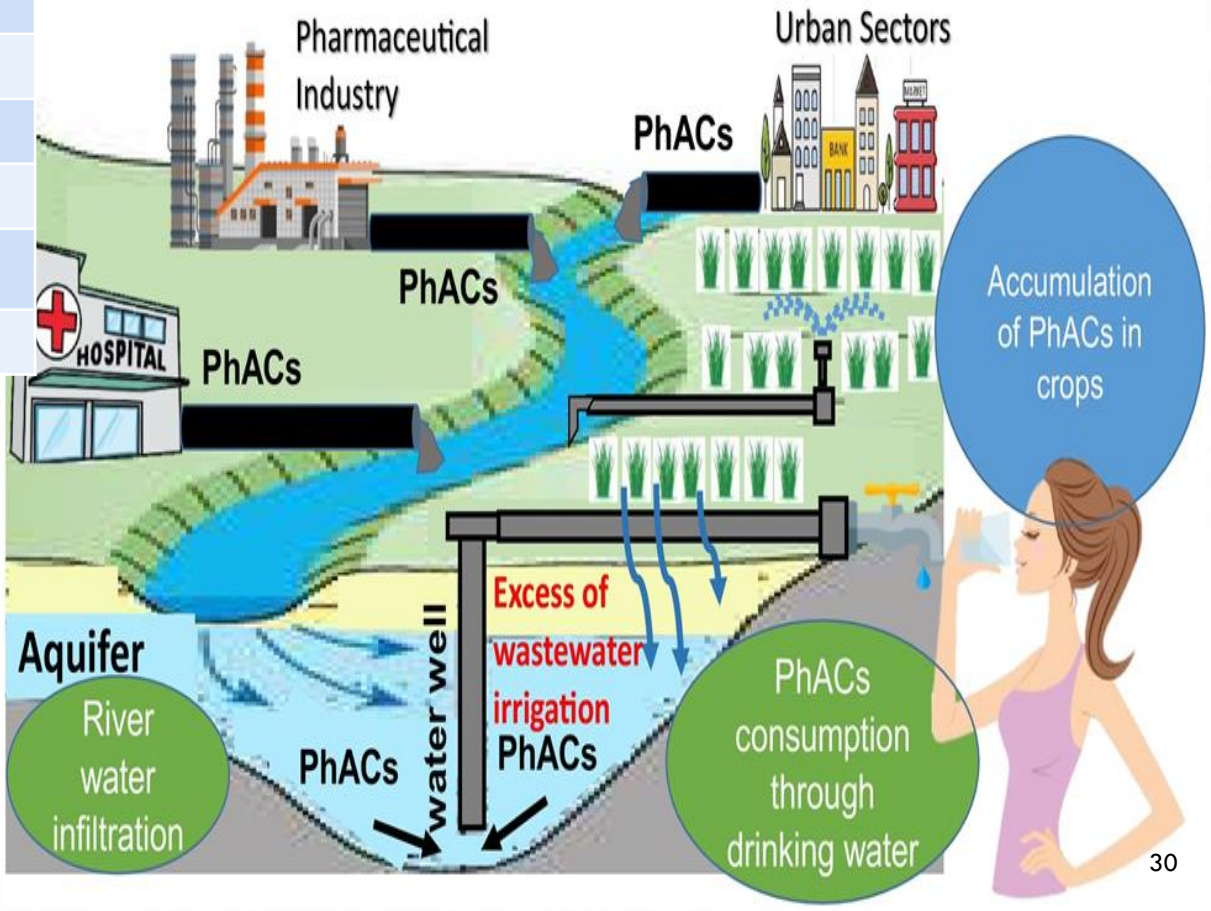
Compuestos organoclorados y bencénicos	
Sustancia	**[mg/L]**
Clordano	2.5
Aldrín + Dieldrin	0.0024
DDT	0.62
Lindano	0.023
Malation	21
Nitrobenceno	0.644
Diclometano	1.36
1,2-diclorobenceno	0.010
1,3-diclorobenceno	0.0012
1,4-diclorobenceno	0.0026
Naftaleno	2.03
Fluoranteno	1.62
Fenantreno	1.76
Antraceno	0.008
Pireno	1.69
Anilina	3.52
Glifosato	Detectado

Nitrógeno, fósforo, boro y salinidad	
Sustancia	**[mg/L]**
Boro	6.05
Fósforo	100.00
NH3-	0.45
NO2-	0.07
Na+	62.70
K+	50.60
HCO3-	15.20
Cl-	378.00
SO42-	33.00
Si	69.20
Ca2+	76.00
Mg2+	102.00

Metales pesados	
Sustancia	**[mg/L]**
Aluminio	10.60
Hierro	60.00
Zinc	70.00
Níquel	23.00
Pb	35.00
Cr	53.60
Cu	25.00
Cd	4.00
Co	7.00
As	<6.00
Hg	17.20

Compuestos farmacéuticamente activos	
Sustancia	**[mg/L]**
Triclosan	16
Naproxeno	1.56
Diclofenaco	0.37
Gadolinio	Detectado

¿Y las tierras raras usadas en la industria?
(samario, europio, gadolinio, terbio…)
¿Litio, Vanadio, etc.?

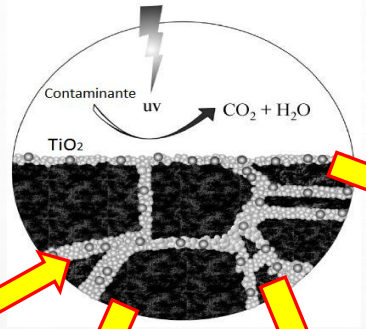


Elementos principales y trazas en los ***sedimentos***	
Sustancia	(%)
Arenas	**60**
Limo	**30**
Arcillas	**10**

Limo

- Microplásticos.
- 41 congéneres de bifenilos policlorados (PCB), hexaclorociclohexano(HCH) isómeros (α, β y γ), hexaclorobenceno (HCB),1,1-dicloro-2,2-bis (p-clorofenil) etileno (DDE) y 1,1,1-tricloro-2,2-bis (p-clorofenil) etano (DDT), Aldrin y Mirex, DDT y su metabolito (DDE).
- Pb, Zn, Ni, Cr, Mn, Ca, P, As, Cu, S, Al, K, Cd, Ba, Co, Mg, Sr, V, Sc, Ga, entre otros.
- La diversidad bacteriana fue baja en los sedimentos y solo se encontraron miembros de la familia Enterobacteriaceae (Gammaproteobacteria). Específicamente, las especies Shigella, Escherichia Fergusonii y Escherichia coli.

COMPOSITO OBJETIVO



EFECTO SINÉRGICO

Activated carbon (SC)

TiO_2 Nanotube (NT)

Basic yellow molecule (BY28)

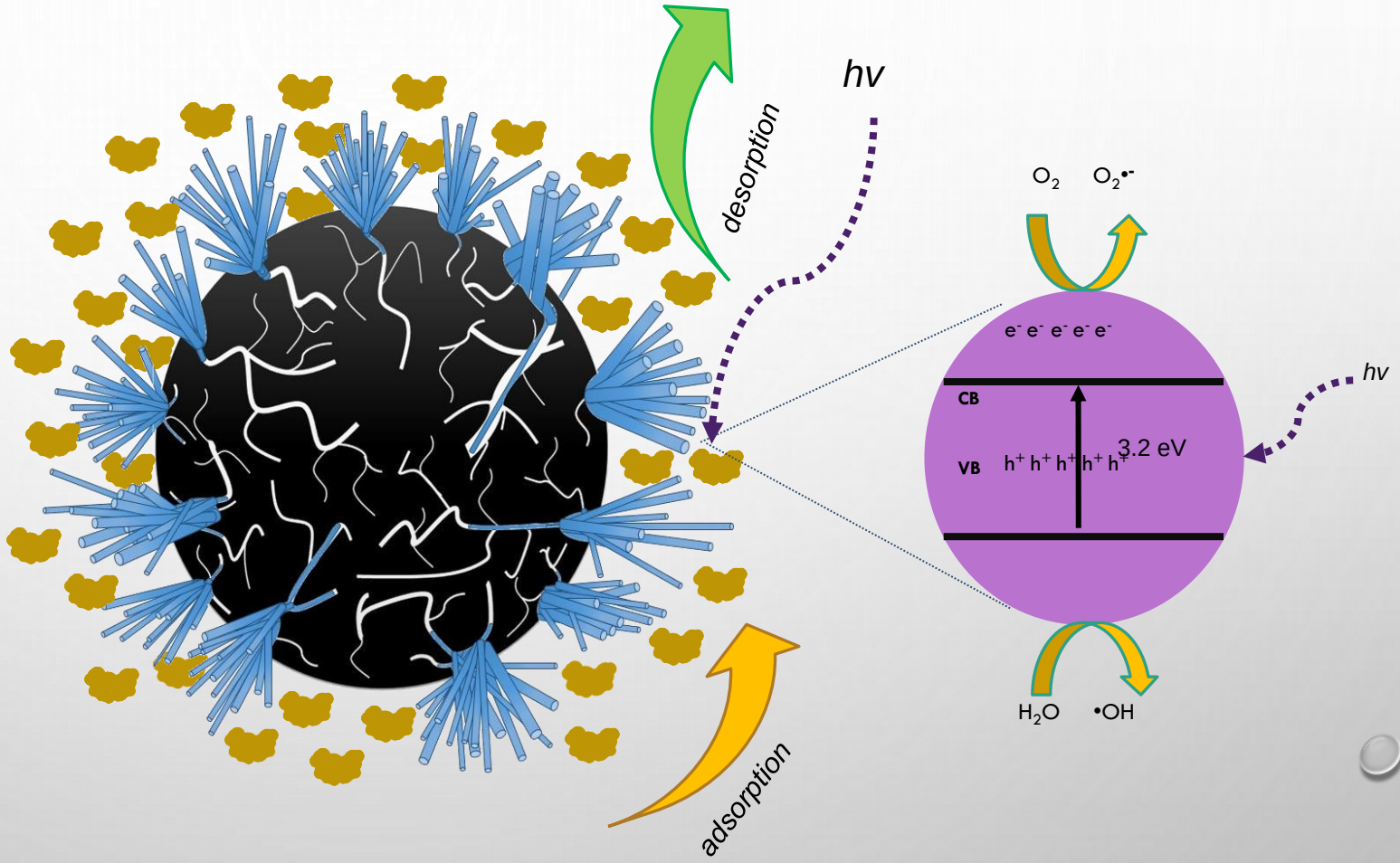
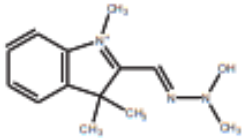
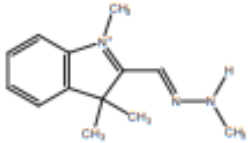
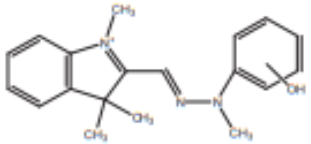
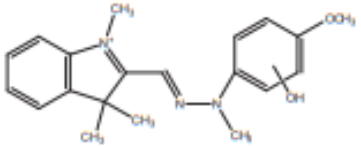
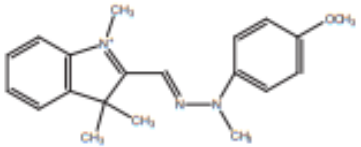
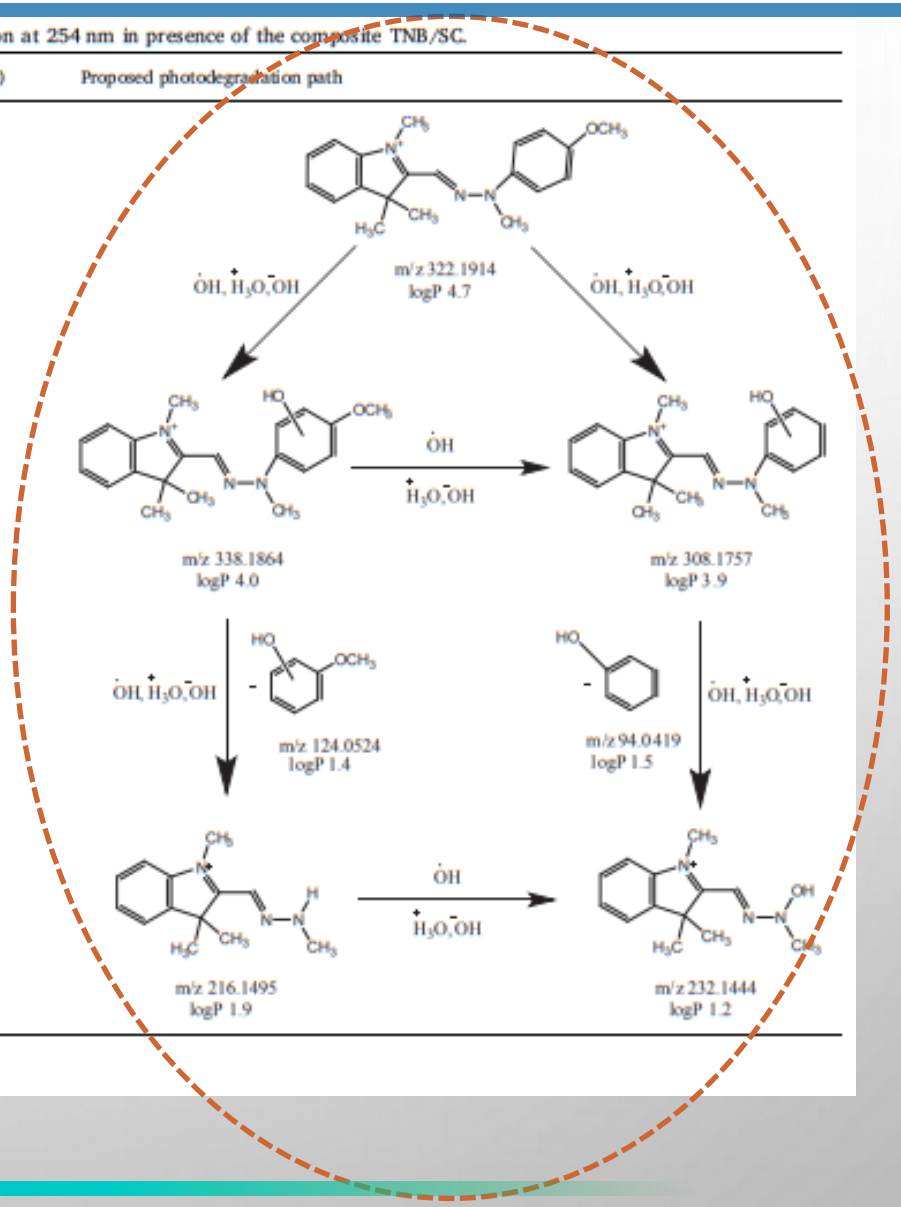


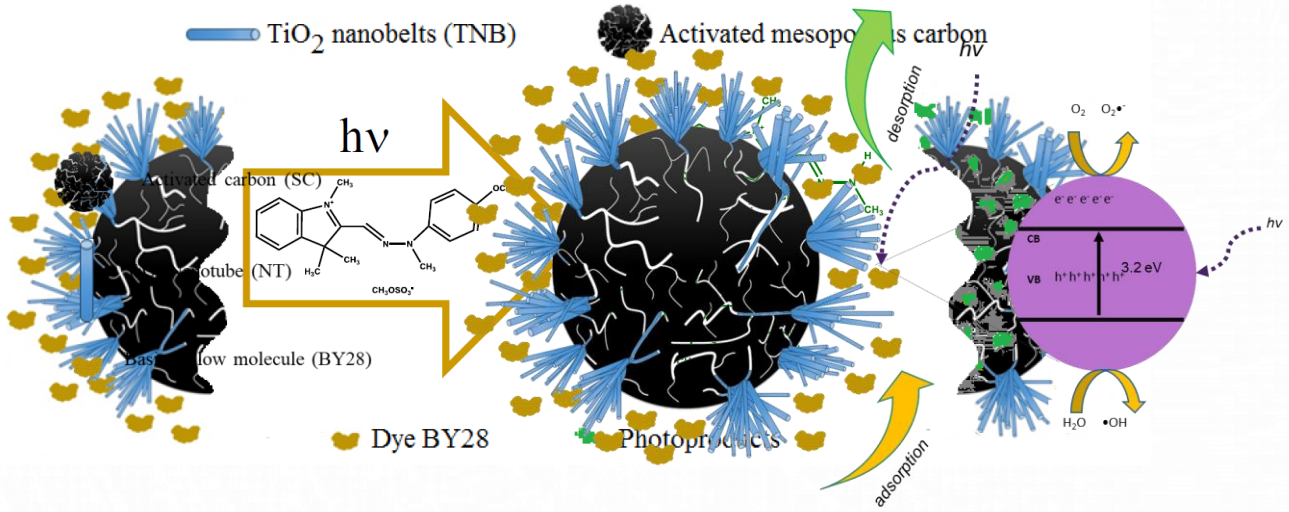
Table 5

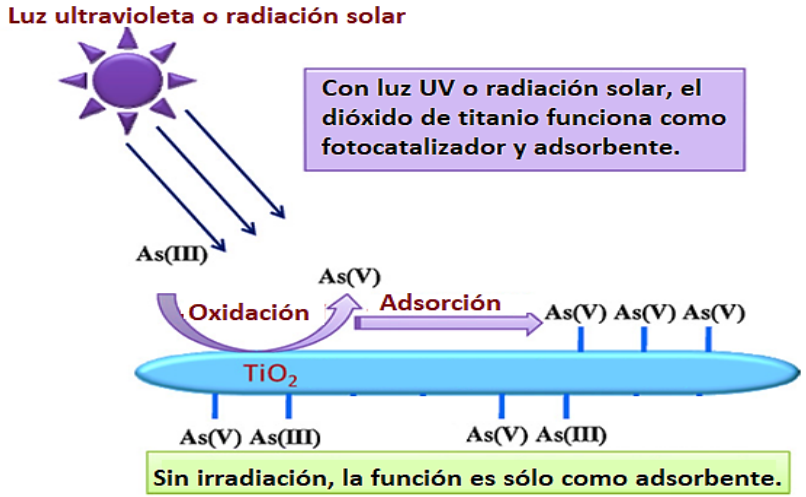
Retention time and possible structures identified by LC-ESI(+)-QToF-MS as products of BY28 after 30 min of photoreaction at 254 nm in presence of the composite TNB/SC.

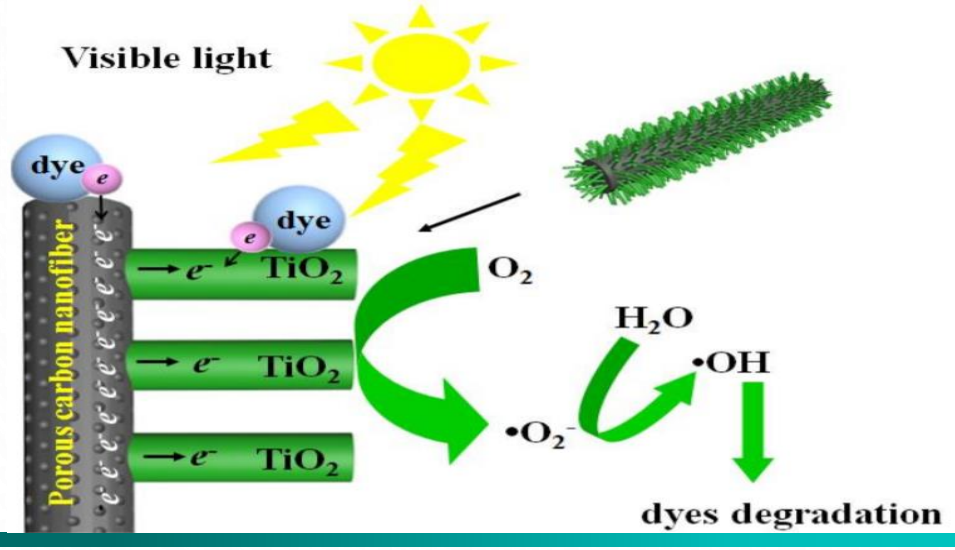
Peak Nr.	t_R (min)	Structure and formula	m/z_{exper}	m/z_{calc}	Δm (ppm)	Proposed photodegradation path
1	8.820	 $C_{13}H_{18}N_3O^+$	232.1455	232.1444	4.6	
2	15.527	 $C_{13}H_{18}N_3^+$	216.1510	216.1495	6.5	
3	18.238	 $C_{19}H_{22}N_3O^+$	308.1777	308.1757	6.5	
4	21.208	 $C_{20}H_{24}N_3O_2^+$	338.1880	338.1864	4.7	
5 BY28	27.844	 $C_{20}H_{24}N_3O^+$	322.1900	322.1914	−4.3	



PROPIEDAD DE ADSORBENTE-FOTOCATALIZADOR

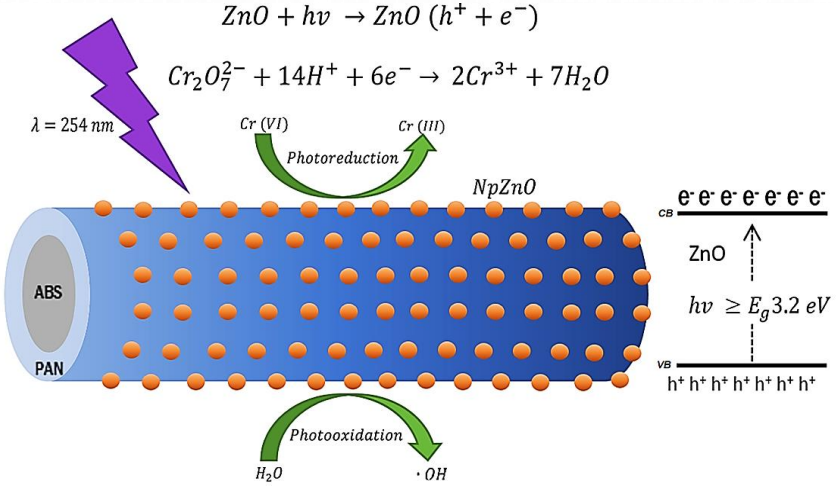






$$ZnO + hv \rightarrow ZnO\ (h^+ + e^-)$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$



$$2H_2O + 4h^+ \rightarrow O_2 + 4H^+$$

Principales Líneas de Investigación:

- ❖Aplicación de nanocompuestos para remediación ambiental.
- ❖Evaluación de calidad de agua y suelos.

Química Macromolecular y Nanomateriales

Aplicaciones tecnológicas:

- Membranas poliméricas a base de nanocompuestos de PMMA y TiO_2 para remediación de agua.
- Nanomateriales con efectos sinérgicos para la foto-conversión química y adsorción de contaminantes en el agua.

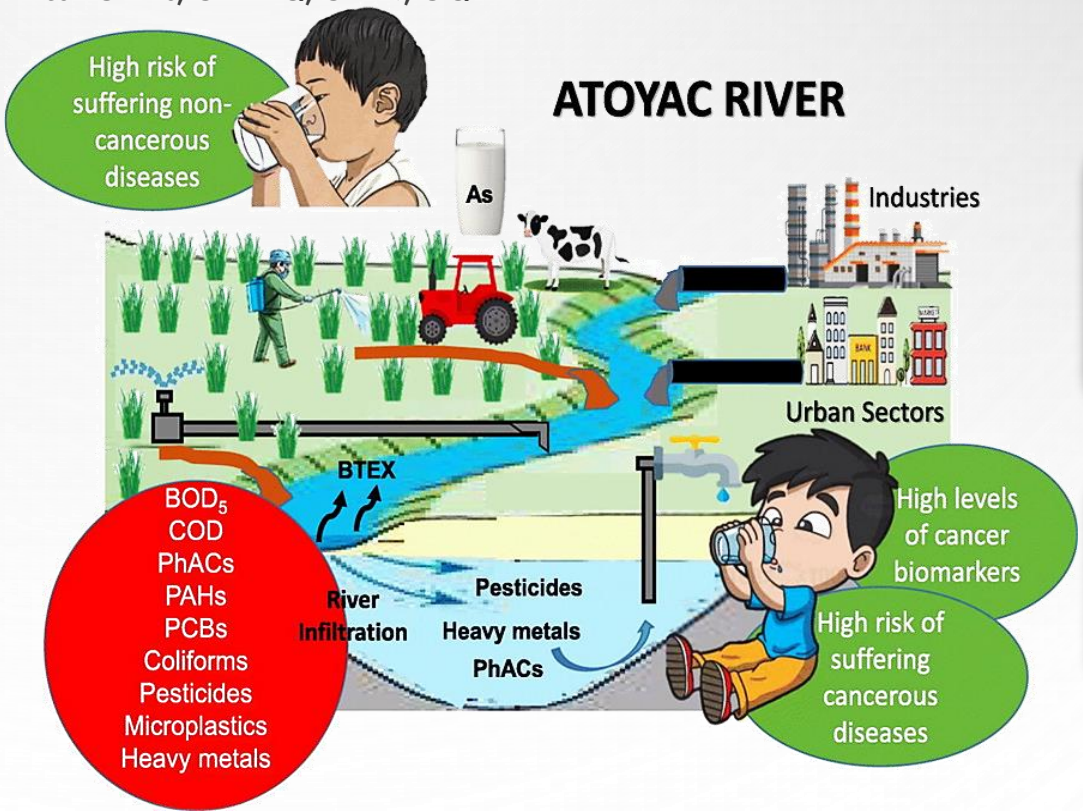
Libros de incidencia social:

- Contaminantes emergentes en agua en México: identificación, perspectivas tecnológicas y delimitaciones jurídicas (2021).
- Río Atoyac: hacia una gestión integral de una problemática multifactorial. El caso de San Mateo Ayecac, Tlaxcala, México. (2021) (Coordinador).

Elaboración de **propuestas** que fortalecerán el **Proyecto Agua Saludable para la Laguna** (RIARA, COECyT-Coahuila)

Proyectos de incidencia e impacto social:

- Coordinador del Grupo de Apoyo Técnico Transdiciplinario para la Restauración Integral de la Cuenca del Atoyac, GATTACA.
- Determinación de contaminantes emergentes en las PTARs a nivel nacional en colaboración con CIATEJ, CIDETEQ, CIMAV, CIQA.



FORMACIÓN DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

CONSORCIO AGUA

GRUPO INTERDISCIPLINARIO DEL AGUA

CENTROS PÚBLICOS DE INVESTIGACIÓN

CIMAV, CIBNOR, CIQA, CIDETEQ, CIATEJ, COLSAN,

cimav · CIB · CIQA Centro de Investigación en Química Aplicada · CIDETEQ · CIATEJ · El Colegio de San Luis, A.C.

Modelo propuesto para atender la problemática del Rio Atoyac

CIQA Centro de Investigación en Química Aplicada · INAOE Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica · CIDETEQ · El Colegio de San Luis · El Colegio de la Frontera Norte · cimav

Grupo de Apoyo Técnico Transdiciplinario para la Restauración Integral de la Cuenca del Atoyac (GATTACA)

↓

Elaboración de un "Árbol de problemas"

↓

Temas encaminados y dirigidos a atender la parte inicial de la problemática

↓

Buscar el apoyo de instituciones pertinentes a las temáticas de los problemas: CONAGUA, SEMARNAT, CONACYT, Organismos Internacionales, entre otros.

↓

Elaboración de proyectos integrales y precisos de alta incidencia e impacto social

El Colegio de Tlaxcala A.C. · CITLAX · CIATEC Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas · DALE LA CARA AL ATOYAC Queremos un Atoyac Vivo

Elaboró: Alejandro Lozano, CIQA

Gobierno del Estado Coahuila

COECYT Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Coahuila

CRIC

RIARA Red para la Innovación de Agua y Recursos Ambientales

Red de Investigadores de Agua y Recursos Ambientales de Coahuila (RIARA)

MONTERREY nano cluster

GRUPO DE TRABAJO Y COLABORADORES

Dra. Graciela Morales
Doctorado en Polímeros

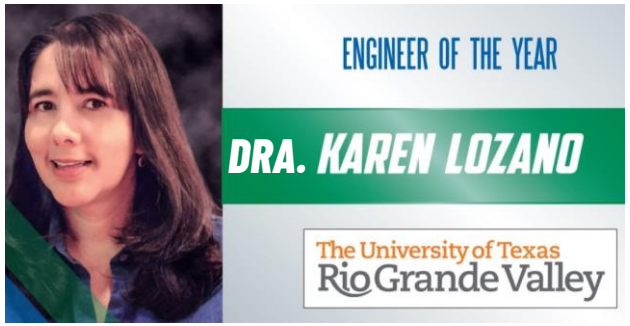
Dr. Javier Enríquez
Doctorado en Polímeros

Dr. Alejandro Lozano
Doctorado en Nanotecnología

Dr. Omar Fabela
Doctorado en Ciencias (Ingeniería Biomédica)

Dr. Raúl Herrera
Doctorado en Ingeniería y Calidad de Agua

M. C. Pablo Acuña
Maestría en Polímeros



Texas, USA

East Paris Insitute of Chemistry and Materials Science

Dr. Daniel Grande

Paris, Francia

Universidad Nacional de Mar del Plata

Research Institute for Materials Science and Technology

Dr. Gustavo Abraham

Mar del Plata, Argentina

alejandro.lozano@ciqa.edu.mx

Impacto del cambio climático en la agricultura y estrategias para mitigar sus efectos: Ejemplos recientes en el noroeste de México

"Tlaloc"
El Dios Azteca de la Lluvia

Dr. Enrique Troyo Diéguez
Investigador Titular – CIBNOR S.C.
La Paz, Baja California Sur

El problema…

- Es consenso de diferentes autores que, para iniciar una investigación una de las primeras acciones es la **identificación** de una situación crítica o dificultad, **del problema**, al que todavía no se le ha encontrado una solución, o bien se encuentra en una etapa de aproximación, que tendrá que ser concretada con precisión para luego valorarla objetivamente y proceder a su estudio sistemático, hasta alcanzar una **solución efectiva, que pueda repetirse y que sea duradera**.

Definiciones y conceptos

- Cambio climático
- Cambio global
- Variabilidad climática
- Fluctuaciones climáticas

¿Qué es el cambio climático?

Es la variación del clima provocada de manera natural o por la actividad humana que persiste por largos periodos de tiempo, generalmente décadas o más. https://cambioclimatico.gob.mx/

Puede definirse como todo cambio significativo en el sistema climático del planeta, que permanece por décadas o más tiempo.

INECC. https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/

¿Qué es el cambio global?

El término **cambio global** define al conjunto de cambios ambientales afectados por la actividad humana, con especial referencia a cambios en los procesos que determinan el funcionamiento del sistema Tierra. Se incluyen aquellas actividades que, aunque ejercidas localmente, tienen efectos en el ámbito local o regional para afectar el funcionamiento global del sistema Tierra. El cambio climático es consecuencia del cambio global y afecta, a su vez, otros procesos del funcionamiento del sistema Tierra.

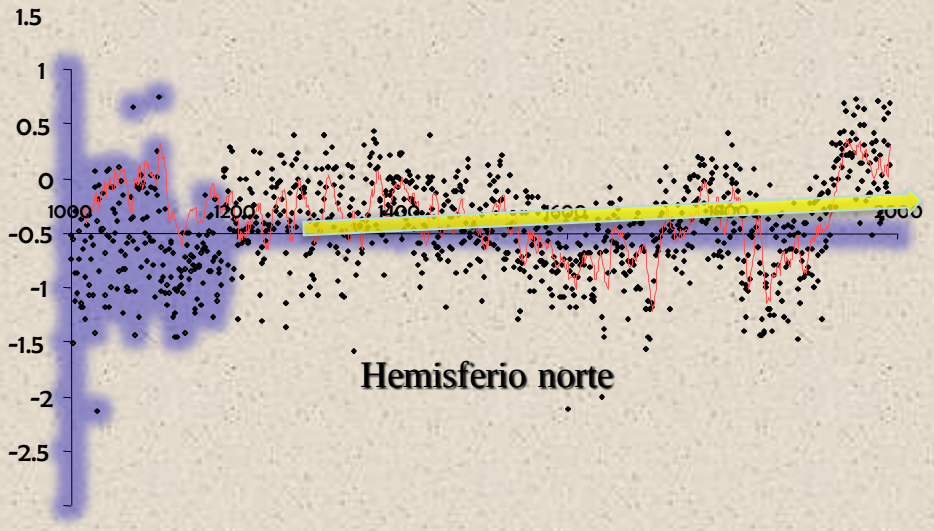
A su vez, el calentamiento global es la manifestación más evidente del cambio climático, y se refiere al incremento promedio de las temperaturas terrestres y marinas a nivel global. En las tres últimas décadas la superficie de la Tierra se ha vuelto *cada vez más cálida*, y se han superado los registros de cualquier época precedente a 1850 (IPCC).

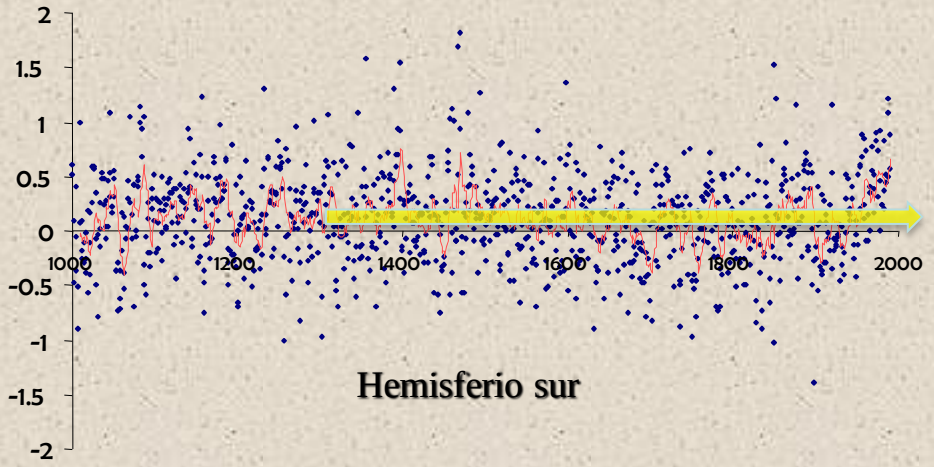
IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland,

Sobre el cambio climático … desde cuando?

- Según datos de la NASA, las partículas de CO_2 estuvieron oscilando desde hace más de 400,000 años, con subidas y subsiguientes bajadas, durante siete ciclos, derivados de los avances y retrocesos de las glaciaciones, con dos picos muy elevados.
- El primero hace 325.000 años, que llegó hasta un nivel de casi 300 ppm de CO_2, y otro repunte hace 110,000 años, hasta de 285 ppm de CO_2. Sin embargo, tras el final de la “era de hielo” hace 7,000 años, empezó una nueva etapa que permitió que exista vida en la Tierra y que haya podido desarrollarse la civilización humana.
- La mayoría de estos CC se han atribuido a variaciones en la órbita de la Tierra, que hacían variar la cantidad de energía solar que recibe en cada parte del planeta. Sin embargo, dichas variaciones actuales de las partículas de CO_2, que son estimadas por la NASA a lo largo de estos 400.000 años, han llegado a alcanzar ahora las 400 ppm, casi el doble de las dos variaciones más grandes en ese periodo de 400,000 años.

Hacia donde vamos?



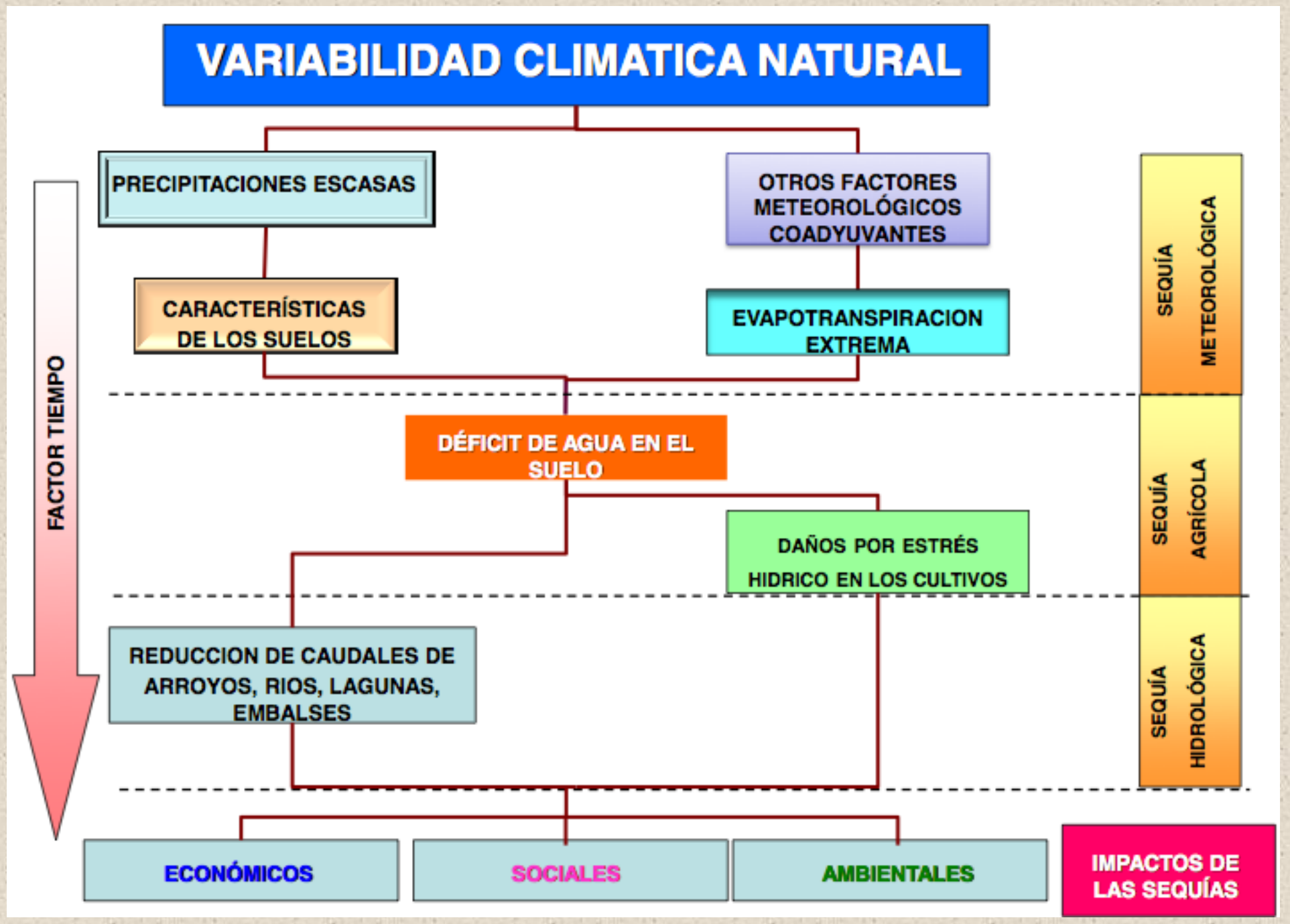


Anomalías de temperatura: Nos estamos calentando?

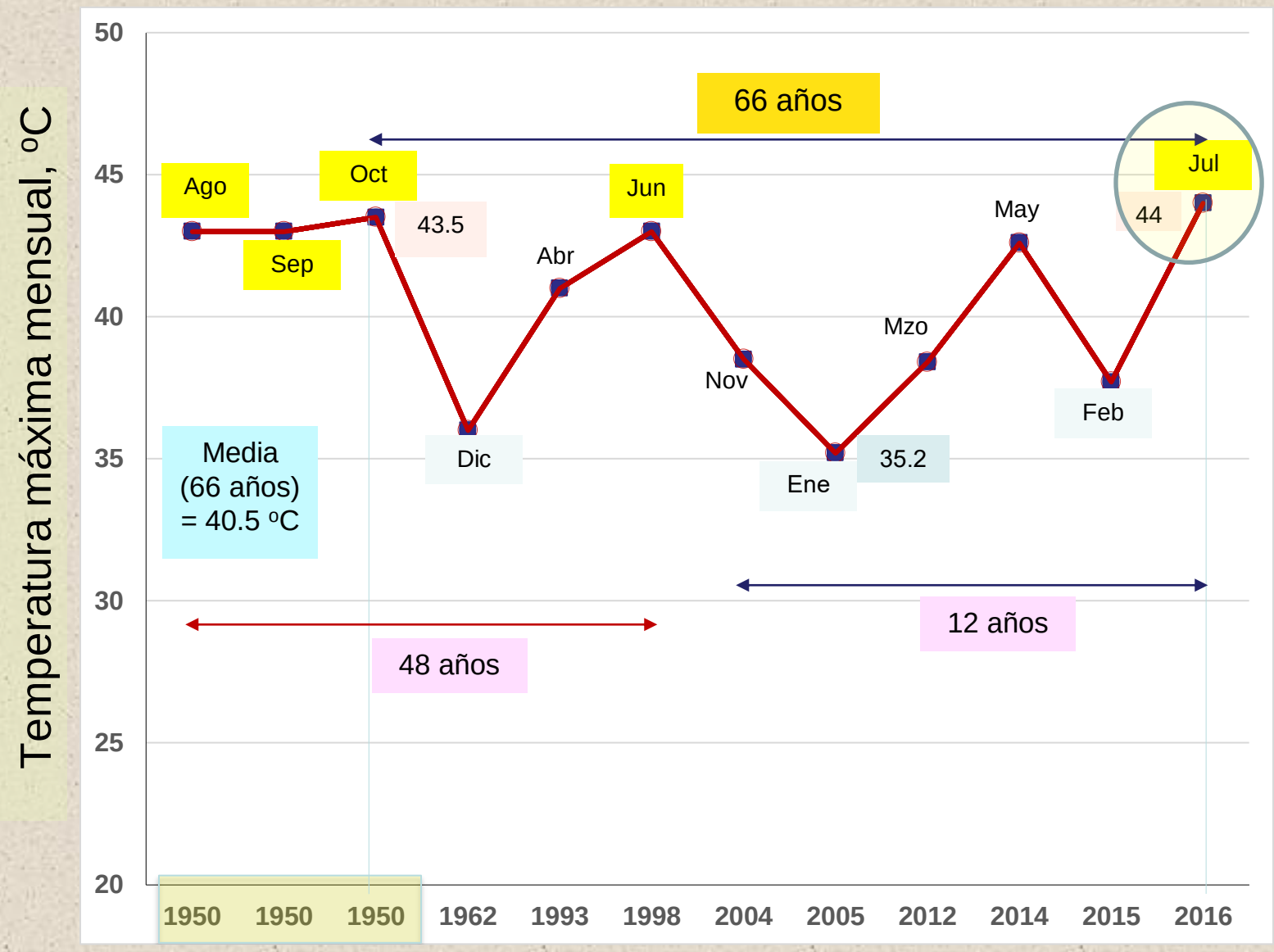
Reconstruido de Jones *et al*, 1988

Variabilidad climática

La **variabilidad climática** difiere de lo que se denomina **“clima”,** el cual, dentro de un área geográfica, consiste en los promedios de temperatura, dirección y velocidad del viento, presión atmosférica, humedad, y otros parámetros meteorológicos, calculados a lo largo de un período suficientemente largo para denominarlo “normal”. En cambio, la “variabilidad climática” depende de condiciones atmosféricas extremas que exceden con mucho de lo normal. Los fenómenos que producen dichos contrastes son frentes fríos muy organizados, células estacionarias secas, huracanes, perturbaciones tropicales y células con humedad desproporcionada. Los eventos meteorológicos extremos pueden incluir una precipitación excesiva o sequías prolongadas.

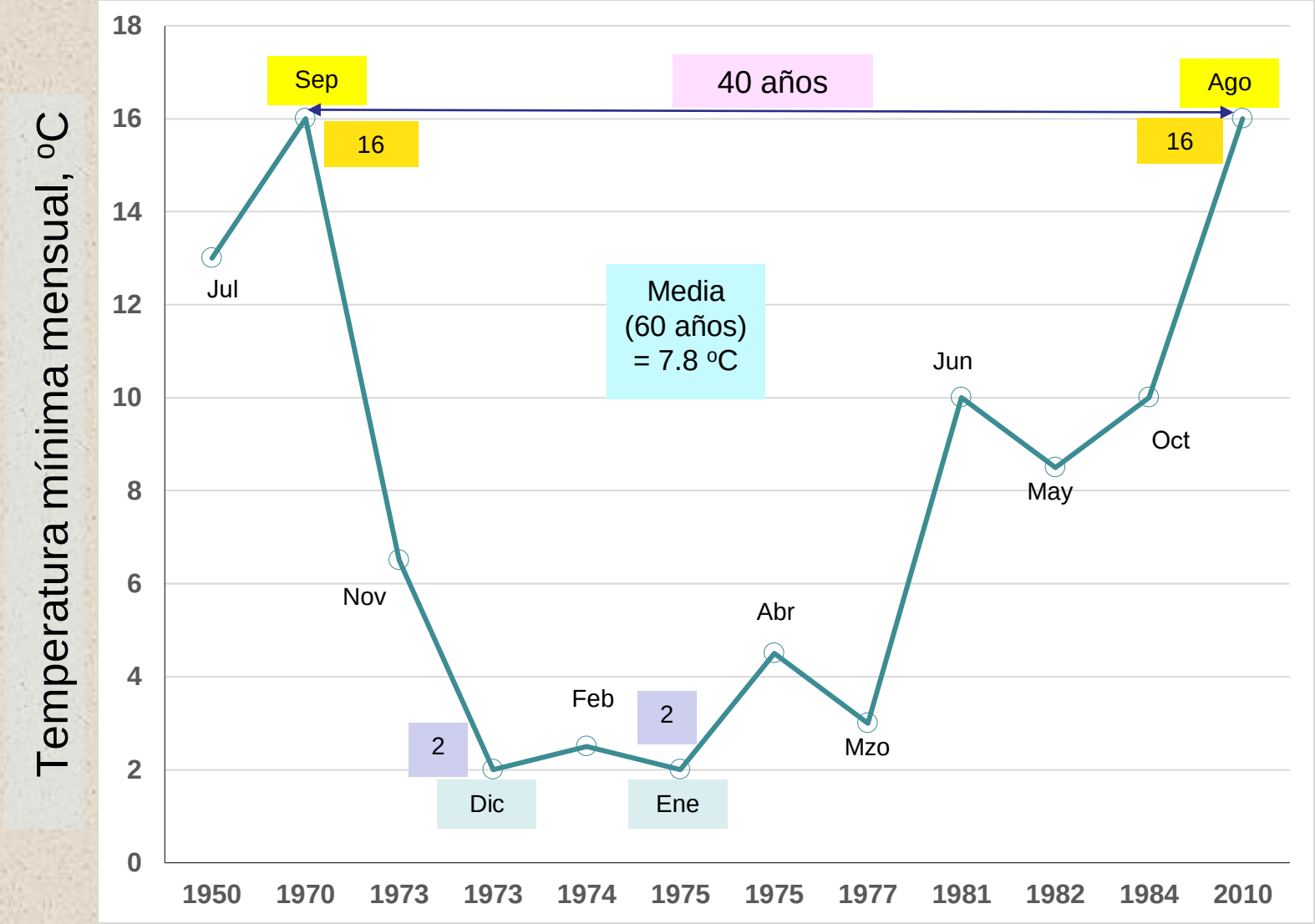

VARIABILIDAD CLIMATICA NATURAL
PRECIPITACIONES ESCASAS
OTROS FACTORES METEOROLÓGICOS COADYUVANTES
CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS
EVAPOTRANSPIRACION EXTREMA
FACTOR TIEMPO
DÉFICIT DE AGUA EN EL SUELO
DAÑOS POR ESTRÉS HIDRICO EN LOS CULTIVOS
REDUCCION DE CAUDALES DE ARROYOS, RIOS, LAGUNAS, EMBALSES
SEQUÍA METEOROLÓGICA
SEQUÍA AGRÍCOLA
SEQUÍA HIDROLÓGICA
ECONÓMICOS
SOCIALES
AMBIENTALES
IMPACTOS DE LAS SEQUÍAS

Registro histórico para las temperaturas máximas mensuales
Estación climatológica 00003074 La Paz (DGE), La Paz, BCS

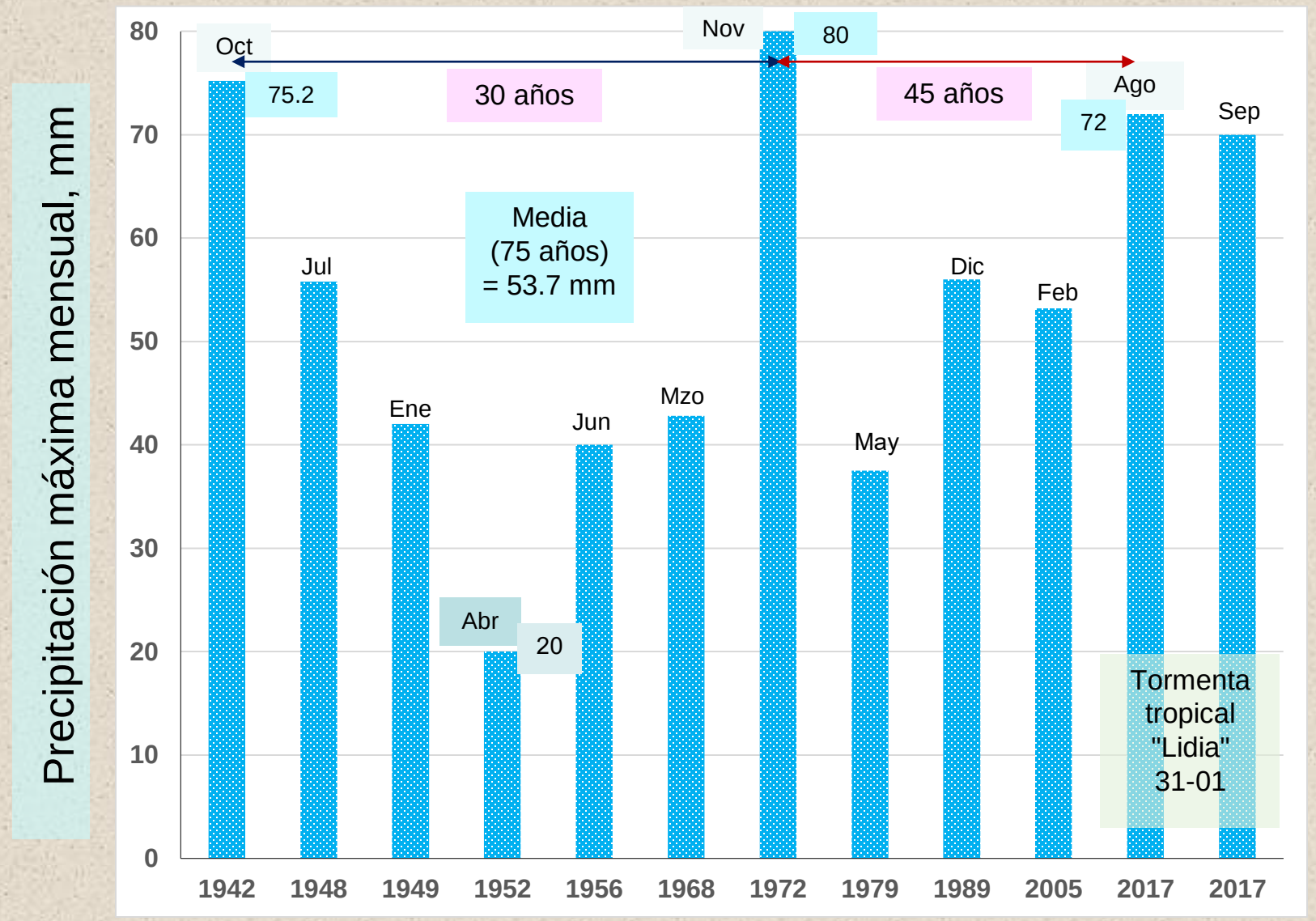


https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=bcs

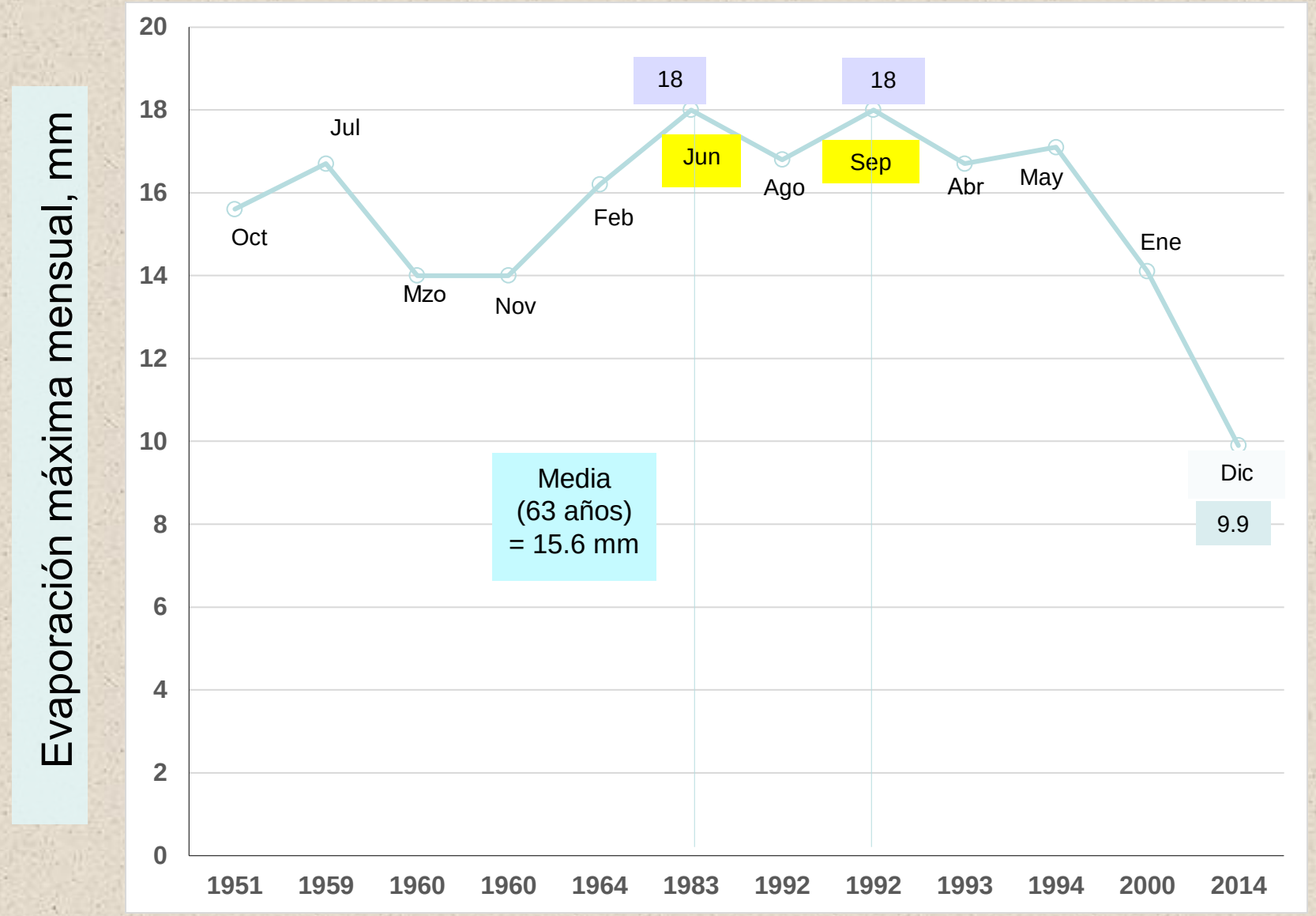
Registro histórico para las temperaturas mínimas mensuales
Estación climatológica 00003074 La Paz (DGE), La Paz, BCS



Registro histórico para las precipitaciones máximas mensuales
Estación climatológica 00003074 La Paz (DGE), La Paz, BCS



Registro histórico para las evaporaciones máximas mensuales
Estación climatológica 00003074 La Paz (DGE), La Paz, BCS



Agua y clima en agricultura de zonas áridas: Estrés hídrico y térmico

Investigación agroclimatológica => Criterios hidroambientales.-

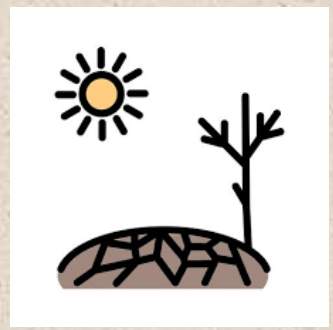
Diagnósticos y soluciones sitio-específicas

- Crecimiento
- Desarrollo
- Rendimiento
- Producción

Precipitación (pp)

Temperatura (t)

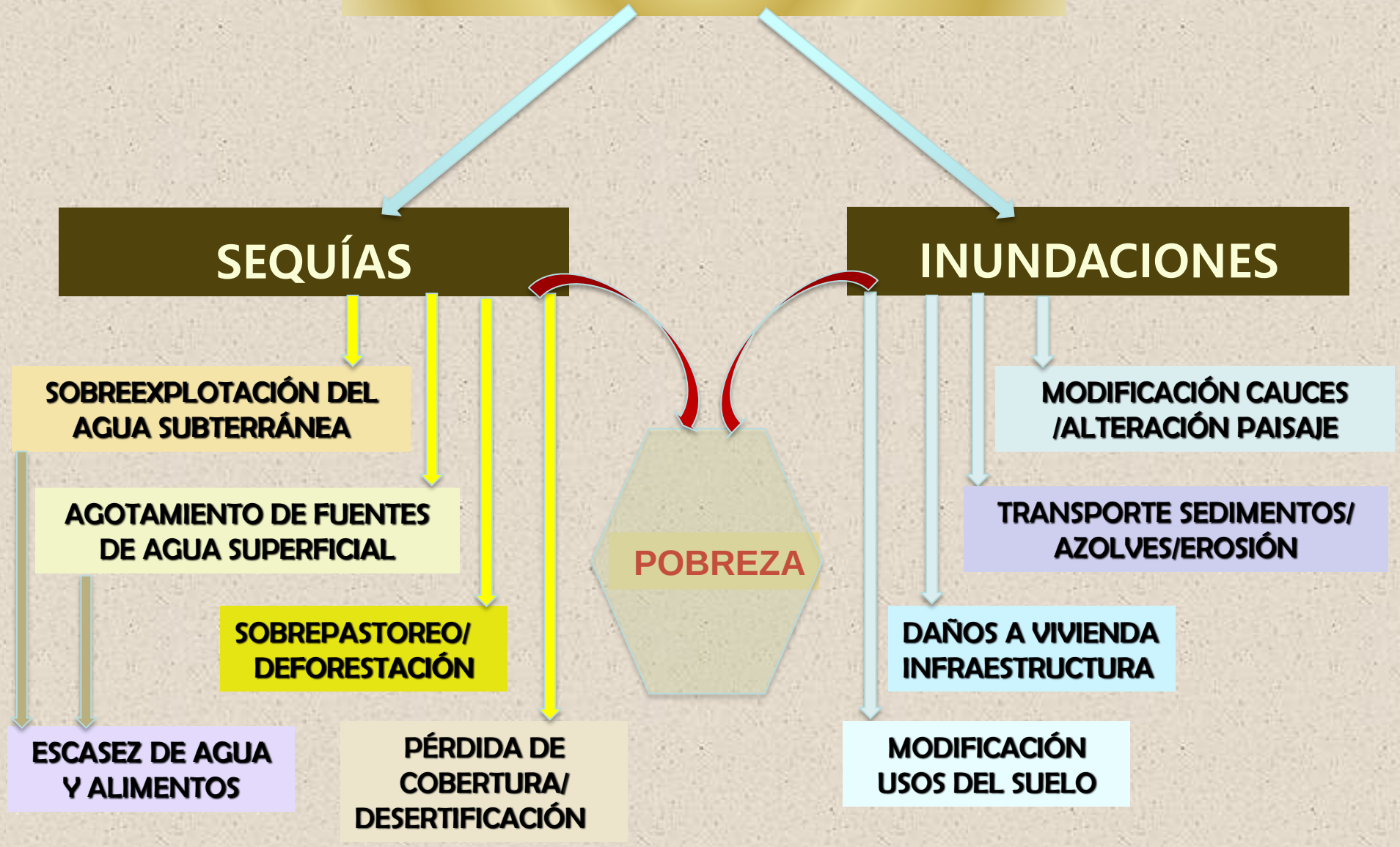
Índice de Diponibilidad Hidroambiental (IDHA)



Sivakumar *et al.,* 2000; Altieri *et al.,* 2015

Costa-Becheleni, F.R. 2021. Tesis de Doctorado, en proceso.

VARIABILIDAD CLIMATICA EN EL NOROESTE DE MÉXICO



Problemática…

Qué requiere la gente?… Qué demanda la sociedad?

Todos los humanos necesitamos productos y servicios básicos para el bienestar y confort: Un mínimo de insumos. -

ALIMENTOS AIRE PURO AGUA TECHO-HABITACIÓN RECREACIÓN

Demanda en zonas urbanas: Seguridad, agua de buena calidad (permanente), servicios, atracciones, transporte, diversidad de alimentos.

Pero además…. **En zonas áridas prevalece: Escasez de agua, donde el Cambio climático está afectando las comunidades y la infraestructura.**

PROBLEMÁTICA AGRO-AMBIENTAL

TENDENCIA:

- DISMINUCIÓN DE PP -> ABATIMIENTO EN LA DISPONIBILIDAD DE AGUA / REDUCCIÓN DE ÁREAS DE RECARGA (POR EFECTOS HIDROLÓGICOS Y POR EL CRECIMIENTO DE LAS MANCHAS URBANAS)
- MENOS HUMEDAD -> MENOS FORRAJE -> SOBREPASTOREO: COMPACTACIÓN Y PÉRDIDA GRADUAL DE LA FERTILIDAD DEL SUELO -> DESERTIFICACIÓN -> POBREZA RURAL (POBREZA HÍDRICA Y ALIMENTARIA)
- PROCESOS DE EROSIÓN, SALINIZACIÓN, ENSALITRAMIENTO, SALIFICACIÓN, SODIFICACIÓN -> DEGRADACIÓN, DESTRUCCIÓN DEL SUELO (*Estructura*)
- ABATIMIENTO DE LA CANTIDAD DE AGUA DISPONIBLE DE <u>BUENA CALIDAD</u> PARA EL DESARROLLO SOCIOECONÓMICO Y LA AGRICULTURA (SUBSUELO -> ACUÍFEROS -> EXTRACCIONES -> SOBREEXPLOTACIÓN)

Escenarios para las futuras generaciones…

…Año 2025, 2030, 2050

……Escasas tierras fértiles?
……Suelos erosionados?
....Sin suficiente agua dulce?
…..Insuficientes cultivos adaptados?
…..Sin verduras frescas?
…..Con fuentes de agua ensalitradas?
…..Sin paisajes naturales?
…..Sin suficiente alimento?

DESAFÍOS:

CRECIMIENTO POBLACIONAL (más alimentos con menos agua)

+ VARIABILIDAD CLIMÁTICA

+ DETERIORO/MODIFICACIÓN AMBIENTAL

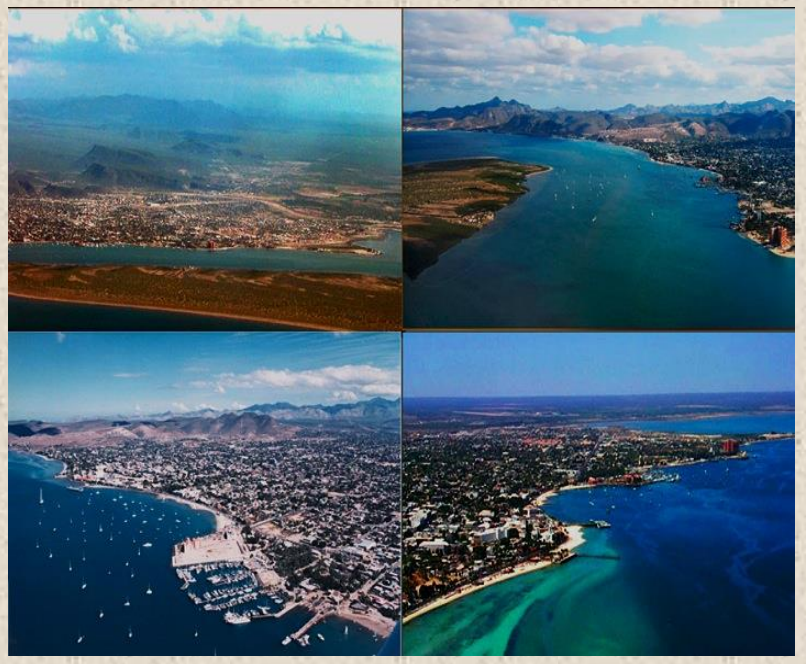
Crecimiento poblacional …
y desarrollo socioeconómico
Estudios de caso en Baja California Sur

Crecimiento demográfico: La Paz BCS, México

Tabla 1. Evolución demográfica del Municipio y de la Cd. de La Paz.

Año	Población Censal	
	Municipio de La Paz	Cd. de La Paz
1950	17,513	13,081
1960	29,149	24,253
1970	51,521	46,011
1980	130,427	91,453
1990	160,970	137,641
2000	197,600	162,954
2005	219,596	174,187
2010	251,871	203,764
2020	**301,970**	**241,580**

Fuente: La población de los municipios de México 1950-1990, CONAPO, 1994. INEGI, 2011

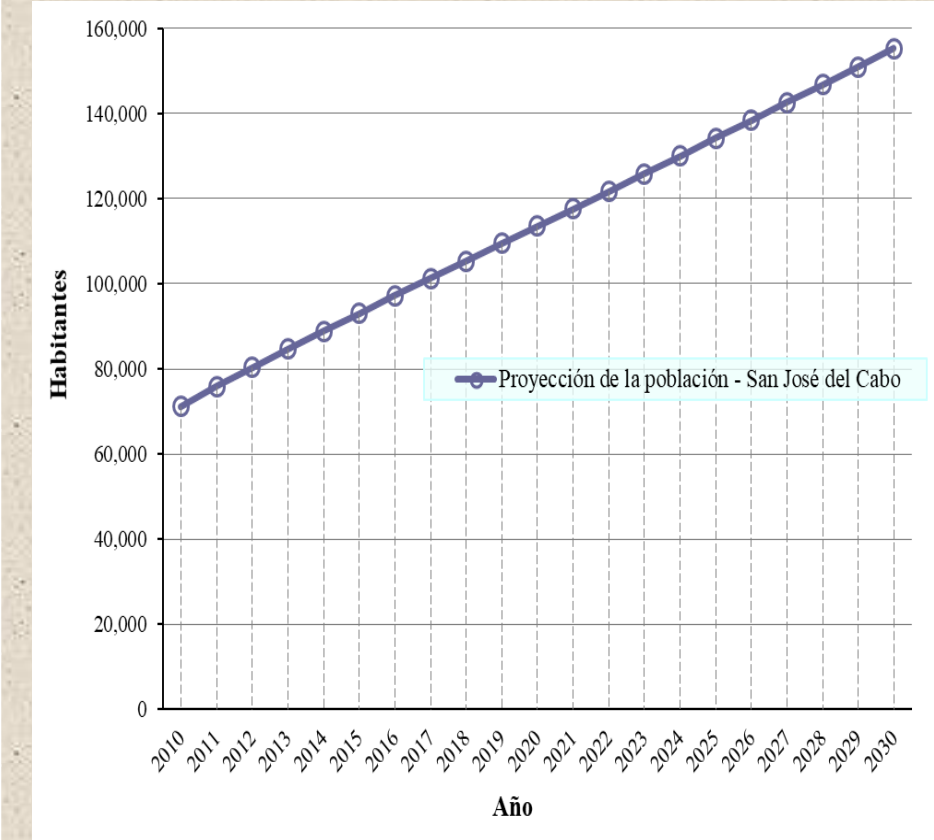


Crecimiento demográfico:
17 veces desde 1950
1.5 veces desde 2000

Crecimiento demográfico... y desarrollo socieconómico: Mpio. de Los Cabos

Año	Población censal	
	Municipio de Los Cabos	San José del Cabo
1990	43,920	14,892
1995	71,031	20,508
2000	105,469	31,102
2005	164,162	48,872
2010	238,487	69,788
2017	328,247	101,288

Fuente: Gob. Edo. BCS. Anuario Estadístico 2017.



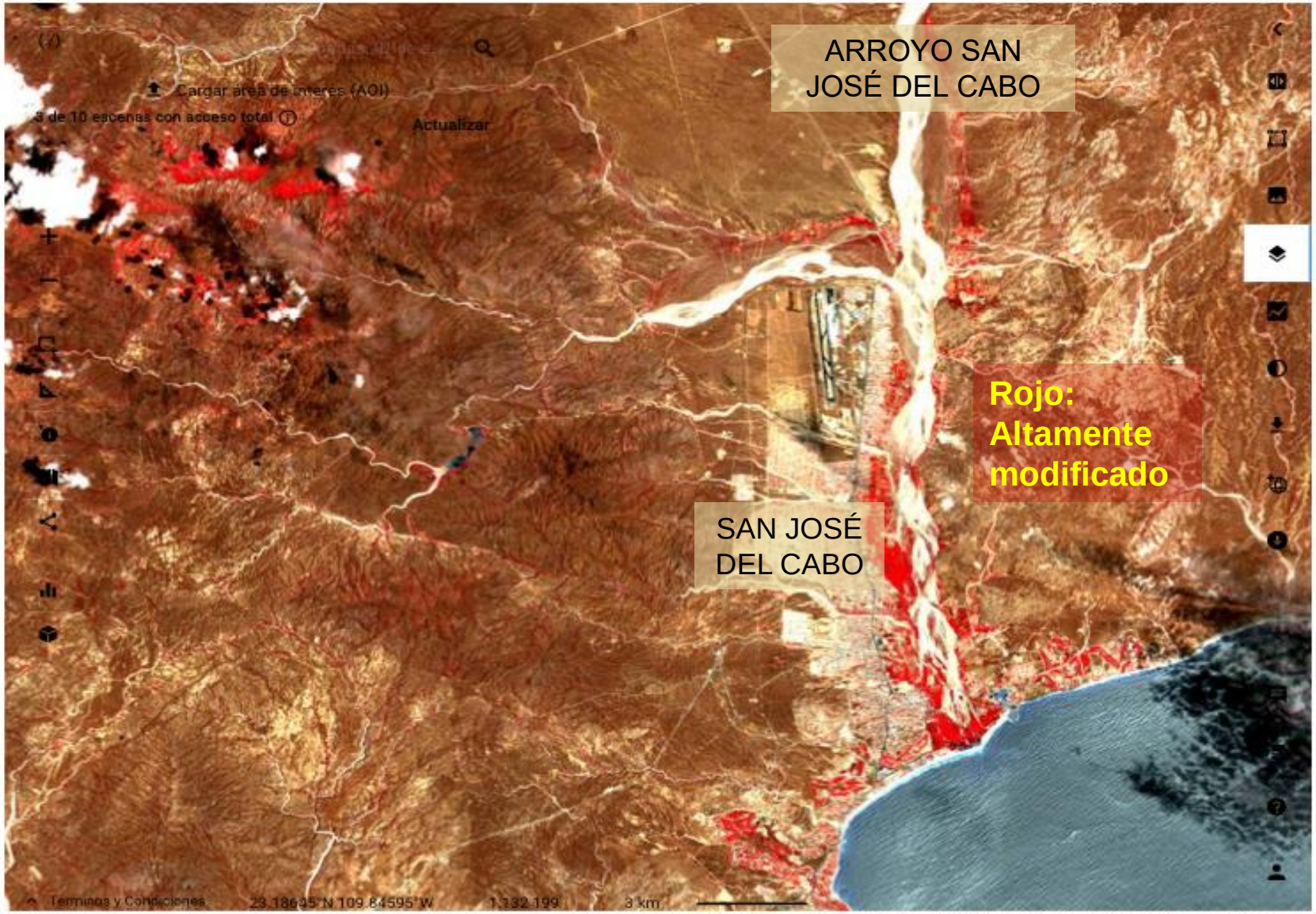
*Población no contabilizada: Aprox. +6,000/año
**Comunicación personal.

Crecimiento demográfico:
Municipio de Los Cabos: 7.5 veces desde 1990
San José del Cabo: 6.8 veces desde 1990

CAMBIO CLIMÁTICO Y DETERIORO AMBIENTAL

INUNDACIONES, SEQUÍAS: SIGNOS Y SEÑALES DE AUSENCIA DE PREVENCIÓN, VIGILANCIA Y MANEJO ANTE EL DESARROLLO DESCONTROLADO:

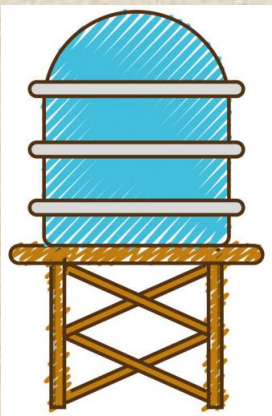
- **Basuras domésticas en lechos de arroyos (basureros clandestinos)**
- **Red de drenaje insuficiente: derrames hacia los arroyos**
- **Incendios dentro del núcleo del estero**
- **Presencia de especies exóticas**
- **Uso recreativo indiscriminado; sin orientación ni guías**


ARROYO SAN JOSÉ DEL CABO
Rojo: Altamente modificado
SAN JOSÉ DEL CABO
Cargar área de interés (AOI)
3 de 10 escenas con acceso total
Actualizar
Términos y Condiciones
23.18635°N 109.84595°W
1:332,199
3 km

CAMBIO CLIMÁTICO Y EL RECURSO AGUA -→ IMPACTOS EN LA AGRICULTURA: LAS SEQUÍAS

Baja California Sur: Sequía y salinidad

- ❑ Zonas áridas y semiáridas
- ❑ Regiones costeras
- ❑ Tierras agrícolas
- ❑ Agua



Zavala *et al.,* 1998; Troyo-Diéguez *et al.,* 2010; Cariño *et al.,* 2012; Albed y Kumar, 2013; Abuelgasim y Ammad 2019; Fotos A y B tomadas de Gustavo Mercado (2011). Costa-Becheleni, F.R. 2021. Tesis de Doctorado, en proceso.

DEFINICION

"La sequía es un fenómeno natural que ocurre cuando la precipitación y la disponibilidad del agua en un periodo de tiempo y en una región dados, es menor que el promedio histórico registrado, y cuando esta deficiencia es lo suficientemente grande y prolongada como para dañar las actividades humanas". (Velasco, 2002, Ravelo 2007).

DIFERENTES ENFOQUES….

…. COMO ABORDAR LA SEQUÍA??

- Sequía meteorológica
- Sequía hidrológica
- Sequía edáfica
- Sequía ecosistémica
- Sequía socieconómica
- Sequía urbana
- Otros tipos ????
- Hidroeléctricas: Fallas en la generación de electricidad

PERÍODOS Y EFECTOS PRINCIPALES DE LA SEQUIA

PERIODOS DE SEQUÍA	EFECTO PRINCIPAL
1977-1980	Ganadería, agricultura, desempleo, suministro AP
1988-1994	Ganadería, agricultura, desempleo, suministro AP
1999-2004	Ganadería, agricultura, desempleo, suministro AP

Tabla 1: Pérdidas por sequía en agricultura, ganadería y servicios de agua potable.

Fuente del agua: la lluvia

Otros efectos que no han sido cuantificadas apropiadamente:

- **Mortandad de ganado,**
- **Devastación de áreas forestales por el fuego,**
- **Aumento de concentración de contaminantes en el suelo,**
- **Degradación de la calidad del agua,**
- **Disminución de la generación de energía hidroeléctrica,**
- **Reducción de las actividades recreativas y de pesca en presas, diques y lagunas,**
- **Tandeo de agua en ciudades,**
- **otros.**

Sequia Agricola

EFECTOS

Incendios, desolación y desertificación

EN CUENCAS DONDE NO HAY CUERPOS DE AGUA SUPERFICIAL, SE EXTRAE AGUA DEL SUBSUELO:

EXTRACCIONES + SEQUIAS = SOBREEXPLOTACIÓN

EJ.: Acuíferos en Baja California Sur (M: millones)

Nombre del Acuífero)	Recarga (Mm^3)	Extracción (Mm^3)	Disponibilidad (Mm^3)	Has. Posibles de riego con lámina de 100 cm.
• Vizcaíno	40.0	42.70	-2.7	4,270.00
• Santo Domingo	188.0	313.38	-125.4	31,338.00
• El Pescadero	3.1	3.19	-0.1	319.00
• Todos Santos	3.8	2.83	1.0	283.00
• San J. del Cabo	23.8	21.23	2.6	2,123.00
• El Carrizal	16.0	8.60	7.4	861.00
• Los Planes	8.5	9.57	-1.1	957.00
• La Paz	28.7	38.00	-9.3	2,900.00
• Total	311.9	433.51	-121.6	43,351.00

Sudcaliforniano

Adelanta Sagarpa recursos para contrarrestar la sequía

A fin de evitar más muertes de ganado por la sequía en la entidad, la Sagarpa adelantará los apoyos económicos para unos 2 mil ganaderos. / El Sudcaliforniano

El Sudcaliforniano
28 de febrero de 2012

La Paz, Baja California Sur.- A fin de que se atienda la sequía por la que atraviesa Baja California Sur se adelanta la entrega de apoyos por 8.6 millones de pesos derivados del Programa Ganadero (PROGAN) destinados a cerca de 2 mil ganaderos, reveló Álvaro Gómez Reynoso, delegado de la SAGARPA.

Apoyo = $4,300.oo /ganadero

El Sudcalifornian
1 de marzo de 2012

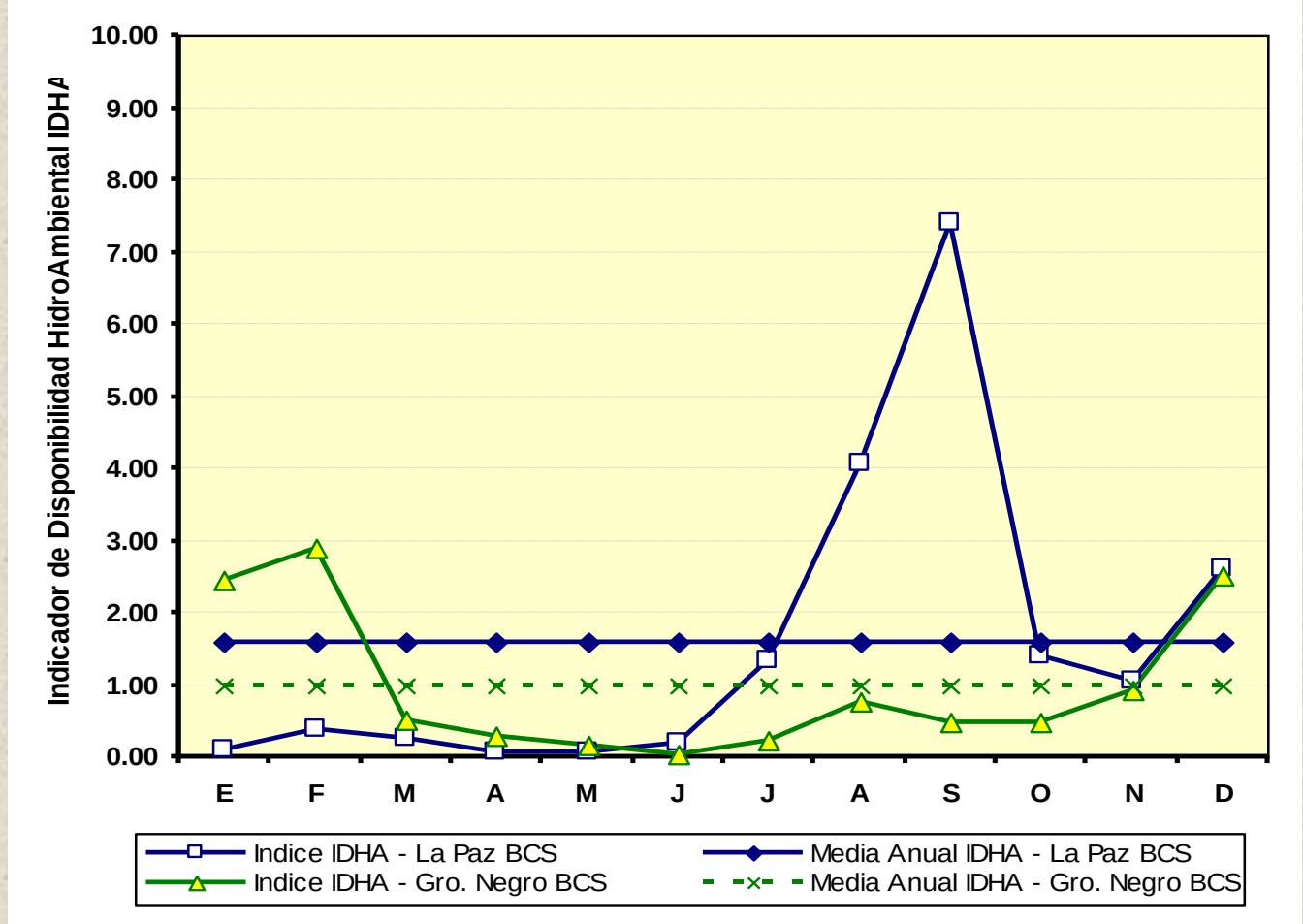
Elías Medina P.

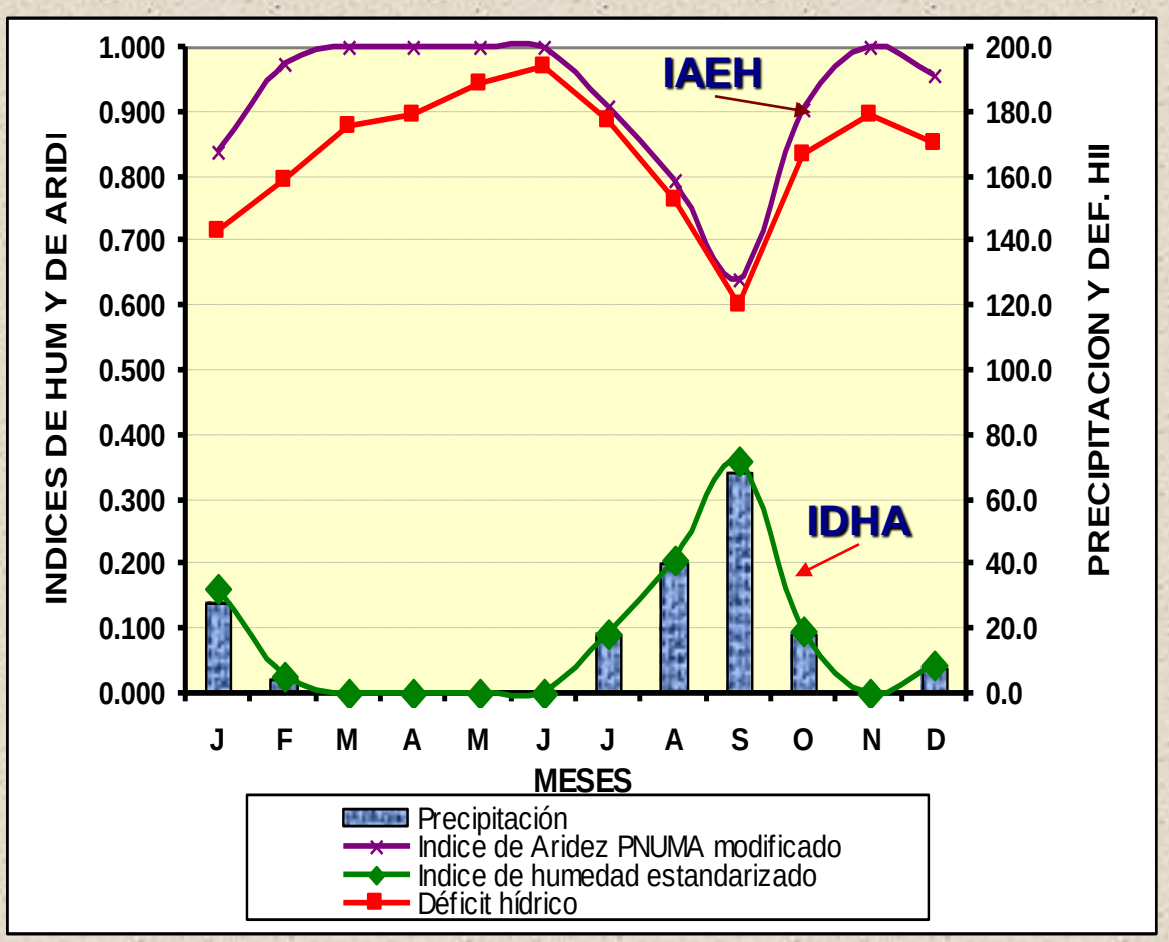
SAGARPA promoverá un programa que busca reducir costos de mantenimiento de los hatos ganaderos. / El Sudcalifornian
Comprará SAGARPA vacas a ..... ¡600 pesos!

INDICADORES DE SEQUÍA Y DISPONIBILIDAD HÍDRICA

Índices adaptados a la información disponible:

Indicador de Disponibilidad Hidroambiental IDHA para el estudio y comparación de cuencas y micro-cuencas.





APLICACIÓN DE INDICADORES PROPUESTOS POR EL PNUMA

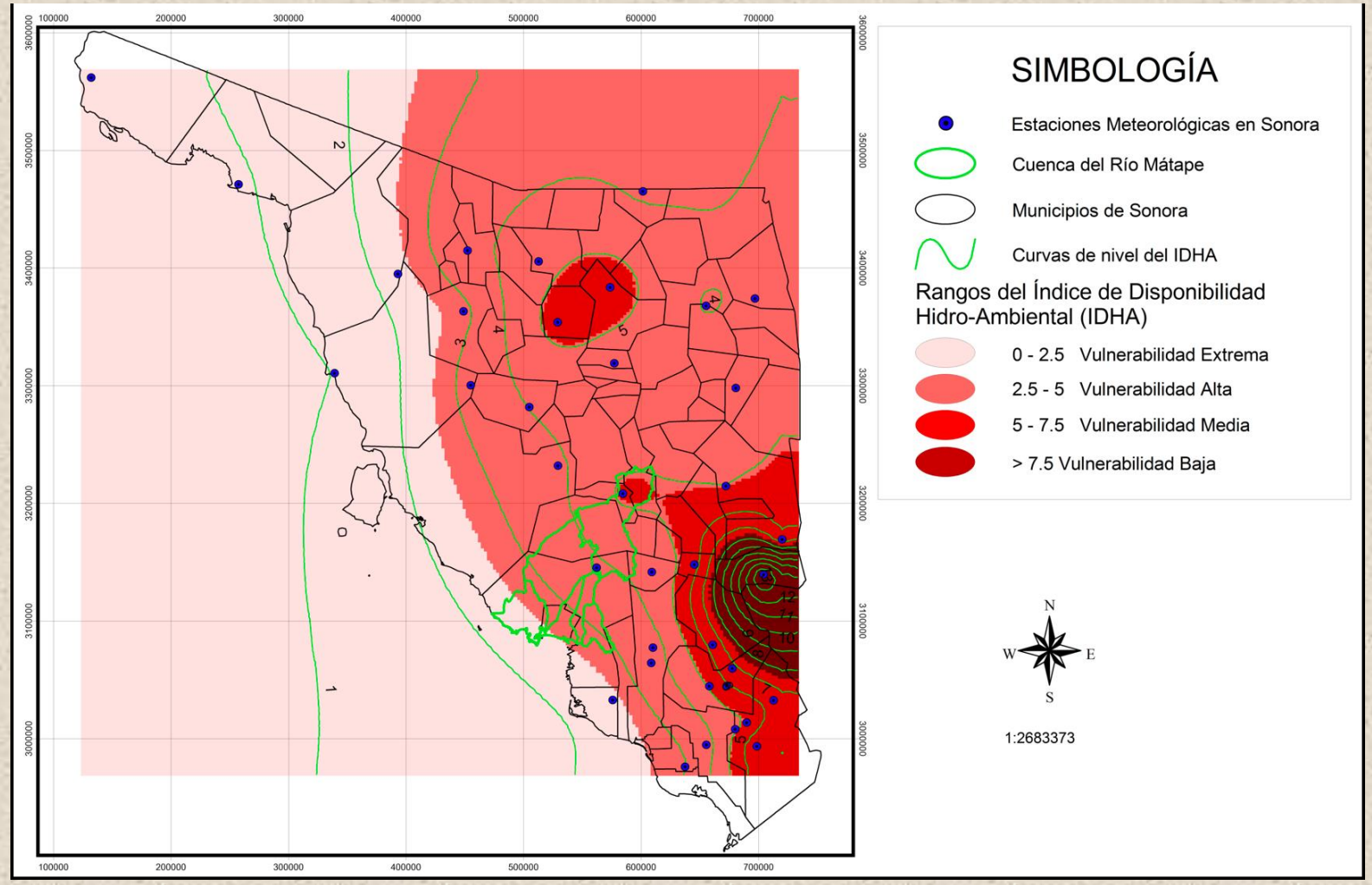
Se considera de utilidad práctica, con fines de interpretación, el uso de índices que muestren una alta correspondencia con los valores de precipitación:

. "Índice de Disponibilidad Hidro-ambiental (IDHA)".
Bajo este enfoque, el complemento con la unidad sería el Indice de Aridez por Estrés Hídrico (IAEH), de tal forma que se cumpla:

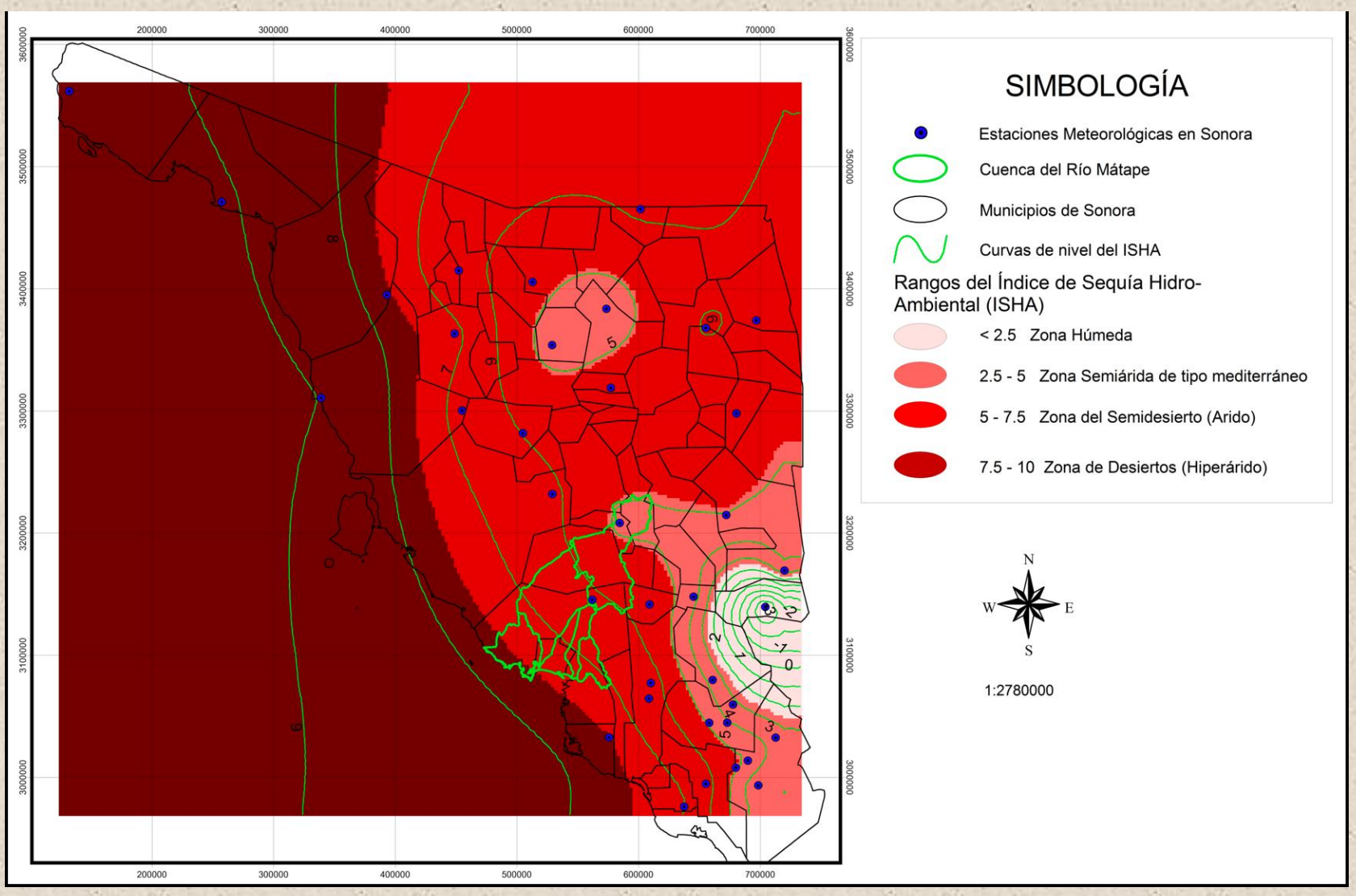
$1 = IDHA + IAEH$

$IDHA = PP/ET$

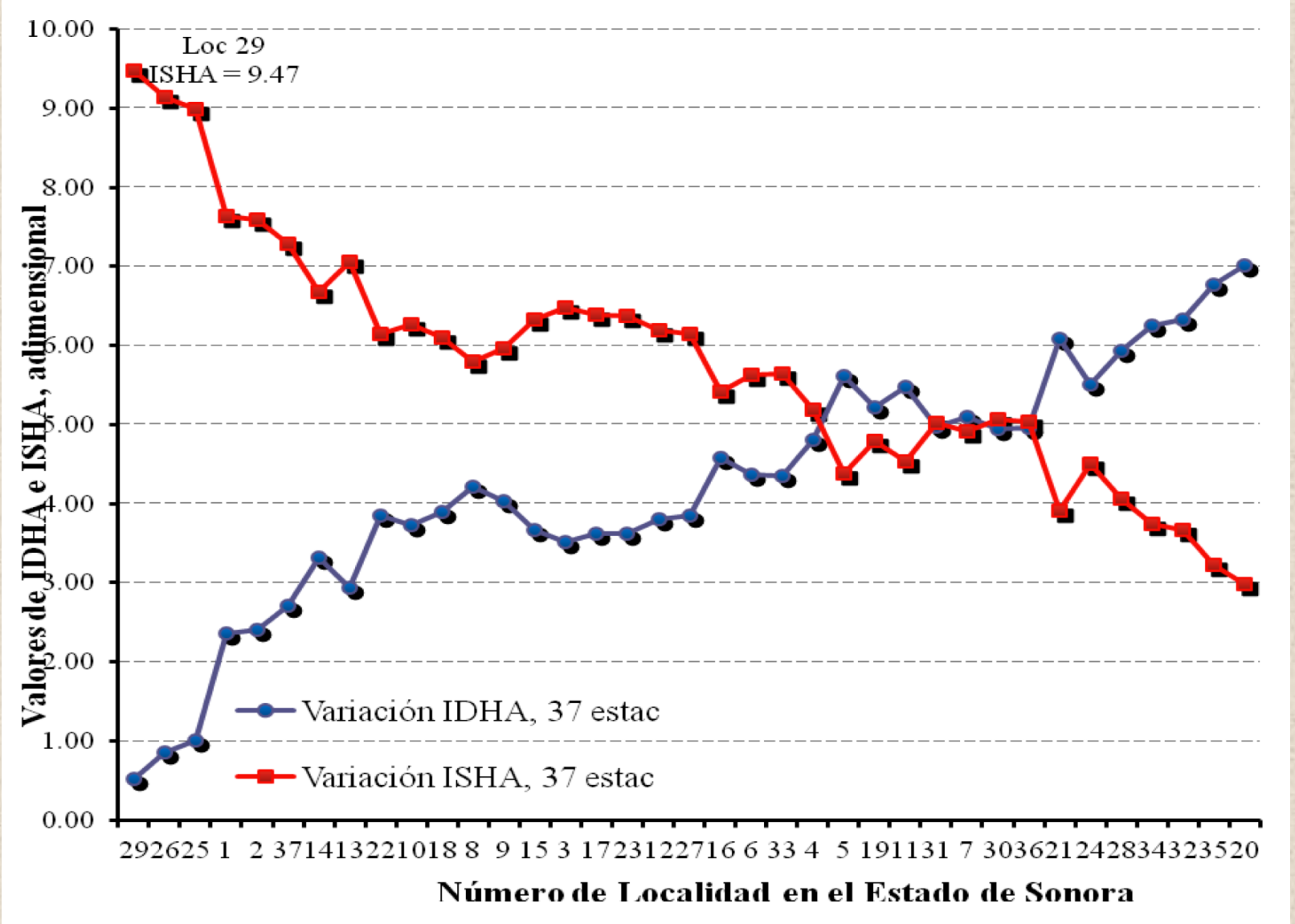
$IAEH = 1 - (PP/ET)$



Mapa del Índice de Disponibilidad Hidro-Ambiental (IDHA) en Sonora.



Mapa del Índice de Sequia Hidro-Ambiental (ISHA) en Sonora



Variación de los indicadores IDHA e ISHA, para 37 localidades del estado de Sonora.

Interpretación de los indicadores IDHA e ISHA, para 37 localidades del estado de Sonora.

Valor del IDHA	Vulnerabilidad	Recomendaciones de manejo
0 a 2.5	Extrema	Exclusión total para el pastoreo
2.5 a 5	Alta	Manejo con restricciones severas, exclusión total durante los meses de sequía
5 a 7.5	Media	Manejo sostenible con rotaciones adecuadas y prevenciones durante la sequía
> 7.5	Baja	Alto potencial de manejo sostenible, se sugieren rotaciones adecuadas

Valor del ISHA	Zona
< 2.5	Húmeda
2.5 a 5	Semiárido de tipo mediterráneo
5 a 7.5	Semidesierto (Árido)
7.5 a 10	Desiertos (Hiperárido)

Sembradora para labranza “cero” de tracción animal.

EFECTOS DE LA SEQUIA Y SOBREPASTOREO EN EL SUELO:

SEQUÍA.- Menos pp: disminuye la cobaertura, se abate el secuestro de C y la MO

SOBREPASTOREO.- Aumentan los escurrimientos; transporte de fracción fértil

Menos agua, más evaporación / riegos inadecuados: Salinización, ensalitramiento, salificación /

Sodificación, alcalinización :

Acumulación de sales en el suelo

Proceso que afecta y destruye los suelos en zonas áridas

Consecuencias de la alta salinidad en la salud

Estudio epidemiológico en

Baja California Sur 2009-2014

Tres veces más riesgo de desarrollo de hipertensión por salinidad >2000 mg/L STD

Frecuentes casos de enfermedades renales

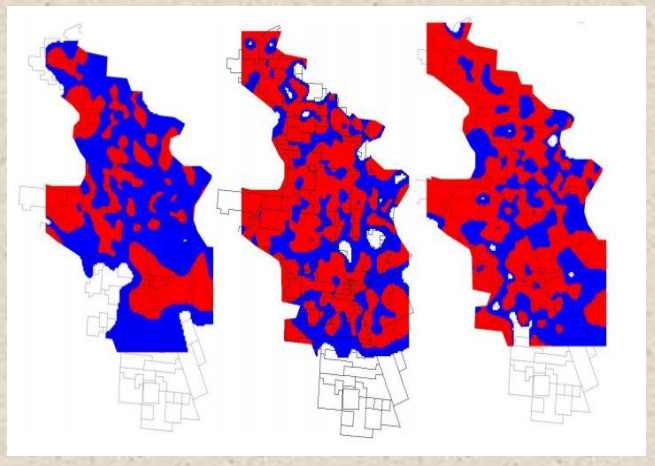
Un escenario para prevenir:

El trinomio catastrófico:

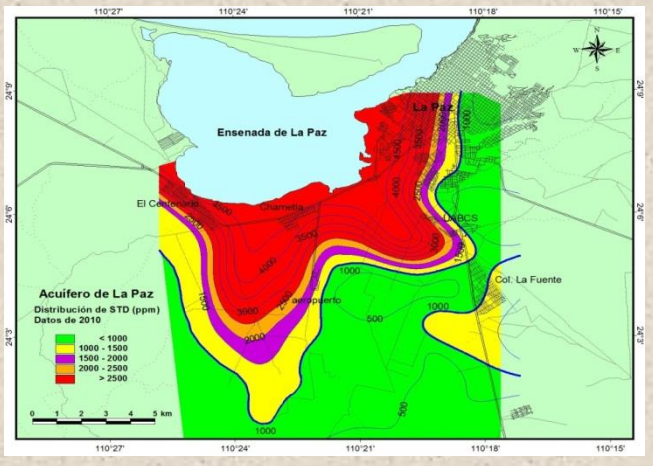
Sequía – Salinización - Desertificación → Pobreza

puede exacerbar el riesgo destructivo de los efectos del Cambio Climático en el equilibrio de los recursos naturales:

Agua – Suelo - Ecosistemas - Paisaje



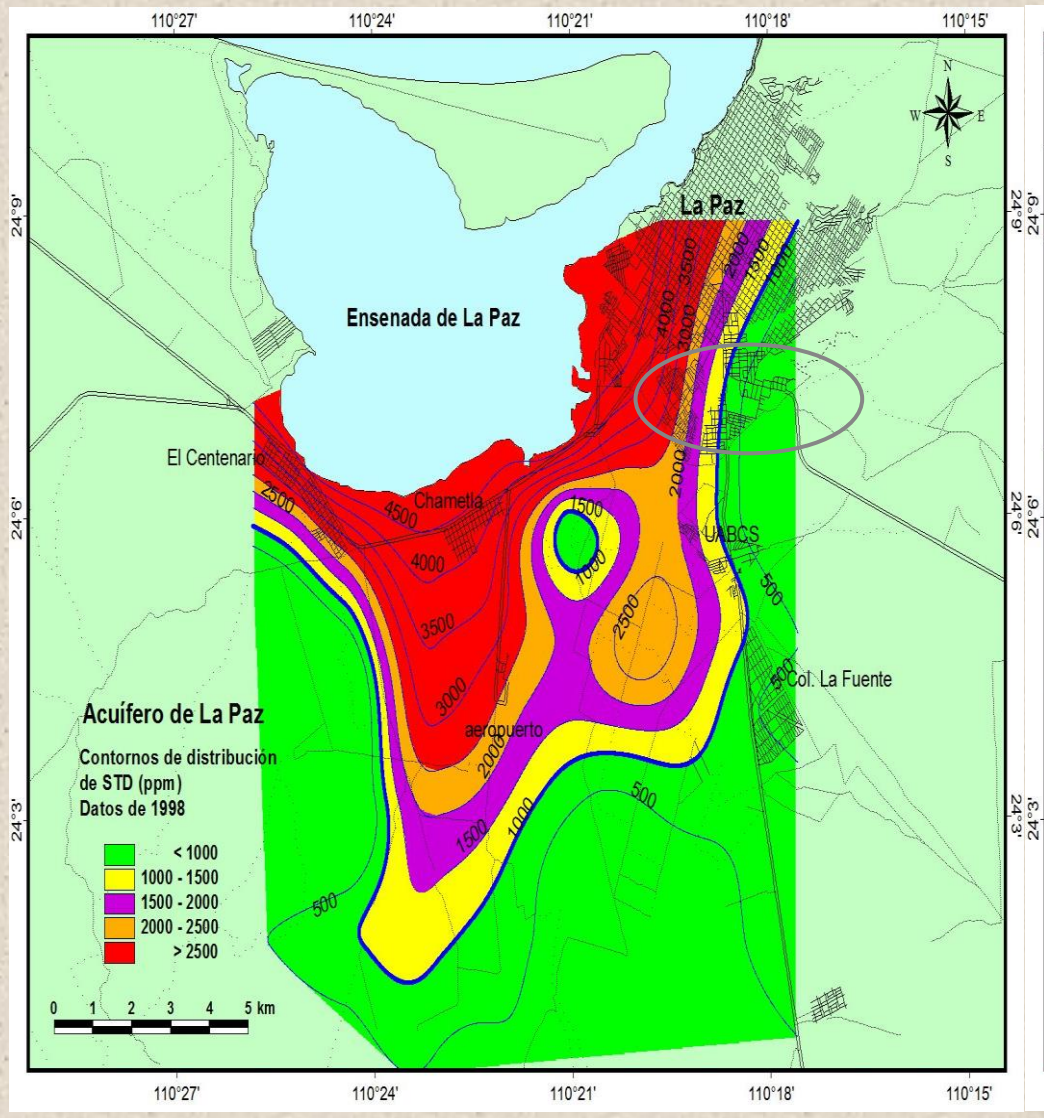
Santo Domingo, B.C.S.

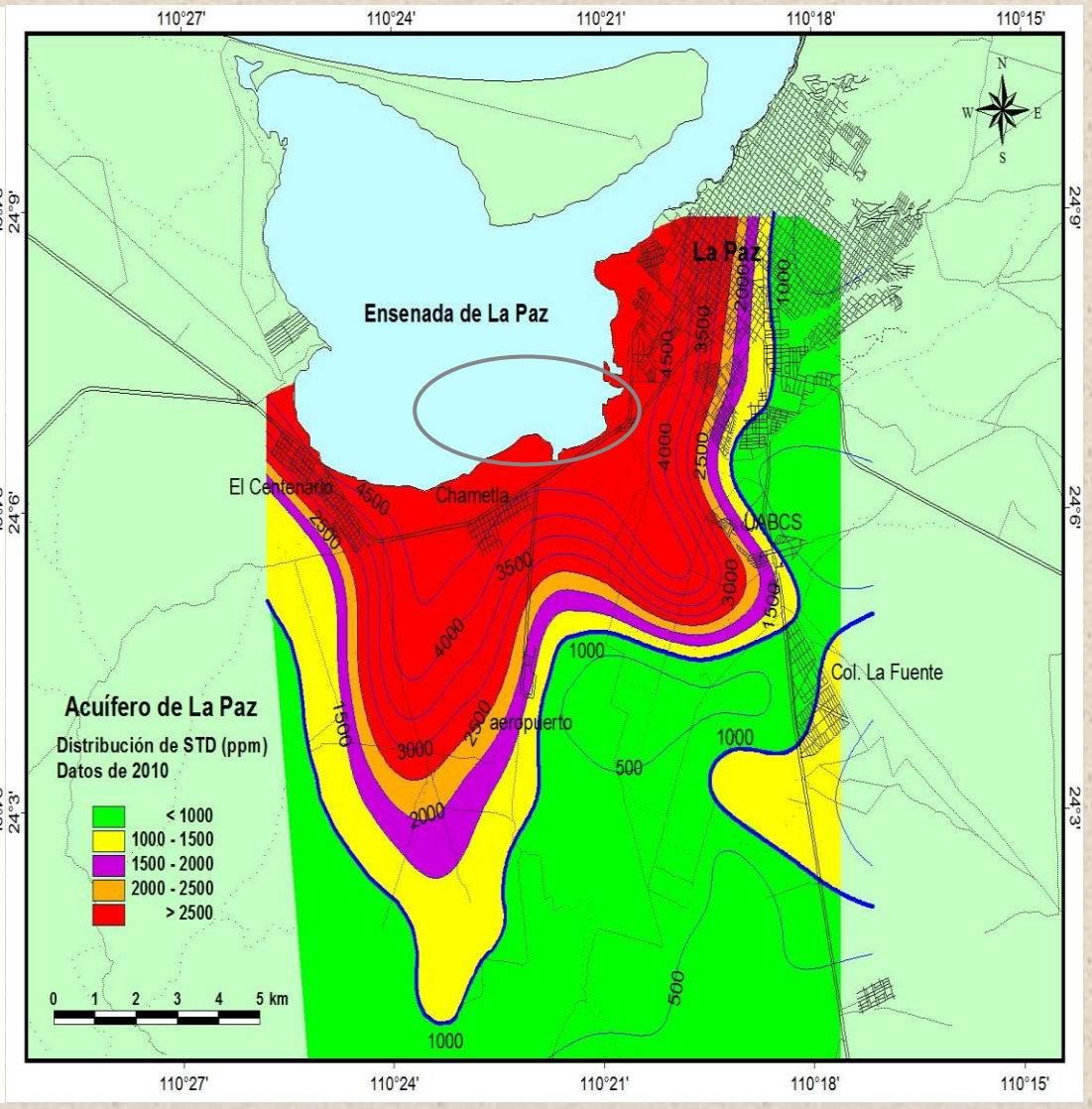


La Paz, B.C.S.

Incremento de áreas salinizadas en Santo Domingo y La Paz; BCS

Distribución de Sales expresadas como Sólidos Totales Disueltos (STD) en La Paz , BCS

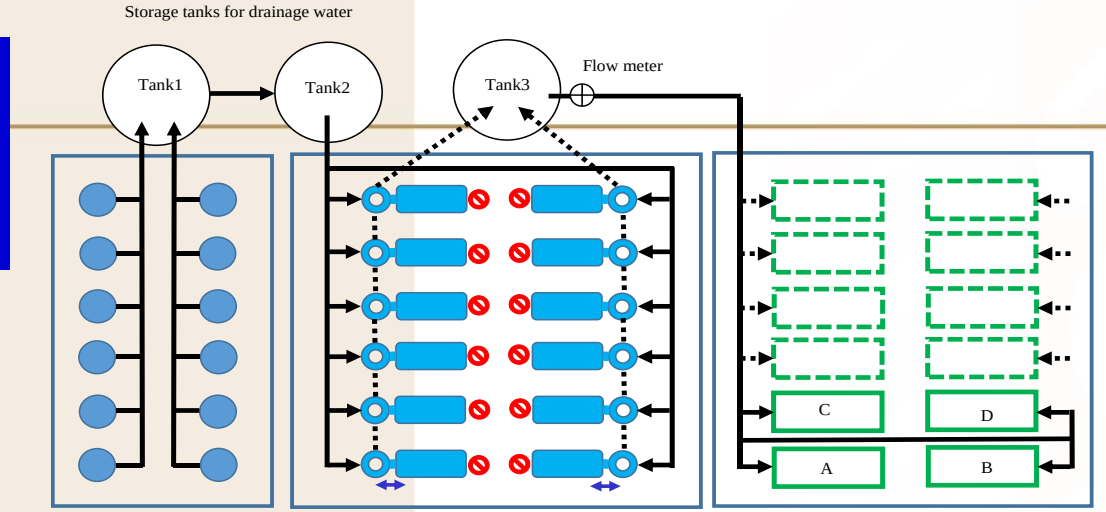


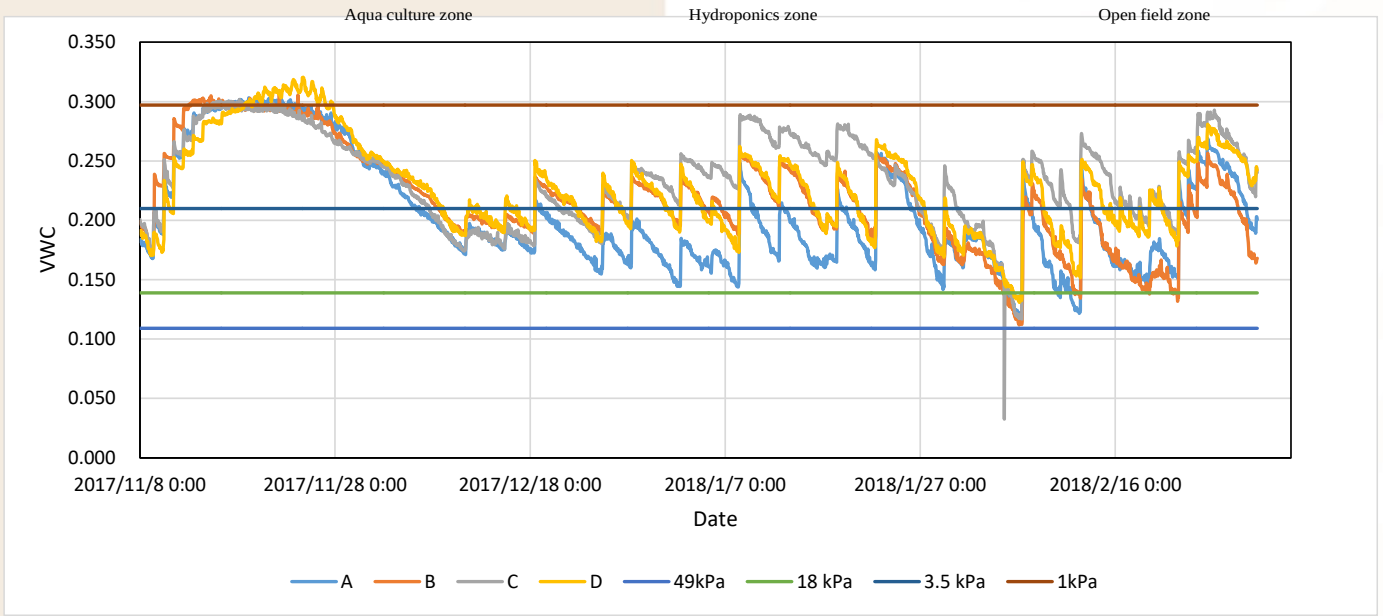


La superficie agrícola en 1998 era viable para la producción pero la degradación se incrementó hacia el 2010 y 2015 (Criterio: SDT).

Desarrollo de tecnologías preventivas para evitar la acumulación de sales en el suelo con cultivo

Operación de Camas Impermeables





(2017.11.7-2018.3.2)

- QUE SIGUE?

APLICACIÓN DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD

- **ECONOMICA**
- **AMBIENTAL**
- **SOCIAL**

PREGUNTAS A RESOLVER

¿Cuáles serán las principales fuentes de alimentación de la población local en las zonas rurales.... ¿La agricultura? ¿Pesca? ¿Acuicultura? ¿Acuaponía?

¿Se podrán stisfacer las necesidades agrícolas, ganaderas y acuícolas con los recursos disponibles, suelo y agua?

¿Cuál será el daño de la salinización del suelo y del agua, si no se controla?

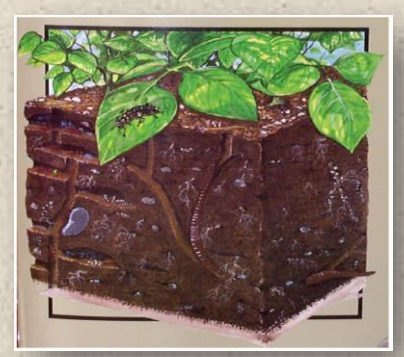
¿Cuál es el ciclo de vida de un acuífero, como el de de La Paz considerando nuevos métodos de producción como la agricultura orgánica, acuaponía, otros?

¿Cuáles serán las fuentes de insumos agrícolas y de agua para La Paz, las comunidades rurales y las ciudades en desarrollo de Baja California Sur?

CONCLUSIONES .- QUE HACER? MAYOR ENTENDIMIENTO …

SERVICIOS AMBIENTALES: MISIÓN Y COMPROMISO

- INTEGRACIÓN DE ACTIVIDADES ACADÉMICAS Y EXTRACURRICULARES A LAS ACTIVIDADES SOCIOECONÓMICAS Y DE PRODUCCIÓN
- DESARROLLO Y USO SEGURO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DE USO SUSTENTABLE DEL AGUA Y SUELO
- ORGANIZACIÓN DE GRUPOS PARTICIPATIVOS Y DE COMITÉS ESPECIALIZADOS EFICIENTES
- DESARROLLO DE PERFILES APROPIADOS PARA REGIONES PRODUCTIVAS, MICROCUENCAS Y CUENCAS
- SISTEMAS PRODCUCTIVOS SUSTENTABLES Y ACORDES CON LA SOCIEDAD
- VINCULACIÓN Y TRANSFERENCIA EFECTIVAS ENTRE LA ACADEMIA. LA EDUCACIÓN y EL SECTOR PRODUCTIVO
- VIGILANCIA Y ACTUACIÓN SOBRE LAS "NORMAS" DE CALIDAD



CONOCIENDO Y RESPETANDO LA CAPACIDAD DE CARGA …

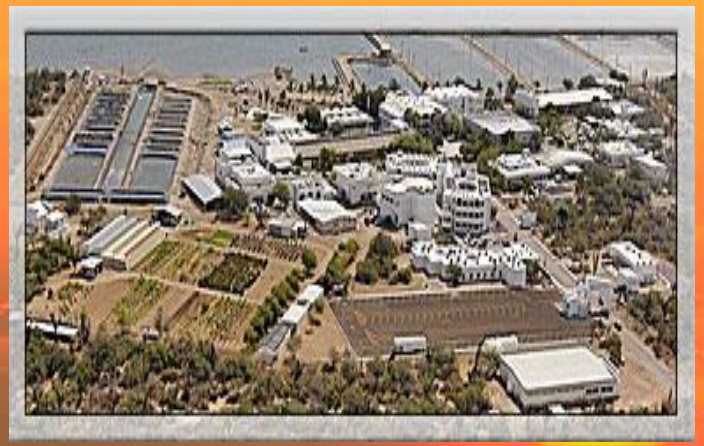
DEL SUELO, DE LAS CUENCAS, DE LOS PAISAJES

NUEVAS TECNOLOGÍAS →

INTEGRACIÓN MULTIDISCIPLINARIA

- ANÁLISIS DE DATOS: MINERÍA DE DATOS; INTERPRETACIÓN A ESCALA LOCAL Y REGIONAL.
- SIG -> IMÁGENES DE SATÉLITE; DRONES Y SENSORES / DIAGNÓSTICO OPORTUNO
- POLÍTICAS PÚBLICAS: NORMAS Y REGLAMENTOS / PLANES DE MANEJO VIABLES Y EFICIENTES
- CATÁLOGO DE INDICADORES DE VULNERABILIDAD DEL SUELO Y AGUA POR REGIÓN, DISTRITO DE RIEGO, CUENCA: pH, CE, STD
- APROPIACIÓN DE TECNOLOGÍAS Y EQUIPOS… A LA "MEXICANA".- DEMASIADA IMPORTACIÓN Y DEPENDENCIA TECNOLÓGICA
- ACTUACIÓN SOBRE PROBLEMAS ESPECÍFICOS: LABORATORIOS ÁGILES, EFICIENTES, CALIBRADOS

Necesidades de investigación según el perfil ambiental



GRACIAS

Dr. Enrique Troyo Diéguez
Investigador Titular – CIBNOR SC

etroyo04@cibnor.mx

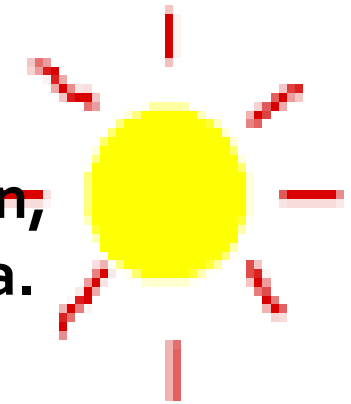
Aspectos críticos y retos ante el calentamiento de la atmósfera terrestre

Dr. Ricardo David Valdez Cepeda
vacrida@hotmail.com
ORCID.ORG/0000-0002-6990-3502

XXIII Semana Internacional de Agronomía
Facultad de Agricultura y Zootecnia-UJED, México
8 Septiembre, 2021

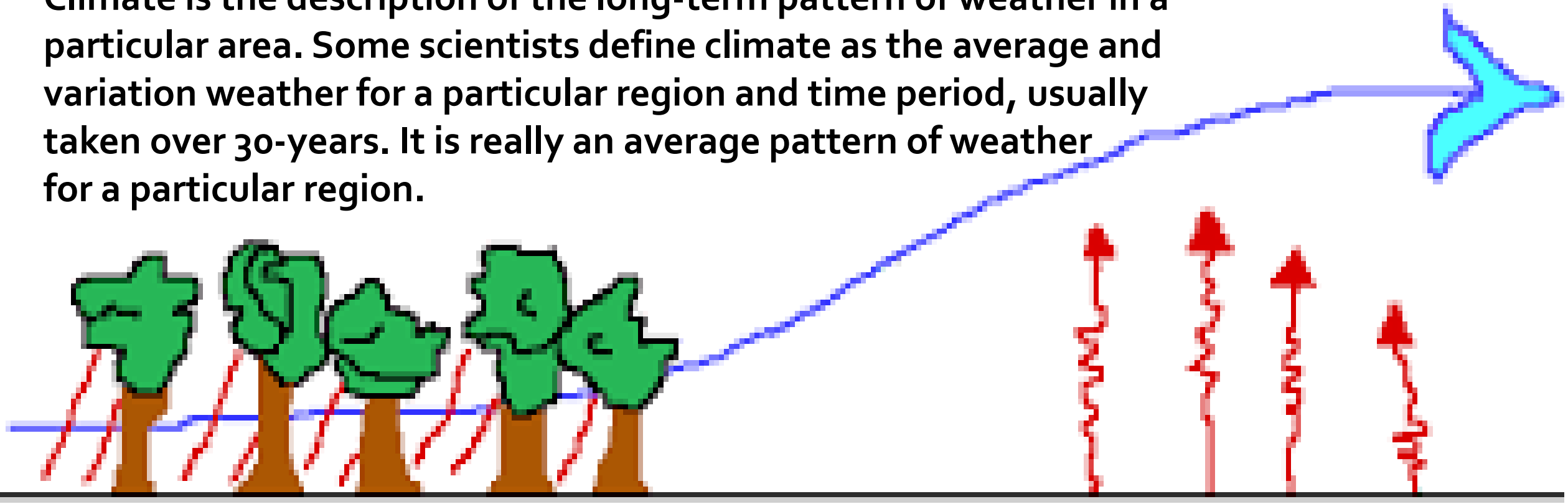
Weather:

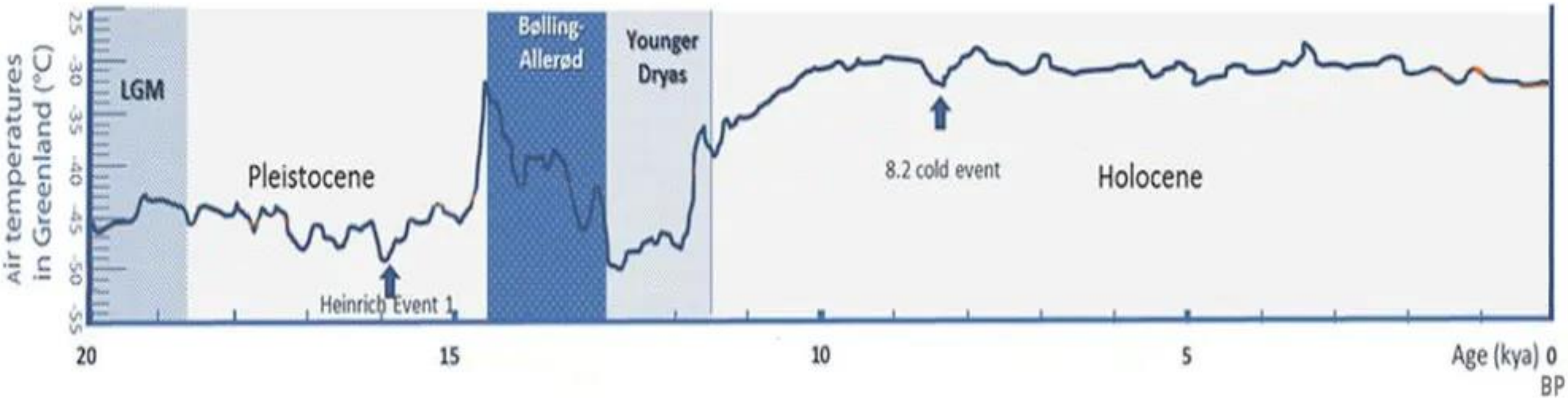
The conditions in the air above the earth's surface such as wind, rain, or temperature, especially at a particular time over a particular area.



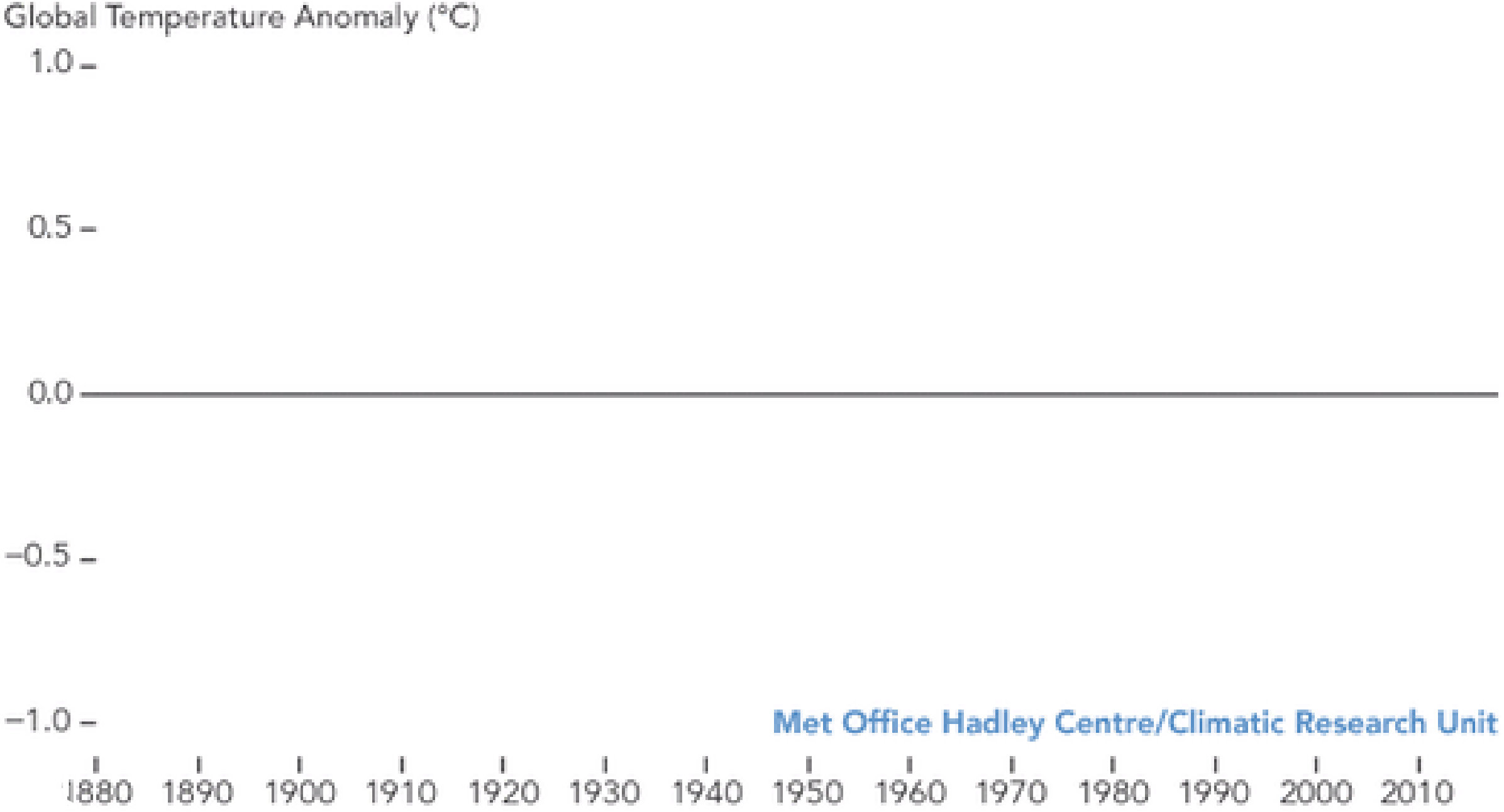
Climate:

The general weather conditions usually found in a particular place. Climate is the description of the long-term pattern of weather in a particular area. Some scientists define climate as the average and variation weather for a particular region and time period, usually taken over 30-years. It is really an average pattern of weather for a particular region.




Air temperatures in Greenland (°C)
-25
-30
-35
-40
-45
-50
-55
LGM
Pleistocene
Heinrich Event 1
Bølling-Allerød
Younger Dryas
8.2 cold event
Holocene
20
15
10
5
Age (kya) 0 BP

A World of Agreement: Temperatures are Rising

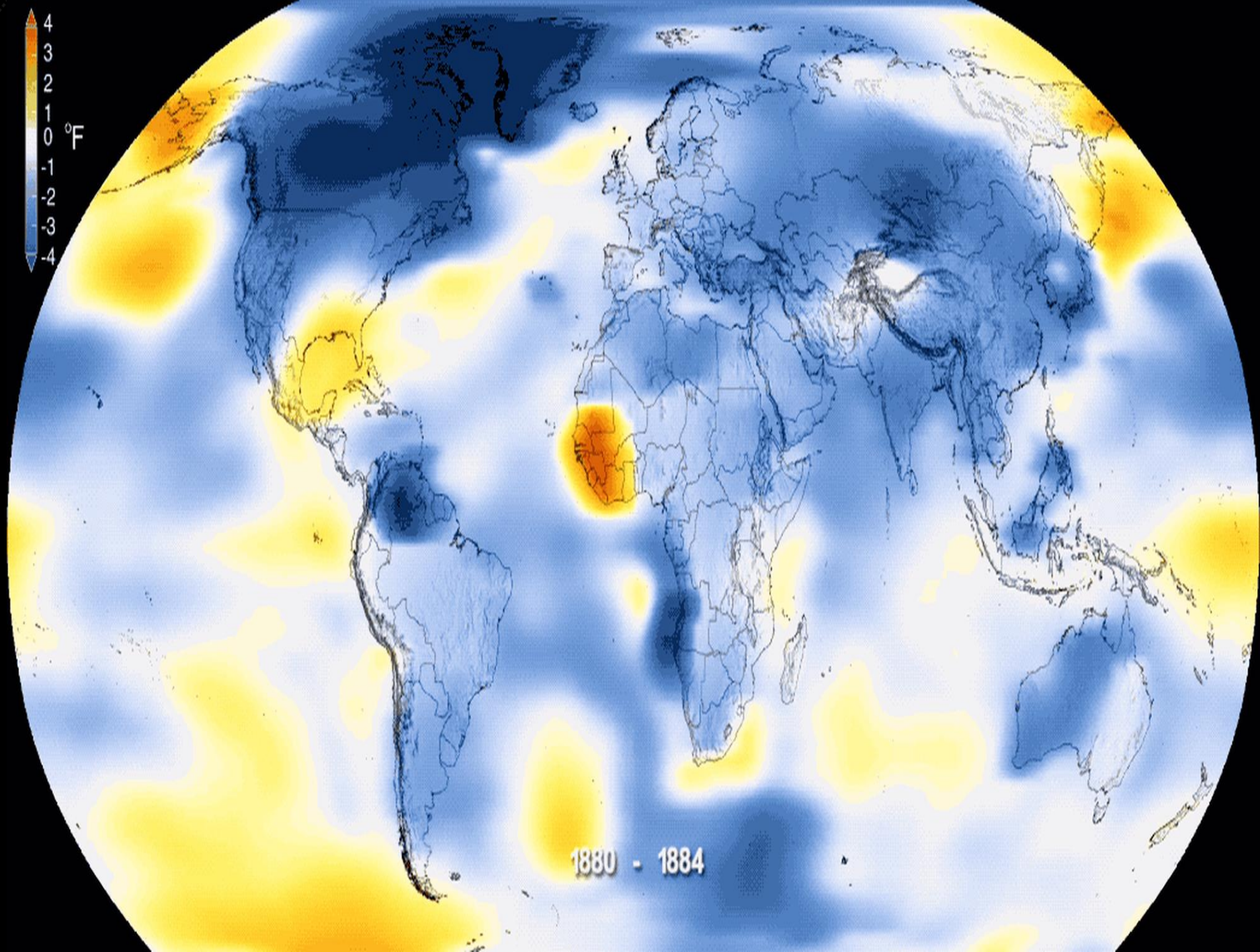


Calentamiento de la atmósfera

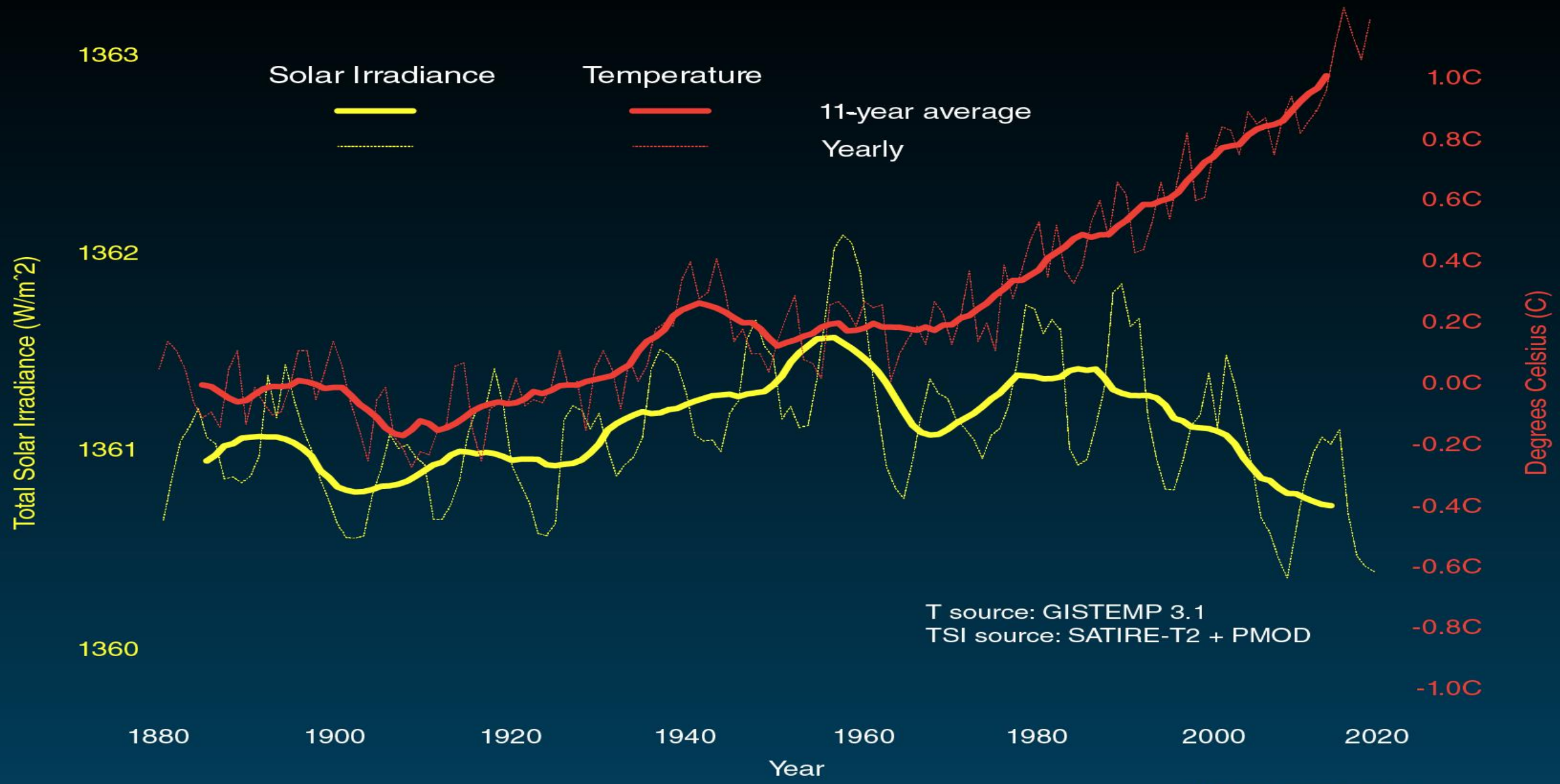
Las temperaturas medias de los últimos años han sido las mas calientes.

Las de 2015-2018 son >1°C que la temperatura promedio del siglo XIX.

Causas-Efectos



Temperature vs Solar Activity



climate.nasa.gov

Holocene Temperature Evolution

Remnant glacial ice kept global temperatures cooler

Today
~2.5°C warmer
CO_2 ~160 ppm higher than 12,000 yrs ago

Global Mean Annual Temperature

Warmer

Colder

Seasonal Temperatures

Mean Annual Temperatures

Receding ice

Rising greenhouse gases

Atm. CO_2

Industrial Revolution

Rise of modern agriculture

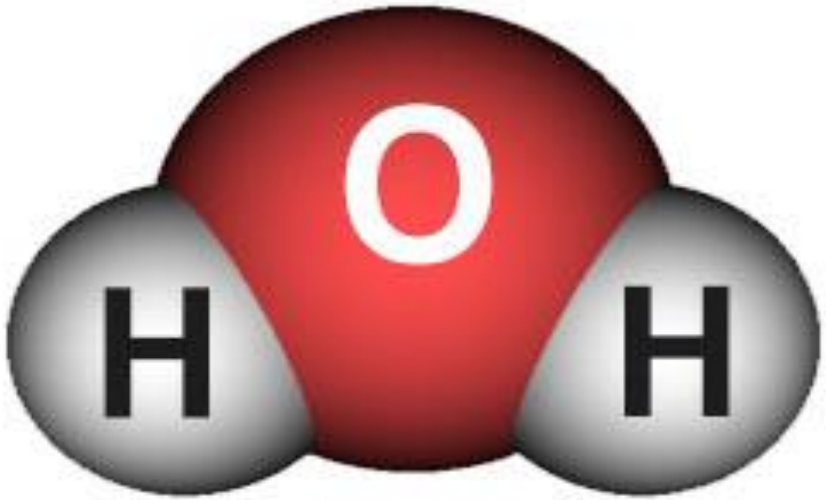
12 10 8 6 4 2 0

Thousands of Years Before Present

Credit:
Bova et al. (2021). *Nature, 589*, 548-553.

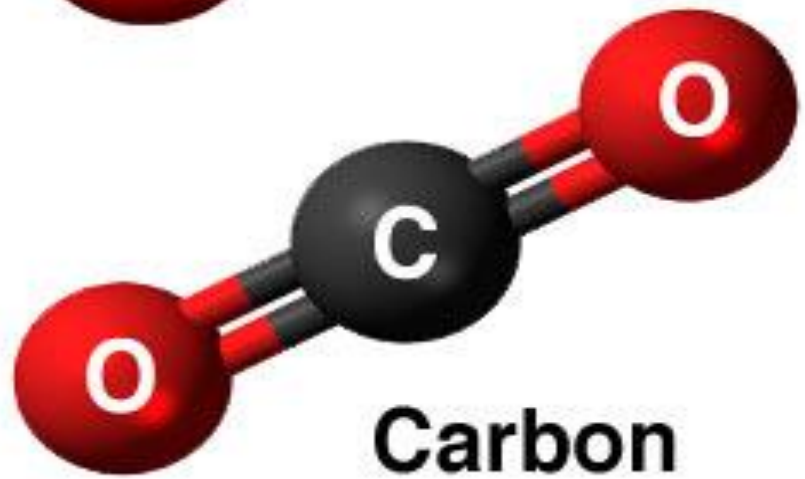
“Agricultural practices are implicated in almost all planetary boundaries, as agriculture is the largest single emitter of greenhouse gases, the largest single user of freshwater, a major trigger of biodiversity loss, and the main cause of nutrient loading and chemical use. A transformation to resilient food systems that integrate water, land, and ecosystems in ways that guarantee the right of all to sufficient, safe, and nutritious food is both necessary and increasingly possible.”

Johan Rockström

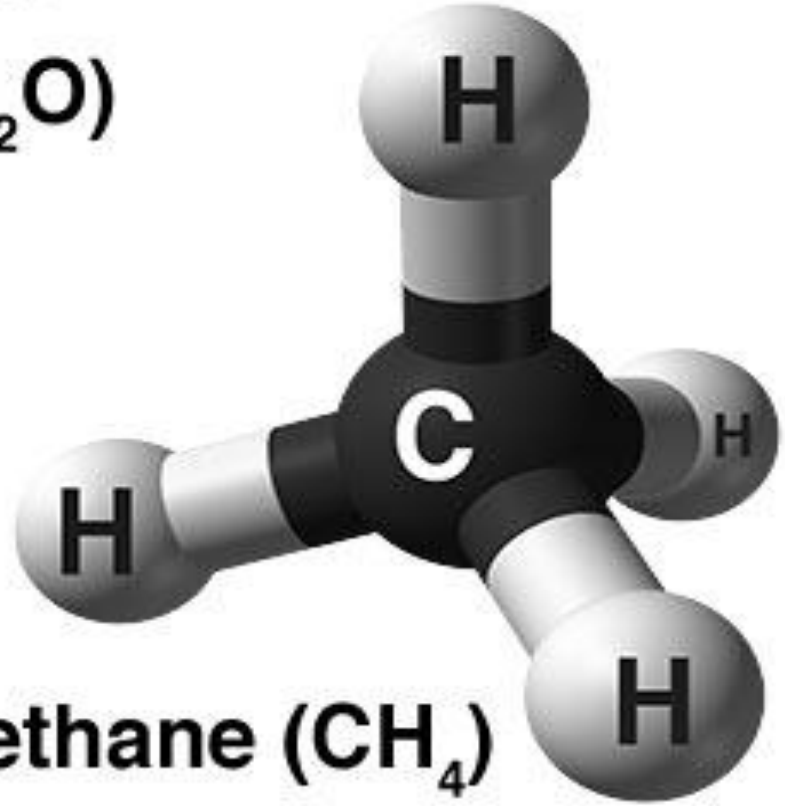


Water vapor (H_2O)

Nitrous oxide (N_2O)



Carbon dioxide (CO_2)



Methane (CH_4)

The Greenhouse Effect

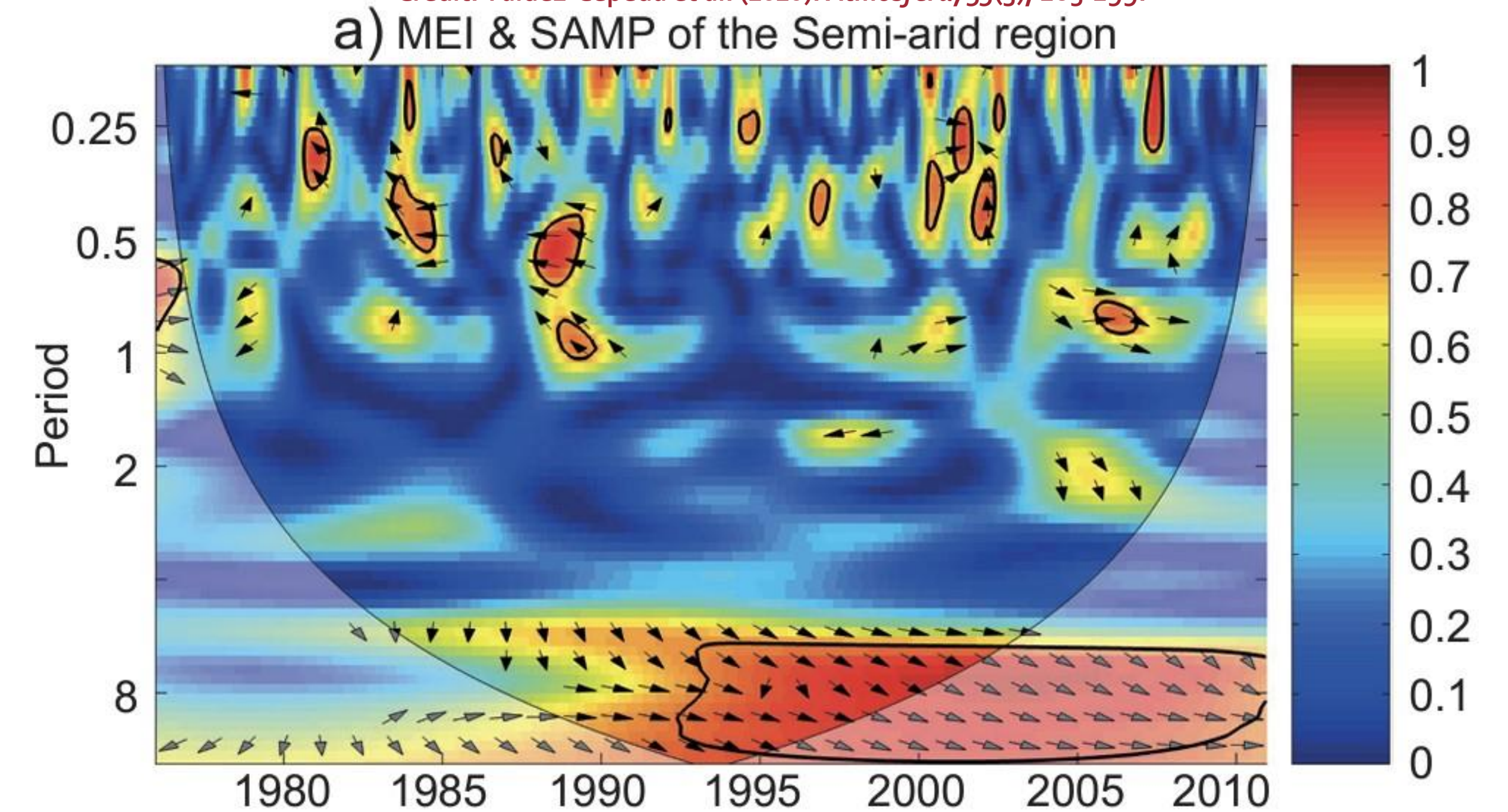
Maximum temperature trends

Name	n total	beta	Δ decennial	Δ total
Canatlán, Dgo	14610	-0.00038296	-1.3978	-5.5950
Escalón, Chih	14975	-0.00026398	-0.9635	-3.9530
5 de Mayo, Dgo	14610	-0.00013488	-0.4923	-1.9705
Cuencamé, Dgo	18627	0.00008458	0.3087	1.5755
El Sauz, Zac	20454	0.00005560	0.2029	1.1373
Palmito II	24106	0.00004803	0.1753	1.1578
Mean			**-0.2210**	

24 time series: 9 +, 15 –
Negative trends average: -0.4150;
Positive trends average: 0.1426

Credit: Inzunza-López et al. (2011).
Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, Vol. XVII, Edición Especial, 45-61.

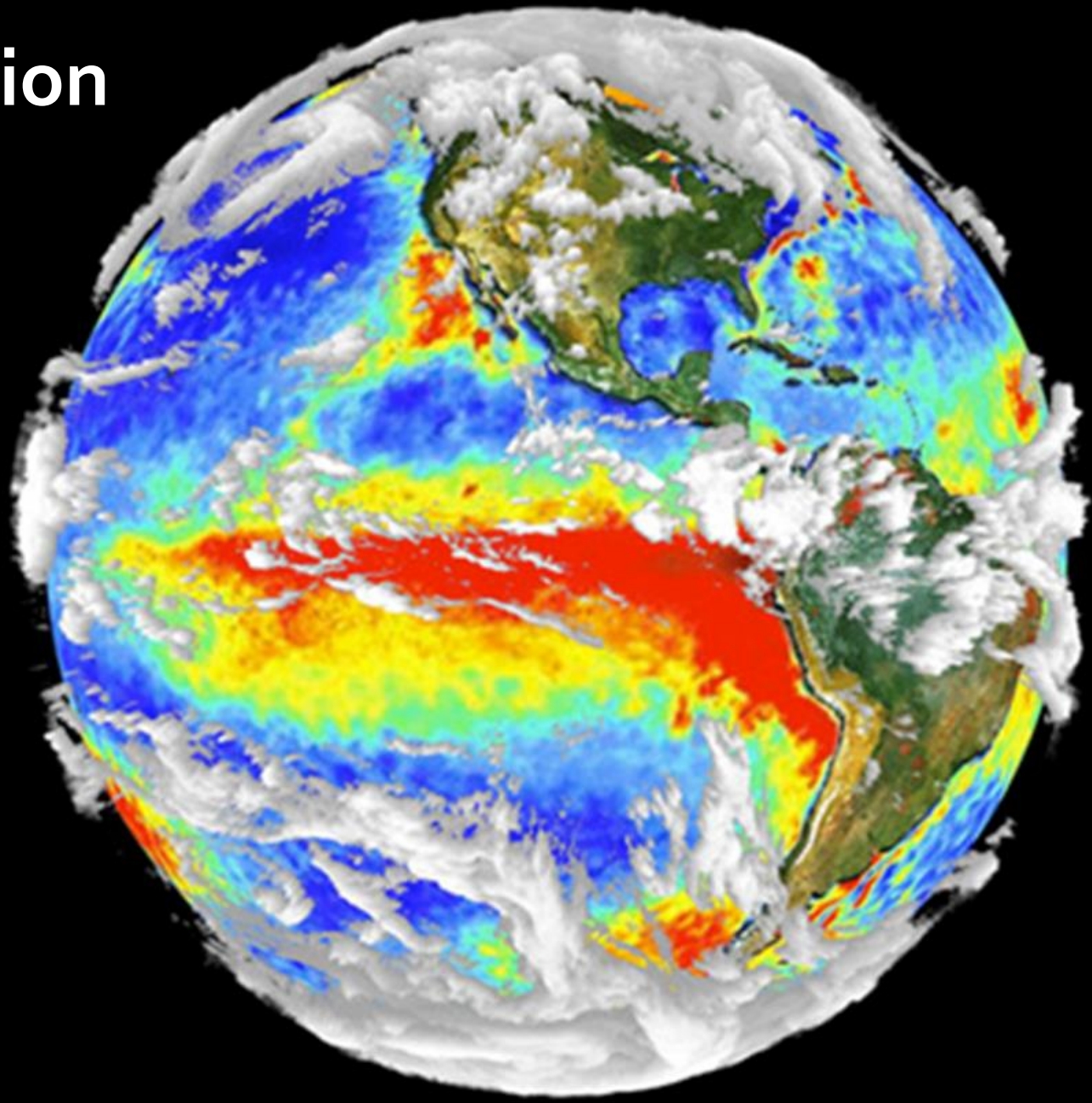
Credit: Valdez-Cepeda et al. (2020). *Atmósfera*, *33*(3), 285-299.

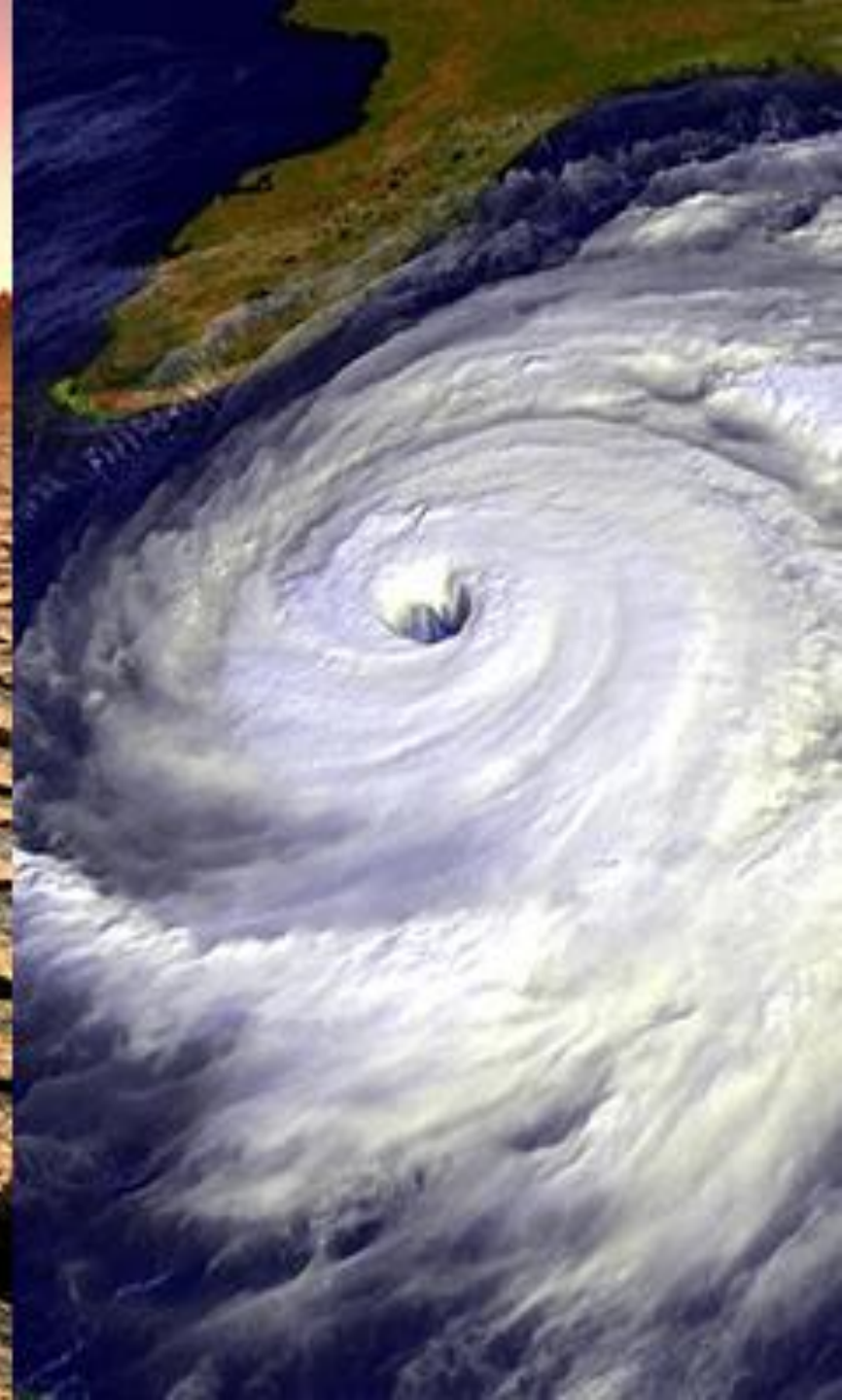


El Niño Southern Oscillation

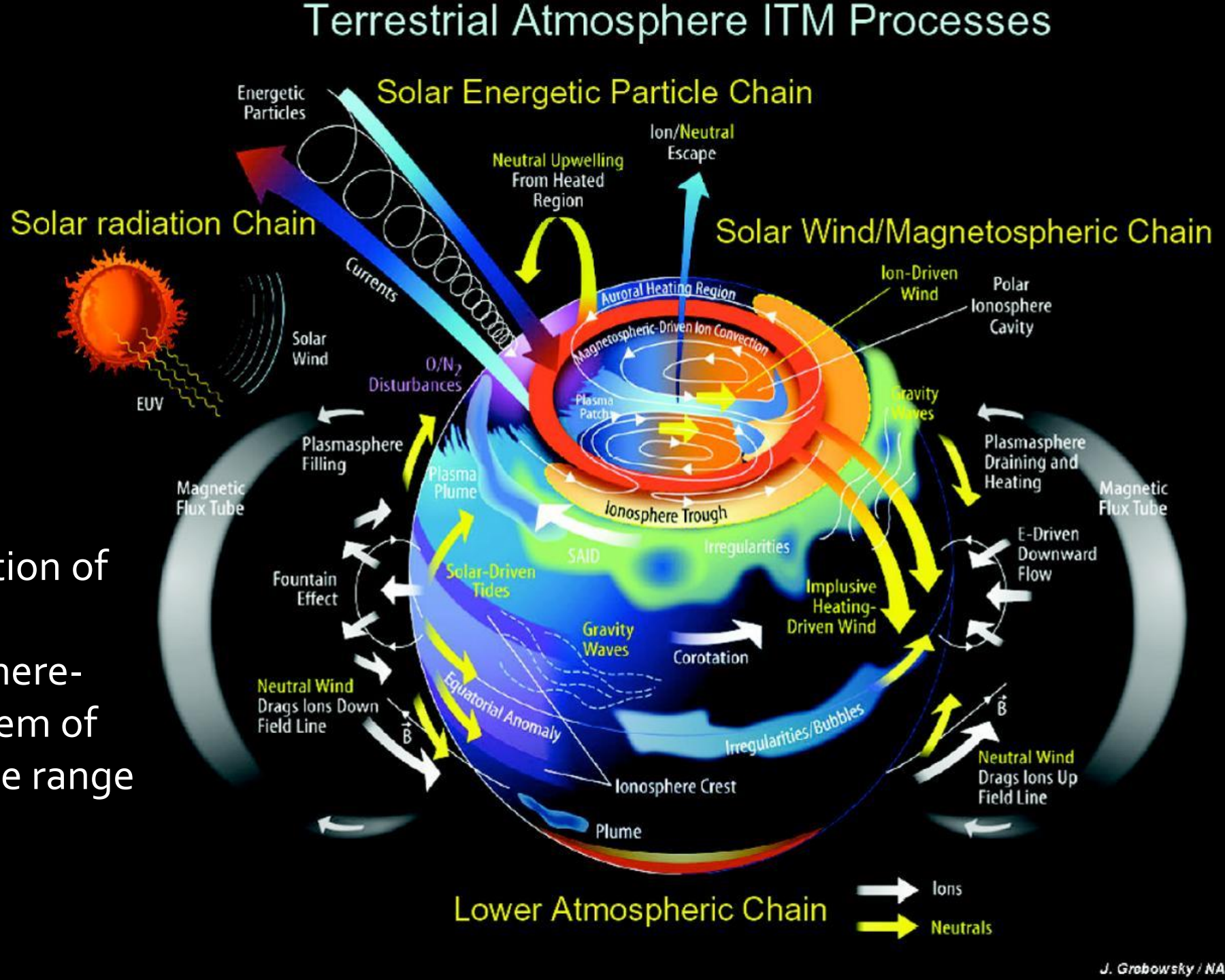
(Credit: NASA JPL)

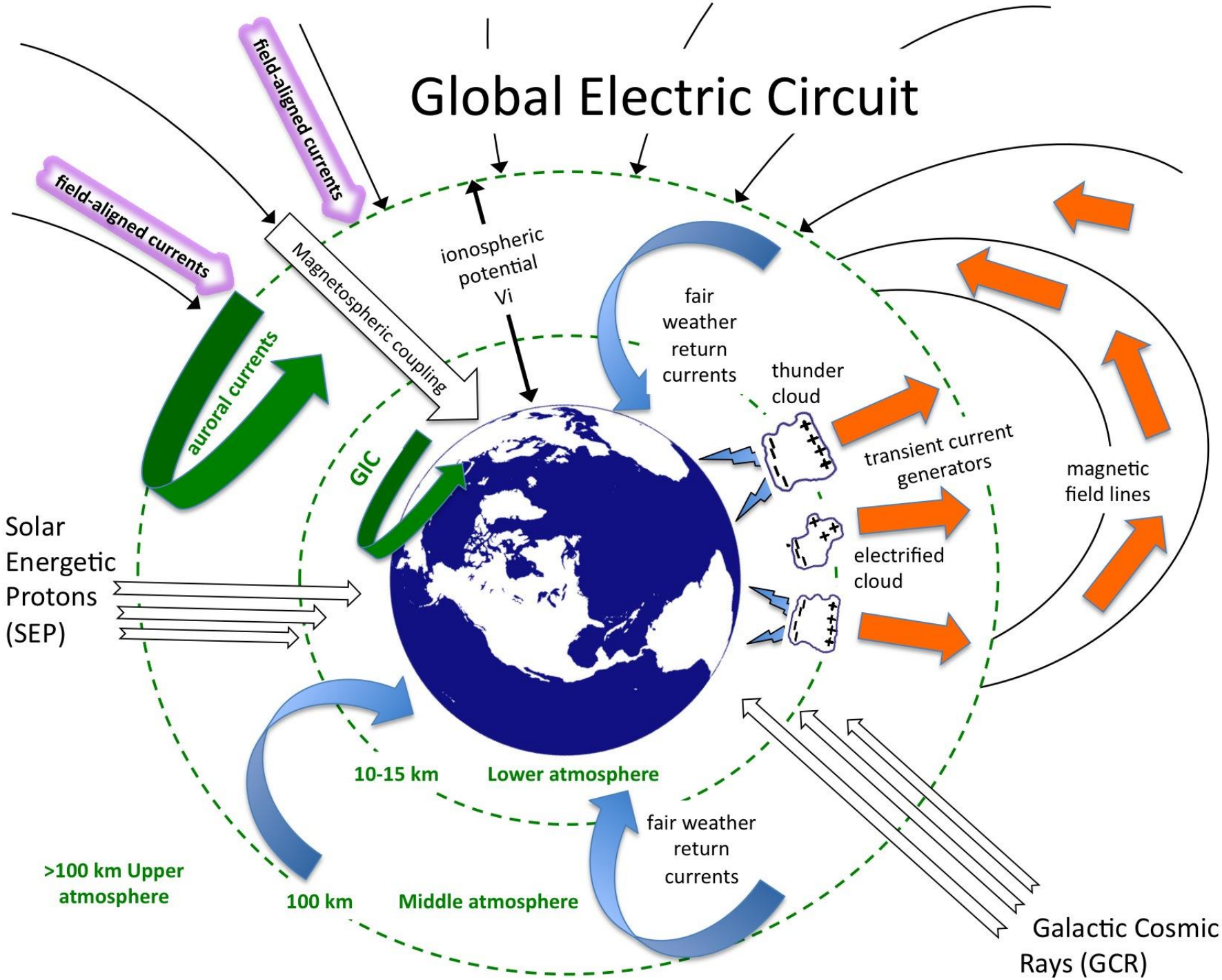
The years when the ENSO warm phase occurs, imply wet seasons, could thus be used to recharge aquifers in the central-north Mexico's region (Valdez-Cepeda et al. 2020. *Atmósfera*, *33*(3), 285-299.





This model is an indication of the complexity of the Ionosphere-Thermosphere-Mesosphere (ITM) system of the planet Earth and the range of physical processes operating.



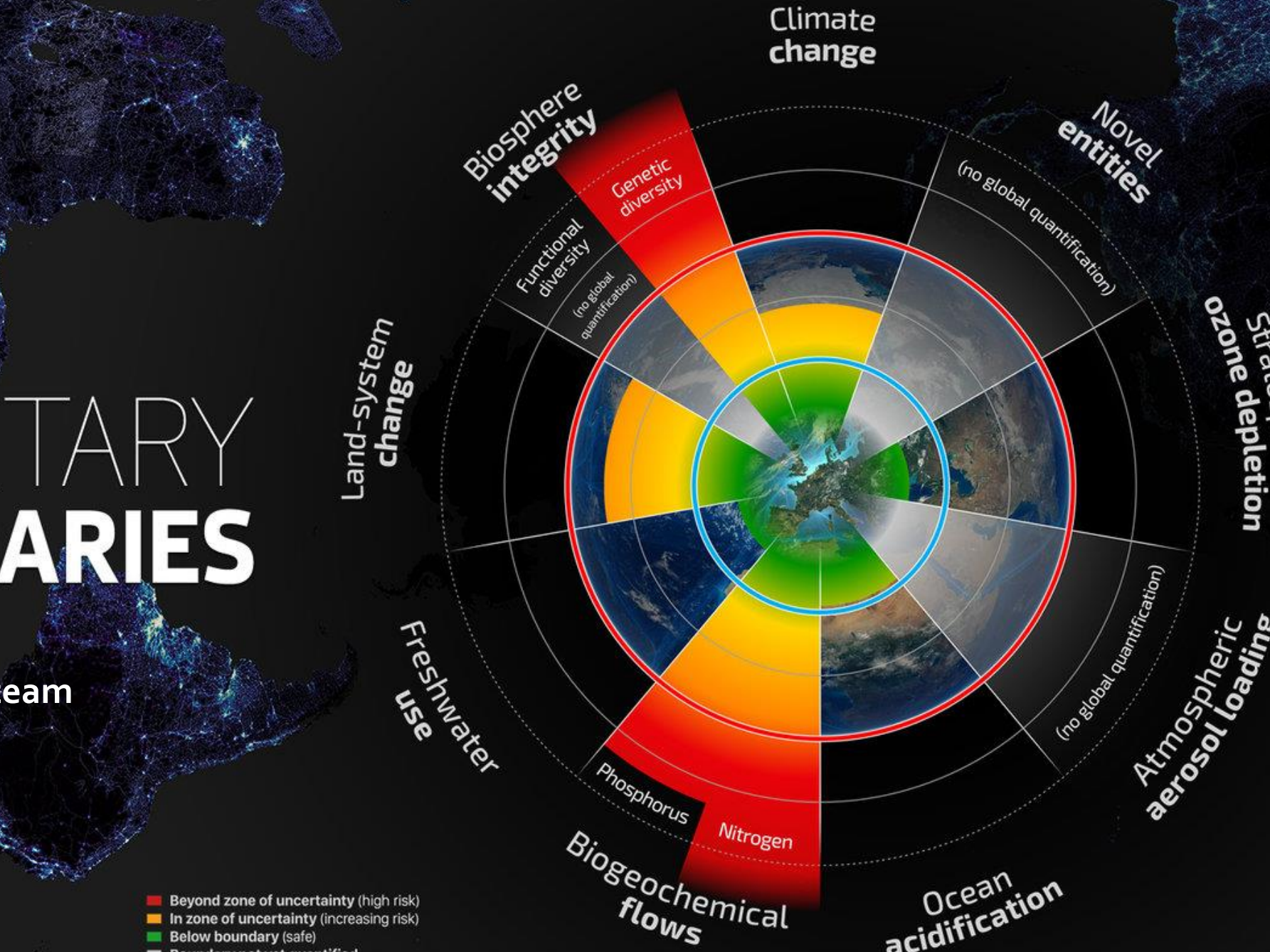


Credit:
Hunting et al. (2021). *Int. J. Biometeorol.*, *65*(1), 45-58.

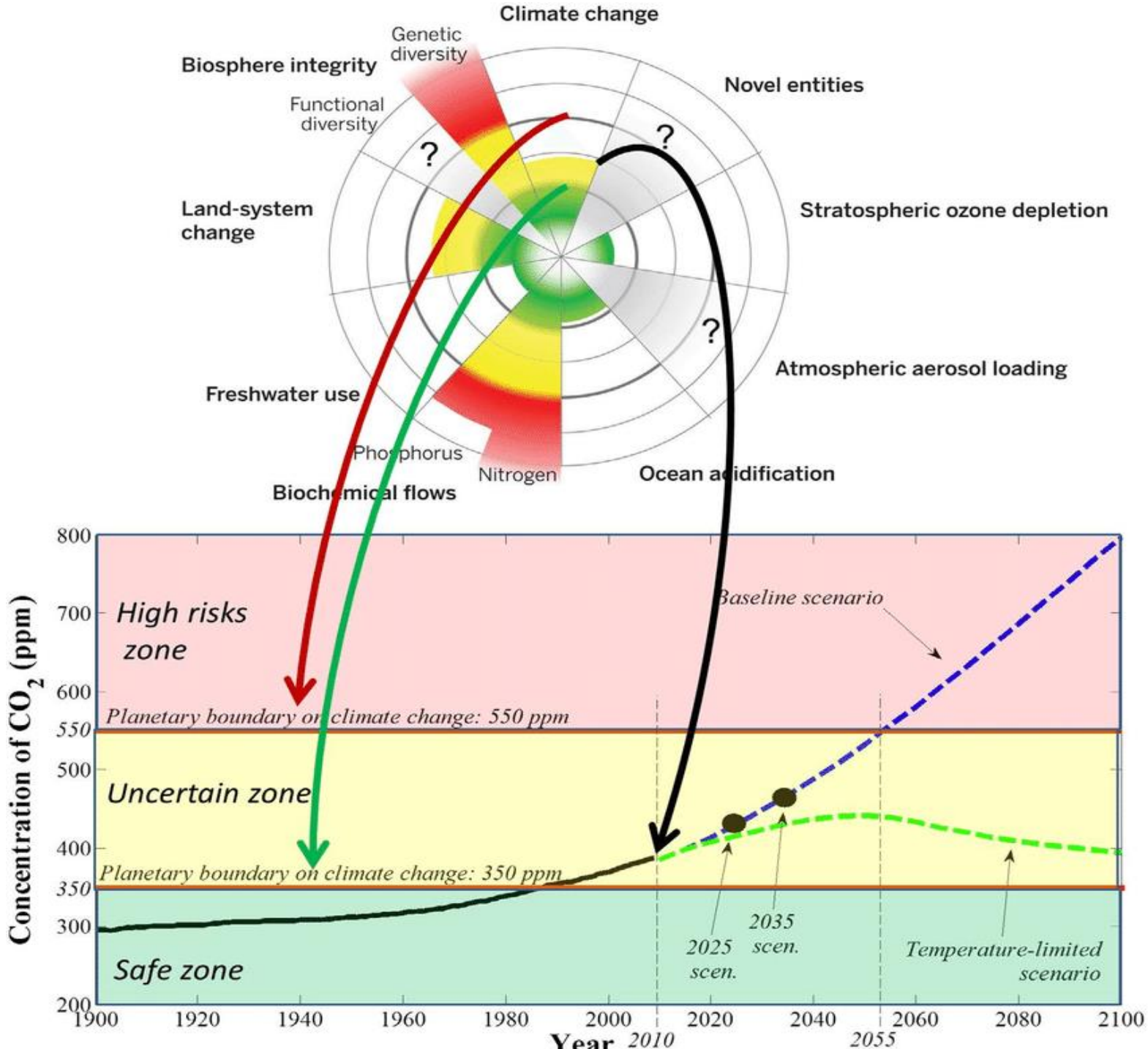
PLANETARY BOUNDARIES

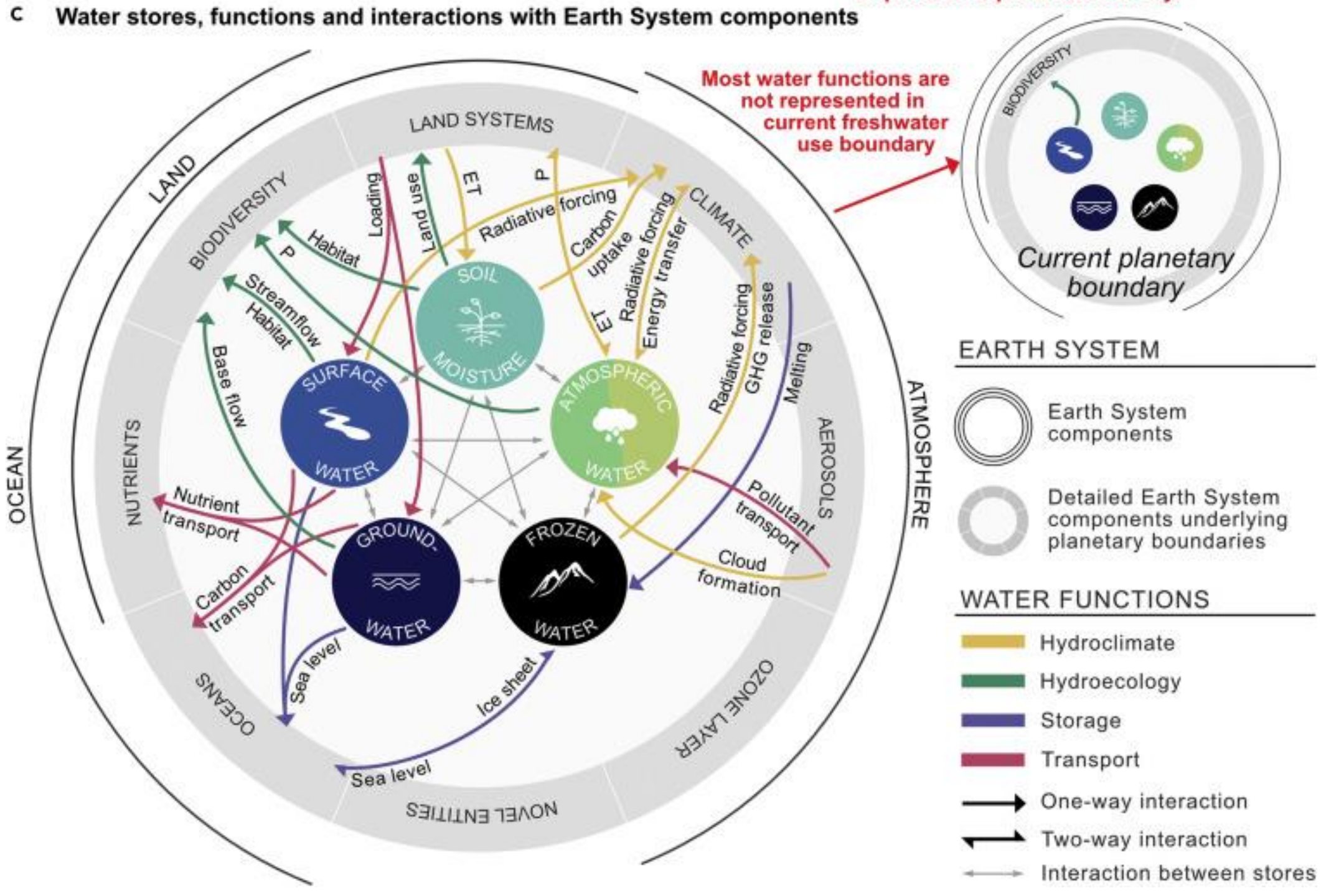
Credit:

Johan Rockstrom's team



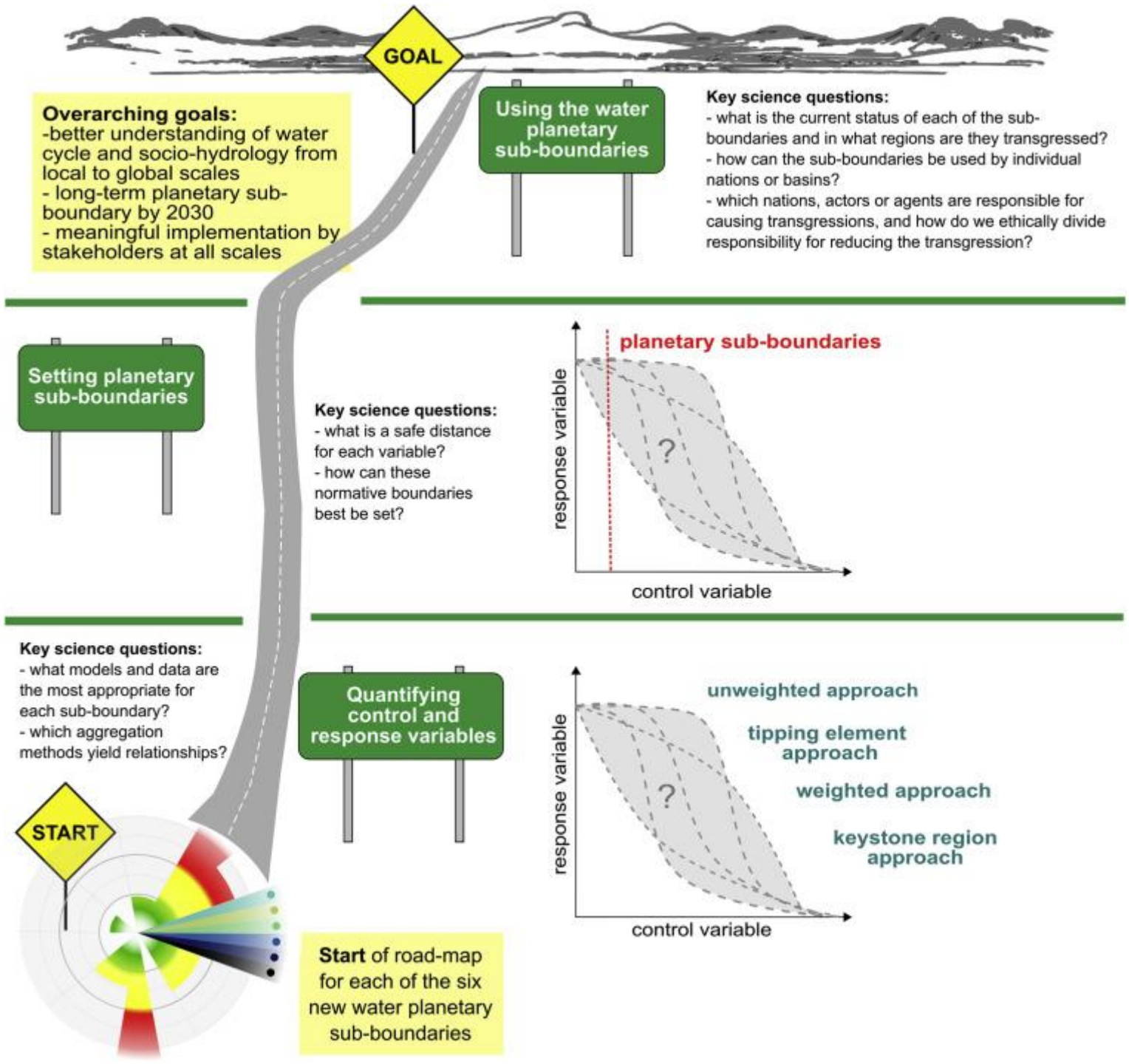
Credit:
Mathias et al. (2017). *Scient. Reports*, 7. 42061. 10.1038/srep42061.





Credit:
Gleeson et al. (2020). *One Earth*, *2*, 223-234.

Credit:
Gleeson et al. (2020). *One Earth*, *2*, 223-234.



Challenges

The goal:

To reduce greenhouse gas concentrations and then atmosphere warming.

How to get it:

-Achieving planetary boundaries to safe zones!

- **Reducing greenhouse gas emissions toward the atmosphere**
- **Reducing use of sources of N and P**
- **Reforesting**
- **Improving genetic diversity**
- **+ needed actions at local and regional levels**
  - **Aquifer recharges**
  - **Others**

Thanks a lot!

Dr. Ricardo David Valdez Cepeda
vacrida@hotmail.com
orcid.org/0000-0002-6990-3502

UJED Universidad Juárez del Estado de Durango | FAZ Facultad de Agricultura y Zootecnia

Inicio | La SIA | Programa | Comité Organizador | Convocatoria | Entrar

PROGRAMA

Este es nuestro programa

Dia 8 de Septiembre | Dia 9 de Septiembre | Dia 10 de Septiembre

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Coordinador
Dr. Manuel Fortis Hernández

08:30 - 09:00	**Bienvenida e Inauguración** *M.A. Rubén Solís Ríos -Rector UJED* *Dr. Cirilo Vázquez V. – Director FAZ-UJED* *Dra. Juliana Morales Castro Directora del COCYTED*
09:00 - 09:40	*Dr. Alejandro Lozano Morales.* *Investigador CIQA, Saltillo, Coah, México* *Alternativas tecnológicas para regeneración de agua. Caso: Contaminantes emergentes.*
09:40 - 10:20	*Dr. Enrique Troyo Diéguez* *Investigador del CIBNOR, La Paz, BCS. México* *Impacto del cambio climático en la agricultura y estrategias para mitigar sus efectos: Ejemplos recientes en el noroeste de México.*
10:20 - 11_00	*Dr. Ricardo David Valdez Cepeda. UACh. Zacatecas, México.* *Aspectos críticos y retos ante el calentamiento de la atmósfera terrestre*
11:00 - 11:40	*Dr. Alberto Sánchez Estrada. CIAD Hermosillo, Son. México* *El cultivo del olivo en México: potencial y retos en la fructificación*
11:40 - 12:20	*PhD Miguel Antonio Lagunes Fortiz* *University of Bristol, UK* *Robótica y sistemas autónomos aplicados a la agricultura*
12:20 - 13:00	*Lic. Rolando Santana* *Sesión de Carteles*

El cultivo del olivo en México, potencial y retos en la fructificación (*Olea europaea* L.)

Presentado por : Dr. Alberto Sánchez-Estrada
Inv Asoc. "C"
CTAOV
Centro de Investigación de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.

Olive origin and distribution

It is found in 56 countries

Olive in Mexico

Main areas

Sonora, Baja California, Estado de México, Cd. De México, Hidalgo, Jalisco, Michoacán Tamaulipas.

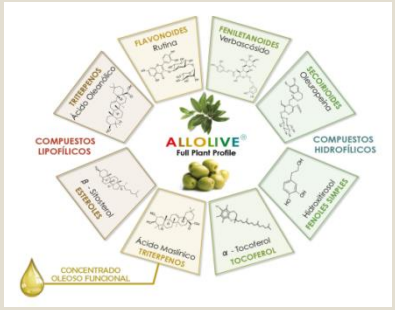
Varieties

Manzanillo
Barouni
Gordal de sevillana
Mission
Nevadillo
Picual
Frantoio
Arbequina
Algunas recientes italianas (Carolia, Corantina, Norcellana de Belice etc.).

Applications and importance

Interest in increasing the area of olive cultivation and production

Gastronomy: Oil and table, neutraceutics

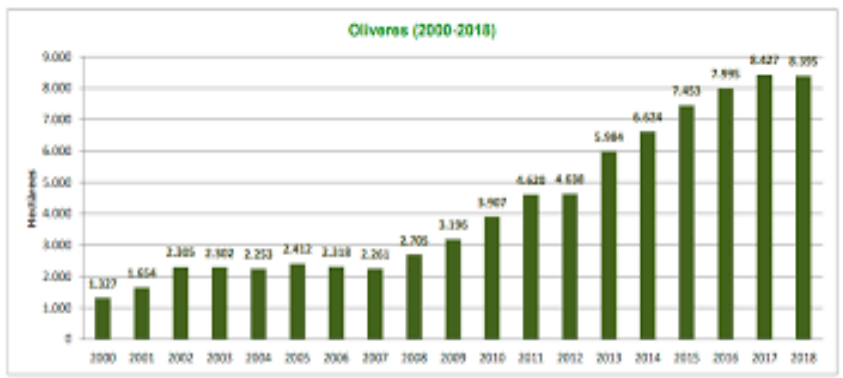


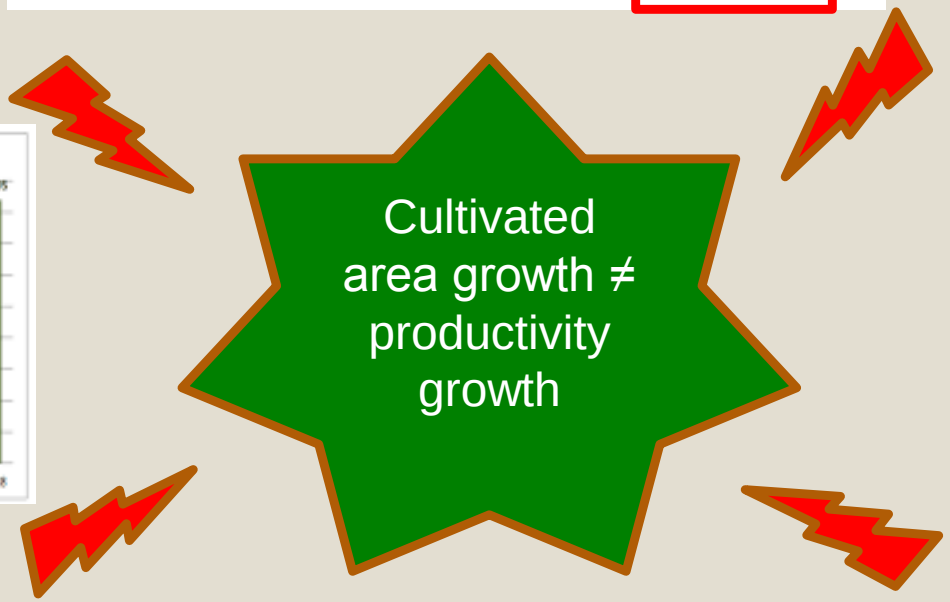
Pharmaceutical industry: Medicinal
Cosmetic industry: Creams and soaps

Olive world production

11 millions of Ha in the world

Continente	Superficie (Ha)	Producción
África	3.126.720	327.435
América	303.300	60.855
Asia	1.137.950	247.365
Europa	6.710.145	2.245.275
Oceanía	33.000	20.500
TOTAL	11.316.115	2.902,430





Olive Mexico production

Non-tracking Agricultural Production Statistics 2020

State	Area (ha)
Baja California	4852.11
Tamaulipas	1821.86
Sonora	1295.92
Hidalgo	227.98
Zacatecas	33.61
Jalisco	30.27
Coahuila	29.51
Cd. de México	6.74
Guanajuato	5.42

http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_a.php/2020

Situation in Mexico

- Favorable environmental conditions
- Consumer culture (Groumet)
- Growing market
- Expansion potential

- Synonyms
- Poor varietal richness
- Scarce selection of varieties and pollinizers
- No orchard design (density, arrangement, distance)
- Lack of pollinattion strategies

Factors that affect productivity

Reproductive physiology

Reproductive physiology

A mature tree can produce up to 500,000 flowers (Martín, 2005).

Flowers become in fruits

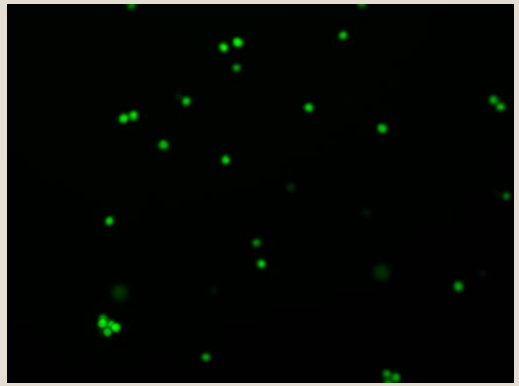
Fruit set 3% (Lavee, 1979).

The challenge is to overcome that 3% steadily in "on" and more than double in "off" year.

Pollination is an important event

Features of reproductive physiology

- Flowering quality
  - % Fertile Inflorescences
  - Female flowers and pistilar abortion
  - Flower weight
  - Flowering time
- Pollination (Wind)
  - Pollination designs
    - Varieties
    - No. trees
    - Distance (designs)
  - Artificial pollination
    - Harvest (methods)
    - Varieties
    - Dosis
    - Time (Phenology)
    - Aplication (types)
- Self-incompatibility

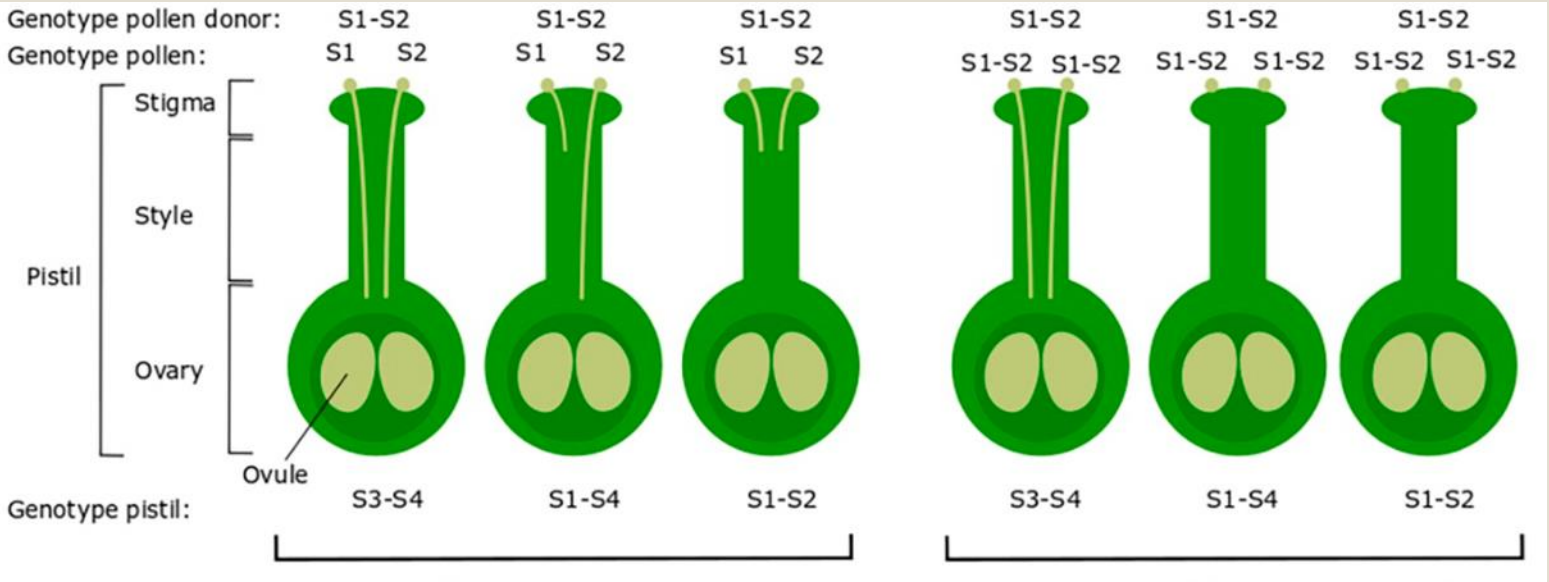


Pollen viability

Controversy

Self-incompatibility: The total or partial inability of the pollen grain itself to fertilize its own ovules and form viable seeds (Heslop-Harrison, 1975).

Self-incompatibility types



(Ateyyehet et al. 2000; Cuevas and Polito, 1997; Serrano and Olmedilla, 2012)

(Breton et al. 2014; Collani et al., 2012)

Alagna et al. (2019) Pseudocompatibility genes associate

Framework

Incompatibility System

Allogamous

Framework

Incompatibility system

¿?

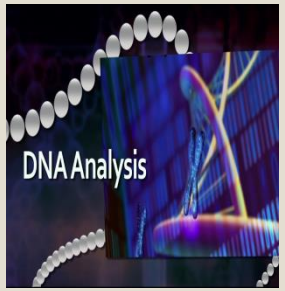
Check the obstacle to fertilization

P-P interaction

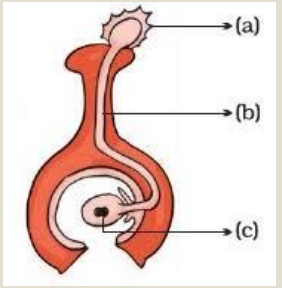
Incompatibility system

Alogamous

Cross-pollination



DNA analysis



interaction p-p

Fruit set

Pollen-Pistil Interaction analysis

Fluorescence microscopy (Heslop-Harrison & Heslop-Harrison, 1970)

Characterized by:

1. **Adhesion**
2. **Pollen germination**
3. **Pollen tube growth**
4. **Fertilization**

Treatments

Pollination

1. Self-pollination (SP) bagging
2. Open-pollination (OP) tagged
3. Cross-Pollination:
   ‘Sevillano’ (XS) bagging
   ‘Picual’ (XP) bagging

Pollen-pistil interaction

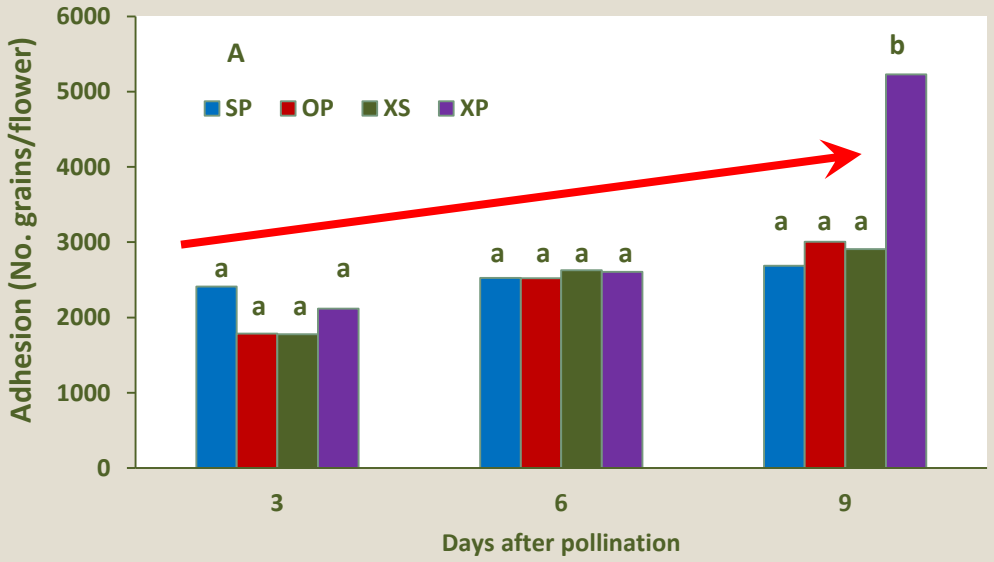
- Adhesion and pollen grains germination
- Flowers with pollen tubes by ranges (0, 1-5, 5-25 y >25 pollen tubes).
- Fertilization:

1

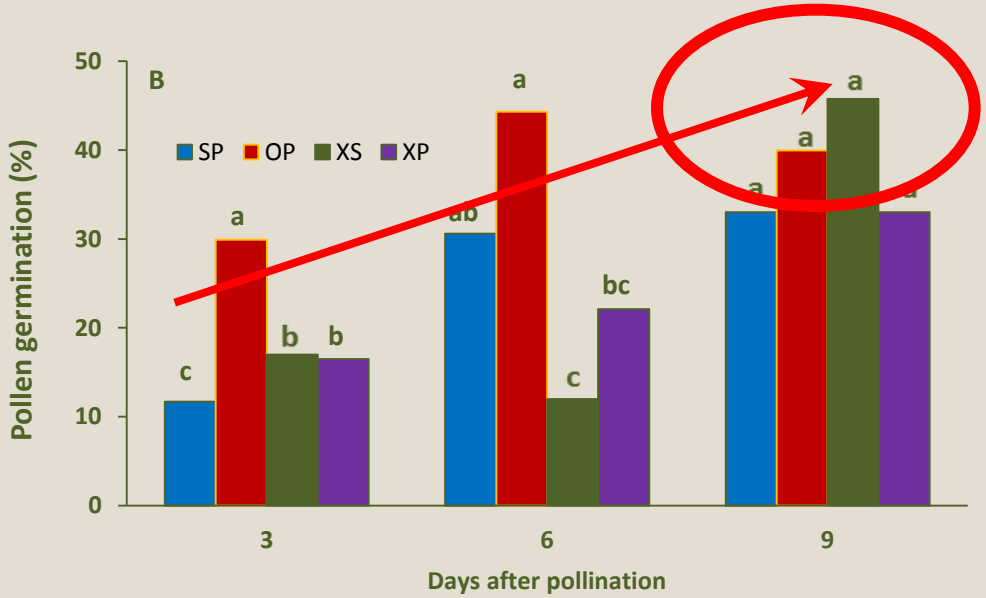
2

3

Interaction pollen-pistil: Adhesion and germination

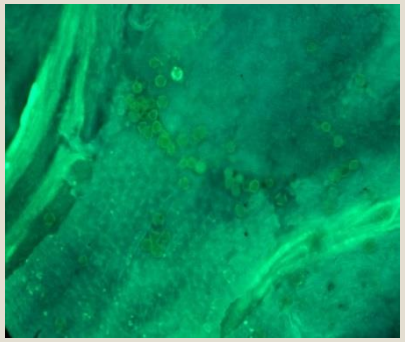


Indicating that the receptivity of the stigma was maintained until 9 dap.

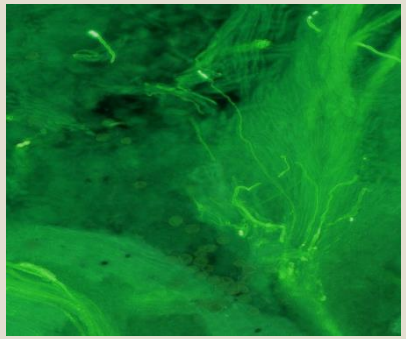


AP= Self-pollination, **PL**= Open-pollination, **XS**= Cross-pollination 'Sevillano', **XP**= Cross-pollination 'Picual'

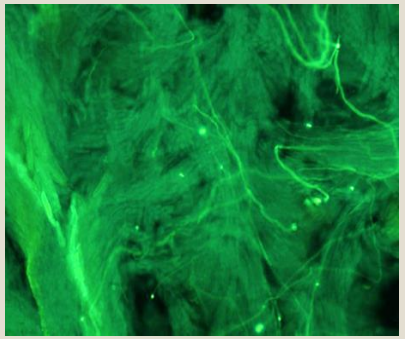
Pollen tube growth and fertilization



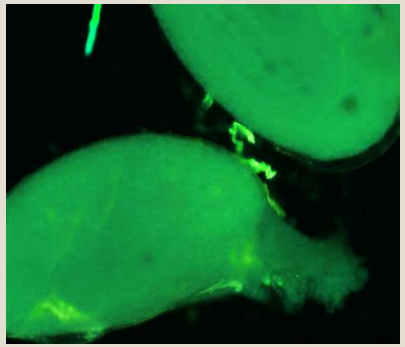
Self-pollination (SP) 35%



Open-pollination (OP) 55%



Cross-pollination (XS) 65%, (XP)75%

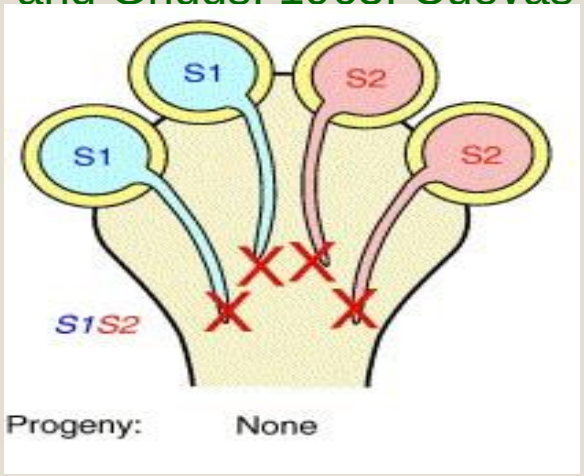


Fertilization ovule (XS)

Days after pollination	Test value (X^2)	Pollination treatments			
		SP	OP	XS	XP
		No. fertilization flowers			
3	------	0	0	0	0
6	X^2 (3, N=20)= 2.5, p = .530	1	3	1	1
9	**X^2 (3, N=20)= .06, p = .005***	**1**	**13**	**4**	**3**

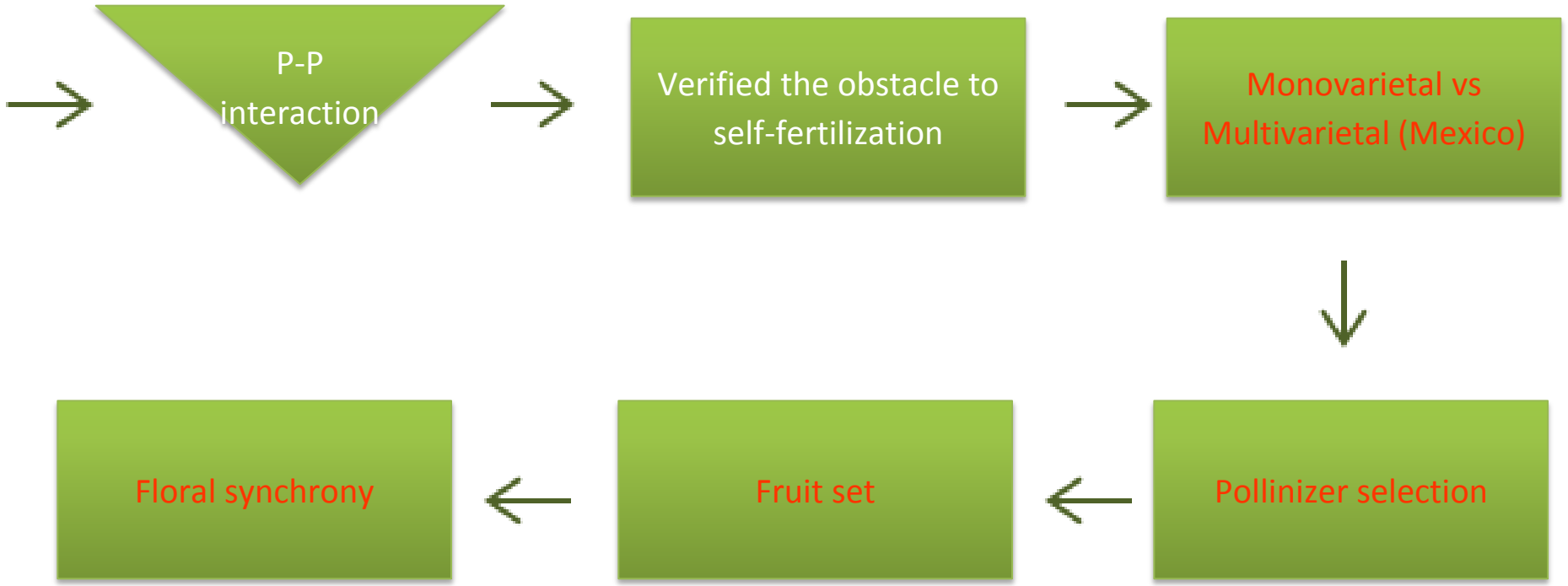
Conclusions

- 'Manzanillo' is a strongly self-incompatible cultivar reflected by poor growth of the pollen tube and low levels of fertilization as previously reported by Bradley and Griggs, 1963; Cuevas and Polito, 1997



- Lower levels of pollen germination at beginning as reported by Vuletin-Selak et al. 2014
- Open pollination in a multivarietal orchard improved fertilization levels
- ‘Sevillano’ and ‘Picual’ behaved as good pollinizers of ‘Manzanillo’ in Spain

Framework


P-P interaction
Verified the obstacle to self-fertilization
Monovarietal vs Multivarietal (Mexico)
Pollinizer selection
Fruit set
Floral synchrony

Orchard design

Orchard

- **Pollinizers**
- Proportion
- Position
- Alternative (AP)

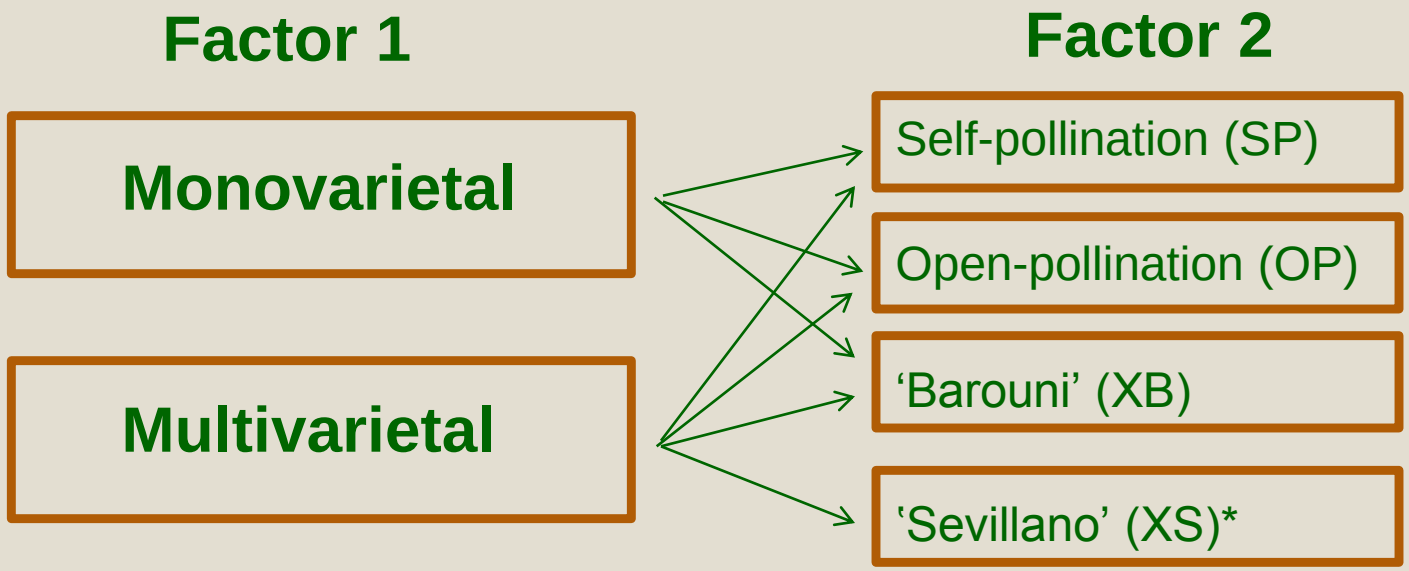
Requirements of a good pollinizer

Primary:

•Intercompatible with the main cultivar
•Floral synchrony
•Not alternating

Secondary:

•Commercial value and good performance
•Preferable for the same purpose
•Similarly handling requirements and same vigor (Cuevas et al., 2001)



*Evaluated only in multivarietal orchard

Parameters to evaluate:

1. Pollen-pistil interaction[1]

2. Fruit set 45 dap (No. fruits/panicle)

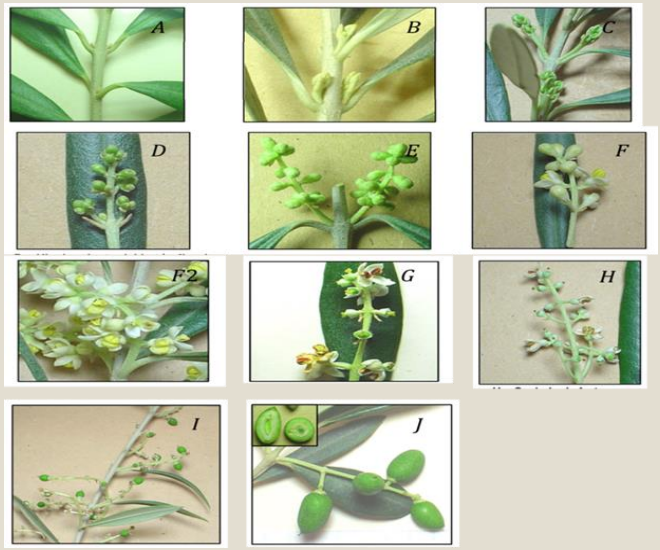
3. Self-icompatibility index (FSSP/FSCP)

Zapata y Arroyo (1978)

4. Fruit mass (pulp, pit, pulp/pit ratio) g

5. Blooming periods and overlap with ‘Manzanillo’ flowering

Alcalá and Barranco (1992)



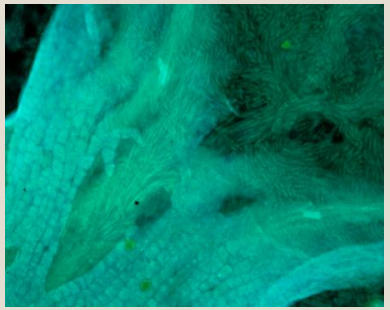
[1]Evaluated only in multivarietal orchard

[1]Sampled 2, 4, 6 y 8 dap

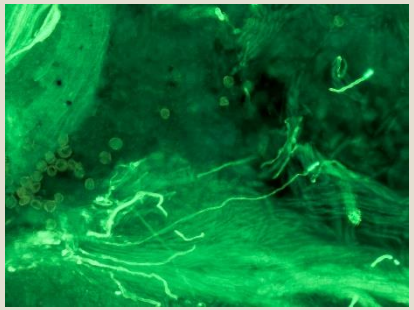
[1]Adjust the age: Remove flowers open one day and the next remove closed ones

Results and discussion

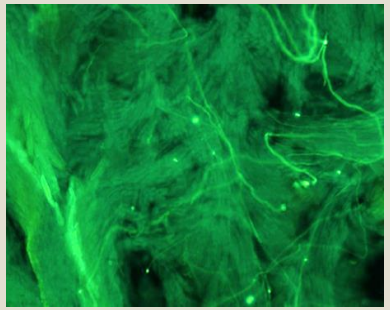
Interaction pollen-pistil: Pollen tube growth



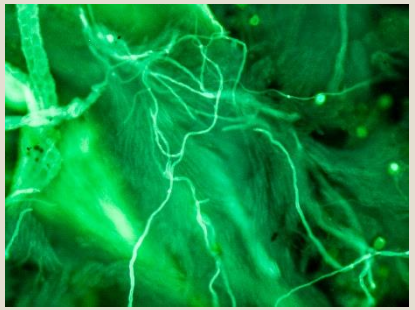
SP(2016 92%)
(2017 20%)



OP (2016 100%)
(2017 100%)



XB (2016 100%)
(2017 100%)



XS (2016 100%)
(2017 100%)

Interaction pollen-pistil: Fertilization

Pollination treatments	Numbre of flowers fertilized Days after pollination			
	2	4	6	8
SP	0	0	1	0
OP	0	4	3	11
XB	1	5	4	6
XS	1	3	5	4

Pollination treatments	Number of flowers fertilized Days after pollination			
	2	4	6	8
SP	0	1	2	1
OP	0	1	3	3
XB	2	2	9	5
XS	0	1	4	5

Results y discussion

Fruit set and index of self-incompatibility (ISI) in two 'Manzanillo' olive orchards in response to pollination treatments

Orchard type	Pollination treatment	2016		2017	
		Fruit set (No.fruits/panicle)	ISI (FSSP/FSCP)	Fruit set (No.fruits/panicle)	ISI (FSSP/FSCP)
Monovarietal	SP	0.02 b	-----	0.02 b	-----
	OP	0.03 b	0.62 a	0.07 b	0.26 a
	XB	0.11 a	0.18 b	0.16 a	0.13 a
Multivarietal	SP	0.01 b	-----	0.02 c	-----
	OP	0.21 a	0.03 a	0.15 a	0.12 a
	XB	0.18 a	0.04 a	0.11 b	0.22 a
	XS	0.18 a	0.04 a	0.07 bc	0.33 a

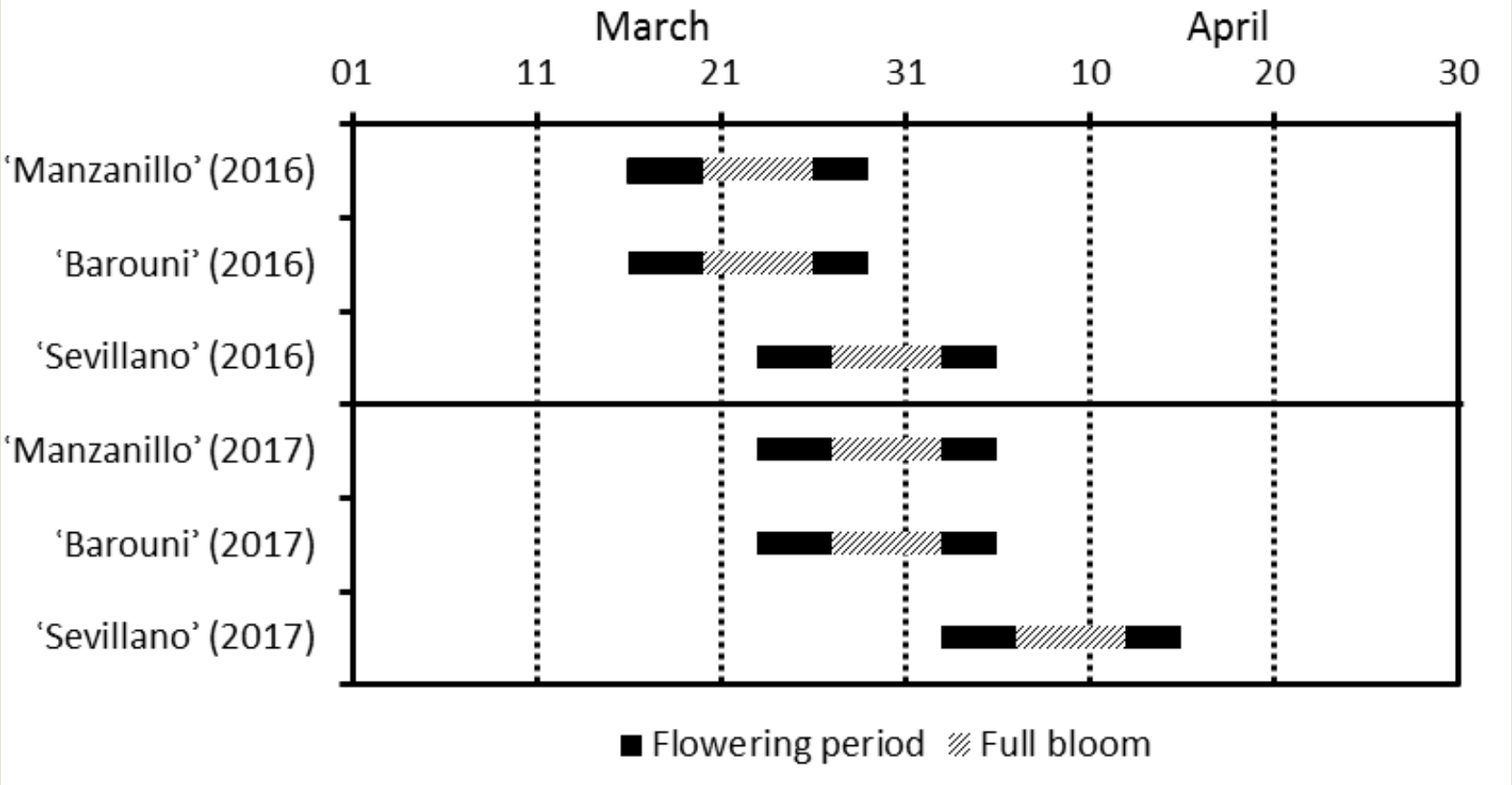
Quality

Fruit weight at harvest and its components in monovarietal and multivarietal 'Manzanillo' olive orchards in response to pollination treatments (2016 and 2017)

Orchard type	Pollination treatment	Fruit wt (g)	Pulp wt (g)	Pit wt (g)	Pulp/pit ratio
Monovarietal	SP	3.29 a	2.61 b	0.62 a	4.20 b
	OP	3.51 a	2.94 ab	0.61 a	4.82 a
	XB	3.76 a	3.15 a	0.65 a	4.85 a
Multivarietal	SP	3.36 a	2.47 b	0.60 a	4.11 c
	OP	3.62 a	3.02 a	0.63 a	4.79 b
	XB	4.01 a	3.40 a	0.64 a	5.31 a
	XS	3.22 a	2.71 ab	0.59 a	4.60 b

Orchard type	Pollination treatment	Fruit wt (g)	Pulp wt (g)	Pit wt (g)	Pulp/pit ratio
Monovarietal	SP	3.69 a	2.85 b	0.76 a	3.75 b
	OP	3.89 a	3.11 ab	0.79 a	3.93 a
	XB	3.98 a	3.21 a	0.78 a	4.11 a
Multivarietal	SP	2.95 a	2.18 b	0.73 a	2.98 b
	OP	3.13 a	2.52 a	0.66 a	3.81 a
	XB	3.37 a	2.63 a	0.74 a	3.55 a
	XS	3.18 a	2.48 a	0.71 a	3.49 a

Flowering synchronization

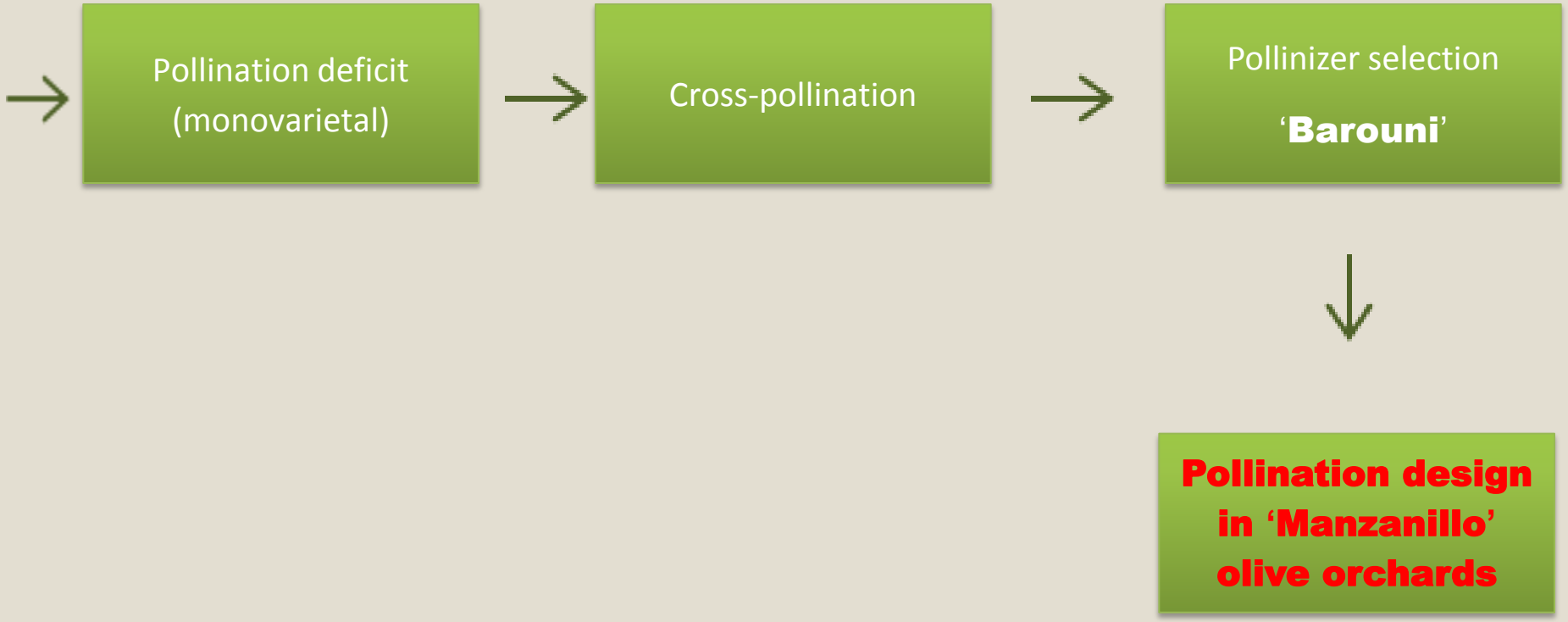


- Coincides Mexico (Navarro-Ainza et al., 2010) and Australia (Guerin and Sedgley, 2007)
- Opposite occurs in Spain (Barranco et al.,1994).

Conclusions

- Orchard monovarietal of 'Manzanillo‘ olive showed pollinated deficit reflected by a behavior highly self-incompatible
- Fertilize flowers and fruit set were improved with cross-pollination, both ‘Barouni’ and ‘Sevillano’
- ‘Barouni’ presented a longer blooming overlap than ‘Sevillano’ with ‘Manzanillo’ flowering period.
- ‘Barouni’ produced slightly higher yield and heavier fruit. Although, the results in terms of induced fruit set were similar
- Due to the above, we suggest ‘Barouni’ as a better choice.

Framework


Pollination deficit
(monovarietal)
Cross-pollination
Pollinizer selection
'Barouni'
Pollination design
in 'Manzanillo'
olive orchards

Orchard designs

Selection: 1 Orchard. 2 Blocks ‘Manzanillo’
Cultivar: Pollinizer 1:1. (8 m)
Cultivar: Pollinizer 1:4 (32 m)
Cultivar: Pollinizer 1:9 (80 m)
4 Trees/treatment
8 Shoots ea. tree around canopy
16 panicles/shoot (on) 10 panicles/shoot (off)
Open pollination

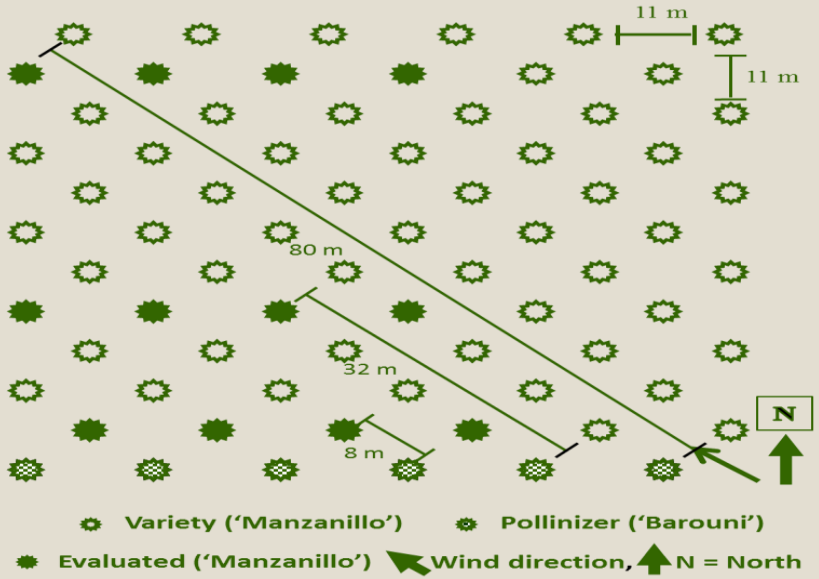
Flowering level

	2016	2017
1:1. (8 m)	9.0	4.0
1:4 (32 m)	9.5	4.5
1:9 (80 m)	9.5	4.5

(0= null flowering, 10=high flowering)

Pollen viability (‘Barouni’)

2016	2017
89.1%	80.8%



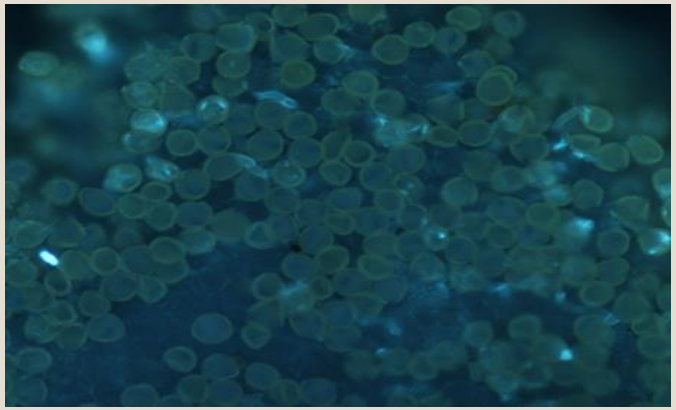
Idealized experimental layout

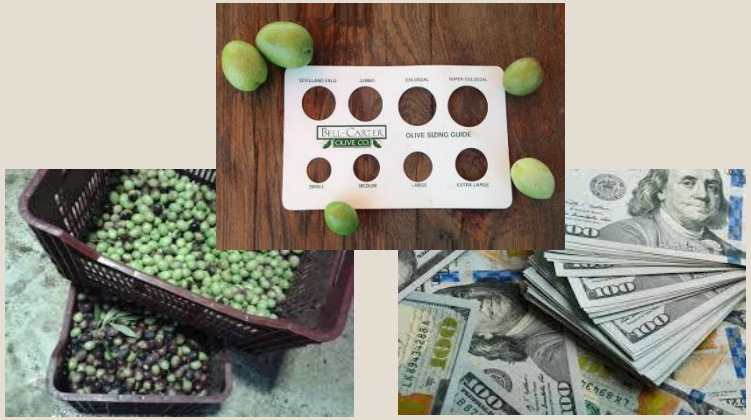
Parameters to evaluate:

Pollen-pistil interaction(sampled 2, 4, 6, 8 daa)

Initial fruit set 15 dap (No. fruits/panicle)

Final fruit set 45 dap (No. fruits/panicle)





Fruit mass: (g)

Estimated yield: kg/tree

Fruit size: Stan codex 66-1981

Potential income: US $ Prices fruit size categories (http://olivefantastic.com/2015)

Interaction pollen-pistil: pollen tube growth (2017 and 2018)

Pollinizer distance (m)	2017		2018	
	Percentage of flowers with PTG at 8 daa			
	0	PTG	0	PTG
8	35	60	45	55
32	55	45	55	45
80	65	25	45	55

Fertilization percentages

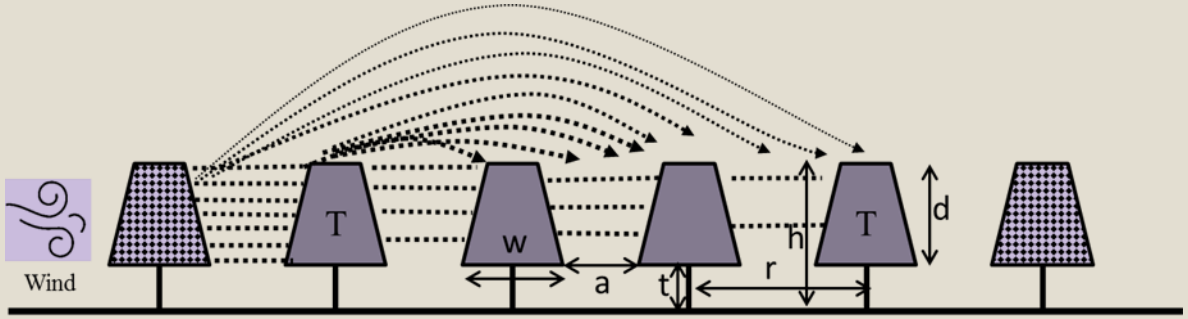
Pollinizer distance (m)	**2017**				**2018**			
	Days after anthesis				**Days after anthesis**			
	2	**4**	**6**	**8**	**2**	**4**	**6**	**8**
8	0	10	15	25	0	10	10	25
32	5	15	20	25	5	15	10	15
80	0	5	10	10	0	5	10	5

Initial and final fruit set and mass at harvest

Pollinizer distance (m)	2017			2018		
	Initial fruit set	Final fruit set	Fruit mass (g)	Initial fruit set	Final fruit set	Fruit mass (g)
8	1.49 a	0.38 a	3.79 a	0.99 a	0.23 a	3.46 a
32	1.77 a	0.13 b	3.76 a	0.88 a	0.11 b	3.80 a
80	0.98 b	0.11 b	4.13a	0.68 b	0.06 c	3.93 a

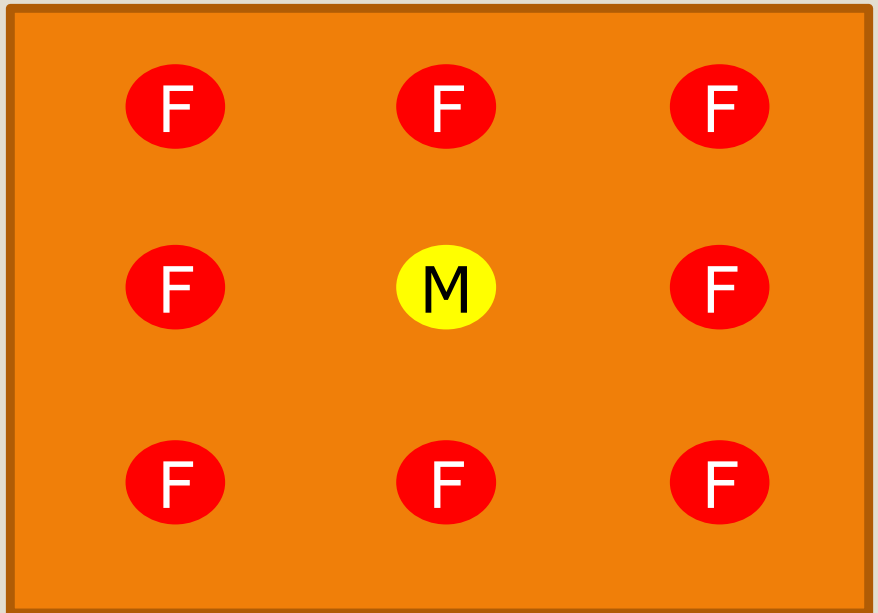
Discussion

- 30-40 m away from cross-pollen source (Griggs et al., 1975), 70 m (Pinillos et al., 2012)
- Olive pollen deposition mostly in the first 10 mts (Stoke´s law) (Pinillos and Cuevas, 2009)
- Griggs et al. (1975) proposed a minimum of 25% of pollinizers (1 out of 4 rows). Sibbett et al. (1992) recommended 10% of pollinizers planted in rows across prevailing winds.
- 50% pollinizers. Chestnut (wind-pollinated species) Nishio et al (2019), Nut crop (Crane, 1986, Kallsen et al., 2005).
- Our results imply deep changes in the design of olive orchards. In traditional olive countries, distant cross-pollen sources contribute to create pollen clouds travelling far away (up to 12 km



Olive is an evergreen species with a dense canopy that makes more difficult the dissemination of pollen through the orchard (Connor et al., 2014; Sibbett et al., 1992)

In pistachio, orchard designs allocate around 11% of the area in square surrounded by female trees, that assures close proximity between male and female trees in this wind-pollinated nut crop (Crane, 1986; Kallsen et al., 2005). This strategy found the diffusion of pollen from them is maximized



Incomes obtained due to the inclusion of pollinizers at increasing distances from 'Manzanillo' olive trees (seasons 2017-2018)

Pollinizer distance (m)	Fruit size	Price (US $/kg)	2017				2018			
			Yield (kg/tree)	Yield per size (kg/tree)	Income (US $/tree)	Income (US $/ha)	Yield (kg/tree)	Yield per size (kg/tree)	Income (US $/tree)	Income (US $/ha)
8	Large	1.40	59.17	0.00	72.98	5983	14.49	0.00	18.24	2210
	Medium	1.40		33.80				8.93		
	Small	1.05		21.82				5.00		
	Rejected	0.70		3.55				0.69		
32	Large	1.40	20.80	0.00	27.44	4274	8.56	0.00	11.80	1686
	Medium	1.40		16.80				8.31		
	Small	1.05		3.20				0.00		
	Rejected	0.70		0.80				0.24		
80	Large	1.40	19.65	2.53	26.51	3667	4.83	2.15	6.72	1328
	Medium	1.40		15.18				2.62		
	Small	1.05		1.04				0.00		
	Rejected	0.70		0.89				0.05		

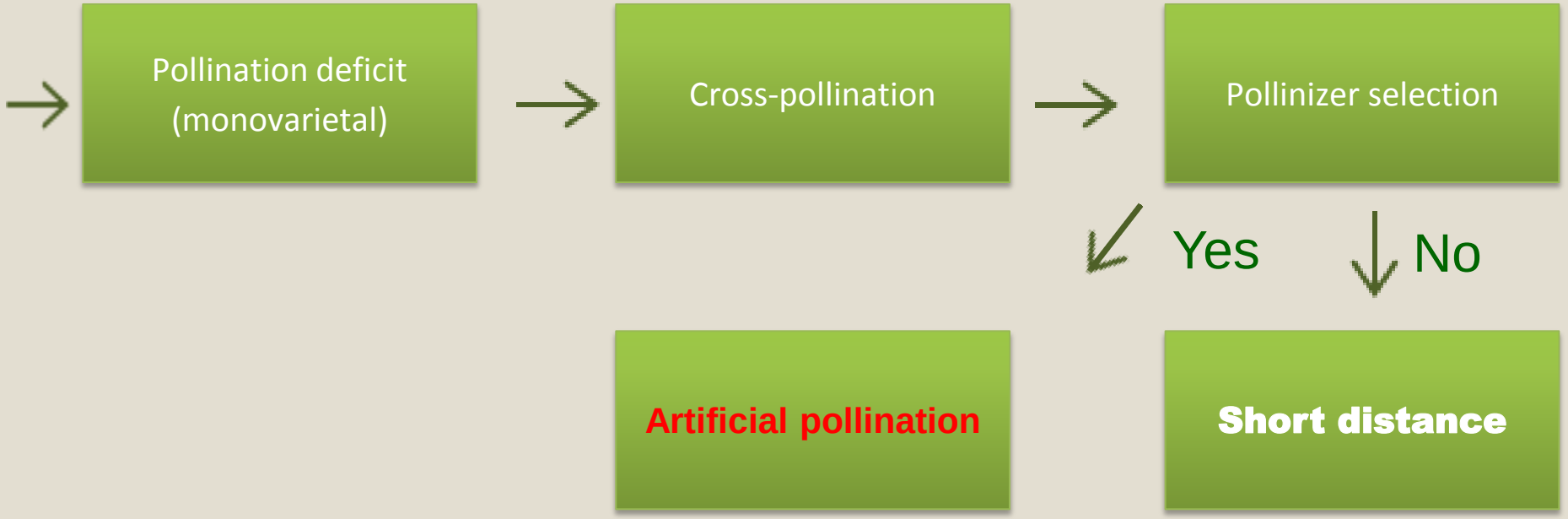
Conclusions

- Short distance between ‘Manzanillo’ main variety trees and ‘Barouni’ pollinizers increased fruit set and estimated yields

- In spite of the negative effects of heavier yields on fruit set and fruit class distribution (and therefore unitary price), the higher incomes resulted from planting alternatively one row of ‘Barouni’ for each of ‘Manzanillo’.

- This pollination design modifies current supposition about tree layouts and needs confirmation in traditional olive countries where the existence of more abundant sources of cross-pollen can reduce the proportion of pollinizers in orchard design.

Framework


Pollination deficit
(monovarietal)
Cross-pollination
Pollinizer selection
Yes
No
Artificial pollination
Short distance

Introduction

Artificial pollination is defined as the biological or mechanical application of supplementary compatible pollen that has been previously collected

- Practiced ancient times
- Purpose is:

1) to solve the problems of natural pollination (climatic, physiological, morphological and/or lack of vectors)

2) to Improve fruit set, correcting planting design mistakes and/or improving product quality

- Artificial pollination has been tested:

Entomophilic species: Vanilla, apple tree, kiwi and custard apple

Anemophilous species: Date palm, pistachio tree, walnut and olive tree

Steps: Harvest, pollen viability and application

Considerations:

a) Opportunity

b) Times

Material and Methods

Selection: Monovarietal Orchard. 3 Blocks cv. ‘Manzanillo’

4 Trees/treatment

8 Shoots ea. tree around canopy

16 panicles/shoot (on), 10 panicles/shoot (off)

Open pollination (bagging before pollination)

80 gr/ha each application, at night

Flowering level 9 in 2017 and 4 in 2018

Treatments:

0 Pollination
1 Pollination (full flowering)
2 Pollinations (begin and full flowering)
4 Pollinations (begin flowering and every 4 days)

Parameters

1. **Fruit set** 15 and 45 dap (No. fruits/panicle)

2. **Fruit mass** (g)

3 **Estimated yield**: kg/tree

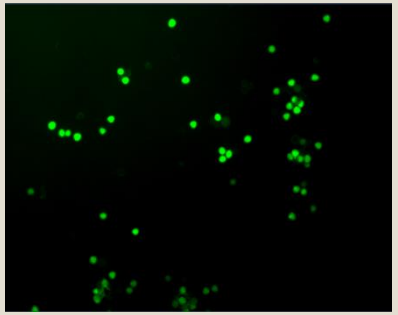
4 **Fruit size**: Stan codex 66-1981

5 **Potential income**: US $ prices fruit size categories (http://olivefantastic.com/2015)

Pollen viability (‘Barouni’)

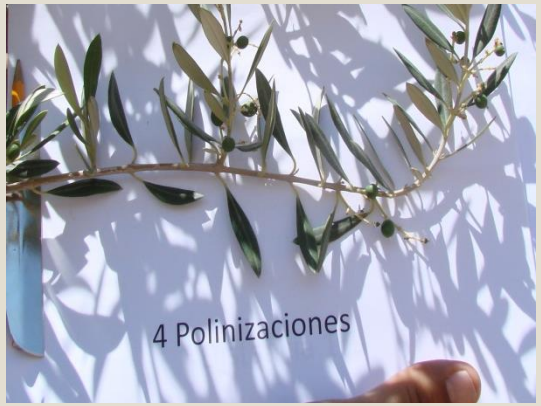
2017	2018
85.1%	*79.6%

*Harvest 2017 storaged at -20°C



Results and discussion

Treatmeants (no. pollinations)	2017			2018		
	Initial Fruit set	Final Fruit set	Fruit mass(g)	Initial Fruit set	Final Fruit set	Fruit mass(g)
0	0.87 c	0.07 c	3.69 a	0.68 a	0.06 b	3.93 b
1	1.23 b	0.22 b	3.47 a	0.27 b	0.12 a	4.93 a
2	1.72 a	0.24 b	3.60 a	0.30 b	0.12 a	4.63 a
4	1.62 a	0.38 a	3.42 a	0.31 b	0.10 a	4.66 a



Discussion

- Agree reported with the same number of applications (75 gr/ha per application) ‘Gordal Sevillana’ in the same phenological stages as in the present study (Sibbett et al., 1992)
- Gianni and Vannia (2018) 10-30% increased fruit set in ‘Leccino’ (2 applications) with ‘Casaliva’
- Positive effect in ‘Picual’ (Hueso, 1999)
- Wind pollination species like as hazelnut increased 37% fruit set (Ellena et al., 2014), pistachio 16% in California (Vaknin et al., 16%), date palm 40% (Iqbal et al., 2010)
- 4 pollinations constant pollen supply

Cost-benefit ratio in olive trees ‘ Manzanillo’ (year 2017)

Treatments (no. pollinations)	Harvest (kg/tree)	Fruit caliber	Harvest per caliber (kg/tree)	Income (US $/kg)[b]	Application cost (US$/tree)	Income (US $/tree)
0	3.88	SD[d]	SD	SD	0.00	SD
1	31.25	Big	6.26	1.40	0.90	41.33
		Medium	20.70	1.40		
		Small	3.44	1.05		
		Rejected	1.25	0.70		
2	35.40	Big	11.06	1.40	1.80	43.90
		Medium	15.46	1.40		
		Small	6.78	1.05		
		Rejected	2.07	0.70		
4	53.26	Big	12.96	1.40	3.60	64.08
		Medium	25.47	1.40		
		Small	10.08	1.05		
		Rejected	4.71	0.70		

- The yield (kg/tree) is slightly below that reported by Grijalva-Contreras et al. (2015) but with a better caliber of the fruit
- Another experiment when it was pollinated in combination with biostimulants when they obtained lower yields and higher calibers of the fruit (Grijalva-Contreras et al. 2012)

Cost-benefit ratio in olive trees ‘ Manzanillo’ (year 2018)

Treatments (no. pollinations)	Harvest (kg/tree)	Fruit caliber	Harvest per caliber (kg/tree)	Income (US $/kg)[b]	Application cost (US$/tree)	Income (US $/tree)
0	4.83	SD	SD	SD	0.00	SD
1	11.41	XSize	9.04	1.30	0.90	16.37
		Big	1.96	1.40		
		Medium	1.68	1.40		
		Small	0.00	1.05		
		Rejected	0.57	0.70		
2	10.12	XSize	0.00	1.30	1.80	13.81
		Big	9.62	1.40		
		Medium	0.00	1.40		
		Small	0.00	1.05		
		Rejected	0.50	0.70		
4	8.48	XSize	3.57	1.30	3.60	11.22
		Big	4.49	1.40		
		Medium	0.00	1.40		
		Small	0.00	1.05		
		Rejected	0.42	0.70		

Conclusions

- ✓ PA improves fruit set in monovarietal olive groves of cv. ‘Manzanillo’
- ✓ PA has potential to replace the use of pollinator trees in plantation designs
- ✓ Greater number of PA applications resulted in greater economic benefit despite its higher cost, although it should be noted that this improvement was observed only in the year of loading
- ✓ The increase in fruit set negatively affected the size of the fruit, although it did not represent a significant damage to the value of the crop
- ✓ The results support the use of ‘Barouni’ pollen in monovarietal plots of ‘Manzanillo’ in Mexico

Initial and final fruit set in “on” and “off” ‘Arbequina’ trees in response to different pollinated treatments

Prospects for Mexico

- ✓The conditions for Mexico
- ✓The potential is confirmed
- ✓Promotion of crop
- ✓Market and commercialization
- ✓Varietal ordering (own, generated and imported)
- ✓Productive vocation
- ✓ Products and subproducts
- **✓Research (Olive system product)**

Research areas

- Flowering quality
- Pollination (Wind)

  Pollination designs
  Varieties
  No. trees
  Distance (Density)

  Artificial pollination
  Harvest
  Varieties
  Dosis
  Time
  Aplication

  Pollen viability and germination

- Quality fruit

- Self-incompatibility

Thanks

XXIII SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMÍA

UJED Universidad Juárez del Estado de Durango

FACULTAD DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA

"Reproducción y Nutrición en Pequeños Rumiantes e Impacto ambiental"

- **Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras**

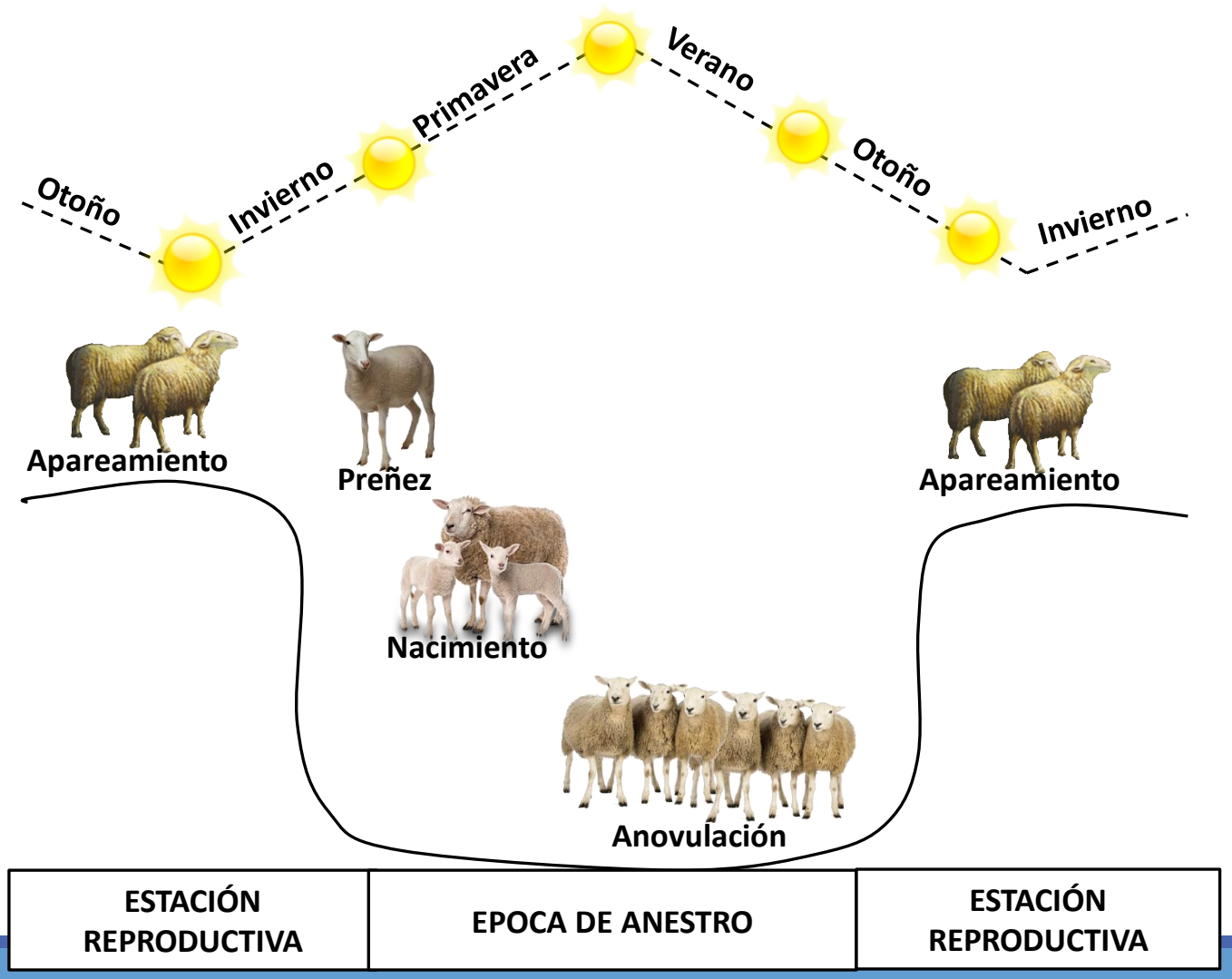
SNI Nivel III

Torreón, Coahuila

Septiembre, 2021

UAAAN Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Fotoperiodo y estacionalidad reproductiva



Métodos de control de la reproducción de pequeños rumiantes

Tratamientos hormonales

12 a 14 días

↓

5-6 días

-Acetato de Flurogestona (FGA)
-Acetato de Medroxiprogesterona (MAP)

Gonadotropina coriónica equina (eCG) en dosis que varía entre 200 a 500 UI

Bioestimulación

Objetivos

♀ Actividad reproductiva

♂ Calidad seminal y comportamiento sexual

Dependiendo de la raza, edad y peso de los animales

Administración de Testosterona en machos cabríos y proporción macho: hembra

FI 1.273
Q3

Effect of different male-to-female ratios and testosterone administration upon the male sexual behavior and the out-of-season reproductive response of anestrous goats

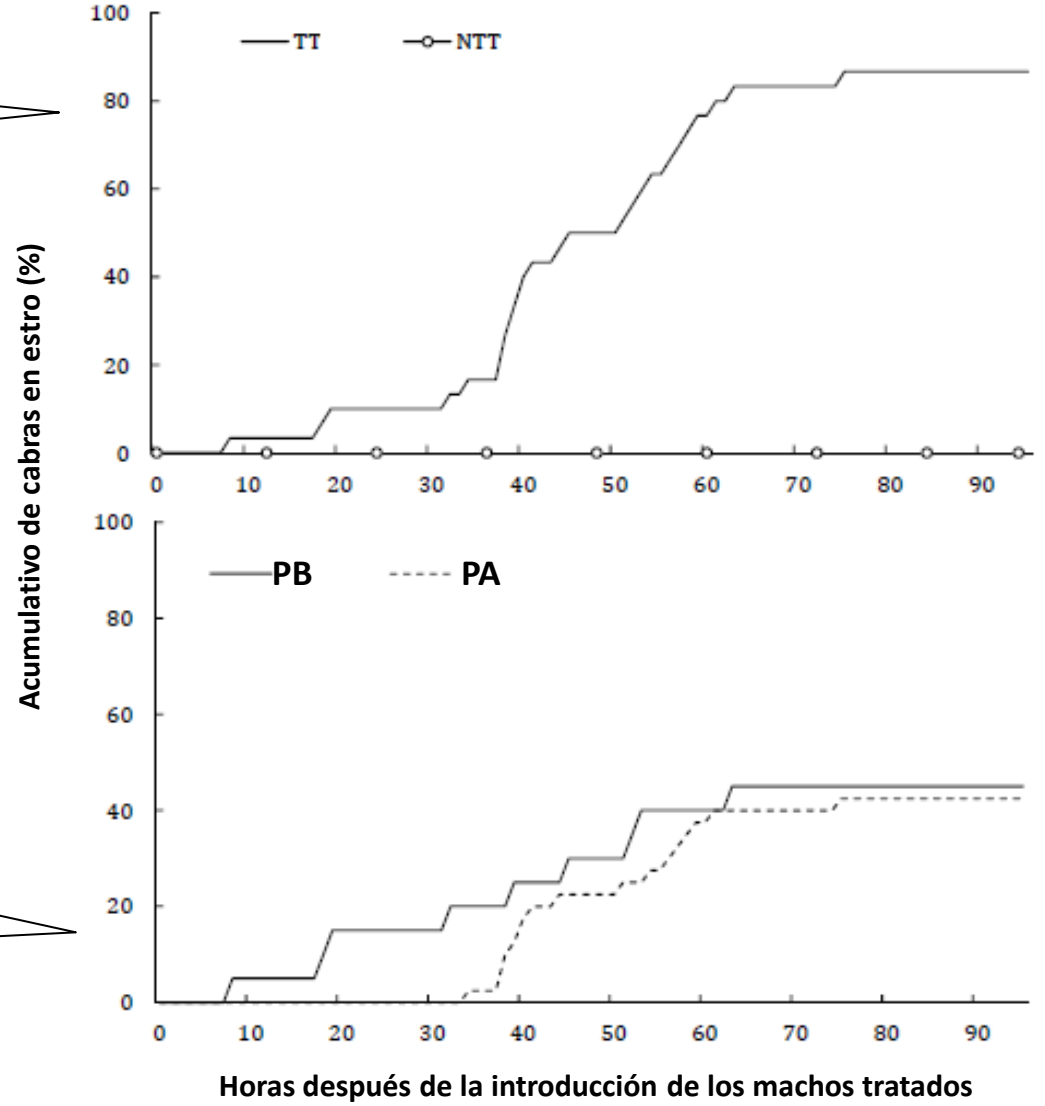
Tratamiento ♂	Proporción ♂:♀
Testosterona (25 mg i.m., cada 3-d x 3 semanas) **TT,** n=8	➡ Alta= TA (♂ 1: ♀ 10)
	➡ Baja= TB (♂ 1: ♀ 5)
Solución salina (1 ml i.m., cada 3-d x 3 semanas) **NTT,** n=8	➡ Alta= PA (♂ 1: ♀ 10)
	➡ Baja= PB (♂ 1: ♀ 5)

Ángel-García et al., 2015

Administración de Testosterona en machos cabríos y proporción macho: hembra

Efecto de machos tratados con testosterona

Efecto macho con diferentes proporciones macho:hembra



Ángel-García et al., 2015

Administración de Testosterona en machos cabríos y proporción macho:hembra

Comportamiento sexual de los machos cabríos tratados con testosterona y no tratados expuestos a una proporción baja y alta entre machos y hembras

	Testosterona			Proporción M:H			
	TT	**NTT**	**NSO[a]**	**PA**	**PB**	**NSO[a]**	**ee**
Comportamiento sexual apetitivo(%)	92.2	7.8	0.000	35.11	64.89	0.000	13.89
Comportamiento sexual consumatorio (%)	100.0	0	0.000	58.38	41.67	0.236	14.82
Respuesta estral(n)	17	0	0.000	9	8	0.014	7.99
Tasa de preñez (n)[b]	25	0	0.000	8	17	0.196	7.99
Prolificidad (n)	3.8	0	0.111	1.8	2.0	0.582	1.03

[a] Nivel de significancia observado

[b] Tasa de preñez detectada por ultrasonografía a los 45 días de la preñez

Ángel-García et al., 2015

Administración de Testosterona en carneros y efecto macho

FI 3.458
Q1

Appetitive and Consummatory Sexual Behaviors of Rams Treated with Exogenous Testosterone and Exposed to Anestrus Dorper Ewes: Efficacy of the Male Effect

♂ 20 mg de **Testosterona** i.m. cada 3 d x 21 d	♂ 1 ml de **Solución salina** i.m. cada 3 d x 21 d

Tejada et al., 2016

Administración de Testosterona en carneros y efecto macho

Comportamiento sexual de búsqueda de carneros Dorper tratados con testosterona (25 mg i.m., cada 3 días por 3 semanas) previo al apareamiento.

Comportamiento sexual de búsqueda (%)	Testosterona 55%	Control 45%
Olfateo anogenital	530ª	377ᵇ
Olfateo corporal	93ª	97ª
Aproximación	333ª	331ª
Pataleo	110ª	19ª
Vocalización	99ª	103ª
Flehmen		
• Durante el olfateo anogenital	48ª	33ª
• Al oler la orina de la oveja	10ª	3ᵇ
• Sin contacto con la oveja	17ª	37ᵇ

Los valores con diferentes superíndices entre columnas difieren (p <0 .05)

El número de conductas de comportamiento se considera 1 h durante dos días consecutivos.

Tejada et al., 2016

Administración de Testosterona en carneros y efecto macho

Comportamiento sexual consumatorio de carneros Dorper tratados con testosterona (25 mg i.m., cada 3 días por 3 semanas) previo al apareamiento.

Comportamiento sexual consumatorio (%)	**Testosterona 100%**	**Control 0%**
Intento de monta	9ª	0ᵇ
Monta con desenvaine	5ª	0ᵇ
Monta con desenvaine pero sin eyaculación	4ª	0ª
Monta con eyaculación	0ª	0ª

Los valores con diferentes superíndices entre columnas difieren (p <0 .05)

El número de conductas de comportamiento se considera 1 h durante dos días consecutivos.

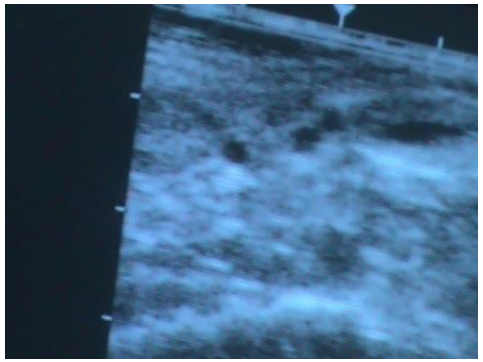
Tejada et al., 2016

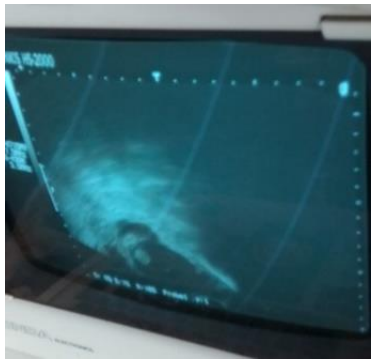
Administración de Testosterona en carneros y efecto macho

Respuesta reproductiva de ovejas Dorper acíclicas expuestas al efecto macho con carneros tratados con testosterona y carneros control

	Testosterona (n=61)	Control (n=60)
Ovejas en estro (%)	85[a]	40[b]
Ovejas ovulando (%)	80[a]	53[a]
Ovejas preñadas (%)	60[a]	31[a]

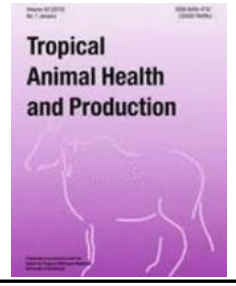
Los valores con diferentes superíndices entre columnas difieren (p≤.05)





Tejada et al., 2016

Efecto hembra en machos cabríos



FI 1.419
Q2

Estrus induction in anestrous mixed-breed goats using the "female-to-female effect"

n=115 25 mg de Progesterona i.m.	1) **eCG** (n=30), 240 UI i.m. de eCG + 50 µg PGFα i.m.
	2) **P4** (n=39), Exposición a hembras del grupo eCG.
	3) **Salina** (n=23), 0.5 ml de solución salina i.m.
	4) **Con** (n=23), Exposición a hembras del grupo Salina.

Rodríguez-Martínez et al., 2013

Efecto hembra en machos cabríos

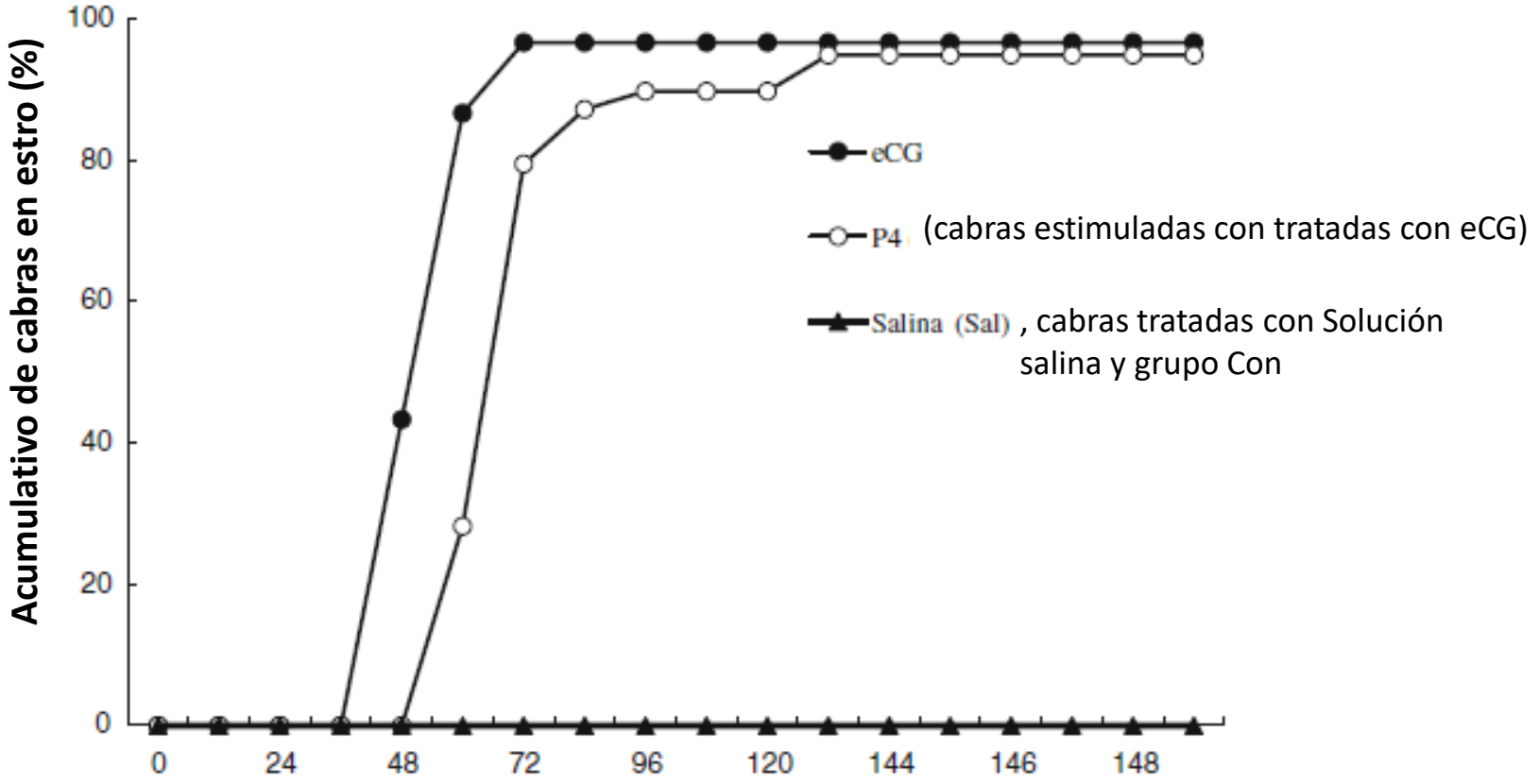
Respuesta reproductiva de cabras tratadas con eCG o solución salina usadas para estimular cabras en anestro sin tratar

Grupo tratado	Respuesta estral (%)	Cabras preñadas (%)	Pariciones (%)
eCG (n=30)	97[a]	83[a]	63[a]
P4 (Estimuladas con cabras tratadas con eCG, n=39)	95[a]	87[a]	64[a]
Salina (n=23)	0	0	0
Con (Estimuladas con cabras tratadas con eCG, n=23)	0	0	0

Valores con diferentes letras (a, b) entre filas difieren (P <0.05).

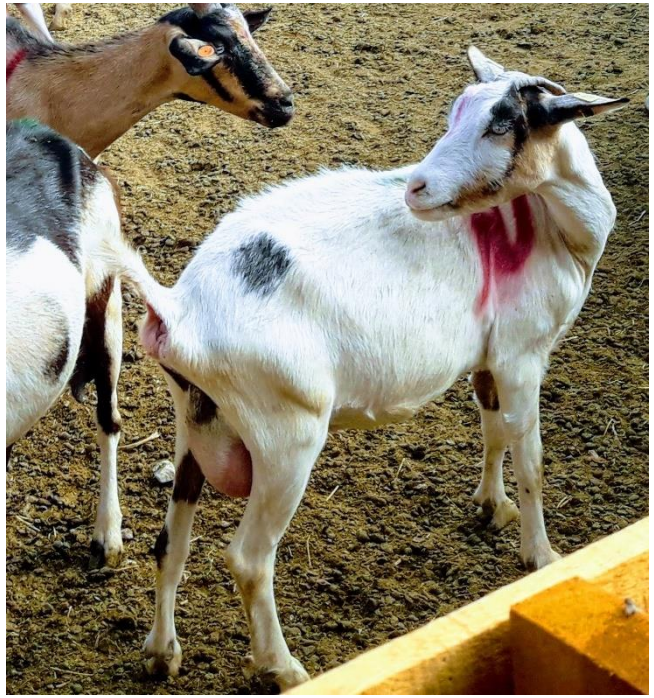
Efecto hembra en machos cabríos

Acumulativo de la respuesta estral de cabras tratadas con eCG o solución salina usadas para estimular cabras en anestro sin tratar



(cabras estimuladas con tratadas con eCG)

, cabras tratadas con Solución salina y grupo Con



Rodríguez-Martínez et al., 2013

Rango social y protocolos hormonales en la inducción de la actividad reproductiva en cabras

animals FI 2.323 Q1

Effect of Social Rank upon Estrus Induction and Some Reproductive Outcomes in Anestrus Goats Treated With Progesterone + eCG

(n=70) 25 mg de P4 i.m.	**Rango Social Alto** HSR (n=24)	100 UI de eCG **D100** **(n=35)**
	Rango Social Medio MSR (n=28)	350 UI de eCG **D350** **(n=35)**
	Rango Social Bajo LSR (n=18)	

Zuñiga-Garcia et al., 2020

Rango social y protocolos hormonales en la inducción de la actividad reproductiva en cabras

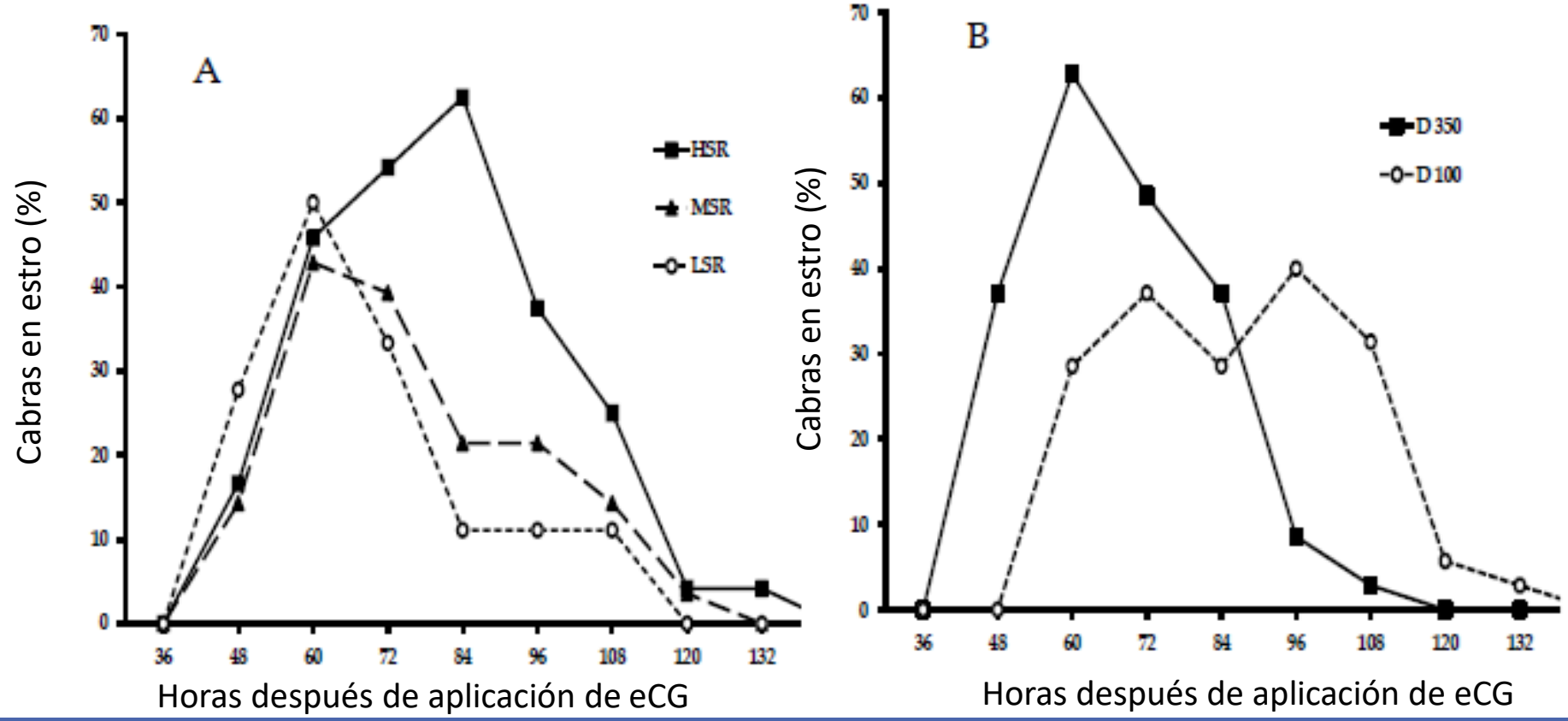
Medias de mínimos cuadrados ± error estándar en la latencia al estro, ovulación, preñez, pariciones y tamaño de camada según el rango social (LSR, MSR y HSR) y dosis de eCG (100 o 350 mg) en cabras (n = 70) manejadas en condiciones intensivas.

Variables	Social Rank (R)			Dosis de eCG (D)		Valor de *p*		
	LSR (n=18)	MSR (n=28)	HSR (n=24)	100 (n=35)	350 (n=35)	R	D	R × D
Inicio del Estro (%)	56b	71b	96a	74a	77a	0.007	0.599	0.019
Ovu. (%)	78b	93ab	96a	86a	94a	0.05	0.177	0.294
Preñez (%)	50a	50a	58a	46a	60a	0.651	0.147	0.037
Pariciones (%)	28a	36a	50a	31a	46a	0.279	0.184	0.119
Tamaño de camada (n)	1.6±0.4a	1.8±0.3a	1.8±0.2a	1.4±0.2b	2.1±0.2a	0.228	0.023	0.139

Las letras minúsculas (a, b) significan que los diferentes superíndices difieren (p <0.05).

Rango social y protocolos hormonales en la inducción de la actividad reproductiva en cabras

Porcentaje de inducción de estro con respecto a la aplicación de gonadotropina coriónica equina (eCG), hasta la aparición del comportamiento estral en cabras según (A) el rango social (alto, medio y bajo) y (B) la dosis de eCG (100 o 350 IU) en cabras (n = 70) manejadas en condiciones intensivas.



Suplementación de Glutamato en carneros Dorper

Effect of Glutamate Supplementation upon Semen Quality of Young Seasonally Sexual-Inactive Dorper Rams

GG	GC
7mg/kg de PV de Glutamato i.m. cada 4d x 30d	1 ml de solución salina i.m. cada 4d x 30d

Calderón-Leyva et al., 2017

Suplementación de Glutamato en carneros Dorper

Calidad seminal de carneros tratados con glutamato (GLUT) y solución salina (CONT)

Parámetros	GLUT (n=5)	CONT (n=5)
Latencia a la eyaculación (s)	29±8.7ª	65±23ª
Volumen de semen (ml)	1.1±0.1ª	1.1±0.2ª
Concentración espermática en 1 ml (x 10^6 células)	4260±95.9ª	2828±597.2ᵇ
Número total de espermas por eyaculado (x 10^6 células/ml)	4397±500.9ª	3652±893.9ª
Motilidad masal (1-5)	2.1±0.3ª	21±0.3ª
Espermatozoides vivos (%)	62±7.9ª	53±10.9ª

a,b = Valores con literales diferentes en la misma fila difieren (p<0.05).

Calderón-Leyva et al., 2017

Suplementación de Glutamato y tratamientos con testosterona en carneros Dorper

FI 2.094
Q1

Influence of sexual behavior of Dorper rams treated with glutamate and/or testosterone on reproductive performance of anovulatory ewes

GG 7mg/kg de PV de Glutamato i.m. cada 4d x 30d	**GT** 25 mg de propionato de testosterona i.m. cada 3d x 21 d
GGT Glutamato y propionato de testosterona i.m.	**GC** 1 ml de solución salina i.m. cada 4d x30d

Calderón-Leyva et al., 2018

Suplementación de Glutamato y tratamientos con testosterona en carneros Dorper

Comportamiento sexual apetitivo (CSA) y consumatorio (CSC) de carneros adultos Dorper tratados con glutamato (GG), testosterona (GT), glutamato + testosterona (GGT) y solución salina (GC); expuestos a ovejas nulíparas anovulatorias.

	GG	GT	GGT	GC
Carneros (n)	(4)	(4)	(4)	(4)
CSA (%)	26.2ab	10.4c	42.3a	17.7bc
CSC (%)	1.2a	0.1a	1.2a	0.8a
Total CSA&CSC (n)	178.5±26.4b	68.3±36.1c	283.3±75.9a	120.3±59.6bc

a,b,c = Valores con literales diferentes en la misma fila difieren ($p<0.05$).

Suplementación de Glutamato y tratamientos con testosterona en carneros Dorper

Respuesta reproductiva de ovejas nulíparas anovulatorias expuestas a carneros adultos previamente tratados con glutamato (GG), testosterona (GT), glutamato + testosterona (GGT) y solución salina (GC).

	GG	GT	GGT	GC
Ovejas (n)	(14)	(14)	(14)	(13)
Inducción del estro (%)	100a	71b	100a	100a
Actividad ovulatoria (%)	100a	71b	92a	84b
Preñez (%)	100a	71b	92a	76b

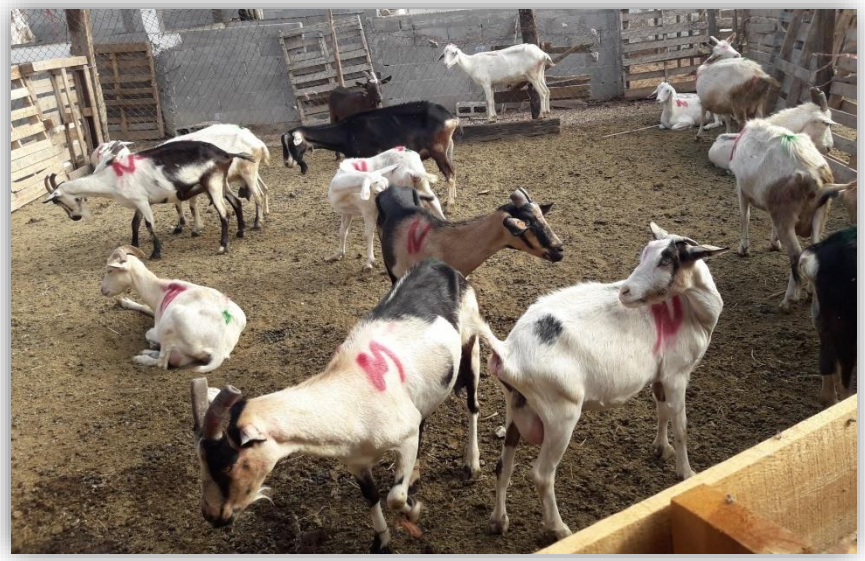
a,b = Valores con literales diferentes en la misma fila difieren (p <0.05).

Calderón-Leyva et al., 2018

Protocolos basados en diferentes dosis de hCG en cabras

FI 1.660
Q2

Reproductive outcomes of Alpine goats primed with progesterone and treated with human chorionic gonadotropin during the anestrus-to-estrus transition season



n=39 ♀ 20 mg de Progesterona s.v.	1) **hCG-0** (n=10), 1 ml de solución salina s.v.
	2) **hCG-50** (n=9), 50 UI de hCG s.v.
	3) **hCG-100** (n=10), 100 UI de hCG s.v.
	4) **hCG-300** (n=10), 300 UI de hCG s.v.

Alvarado-Espino et al., 2016

Protocolos basados en diferentes dosis de hCG en cabras

Respuesta reproductiva de cabras anestricas tratadas con una inyección de P4 más un protocolo basado en diferentes concentraciones de gonadotropina coriónica humana (hCG)

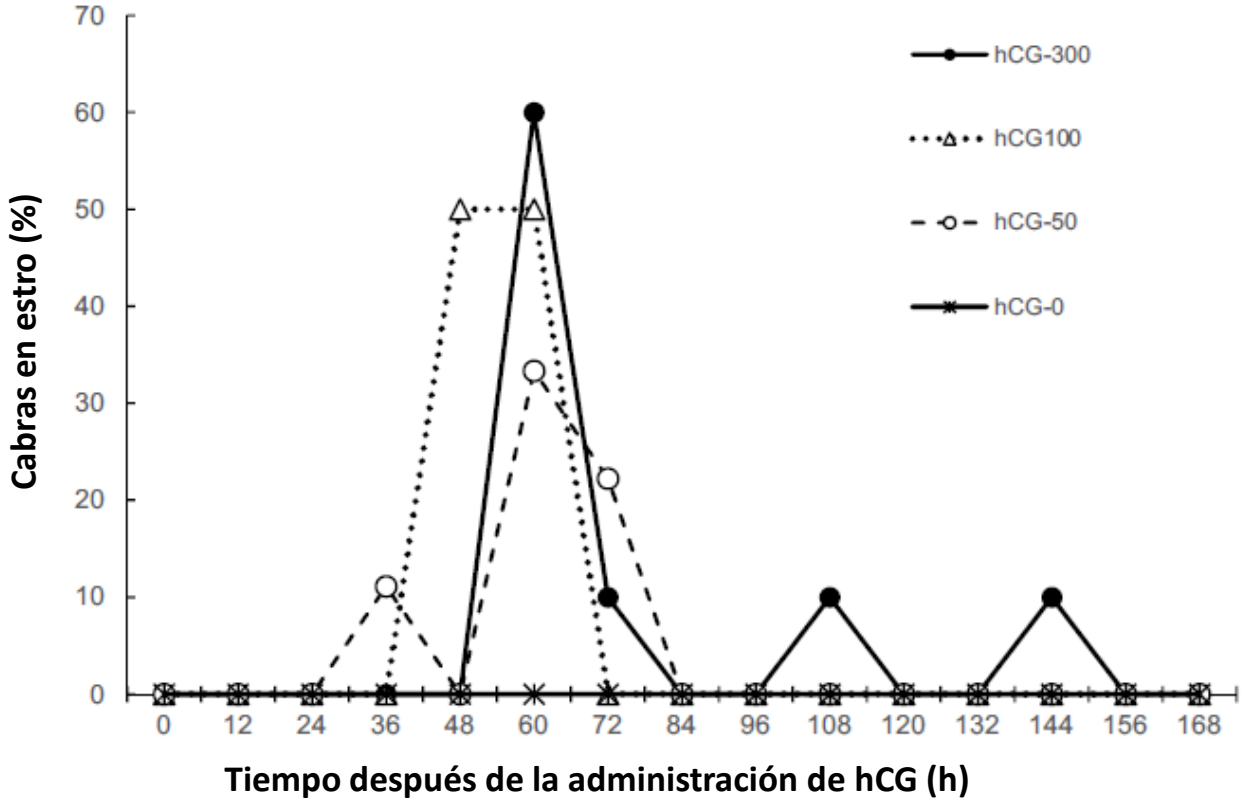
Variables	hCG-300 (n=10)	hCG-100 (n=10)	hCG-50 (n=9)	hCG-0 (n=10)
Inducción al estro, %	90^{a}	100^{a}	67^{a}	0^{b}
Ovulación, %	90^{a}	100^{a}	67^{a}	0^{b}
Cabras preñadas, %	80^{a}	100^{a}	67^{a}	0^{b}

Medias con diferentes superíndices entre columnas difieren (P <0.05)

Alvarado-Espino et al., 2016

Protocolos basados en diferentes dosis de hCG en cabras

Porcentaje de **presencia de estro** en cabras tratadas con progesterona previo a la aplicación de diferentes concentraciones de hCG (50, 100 o 300 UI) o solución salina



Alvarado-Espino et al., 2016

Protocolo basado en hCG en cabras

FI 1.660
Q2

Ovarian response is not affected by the stage of seasonal anestrus or breed of goats when using a progesterone injection plus human chorionic gonadotropin-based protocol

20 mg de **Progesterona** i.m. + 100 UI i.m. de **hCG** después de la administración de P4	1) **Abril, Junio**
	2) **Cabras locales, Cabras Alpinas**

Alvarado-Espino et al., 2019

Protocolo basado en hCG en cabras

Respuesta reproductiva de cabras cíclicas sin estro tratadas con una inyección de P4 más un protocolo basado en gonadotropina coriónica humana (hCG)

Variables	**Abril** (anestro temprano, n=13)	**Junio** (anestro tardío, n=12)	**Valor de *P***
Cabras en estro y ovulación (%)	92	100	0.24
Intervalo de hCG a la ovulación (h)	91±15.7	88±9.7	0.51
Tasa ovulatoria	2.0±0.0	1.6±0.5	< 0.05

Alvarado-Espino et al., 2019

Protocolo basado en hCG en cabras

Respuesta reproductiva y fertilidad de cabras locales y Alpinas cíclicas sin estro tratadas con una inyección de P4 más un protocolo basado en gonadotropina coriónica humana (hCG)

Variables	Cabras locales (n=18)	Cabras Alpinas (n=18)	Valor de *P*
Cabras en estro y ovulación (%)	83	100	0.06
Tasa ovulatoria	1.6±0.6	1.3±0.5	< 0.05
Tasa de preñez (%)	56	79	0.12

Alvarado-Espino et al., 2019

Protocolos basados en diferentes dosis de eCG para inducir la actividad reproductiva en cabras

FI 0.395
Q4

Evaluation of Different eCG Doses + Progesterone to Induce Reproductive Activity During the Transitional Reproductive Season in Anestrous Creole Goats

n=39 ♀ 25 mg de Progesterona i.m.	1) **eCG-50** (n=9), 50 UI de eCG i.m.
	2) **eCG-50+50** (n=10), 50 + 50 UI de eCG i.m.
	3) e**CG-100** (n=10), 100 UI de eCG i.m.
	4) **eCG-200** (n=10), 200 UI de eCG i.m.

Protocolos basados en diferentes dosis de eCG para inducir la actividad reproductiva en cabras

Respuesta reproductiva de cabras criollas durante el anestro estacional (período de transición, durante junio) tratadas con 200 (eCG-200), 100 (eCG-100), 50 + 50 (eCG-50 + 50) y 50 (eCG-50) UI de eCG. Las dosis se administraron 24 h después de la administración de 25 mg de progesterona intramuscular.

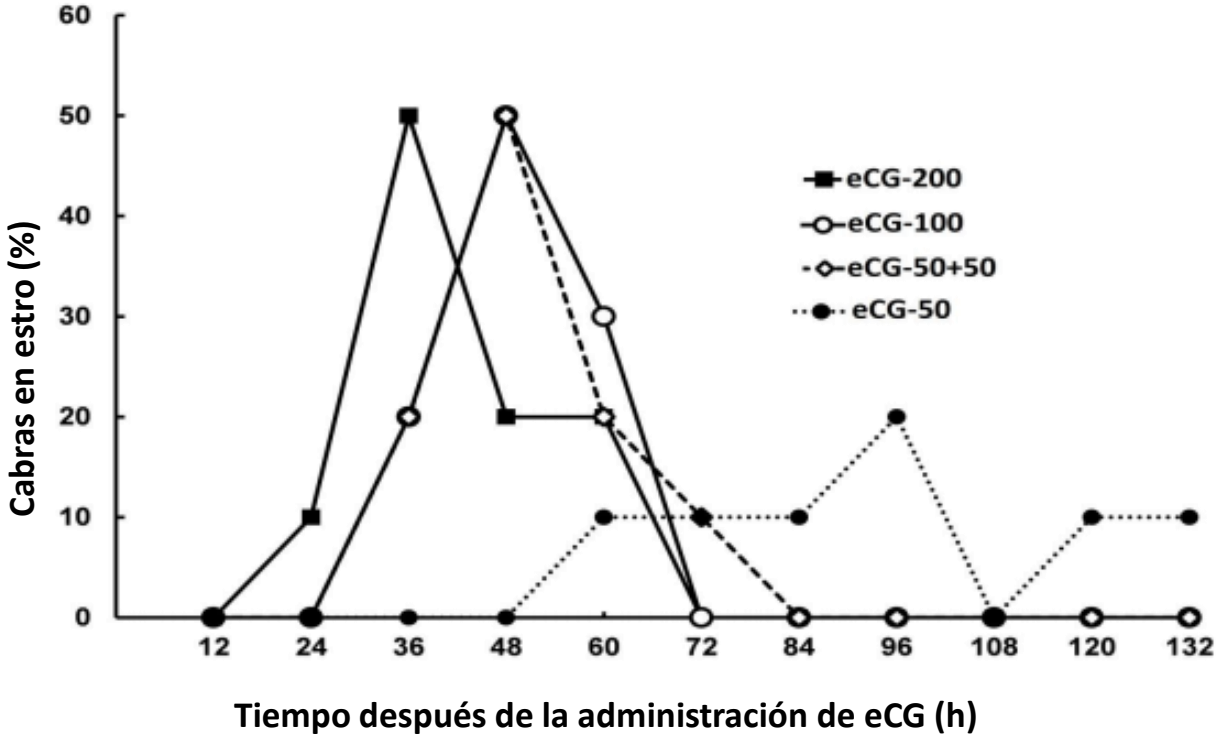
Variables	eCG-200 (n=10)	eCG-100 (n=10)	eCG-50+50 (n=10)	eCG-50 (n=9)
Cabras en estro (%)	100	100	100	78
Cabras ovulando (%)	100	100	100	78
Cabras preñadas (%)	70 [a]	70 [a]	80 [a]	22 [b]

Valores con diferentes superíndices entre columnas difieren (P <0.05)

Zuñiga-Garcia et al., 2020

Protocolos basados en diferentes dosis de eCG para inducir la actividad reproductiva en cabras

Tiempo transcurrido desde la administración de la gonadotropina coriónica equina (eCG) hasta la aparición del comportamiento estral en cabras criollas. Todas las hembras fueron tratadas al final del anestro estacional (junio, 25° N) con progesterona intramuscular y 24 h después con diferentes dosis de eCG (200, 100, 50 + 50, 50 UI).



Zuñiga-Garcia et al., 2020

Protocolos basados en P4 + eCG en cabras durante el periodo de transición al anestro

biology

FI 3.796
Q1

The Effect of P4 + eCG Estrus Induction Protocol during the Deep and the Transition Anestrous Period on the Reproductive Performance of Crossbred Dairy Goats

Cabras adultas-anestricas (Alpina-Saanen-Nubia x Criollo)		
Marzo (n=80)	➡	P4 10 mg +eCG
	➡	P4 20 mg +eCG
Junio (n=43)	➡	P4 10 mg +eCG
	➡	P4 20 mg +eCG

Veliz-Deras et al., 2020

Protocolos basados en P4 + eCG en cabras durante el periodo de transición al anestro

Medias de mínimos cuadrados para la inducción del estro, la ovulación y la preñez en cabras adultas-anestricas expuestas a un protocolo ultracorto basado en P4 + eCG con empadre en marzo o junio, usando dos dosis de P4 (10 o 20 mg).

Variables de Respuesta	Hato	Efecto de interacción Mes de empadre x Dosis de P4				Dosis de P4	
		Marzo		Junio			
		M10	M20	J10	J20	10mg	20mg
Inducción al estro (%)	84±0.1	60±0.1[b]	80±0.1a	100±0.1a	100±0.1a	80±0.01a	90±0.01a
Mes		70.±0.1b		100±0.01a			
Ovulación (%)	61±0.1	55±0.1a	65±0.1a	62±0.1a	68±0.1a	59±0.1a	66±0.1a
Preñez (%)	47±0.1	40±0.2	45±0.2	47±0.1	56±0.2	44±0.1	51±0.1

Medias con diferentes superíndices entre columnas difieren (P <0.05)

Veliz-Deras et al., 2020

Protocolo basados en una dosis de hCG para incrementar la actividad reproductiva en cabras después de la IATF

biology FI 3.976 Q1

Luteogenesis and Embryo Implantation Are Enhanced by Exogenous hCG in Goats Subjected to an Out-of-Season Fixed-Time Artificial Insemination Protocol

♀ multíparas anovulatorias Con IATF (n=24, Alpina, Saanen, Nubia x Criollo)	1) **hCG-300**, 300 UI de hCG 14 días después de la IATF.
	2) **CON**, Grupo control, 0.5 ml de solución salina 14 días después de la IATF.

Bustamante-Andrade et al., 2021

Protocolo basados en una dosis de hCG para incrementar la actividad reproductiva en cabras después de la IATF

Medias de mínimos cuadrados de la tasa de concepción, fertilidad, prolificidad y fecundidad mostrada en cabras multirraciales, multíparas y anovulatorias (n = 24, Alpina, Saanen, Nubia x Criollo) después aplicar 300 UI de hCG (hCG-300) o solución salina (CONT) 14 días después de un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo.

Variables	hCG-300 (n=12)	CON (n=12)	Valor de *p*
Tasa de concepción (%)	58.3±0.20	33.3±0.30	0.54
Tasa de fertilidad (%)	50	16.7	0.71
Tasa de prolificidad (n)	1.4±0.21	0.5±0.29	0.53
Tasa de fecundidad (%)	67[a]	17[b]	0.06

Valores con diferentes superíndices entre columnas difieren (P <0.05)

Bustamante-Andrade et al., 2021

Nopal enriquecido con proteína

animals FI 2.323 Q1

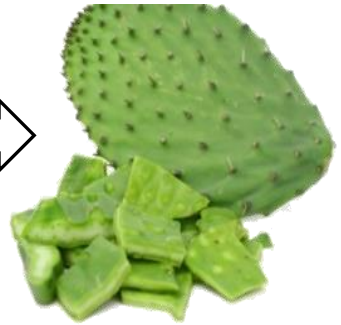
The *Opuntia effect* and the Reactivation of Ovarian Function and Blood Metabolite Concentrations of Anestrous Goats Exposed to Active Males

♀ multíparas anovulatorias	1) **NP**, Nopal enriquecido con proteína, 160g/día durante 30d
	2) **N**, Nopal natural, 160g/día durante 30d
	3) **Con**, Grupo control, sin suplementación con nopal

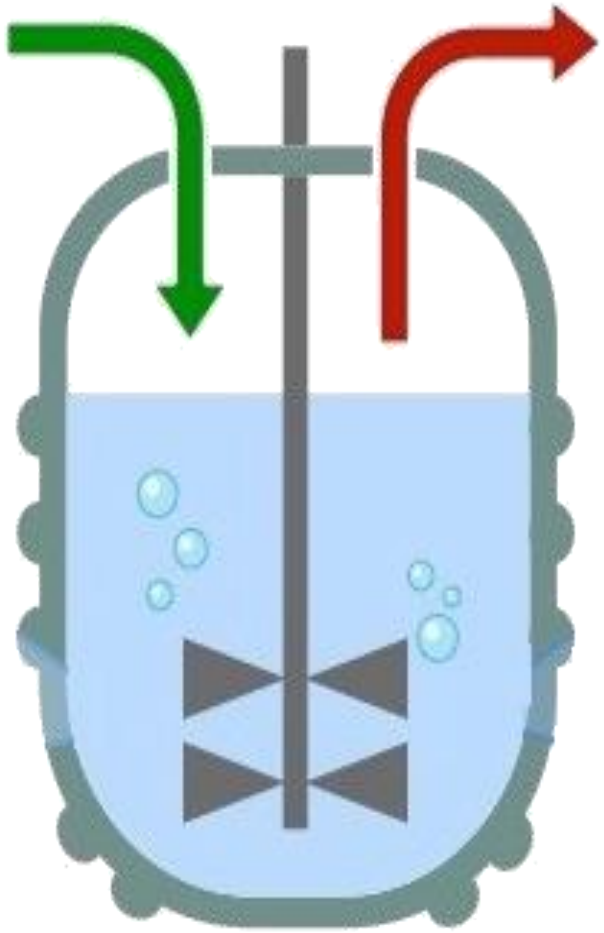
Meza-Herrera et al, 2019

Nopal enriquecido con proteína

Nopal no enriquecido



- 1% *Saccharomyses cerevisiae*
- *1% urea*
- *0.1 % Sulfato de amonio*



Biorreactor de fermentación

Nopal enriquecido con proteína

Nopal enriquecido con proteína

Parámetros ováricos en cabras adultas (n = 45) suplementadas con nopal natural (N) o enriquecido en proteínas (NP) o control sin suplementar (CON). Las cabras adultas se expusieron a machos cabríos tratados con testosterona.

Variables	N	NP	CON	E.E.
Inducción al estro, %	57^{b}	100^{a}	43^{b}	12
Tasa de ovulación, unidades	0.71^{b}	1.33^{a}	0.43^{b}	0.20

Las letras minúsculas (a, b) significan que los diferentes superíndices difieren (P <0.05).

Nopal enriquecido con proteína

animals FI 2.323 Q1

The *Opuntia* Effect Improves Dam-Kid Metabolic Markers, Augments Colostrum Quality and Enhances Kid-To-Dam Behavioral Interactions in Crossbred Goats and their Offspring under Semiarid-Rangeland Conditions

♀ multíparas anovulatorias (n=30)	1) **NP**, Nopal enriquecido con proteína, 160g/día durante 25d antes del parto y 15 d después del parto.
	2) **N**, Nopal natural, 160g/día durante 25d antes del parto y 15 d después del parto.
	3) **Con**, Grupo control, sin suplementación con nopal

Veliz-Deras et al., 2020

Nopal enriquecido con proteína

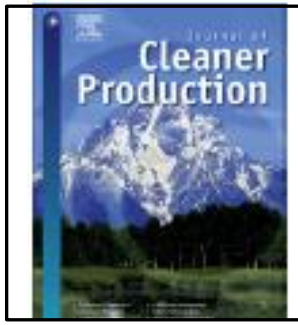
Medias de mínimos cuadrados para las variables de respuesta Grasa (%), Solidos no grasos (Solidos NG, %), Densidad (%) y Proteína (%) en calostro y leche de cabras multíparas adultas (n=30) suplementadas con nopal (*Opuntia megacantha* Salm Dyck), en forma natural (N) o enriquecido con proteína (NP) o no suplementadas (Con).

Tratamiento	Grasa (%)	Solidos NG (%)	Densidad (%)	Proteína (%)
		Calostro (p < 0,05)		
Con	8.9ab	14.3b	48.7b	5.4b
N	7.3b	13.3b	45.3b	5.0b
NP	12.3a	20.9a	64.5a	8.1a
E.E.	1.15	2.14	7.01	0.81
		Leche (p < 0,05)		
Con	7.4ª	9.1ª	27.5b	3.2b
N	6.1ª	9.6ª	31.6ª	3.6ab
NP	6.4ª	9.9a	31.2ª	3.9ª
E.E.	0.82	0.38	1.71	0.30

Medias con diferentes superíndices entre filas difieren (P <0.05)

Veliz-Deras et al., 2020

Impacto ambiental de la producción caprina en las zonas aridas y semiaridas del norte de México



FI 7.246
Q1

To beef or not to beef: Unveiling the economic environmental impact generated by the intensive beef cattle industry in an arid region

Industria de engorda de ganado bovino
(BCFS)

Valor Económico		
Índice de estrés hídrico (WSI)	Huella hídrica (WF)	Huella de carbono (CF)

Impacto ambiental de la producción caprina en las zonas aridas y semiaridas del norte de México

Valor de la producción y huella ecológica para 2018
(millones de pesos)

Sistema de producción	**Bovino Leche**	**Bovino Carne**	**Caprinos**
Valor de la producción	$ 16,034.67	$ 4,327.91	$ 424.65
Valor huella ecológica	$ 137,529.70	$ 35,866.40	$ 77.24
Huella de carbono	$ 10,426.04	$ 644.05	$ 49.15
Huella hídrica	$ 127,103.66	$ 35,222.35	$ 28.09
Balance (VP-HE)	**-$ 121,495.03**	**-$ 31,538.49**	**$ 347.41**

Notas

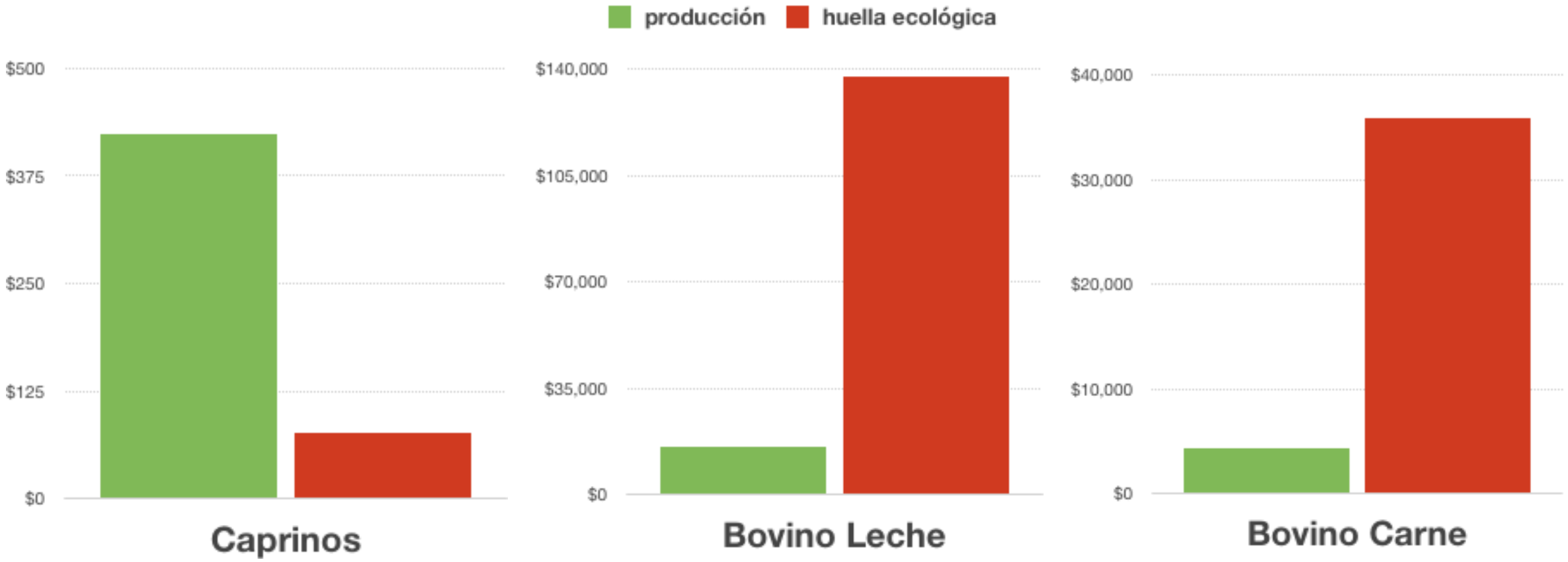
1.- Se consideró un precio de 34 pesos por metro cubico de agua, valor de referencia de la ciudad de Torreon, Coah. para 2018

2.- Se consideró un precio de 348.09 pesos por tonelada de dióxido de carbono, valor de referencia del mercado de Chicago, EUA para 2018

Navarrete-Molina et al., 2019 y 2020

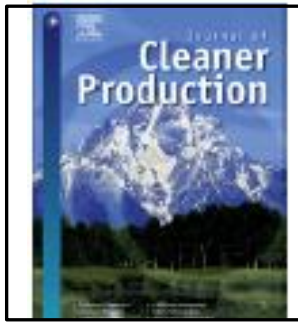
Impacto ambiental de la producción caprina en las zonas aridas y semiaridas del norte de México

Valor de la produccion y *valor de la huella ecologica*



Navarrete-Molina et al., 2019 y 2020

Impacto ambiental de la producción caprina en las zonas aridas y semiaridas del norte de México



FI 7.246
Q1

Not all ruminants were created equal: Environmental and socio-economic sustainability of goats under a marginal-extensive production system

animal

FI 2,400
Q1

Economic evaluation of the environmental impact of a dairy cattle intensive production cluster under arid lands conditions

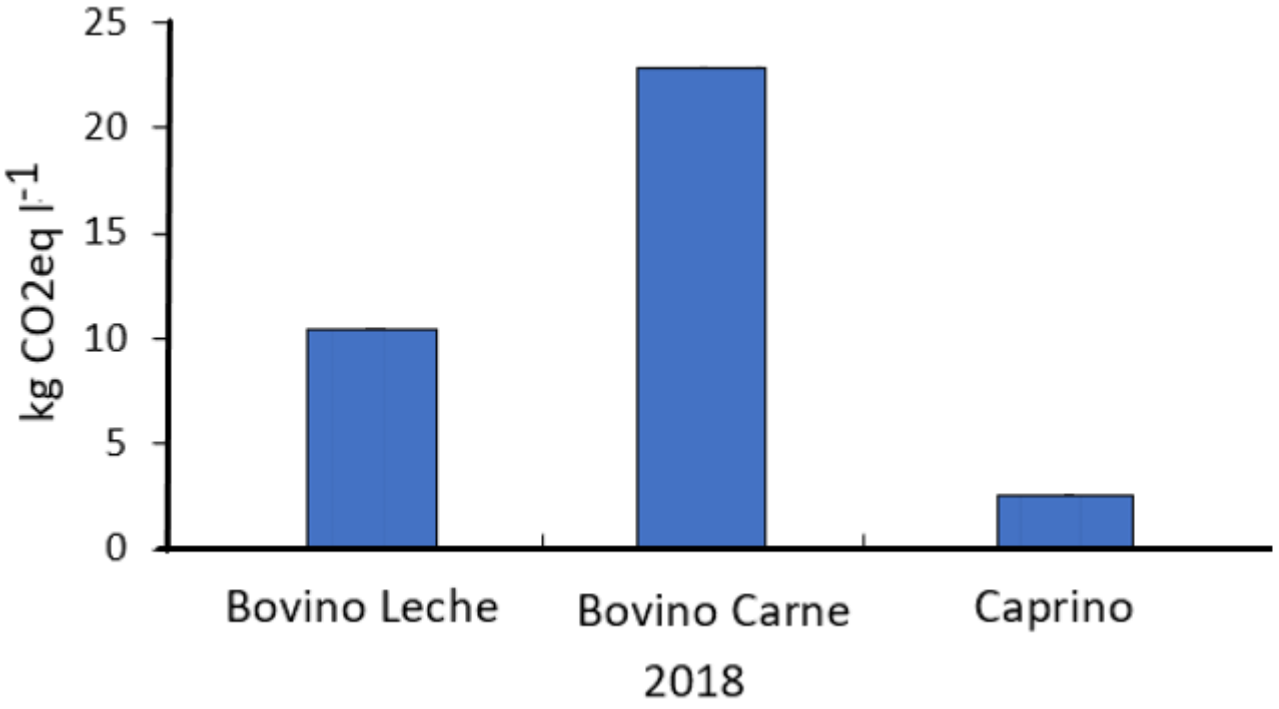
Huella ecológica por kilogramo de proteína carne-leche (kg PCL)

Huella	**Bovino**	**Caprino**	**C/B**
Huella de carbono (kg CO_{2eq} Kg PCL^{-1})	259.36	84.29	32.50%
Huella hídrica (l H_2O kg PCL^{-1})	30,240.00	460.00	1.52%

Navarrete-Molina et al., 2019 y 2020

Impacto ambiental de la producción caprina en las zonas aridas y semiaridas del norte de México

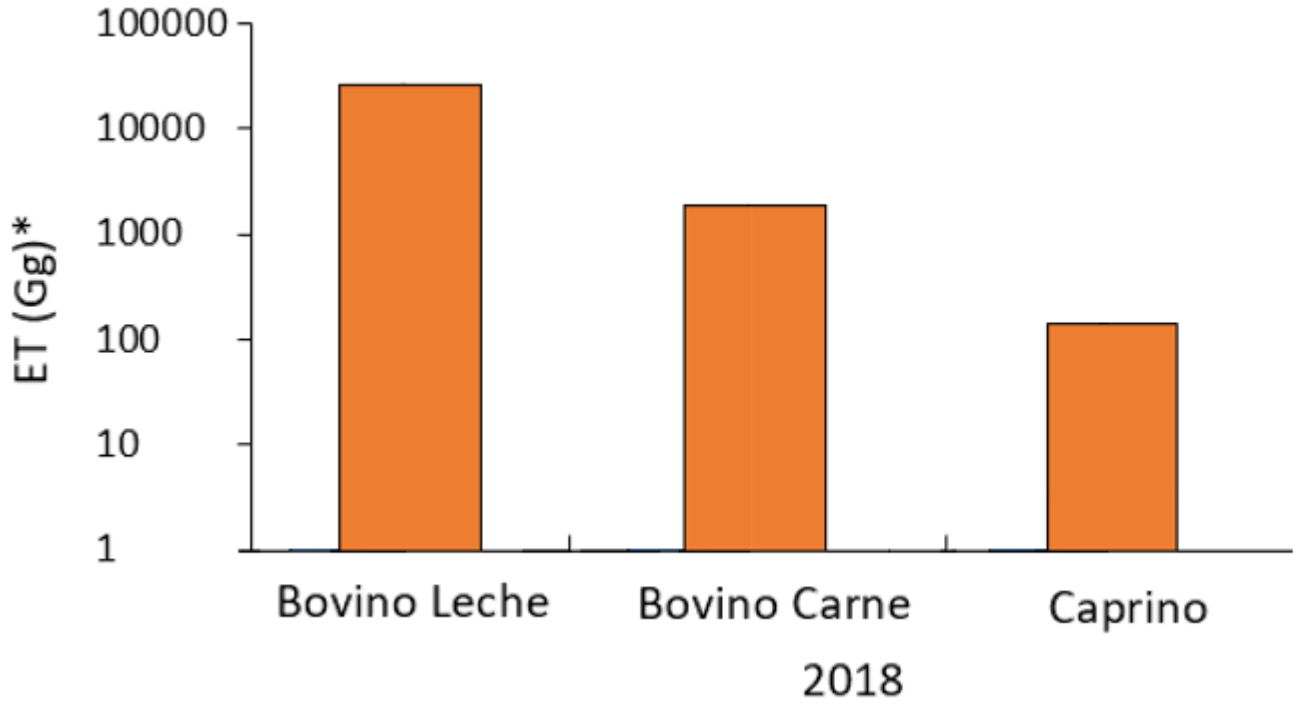
Emisiones de gases de efecto invernadero por los sistemas de producción de rumiantes en la Comarca Lagunera



Navarrete-Molina et al., 2019 y 2020

Impacto ambiental de la producción caprina en las zonas aridas y semiaridas del norte de México

Emisiones de gases de efecto invernadero por los sistemas de producción de rumiantes en la Comarca Lagunera

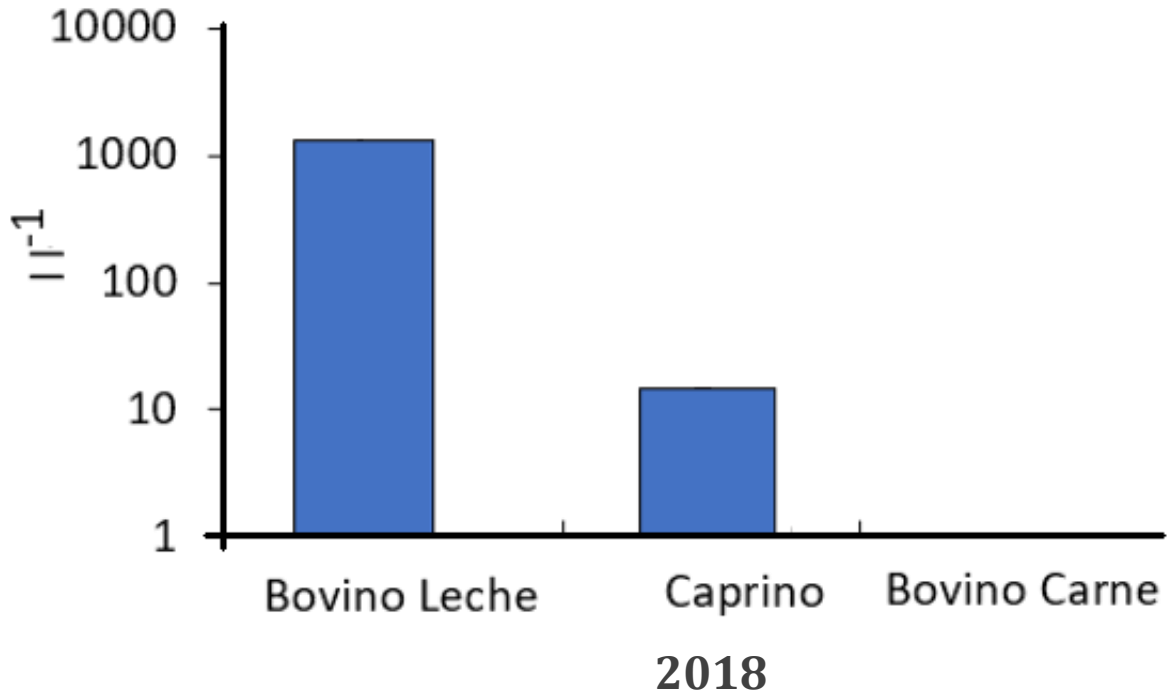


* ET (Gg) = Emisión Total en Gigagramos (Un gigagramo es igual a 1,000 toneladas)

Navarrete-Molina et al., 2019 y 2020

Impacto ambiental de la producción caprina en las zonas aridas y semiaridas del norte de México

Huella hídrica azul de los sistemas de producción de rumiantes en la Comarca Lagunera

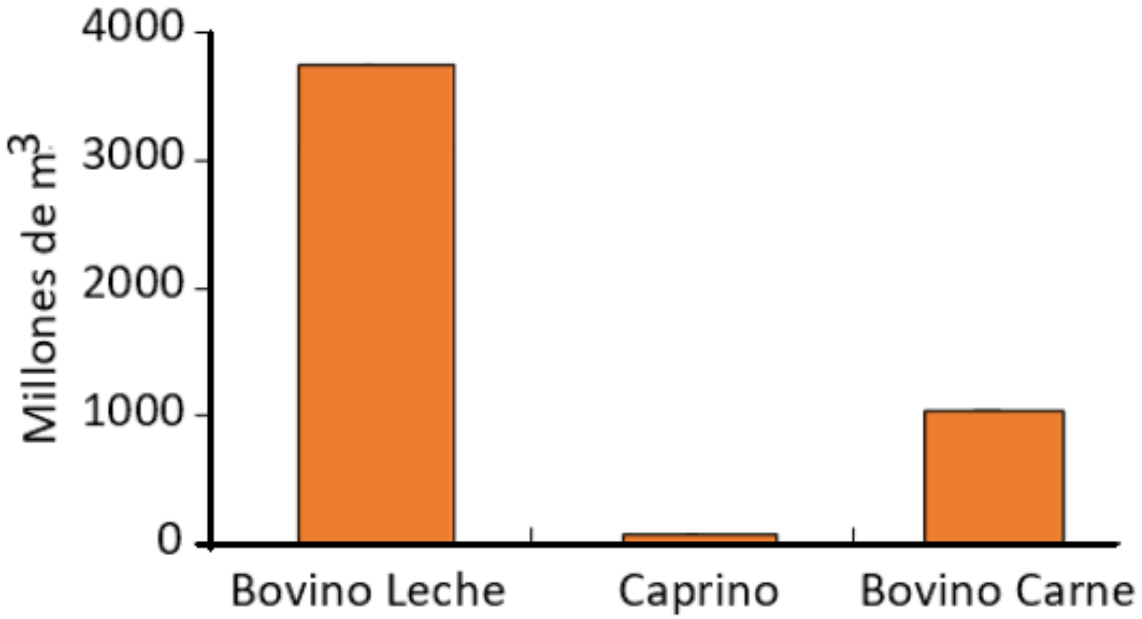


* l l^{-1}= Litros de agua utilizados para producir un litro de leche

Navarrete-Molina et al., 2019 y 2020

Impacto ambiental de la producción caprina en las zonas aridas y semiaridas del norte de México

Huella hídrica azul de los sistemas de producción de rumiantes en la Comarca Lagunera



2018

Protocolos de inducción del comportamiento sexual en carneros

***Datos sin publicar**

1) **GnRH**, 100 µg i.m. de GnRH, cada 3 d x 21d
2) **hCG**, 300 UI i.m. de hCG, cada 3 d x 21d
3) **Control,** 1ml i.m. solución salina fisiológica, cada 3 d x 21d

Protocolos de inducción del comportamiento sexual en carneros

***Datos sin publicar**

Comportamiento sexual de búsqueda (CSB) y consumatorio (CSC) de carneros tratados con **100 µg de GnRH** (GnRH) y carneros no tratados (Control)

	Día 0		Día 21	
Variables	Control (n=6)	GnRH (n=6)	Control (n=6)	GnRH (n=6)
CSB (%)	42.6^{a}	57.4^{a}	22.8^{b}	77.2^{a}
CSC (%)	45.6^{a}	54.4^{a}	16.7^{b}	83.3^{a}

Medias con diferentes superíndices entre columnas difieren (P <0.05)

Protocolos de inducción del comportamiento sexual en carneros

***Datos sin publicar**

Comportamiento sexual de búsqueda (CSB) y consumatorio (CSC) de carneros tratados con **300 UI de** hCG **(hCG)** y carneros no tratados (**Control**)

	Día 0		Día 21	
Variables	Control (n=6)	hCG (n=6)	Control (n=6)	hCG (n=6)
CSB (%)	52.4^{a}	47.6^{a}	28.8^{b}	71.2^{a}
CSC (%)	43.9^{a}	56.1^{a}	16.7^{b}	83.3^{a}

Medias con diferentes superíndices entre columnas difieren (P <0.05)

Los carneros de rango social bajo muestran más conductas sexuales apetitivas que los machos de alto rango cuando no tienen competencia

***Datos sin publicar**

Comportamiento Sexual Apetitivo, Comportamiento Sexual Consumatorio y Temperamento (media ± eem) evaluado en carneros de la raza Dorper con rango social bajo y rango alto.

Carneros	Rango Bajo (n = 17)	Rango Alto (n = 19)
Comportamiento Sexual Apetitivo	0.7 ± 0.1^{a}	0.3 ± 0.5^{b}
Comportamiento Sexual Consumatorio	2.3 ± 1.0^{b}	3.3 ± 1.1^{a}
Temperamento	0.3 ± 0.3^{a}	0.3 ± 0.1^{a}

Medias con diferentes superíndices entre columnas difieren ($P < 0.05$)

SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMÍA

UJED Universidad Juárez del Estado de Durango

FACULTAD DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA

"Reproducción y Nutrición en Pequeños Rumiantes e Impacto ambiental"

- **Dr. Francisco Gerardo Véliz-Deras**

SNI Nivel III

velizderas@gmail.com

UAAAN Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Véliz-Deras, Francisco Gerardo

http://orcid.org/0000-0002-5105-1508

www.researchgate.net/profile/Francisco_Veliz

Metrics overview

Scopus | 95 Documents by author | 849 Citations by 487 documents | 16 h-index:

Torreón, Coahuila **Septiembre, 2021**

TARGETED PRE & POST-PARTUM SUPPLEMENTATION WITH PROTEIN-ENRICHED *Opuntia megacantha* Salm-Dyck CLADODES IMPROVES THE DAM & KID METABOLIC STATUS IN GOATS

C.A. Meza-Herrera [a,*], F.G. Veliz-Deras [b], A. Flores-Hernández [a], G. Arellano-Rodriguez [b], C. Navarrete-Molina [c], J.M. Guillén-Muñoz [b], O. Ángel-García [b], L.A. Luna-García [a]

[a] Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango, México
[b] Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México
[c] Universidad Tecnológica de Rodeo, Departamento de Química y Tecnología Ambiental, Rodeo, Durango, 35760, México
[(*)] cmeza2020@hotmail.com; www.researchgate.org/meza-herrera; Orcid: 0000-0003-0289-2009; Scopus: 8579396300; WOS: V-9961-2017

ABSTRACT: The possible effect of protein-enriched *Opuntia* cladode supplementation during the pre- and post-partum stages (−25 days to +15 days; day 0 = kidding) upon dam–kid metabolic status in goats managed under rangeland extensive conditions was evaluated. Multiparous crossbred goats (n = 30), homogeneous regarding live weight (LW; 55.9 ± 1.03 kg) and body condition score (BCS; 2.5 ± 0.2 units), were randomly assigned to (1) ***protein-enriched Opuntia*** (PEO; n = 10; 29.8% crude protein (CP), 2.2 Mcal ME kg^{-1}), (2) ***non-enriched Opuntia*** (NEO; n = 10; 6.4% CP, 2.1 Mcal ME kg^{-1}), and (3) ***control*** (CON; n = 10, non-supplemented). The PEO and NEO goats were individually supplemented with *Opuntia* cladodes (250 g d^{-1}; 09:00–10:00 a.m.; 25 d pre- and 15 d post-partum); then, all groups grazed in a marginal rangeland (10:00 a.m. to 06:00 p.m.). LW, BCS, and blood samples to quantify serum glucose (GLU) levels were collected weekly from day −25 up to day +15 in both dams (pre- and post-partum) and kids (post-partum). The response variables LW (58.2 ± 3.5 kg), & GLU from does (66.4 ± 3.3 mg/dL) favored the PEO group. To conclude, peripartum supplementation with protein-enriched *Opuntia* cladodes emerged as a key alternative to enhance the dam–kid metabolic status. Further studies must evaluate the possible carry-over effect upon colostrum quality and some milk components (density and protein), as well as to expand the kid-to-dam bond in goat production systems under marginal extensive conditions.

Keywords: goats; *Opuntia*; targeted supplementation; productive efficiency

1. INTRODUCTION

In most rangelands worldwide, especially under arid and semiarid conditions, both the energy and protein consumption is found to be below the animal's requirements because the poorest quality forages are available, especially during the dry season (Escareño *et a*l., 2013; Gonzales-Bulnes *et al*., 2011; Egea *et a*l., 2019). This situation is particularly critical during the last third of pregnancy. Certainly, the accelerated fetal growth exerts an enlarged demand for nutrients from the mother in order to maintain the availability of metabolic substrates for its own development (Meza-Herrera and Tena-Sempere, 2012). Such an increase in the late-pregnancy requirements by fetal tissue produces a decay in the dam metabolic homeostasis, compromising the dam's body reserves (Meza-Herrera and Tena-Sempere, 2012; Terrazas *et al*., 2012). Nutritional deficiencies also affect placentogenesis, compromising the placental architecture and function. In turn, other processes will be affected such as differential expression of angiogenesis-involved genes, limiting cell-to-cell communication and causing a decreased level of both oxygen and nutrients. Such a physiologic scenario promotes adverse fetal outcomes because of the deleterious genetic down-regulation during fetal programming (Kroener *et al*., 2016).

Globally, most marginal–extensive goat production schemes in arid and semi-arid ecosystems have been linked to the presence of native cacti (*Opuntia spp*) whose cladodes, the flat leaf-like stem of cactus species, have an interesting potential as alternative forage (El-Mostafa *et al.,* 2014). Nevertheless, the content of both fiber and crude protein (CP) is low, despite the *Opuntia* cladodes having an increased level of calcium and carbohydrates (Ben-Salem and Abidi, 2009; Akani *et al*., 2015). Interestingly, CP increases have been generated throughout a fermentation process of protein enrichment of *Opuntia* cladodes, from 12.8% (*Aspergillus niger*) (Oliveira *et al*., 2001), up to significant CP increases superior to 200% (*Saccharomyces cerevisiae*) (Araujo *et al.,* 2005). Previous studies of our group demonstrated a positive out-of-season the

effect in goats supplemented with protein-enriched *Opuntia* cladodes (i.e., the "*Opuntia effect*"), not only regarding estrus induction, estrus latency, and ovulation rate (Meza-Herrera *et al*., 2019a), but also upon corpus luteum number and diameter, as well as on embryo implantation rate (Meza-Herrera *et al*., 2019b). Building on such ideas, our next step was to test the hypothesis that targeted supplementation of protein-enriched *Opuntia megacantha* Salm-Dyck cladodes during the last month of pregnancy and the early post-partum stage would improve the dam's glucose concentrations influencing, in turn, the kid metabolic status in low-input, rangeland-based goat production systems under semiarid conditions.

2. MATERIALS & METHODS

2.1. Location, environmental conditions, and goat management

The study was conducted in a rural community in northern Mexico (25°32′ N; 103°15′ W; 1120 m) throughout the producer participatory research approach. The area has a semi-arid climate with a medium average temperature of 25.3 °C, and an average annual rainfall of 225 mm; the rainy season extends from June to October. Although the relative humidity ranges from 26.1% to 60.7%, the photoperiod ranges from 13 h 41 min (summer solstice, June) to 10 h 19 min (winter solstice, December). The vegetation type is characterized as Chihuahuan desert rangeland, which consists mainly of Creosote bush (*Larrea tridentata*), mesquite (*Prosopis glandulosa v. Glandulosa*), and lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.). Goats consumed the available natural pasture and occasionally corn crop residues; they grazed daily from 10:00 a.m. to 06:00 p.m. and were penned at evening, with free access to mineral salts and water. The goatherd was managed according to the traditional procedures exerted by marginal goat producers in northern Mexico (Meza-Herrera *et al*., 2019).

2.2. Animals, experimental groups, and treatments

Multiparous crossbred non-pregnant goats (n = 30; Alpine-Saanen-Nubian × Criollo, 3–4 years old) of known fertility were induced to estrus during the natural anestrous season (i.e., April-May) with the use of intravaginal sponges and subjected to artificial insemination in order to know the approximate kidding date. The vaginal sponges contained 45 mg of fluorogestone acetate (Chronogest; Intervet International B.V., Boxmeer, The Netherlands) left in place for 10 days; 9 days after insertion of the sponges (d □3; d 0 = estrus), goats received a single intramuscular (i.m.) dose of 1 mL of prostaglandin F_2□ analog (0.075 mg of D-cloprostenol/goat; Prosolvin-C, Intervet International B.V., Boxmeer, The Netherlands). Thereafter, 26 days prior to the expected date of kidding, goats were randomly assigned into three experimental groups (n = 10, each) homogeneously regarding live weight (LW; 55.9 ± 1.03 kg) and body condition score (BCS; 2.5 ± 0.2 points) in a 1–4 scale (1: emaciated to 4: obese) [19,20]; the experimental groups were (1) *protein-enriched Opuntia* (PEO; 29.9% CP, 2.3 Mcal ME kg^{-1}), (2) *non-enriched Opuntia* (NEO; 6.5% CP, 1.9 Mcal ME kg^{-1}), and (3) control (CON; non-supplemented). PEO and NEO groups were individually supplemented in small buckets with *Opuntia* cladodes (250 g $goat^{-1}$ day^{-1}; 09:00–10:00 a.m., 25 d pre- and 15 d post-partum). The experimental group PEO considered the protein enrichment of cladodes throughout a semisolid fermentative process previously described (Meza-Herrera *et al*., 2019). Briefly, small slices of *Opuntia* cladodes were mixed and inoculated with *Scharomyces cereveciae* (1%), urea (1%), and ammonium sulfate (0.1%) in a bioreactor (*NOPAFER-R***,** no. 2641-IMPI, Mexico) for 10 h. Then, the enriched cladodes were semi-dried at ambient temperature for 72 h. *Opuntia* supplementation in both the NEO and PEO experimental groups was from 09:00 to 10:00 a.m. The chemical composition of both *Opuntia* treatments (NEO and PEO) is presented in Table 1. The three experimental groups were kept together during the day in the rangeland, and were separated accordingly in the evening.

Table 1. Mean chemical composition, dry-basis, of *Opuntia megacantha* Salm-Dyck cladodes, either protein-enriched (PEO) or non-protein enriched (NO), and offered as supplement to adult mix-breed (Alpine-Saanen-Nubian × Criollo; *n* = 30) female goats exposed to an increased natural photoperiod (April–June; anestrous season) under semiarid-subtropical rangeland conditions in Northern Mexico (25° N)

Fraction	NEO, Fresh	NEO, Dry	PEO, Fresh	PEO, Dry
DM, %	12.1	91.7	11.5	92.7
CP, %	6.5	4.8	29.9	20.8
NDF, %	21.8	14.7	18.1	17.2
ADF, %	19.3	11.9	16.3	17.4
NFC, %	43.2	53.3	24.1	33.7
TDN, %	53.4	61.0	57.8	56.8
NEm, Mcal/kg DM	1.9	2.3	2.3	2.2
Ash, %	27.5	24.3	25.6	26.4

DM: Dry matter; CP: Crude Protein; NDF: Neutral Detergent Fiber; ADF: Acid Detergent Fiber; NFC: Non-Fiber Carbohydrate; TND: Total Digestible Nutrients; NEm: Net Energy for maintenance. NEm was calculated using equations proposed by the NRC [23].

2.3. Experimental procedure, measurements, and response variables

Live weight and body condition. Although dams' LW and BCS were recorded (day 25 pre-partum, day 0 = partum, day 7 and day 15 = post-partum), kids' LW were recorded at day 0, day 7, and day 15. The same days, a blood sample of both the dam (day 25, day 0, day 7, and day 15) and the kids (day 0, day 7, and day 15) was collected by jugular venipuncture in order to quantify the serum glucose concentration (Accu Chek Sensor Comfort, Roche, Mexico) with a reliability of 95%.

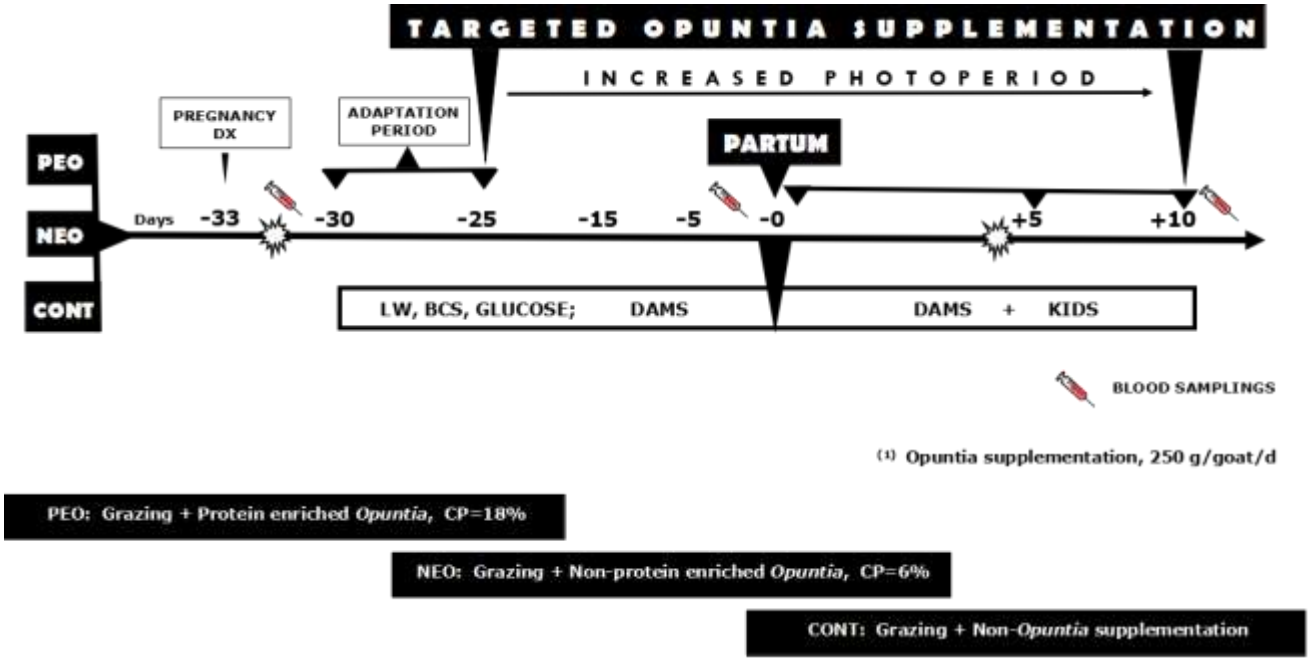


Figure 2. A schematic representation of the experimental protocol of targeted supplementation with *Opuntia megacantha* Salm-Dyck cladodes either protein-enriched (PEO) or non-protein enriched (NEO) and non-supplemented control (CONT) 25 d pre- & 15 d post-partum to crossbred adult female goats (*n* = 30; Alpine-Saanen-Nubian × Criollo) exposed to an increased natural photoperiod (April–June; anestrous season) under semiarid-subtropical rangeland conditions in Northern Mexico (25° N).

2.4. Statistical analyses

Because both dam and kids were individually fed within the treatment group, animals were considered as the experimental units. The response variables LW, BCS, GLUC, for both the dam and kids throughout the experimental period, were determined by split-plot ANOVA for repeated measures across time (Zhao *et al*., 2019). Serum glucose values were

assessed for normality using the Shapiro–Wilk test for normality; log^{10} transformation was necessary prior to analysis to overcome skewness in the data for serum glucose. The models included the treatment effect in the main plot, which was tested using the animal within treatment as the error term. Both time and the treatment × time interaction were included in the subplot and tested by using the residual mean square (PROC MIXED). All statistical analyses were computed using procedures of SAS (version 9.1, Cary, NC, USA), and the significance level was set at $p < 0.05$.

3. Results

Live Weight, Body Condition, and Serum Glucose of the Dams and Kids

Regarding the dam response variables LW, BCS, and GLUC, a treatment × time interaction ($p < 0.05$) occurred (Table 2). Although the initial dam LW (i.e., 3/3 of gestation) was similar ($p > 0.05$) among groups, minor dam LW fluctuations occurred throughout the experimental period. Yet, a dam LW recovery was observed from day 0 up to day 15 post-partum (i.e., early lactation) in the PEO (+9.6%) and CONT (+1.85%) groups, with a slight decrease (−3.7%) in the NEO group, with the latter being the case despite the non-observed differences in the dam LW at parturition. Moreover, all the groups enlarged their BCS during the early lactation stage (up to 15 days) with slight serum glucose increases in the PEO group. Regarding the kid performance, because a treatment × time interaction ($p = 0.001$) occurred for LW and GLUC, we have presented simple effects means by treatment across time (Table 3). At birth, although the kid LW was similar ($p > 0.05$) among experimental groups, the PEO kids had the largest ($p < 0.05$) serum GLUC levels (131.6 mg/dL) compared with the CONT (114.9 md/dL) and NEO (91.0 mg/dL) kids. Nonetheless, a quite interesting kid LW trend occurred throughout the experimental period. Certainly, although the kids born/raised by the PEO dams depicted a 94.2% LW increase from birth up to day 15 post-partum, minor LW increases occurred in those kids born from the NEO (36.6%) and CONT (58.3%) dams. Despite these kid LW trends being observed in the PEO kids from day 0 to day 15, such growth dynamics were not escorted by reciprocal increases in the kid serum GLUC concentrations because such values favored the NEO and CONT with regards to the PEO group, with corresponding values of −0.34%, 41.5%, and −39.4% from day 0 to day 15 postpartum.

Table 2. Least square means for live weight (kg) body condition score (units) and serum glucose concentrations (mg/dL) across time in crossbreed (Alpine-Saanen-Nubian × Criollo; $n = 30$) dams supplemented with *Opuntia megacantha* Salm-Dyck cladodes, either natural (NEO) or protein-enriched (PEO) or non-supplemented control (CONT), exposed to an increased natural photoperiod (April–June; anestrous season) under semiarid-subtropical rangeland conditions in Northern Mexico (25° N).

	Time				
Treatments	**−25**	**0 (Partum)**	**+7**	**+15**	**S.E. [1]**
Dam Live Weight, kg; Trt × Time, p = 0.004					
CONT	61.2 [a]	54.2 [ab]	54.4 [ab]	55.3 [ab]	3.3
NEO	60.7 [a]	54.3 [ab]	53.4 [b]	52.5 [b]	3.7
PEO	58.2 [a]	53.1 [b]	54.8 [ab]	58.2 [ab]	3.5
Dam Body Condition Score, units; Trt × Time, p = 0.003					
CONT	2.7 [ab]	2.2 [d]	2.5 [abc]	2.7 [ab]	0.32
NEO	2.8 [a]	2.3 [cd]	2.7 [ab]	2.5 [bcd]	0.33
PEO	2.7 [ab]	2.2 [d]	2.3 [cd]	2.7 [ab]	0.37
Dam Glucose, mg/dL; Trt × Time, p = 0.004					
CONT	60.0 [ab]	55.3 [ab]	49.7 [b]	53.7 [b]	3.2
NEO	58.1 [ab]	51.7 [b]	50.8 [b]	48.1 [b]	3.6
PEO	57.4 [ab]	66.4 [a]	57.4 [ab]	54.0 [b]	3.3

[a–d] Least-square-means without a common superscript across time are different ($p < 0.05$).

[1] Most conservative standard error is presented

Table 3. Least square means for live weight (kg) and serum glucose concentrations (mg/dL) across time in kids born from adult crossbreed (Alpine-Saanen-Nubian × Criollo; *n* = 30) female goats supplemented with *Opuntia megacantha* Salm-Dyck cladodes, either natural (NEO) or protein-enriched (PEO) or non-supplemented control (CONT), exposed to an increased natural photoperiod (April–June; anestrous season) under semiarid-subtropical rangeland conditions in Northern Mexico (25° N).

	Time			
Treatments	**0 (Partum)**	**+7**	**+15**	**S.E. [1]**
Kid Live Weight, kg; Trt × Time, p = 0.004				
CONT	3.6 ^{de}	4.5 ^{cd}	5.7 ^{b}	0.289
NEO	4.1 ^{cde}	4.6 ^{c}	5.6 ^{b}	0.278
PEO	3.5 ^{e}	4.3 ^{cde}	6.8 ^{a}	0.276
Kid Glucose, mg/dL; Trt × Time, p = 0.004				
CONT	114.9 ^{ab}	98.8 ^{bc}	114.5 ^{ab}	7.59
NEO	91.0 ^{bc}	108.3 ^{abc}	128.8 ^{a}	7.52
PEO	131.6 ^{a}	87.8 ^{bc}	79.8 ^{c}	7.47

$^{a-e}$ Least-square means without a common superscript among treatments across time are different ($p < 0.05$).
[1] Most conservative standard error is presented.

4. Discussion

Our working hypothesis stated that targeted supplementation of protein-enriched *Opuntia megacantha* Salm-Dyck cladodes 25 d pre- and 15 d post-partum would improve not only the dam's metabolic status but also the kid metabolic status in low-input, rangeland-based goat production systems; the results support such a hypothesis. Certainly, from 25 days pre- up to 15 d post-partum, the PEO dams depicted not only an increased LW but also a positive serum GLUC status. In addition, despite no differences in the kid LW at birth occurring among treatments, from day 0 up to day 15, the PEO kids showed an enhanced LW, although non-escorted by increases in the kid GLUC levels. These observed results are in line with previous findings in which the so-called *"Cactus Effect"* or *"Opuntia Effect"* exerted a positive action upon the reproductive and productive outcomes in sheep (Ben-Salem & Abidi, 2009) and goats (Meza-Herrera *et al*., 2019a,b). Our results are consistent not only with the outcomes obtained with a supplementation (0.500 kg of corn) offered from 14 days pre-partum (Ramirez-Vera *et al*., 2015) but also in accordance with previous results, which stated that increases in live weight and metabolic status (NRC, 2007; Oyeyemi & Akasu, 2002; Mahboub *et al*., 2013) were observed in energy protein-supplemented goats under grazing-marginal conditions. These outcomes emphasize the benefits to offer nutritional peri-partum supplementation in range-based goat production systems, generating positive effects upon both does and kids. Moreover, such a physiologic scenario suggests a PEO dynamic effect of supplementation (Dupont *et al*., 2014; Meza-Herrera *et al*., 2017) from day –25 to day 0 upon the dam's LW, BCS and serum GLUC. Interestingly, the possible dynamic and acute effects exerted by the PEO supplementation occurred despite the relatively reduced BCS observed in the dams at kidding (2.23 ± 0.34 units), irrespective of the treatment group (Ramirez-Vera *et al*., 2015). The obtained results for the kid's LW at day 0 and day 15 agree with previous reports (Luna-Orozco *et al*., 2015; Oyeyemi and Akasu, 2002; Mahboub *et al*., 2013).

Regarding to the blood metabolites, (i.e. glucose), a clear relationship has been proposed among energy balance, metabolic fuel availability and reproductive-productive outcomes (Meza-Herrera & Tena-Sempere, 2012). For this reason, any change in the circulating concentrations not only in metabolic hormones but also in blood metabolites are extremely important cues that transfer information to the central nervous system concerning to the nutritional status of animals (Meza-Herrera & Tena-

Sempere, 20212; Dupont et al., 2014). Therefore, if they want to succeed from a productive-reproductive stand-point, animals must have the ability to align such metabolic status to a correspondent degree of reproductive-productive function (Meza-Herrera and Tena-Sempere, 2012). Undoubtedly, not only the endocrine system but also a myriad of diverse neural circuitry is triggered in response to the metabolic status as well as in reaction to the circulating levels of specific blood metabolites and(or) metabolic hormones (Meza-Herrera and Tena-Sempere, 2012; Dupont et al., 2014). When reviewing the observed average concentration of the quantified blood glucose in this study, they are in close agreement to the reference values reported in goats: Glucose, 2.78-4.16 mmol L^{-1} (50-70 mg dL^{-1}) (Kaneko et al., 2008; Ye et al., 2014).

Interestigly, the enhanced level of protein supply in the PEO group may have served as a source for an enhanced synthesis of immunoglobulins, augmenting, in turn, the total protein content in the colostrum. Studies in sheep have demonstrated a decreased immunoglobulin level in malnourished ewes (Wallace *et al*., 2006). Moreover, the observed higher content of fat and non-fatty solids probably resulted from a greater passage and synthesis of nutrients to the mammary gland; certainly, an inadequate nutrition level from middle to late gestation reduces colostrum quality and quantity (Swanson *et al*., 2008); the last enhancing the metabolic status of the new born kids and of key importance to enhance the sustainability of any goat production system, especially under marginal-range conditions (Escareño *et al.,* 2013). Certainly, as reviewed, increased offspring mortality reduces the sustainability of marginal, range-based goat production systems (Gonzalez-Bulnes *et al*., 2011); dam pre-kidding metabolic status affects not only the kid's birth weight (Laporte-Broux *et al.,* 2011) but decreases udder development, and colostrum and milk quality as well (Nowak and Poindron, 2006; Hammon *et al*., 2020; Celi *et al.,* 2008), compromising maternal behavior and the dam-to-kid bonding (Pfister *et al.,* 2006). Undoubtedly, the action site of the protein-enriched *Opuntia* cladodes supplementation upon the up-regulation of metabolic markers observed in this study, cannot be established without further research. Up to date, we have a fragmentary understanding regarding the influence of nutritional supplementation upon the interphase dam-fetous & dam-offspring in goats, specially under marginal production systems (Gonzalz-Bulnes *et al*., 2011; Meza-Herrera & Tena-Sempere, 2012). Interestingly, *Opuntia* has shown to possess important nutritional and antioxidant properties while their cladodes are rich in mineral, amino acids, vitamins and sterol; not only important quantities of the amino acid glutamine and glutamate but also an augmented betacarotene content have been reported in *Opuntia* cladodes (Akaani *et al*., 2015; Meza-Herrera *et al*., 2017).

To conclude, targeted supplementation with protein-enriched *Opuntia megacantha* Salm-Dyck cladodes (PEO; 25 d pre- and 15 d post-partum) improved the dam's metabolic status and enhanced the kid metabolic status (i.e., serum glucose) at birth in low-input, rangeland-based goat production systems. Certainly, the PEO dams depicted not only an increased LW but also a positive serum glucose status. Moreover, despite the non-treatment differences in the kid LW at birth (i.e. birthweight), the PEO kids depicted an enhanced LW from day 0 up to day 15, although not followed by increases in the serum kid GLUC concentrations. The interesting multidimensional responses observed in the PEO-supplemented group generated an interesting physiological plasticity and compensatory responses that could potentially promoted physiological and behavioral scenarios prone to enhanced dam and kid productive outcomes. Furhter studies must be focused to evaluate if such Opuntia supplementation around parturition is able to enhance both quality and quantity of colostrum and milk production. All these research outcomes are required to improve the sustainability and resilence of rangeland-marginal goat production systems.

Acknowledgments: Our research program has been supported by diverse International Collaborative Projects & the National Council of Science and Technology (CONACYT, Mexico): CONACYT-FOMIX-DURANGO: DGO-2008-C01-87559 and DGO-2009-C02-116746, and CONACYT-SIVILLA-1998-0401010, as well as the ALFA-III-ALAS/ALFA-III-82, supported by the European Union.

This research was also founded by CONACYT through the Research Sectorial Fund SAGARPA-CONACYT: 2017-4-291691. The support from the graduate students in the Agro-Livestock Production Graduate Program, UAAAN-UL, Mexico & the Graduate Program Natural Resources and Environment in Arid Lands at UACH-URUZA is also recognized. ***(In Loving Memory, Dr. Santiago Zúñiga-García, 1985-2020)***

References

1. Akanni, G.B.; du Preez, J.C.; Steyn, L.; Kilian, S.G. (2015). Protein enrichment of an *Opuntia ficus-indica* cladode hydrolysate by cultivation of *Candida utilis* and *Kluyveromyces marxianus*. *J. Sci. Food Agric*. 95, 1094–1102.
2. Araujo, L.M.; Medeiros, A.N.; Neto, A.P. (2005). Protein enrichment of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* Mill) using *Saccharomyces cerevisiae* in solid-state fermentation. *Brazil. Arch. Biol. Technol*. 48, 161–168.
3. Ben-Salem, H.; Abidi, S. (2009). Recent advances on the potential use of *Opuntia spp*. in livestock feeding. *Acta Horticult.* 811, 317–324.
4. Celi, P.; Di Trana, A.; Claps, S. (2008). Effects of perinatal nutrition on lactational performance, metabolic and hormonal profiles of dairy goats and respective kids. *Small Rumin. Res*. 79, 129–136.
5. Dupont, J.; Scaramuzzi, R.J.; Reverchon, M. (2014). The effect of nutrition and metabolic status on the development of follicles, oocytes and embryos in ruminants. *Animals.* 8, 1031–1044.
6. Egea, A.V.; Bakker, M.L.; Allegretti, L.I.; Paez, S.A.; Grilli, D.J.; Guevara, J.C.; Villalba, J.J. (2019). Seasonal changes in feed intake, diet digestibility and diet composition by lactating and non-lactating goats browsing in a semi-arid rangeland of Argentina. *Grass Forage Sci.* 74, 115–128.
7. El-Mostafa, K.; El Kharrassi, Y.; Badreddine, A.; Andreoletti, P.; Vamecq, J.; El Kebbaj, M.S.; Latrue, N.; Lizard, G.; Nasser, B.; Cherkaoui-Malki, M. (2014). Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. *Molecules* 19, 14879–14901.
8. Escareño, L.; Wurzinger, M.; Iñiguez, L.; Soelkner, J.; Salinas, H.; Meza-Herrera, C.A. (2013). Dairy goat production systems in dry areas: Status-quo, perspectives and challenges. *Trop. Anim. Health Prod.* 45, 17–34.
9. Gonzalez-Bulnes, A.; Meza-Herrera, C.A.; Rekik, M.; Ben Salem, H.; Kridli, R.T. (2011). Limiting factors and strategies for improving reproductive outputs of small ruminants reared in semi-arid environments. In *Semi-Arid Environments: Agriculture, Water Supply and Vegetation*; Degenovine, K.M., Ed.; Nova Science Publishers Inc.: Hauppauge, NY, USA. Chapter 2; pp. 41–60. ISBN 978-1-61761-541-2.
10. Hammon, H.M.; Liermann, W.; Frieten, D.; Koch, C. (2020). Review: Importance of colostrum supply and milk feeding intensity on gastrointestinal and systemic development in calves. *Animals.* 14, s133–s143.
11. Kaneko J.J.; Harvery, W.; Bruss, M.L. (2008). Clinical biochemistry of domestic animals. 6th editon, Academic Press - Elsevier. San Diego London Boston New York Tokyo Toronto. 916 p.
12. Kroener, L.; Wang, E.T.; Pisarska, M.D. (2016). Predisposing factors to abnormal first trimester placentation and the impact on fetal outcomes. *Semin. Reprod. Med.* 34, 27–35.
13. Laporte-Broux, B.; Roussel, S.; Ponter, A.A.; Perault, J.; Chavatte-Palmer, P.; Duvaux-Ponter, C. (2011). Short-term effects of maternal feed restriction during pregnancy on goat kid morphology, metabolism, and behavior. *J. Ani. Sci.* 89, 2154–2163.
14. Luna-Orozco, J.R.; Meza-Herrera, C.A.; Contreras, V.; Hernandez, N.; Angel, O.; Carrillo, E.; Mellado, M.; Veliz, F.G. (2015). Effects of supplementation during late gestation on goat performance and behavior under rangeland conditions. *J. Anim. Sci.* 93, 4153–4160.
15. Mahboub, H.D.H.; Ramadan, S.G.A.; Helal, M.A.Y.; Aziz, E.A.K. (2013). Effect of maternal feeding in late pregnancy on behavior and performance of Egyptian goat and sheep and their offspring. *Global Vet.* 11, 168–176.
16. Meza-Herrera, C.A.; Cano-Villegas, O.; Flores-Hernandez, A.; Veliz-Deras, F.G.; Calderon-Leyva, G.; Guillen-Muñoz, G.M.; de la Peña, C.G.; Rosales-Nieto, C.A.; Macias-Cruz, U.; Avendaño-Reyes, L. (2017). Reproductive outcomes of anestrous goats supplemented with spineless *Opuntia megacantha* Salm-Dyck protein-enriched cladodes and exposed to the male effect. *Trop. Anim. Health Prod.* 49, 1511–1516.
17. Meza-Herrera, C.A.; Romero-Rodríguez, C.A., Nevárez-Dominguez, A.; Flores-Hernández, A.; Cano-Villegas, O.; Macías-Cruz, U.; Mellado, M.; Calderón-Leyva, G.; Carrillo-Moreno, D.; Véliz-Deras, F.G. (2019a). The *Opuntia effect* and the reactivation of ovarian function and blood metabolite concentrations of anestrous goats exposed to active males. *Animals.* 9, 550.
18. Meza-Herrera, C.A.; Santamaría-Estrada, C.E.; Flores-Hernández, A.; Cano-Villegas, O.; De la Peña, C.G.; Macias-Cruz, U.; Calderón-Leyva, G.; Angel-García, O.; Mellado, M.; Carrillo-Moreno, D. (2019b). The *Opuntia Effect* upon

the out-of-season embryo implantation rate in goats: Corpus luteal number, corpus luteal diameter and serum progesterone concentrations. *Livest. Sci. 228*, 201–206.
19. Meza-Herrera, C.A.; Tena-Sempere, M. (2012). Interface between nutrition and reproduction. In *Animal Reproduction in Livestock—Encyclopedia of Life Support Systems*; Astiz, S., Gonzalez, A., Eds.; Eolss Publishers: Oxford, UK.
20. Nowak, R.; Poindron, P. (2006). From birth to colostrum: Early steps leading to lamb survival. *Reprod. Nutr. Dev.* 46, 431–446.
21. NRC. (2007). *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids*; National Academy Press: Washington, DC, USA.
22. Oliveira, M.A.; Rodríguez, C.; Reis, E.M.; Nozaki, J. (2001). Production of fungal protein by solid substrate fermentation of cactus *Cereus peruvianus* and *Opuntia ficus indica*. *Quim. Nova.* 24, 307–310.
23. Oyeyemi, M.O.; Akusu, M.O. (2002). Response of multiparous and primiparous West African Dwarf goats (*Capra hircus* L.) to concentrate supplementation. *Vet. Arh.* 72, 29–38.
24. Pfister, J.A.; Davidson, T.W.; Panter, K.E.; Cheney, C.D.; Molyneux, R.J. (2006). Maternal ingestion of locoweed: III. Effects on lamb behavior at birth. *Small Rumin. Res.* 65, 70–78.
25. Ramírez-Vera, S.; Terrazas, A.; Delgadillo, J.A.; Serafín, N.; Flores, J.A.; Elizundia, Y.; Hernández, H. (2015). Feeding corn during the last 12 days of gestation improved colostrum production and neonatal activity in goats grazing subtropical semi-arid rangeland. *J. Anim. Sci.* 90, 2362–2370.
26. Swanson, T.J.; Hammer, C.J.; Luther, J.S.; Carlson, D.B.; Taylor, J.B.; Redmer, D.A.; Vonnahme, K.A. (2008). Effects of gestational plane of nutrition and selenium supplementation on mammary development and colostrum quality in pregnant ewe lambs. *J. Anim. Sci.* 86, 2415–2423.
27. Terrazas, A.; Hernández, H.; Delgadillo, J.A.; Flores, J.A.; Ramírez-Vera, S.; Fierros, A.; Rojas, S.; Serafín. N. (2012). Undernutrition during pregnancy in goats and sheep, their repercussion on mother-young relationship and behavioural development of the young. *Trop. Subtrop. Agroecosys.* 15, S161–S174.
28. Terrazas, A.; Robledo, V.; Serafi, N.; Soto, R.; Hernandez, H.; Poindron, P. (2009). Differential effects of undernutrition during pregnancy on the behaviour of does and their kids at parturition and on the establishment of mutual recognition. *Animals.* 3, 294–306.
29. Wallace, J.M.; Milne, J.S.; Redmer, D.A.; Aitken, R.P. (2006). Effect of diet composition on pregnancy outcome in overnourished rapidly growing adolescent sheep. *Brit. J. Nut.* 96, 1060–1068.
30. Ye, G.; Zhu, Y.; Liu, J.; Chen, X.; Huang, K. (2014). Preparation of glycerol-enriched yeast culture and its effect on blood metabolites and ruminal fermentation in goats. *PLoS ONE*. 9, e94410.
31. Zhao, J.; Wang, C.; Totton, S.C.; Cullen, J.N.; O'Connor, A.M. (2019). Reporting and analysis of repeated measurements in preclinical animal experiments. *PLoS ONE.* 14, e0220879.

UJED
UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO

XXXIII SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMÍA

DRA. MA. DEL CARMEN PONCE-RODRÍGUEZ

DR. FRANCISCO OSCAR CARRETE-CARREÓN

Gómez Palacio, Durango, Mex. Septiembre 2021

*Cambio climático?

¿Cuál es el problema?

Depende

- En terrenos de pastoreo

- En terrenos agrícolas de temporal

- En cuencas hidrológicas en general

1.- PÉRDIDA DE SUELO (EROSIÓN)

2.- PÉRDIDA DE AGUA (ESCURRIMIENTO)

3.- BAJA PRODUCTIVIDAD

4.- BAJA RENTABILIDAD

ENFOQUES:

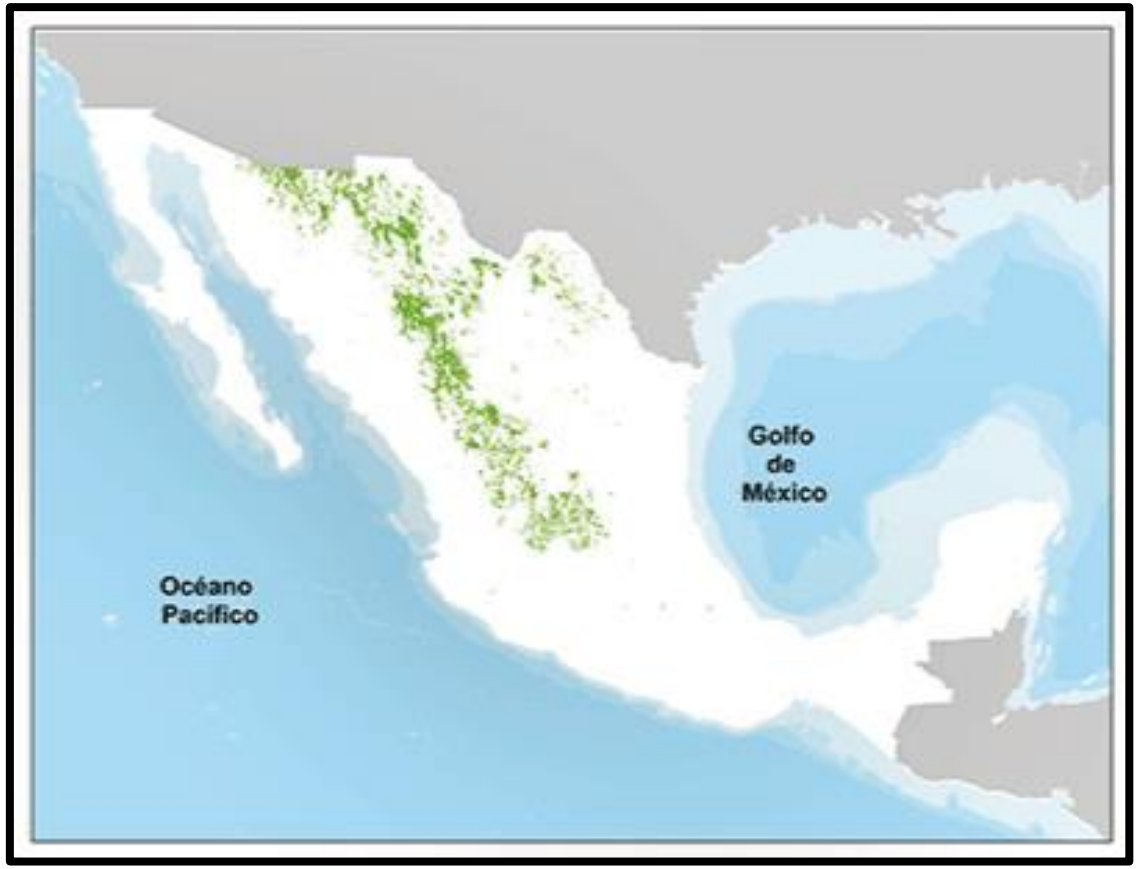
- Productivista

- Conservacionista

"APLICACIÓN DE LÍNEA CLAVE (KEYLINE) PARA LA CONSERVACIÓN DE AGUA Y SUELO EN AGOSTADEROS Y TERRENOS AGRÍCOLAS DE TEMPORAL"

INTRODUCCIÓN

Pastizales



EN MÉXICO

- Los pastizales ocupan **97,940.8 km²**.
- Los matorrales ocupan 572,174.5 **km²**.

Son de los ecosistemas más amenazados de América del Norte…

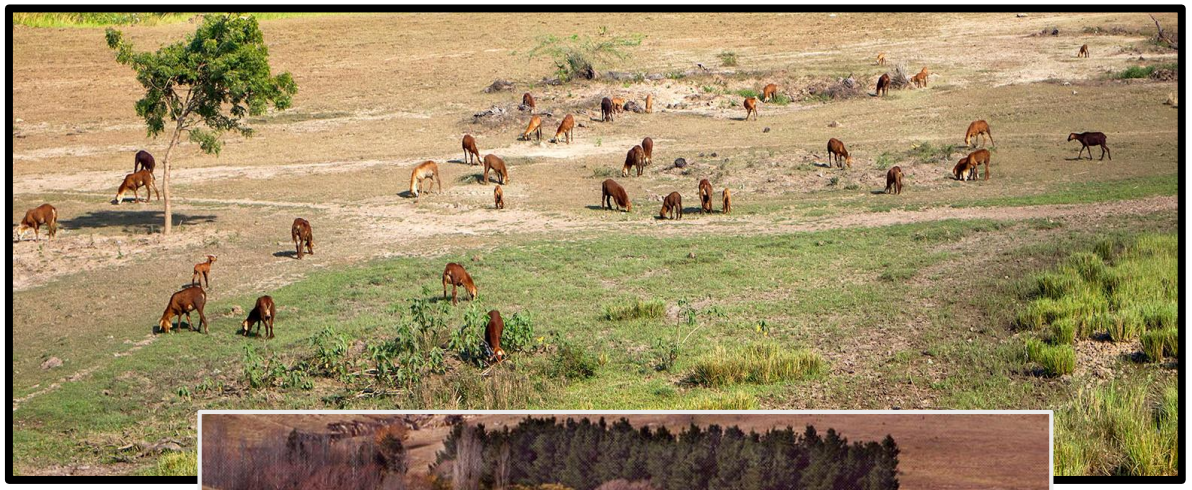
“en su mayoría por actividades humanas”

(INEGI,2015)

AMENAZAS

❖ SOBREPASTOREO

Perjudica al **95%** de los pastizales del norte árido del país.



❖ SEQUÍA RECURRENTE

Reducción de cobertura vegetal y vigor de plantas

❖ INCENDIOS

Han afectado una superficie de **599,013** hectáreas en este año.

9)

EFECTOS

“Un pastizal sobrepastoreado significa desolación, erosión, y ganado desnutrido”

- **Degradación de la cubierta vegetal y suelo**
- **Baja disponibilidad y calidad de las aguas superficiales y subterráneas**

“Ecosistemas susceptibles, pérdida de biodiversidad, estabilidad y resiliencia “

ESTRATEGIAS DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE

Prácticas de manejo de pastizales para su recuperación y conservación:

- Siembra de pastos de especies nativas e introducidas
- Exclusión al pastoreo de áreas degradadas
- Uso de sistemas de pastoreo
- Ajuste de carga animal

(INIFAP, 2019)

Igualmente, se promueven obras para captación de agua, para disminuir los escurrimientos superficiales e incrementar la producción de forraje…

Pozas

Bordos a nivel

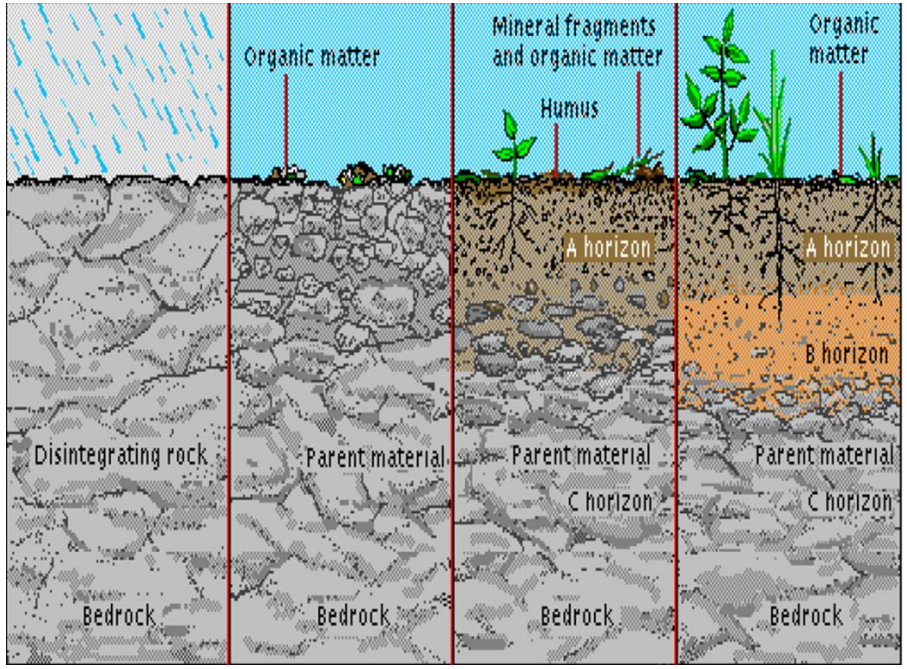
Surcado sencillo a nivel

Surcado doble a nivel

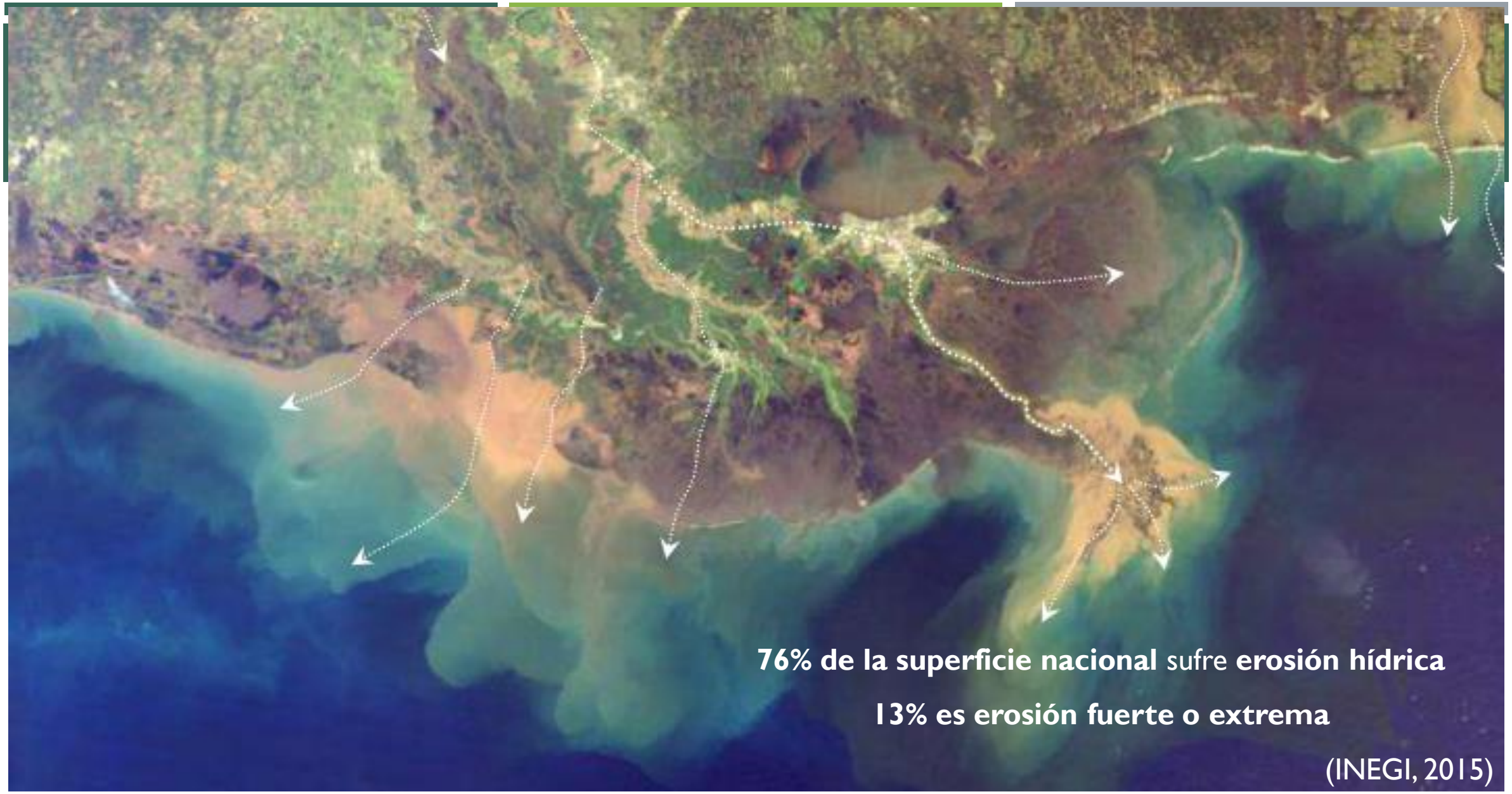
(Gutiérrez et al., 2014)

SUELO

Sostén de la vida



Formación del suelo


76% de la superficie nacional sufre **erosión hídrica**
13% es erosión fuerte o extrema
(INEGI, 2015)

EROSIÓN

Proceso de desprendimiento, transporte y sedimentación de las partículas del suelo.

(FAO, 2015)

GRADOS DE EROSIÓN

Grado de erosión	Perdida Ton/ha Año	Espesor suelo mm
Ligera	5	< 0.3
Moderada	5-20	0.3 a 1.3
Severa	20-60	1.3 a 4
Grave	60-200	4 a 13
Muy Grave	> 200	> de 13

20 viajes = 1mm

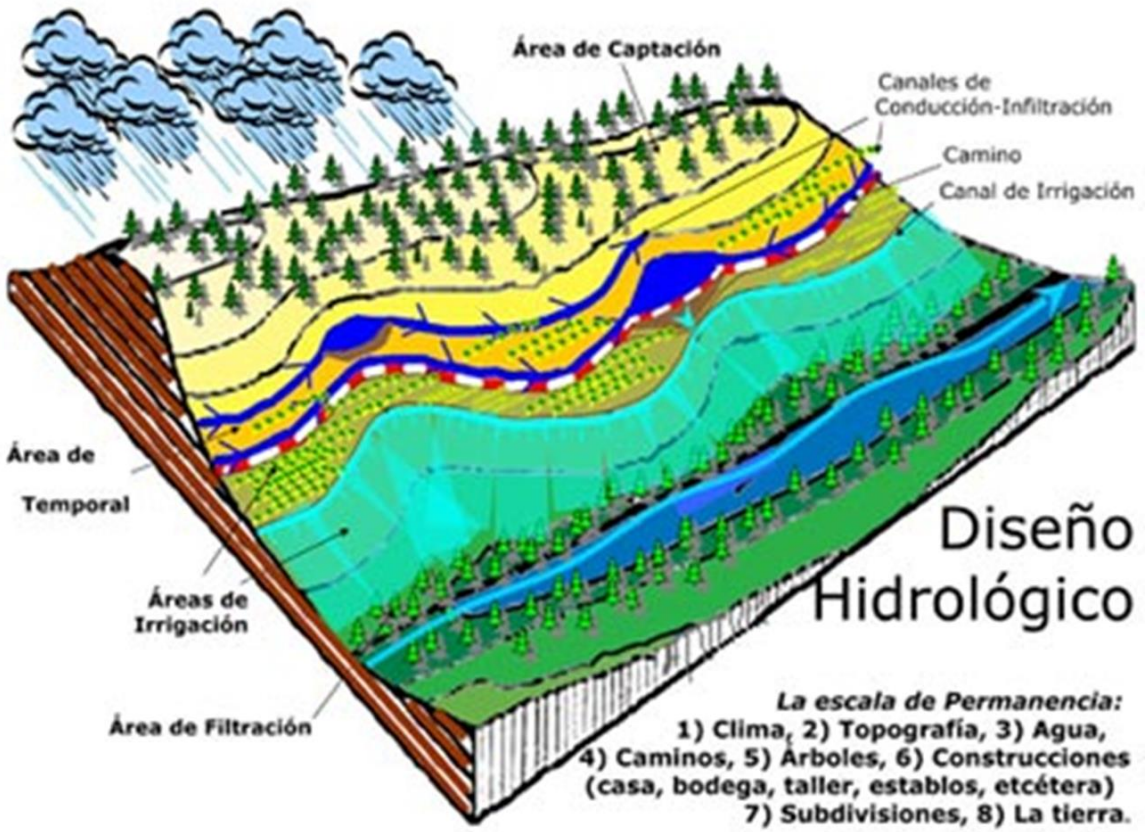
Cada mm de espesor de suelo representa aprox. 15 Ton. de tierra/ha.

DISEÑO HIDROLÓGICO CON LÍNEA CLAVE

KEYLINE

- Método desarrollado para cosechar agua, reducir la erosión **- regenerar suelos**.

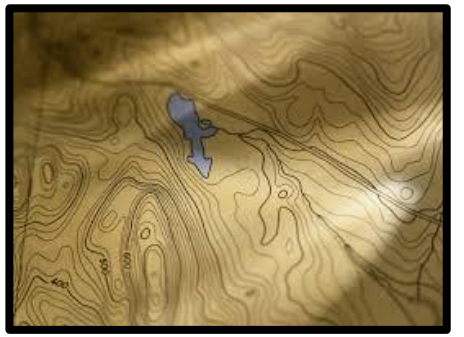
- A través del trazado con línea clave se distribuye el agua por el terreno, de acuerdo a las necesidades del productor.



(Gras, 2012)

DESARROLLO DEL KEYLINE

1. Recorrido de reconocimiento del sitio.
2. Levantamiento topográfico del área de estudio.
3. Diseño hidrológico en papel.
4. Replanteo del diseño en campo.

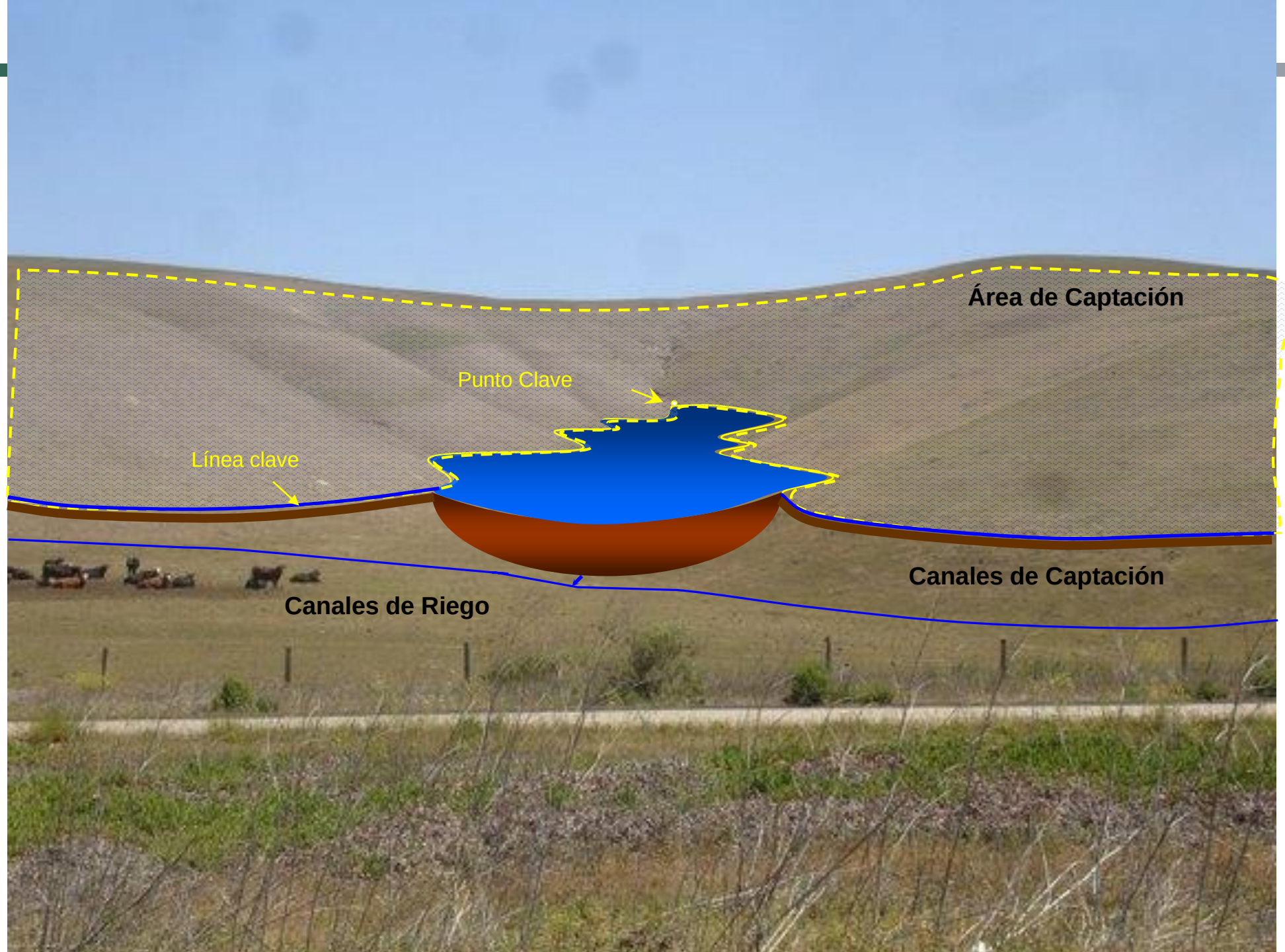


PUNTO CLAVE

- Punto de inflexión en el terreno
- Cambio brusco de la pendiente

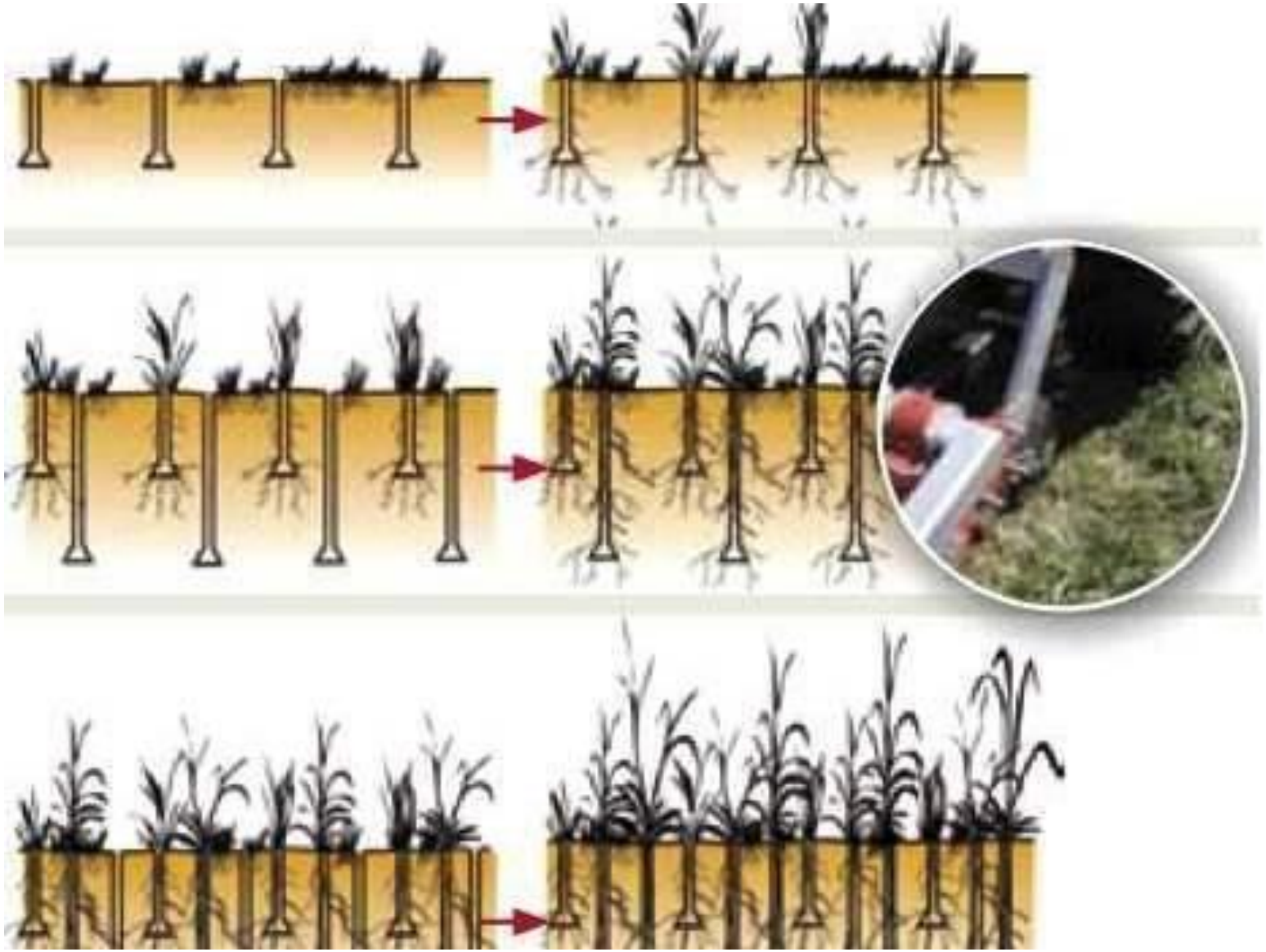
LÍNEA CLAVE

- Es la línea a nivel que se extiende a partir del punto clave, hacia ambos lados
- Es aquella que nos permite manejar el agua y llevarla por todo el terreno


Área de Captación
Punto Clave
Línea clave
Canales de Captación
Canales de Riego

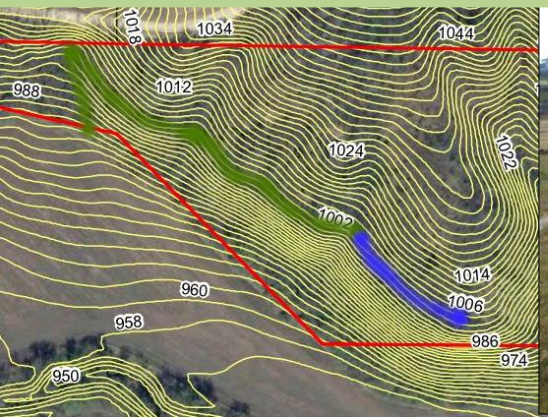
ARADO TIPO YEOMANS

VEKMANS



IMPLICA

- Cambios en el surcado del terreno, con canales, construcción de bordos o reservorios de agua.
- Técnicas y estrategias de cultivo diferentes a las utilizadas en la agricultura convencional.



KEYLINE EN MÉXICO (DURANGO)

COMPONENTES DE LA EROSIÓN (ESTUDIO EN AGOSTADERO)

Tratamientos	Erosión (a)	Sedimentación (b)	Erosión neta (a-b)	Suelo movilizado (a+b)	Clasificación de erosión**
1.- Testigo	**157**	**30**	**127**	**188**	**150 a 200 Alta**
2.- DHCL	**31**	**148**	**-116***	**179**	**< 50 Baja**

*El valor negativo indica un balance neto positivo o de ganancia de suelo

** Clasificación del nivel de erosión de acuerdo a Montes-León et al. (2011)

CONCLUSIONES (ESTUDIO EN AGOSTADERO)

- **El DHLC tuvo un efecto positivo en la conservación del suelo al reducir la erosión, presentar porcentajes de humedad más altos y mejorar el rendimiento de fitomasa**

- **La implementación del DHLC y especialmente ligado al uso del subsolador tipo Yeomans en zonas de agostadero, es una herramienta útil para mejorar la condición de los pastizales**

TRATAMIENTOS EVALUADOS

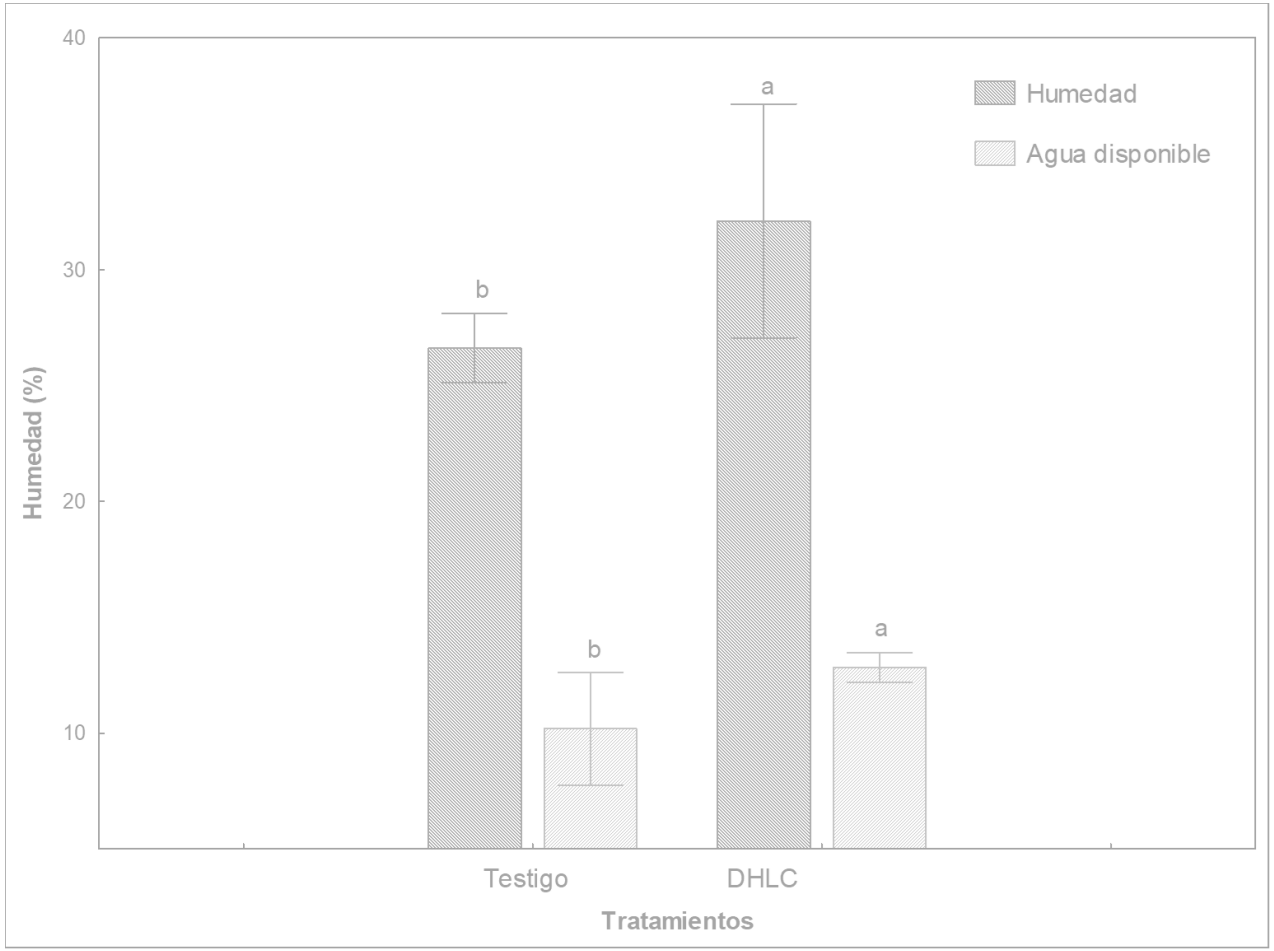
Con base a la ubicación de la línea clave, se establecieron dos tratamientos para cultivar frijol Pinto Saltillo (*Phaseolus vulgaris*):

Tratamiento	Descripción	Clave
1	**Laboreo de surcos de forma tradicional**	**Testigo**
2	**Laboreo de surcos siguiendo el contorno de la línea clave**	**DHLC**

(PARCELA AGRÍCOLA)

RESULTADOS

Testigo
DHLC


40
30
20
10
Humedad (%)
Humedad
Agua disponible
a
b
b
a
Testigo
DHLC
Tratamientos

CONCLUSIONES

- **La infraestructura proporcionada por el DHLC cambió la hidrología del terreno, logró distribuir el agua de manera homogénea en la superficie y disminuyó los sólidos transportados al reducir la velocidad de la escorrentía.**

- **El DHLC mostró efectos positivos en el cultivo de frijol, donde el rendimiento obtenido superó el promedio nacional y regional en 33% y 125%, respectivamente.**

¡GRACIAS!

Francisco Oscar Carrete Carreón

focc1928mx@yahoo.com

Ma. del Carmen Ponce Rodríguez

carmen.ponce@ujed.mx

Selection for Farm Profitability and less Carbon Footprint in Grazing Dairy Cattle

Nicolas Lopez-Villalobos

Professor of Dairy Cattle Breeding and Genetics

School of Agriculture & Environment

Massey University, Palmerston North 4442, New Zealand

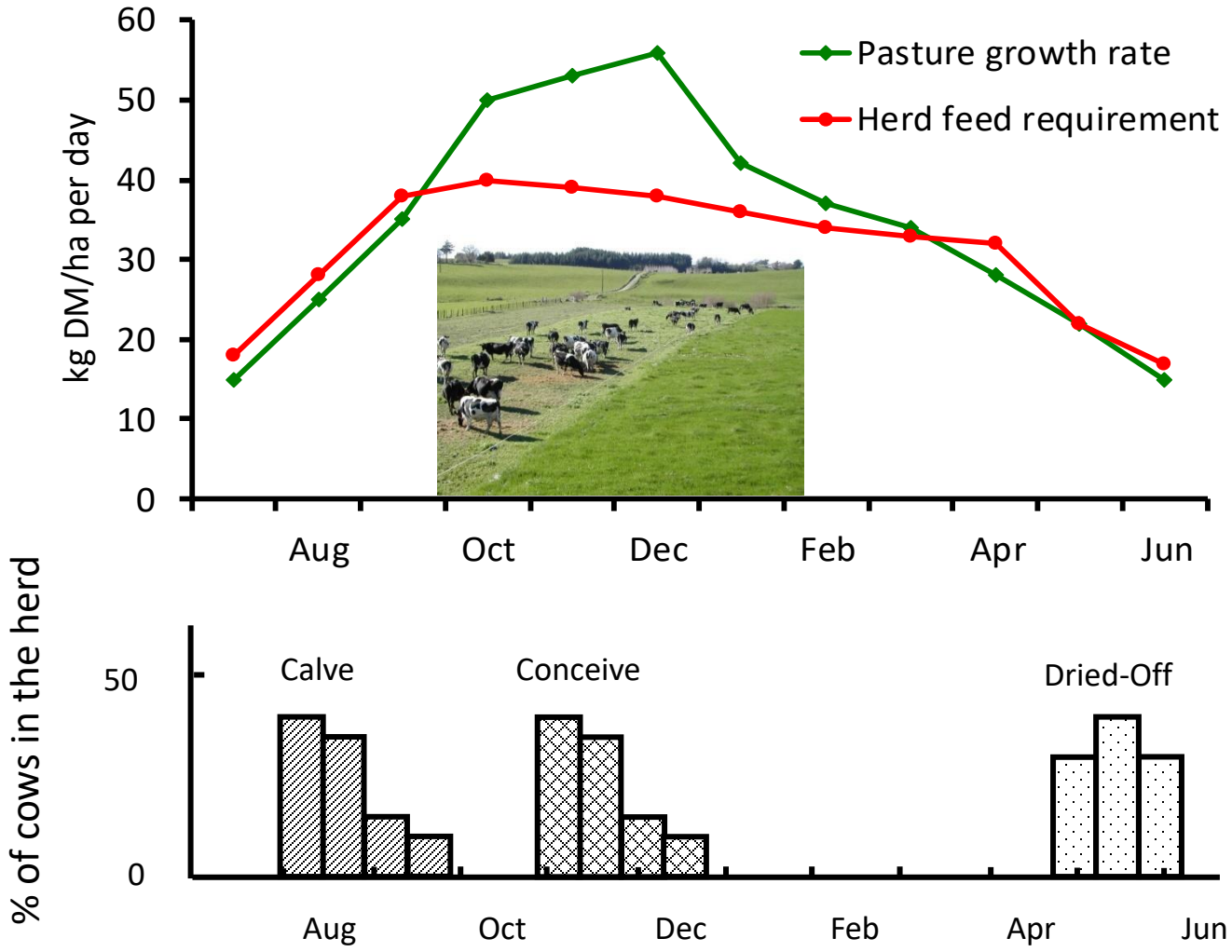
Email: N.Lopez-Villalobos@massey.ac.nz

ORCID: 0000-0001-6611-907x

9 Sep 2021

MASSEY UNIVERSITY

Milk Production in New Zealand

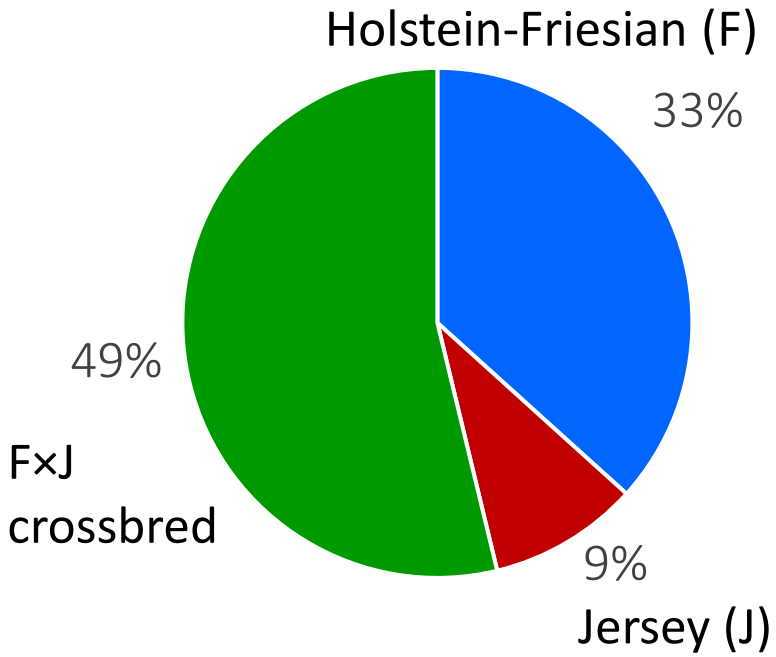


MASSEY UNIVERSITY

The New Zealand Dairy Cow

- 4,296 litres milk
- 215 kg fat (5.00%)
- 170 kg protein (3.95%)
- 260 days in milk
- 455 kg live weight
- 4,344 kg pasture dry matter intake
- 213,000 SCC/ml
- 4 lactations of productive herd life
- 68% pregnancy rate in 6 weeks of AI

Breed Composition of National Herd



The New Zealand Dairy Industry

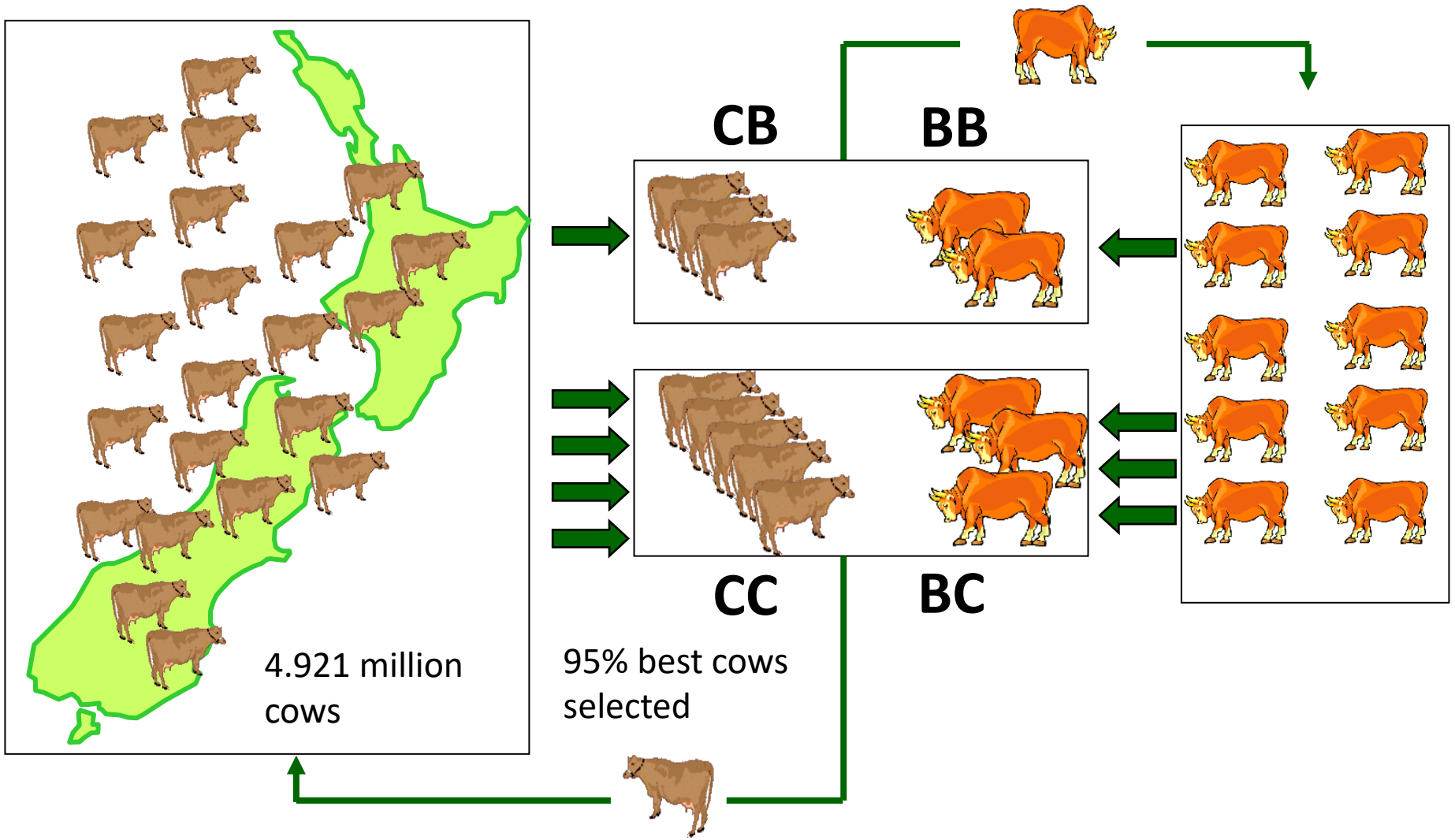
- Vertically integrated

  Farm → manufacturing → marketing

- Dairy companies
  - Fonterra (95% of the total milk)
  - Tatua, Westland, Synlait, Open Country
- 11,179 herds
- 4.921 million grazing cows
- 1.730 million hectares
- Farm size
  - 440 milking cows + replacements
  - 155 ha for pasture production
  - 2.84 cows/ha

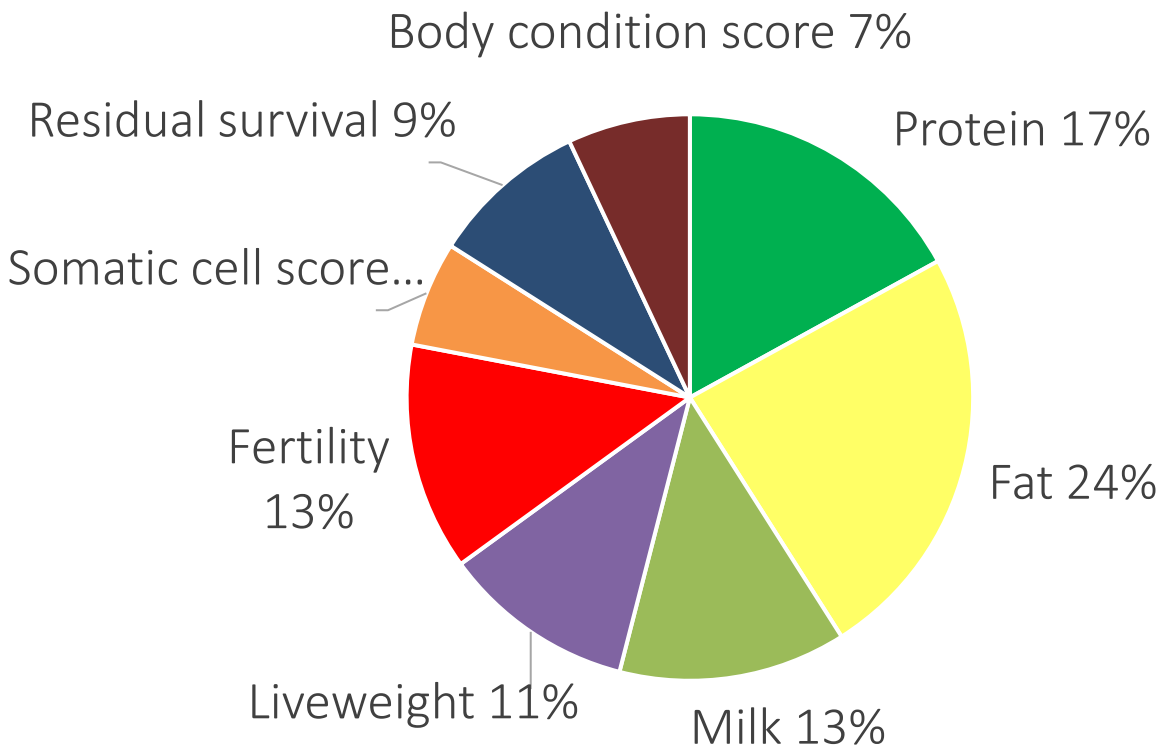
MASSEY UNIVERSITY

Use of Genomic Selection



Breeding Worth
Farm Profit = $/5.0 DM

Trait	EV ($/5 t DM)
Protein	4.26
Fat	4.25
Milk	-0.094
Liveweight	-1.38
Fertility	5.92
Somatic cell score	-37.11
Residual survival	0.105
Body condition score	101.96



MASSEY UNIVERSITY

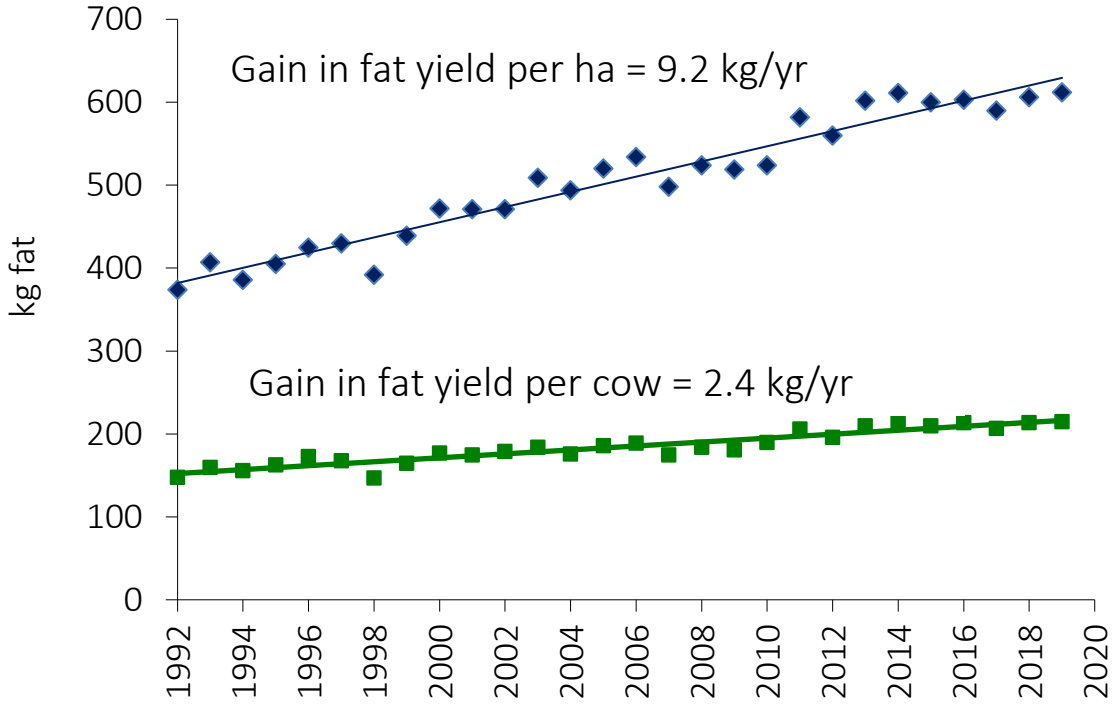
Top 30 for all Breeds

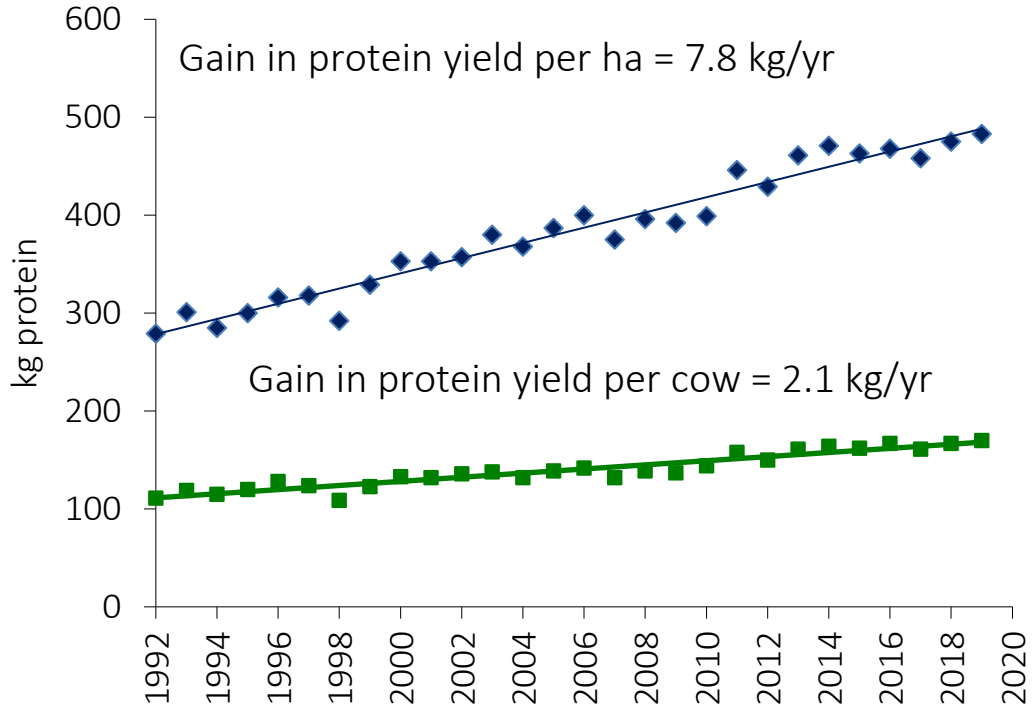
Rank	Bull Code	Bull Name	Breed	BW ($)	Protein (Kg)	Milkfat (Kg)	Milk (l)	Lwt (Kg)	Fert (%)	SC (Score)	Resid Surv (days)	BCS (Score)
1	317052	LOCKHART OI JOEL JC15	JER	347/78	8.8	42.0	-362	-54.6	1.5	0.05	41	0.10
2	317517	GLEN LEITH QUIGLEY ET S2J	JER	346/80	12.1	29.4	-201	-81.7	1.8	-0.15	-52	0.26
3	314052	CRESCENT EXCELL MISTY ET	JER	342/88	3.0	32.4	-836	-16.3	5.4	-0.41	-47	0.48
4	315503	PUKETAWA KING CONNACHT JG	JER	341/96	4.6	35.7	-583	-38.1	2.4	-0.51	97	0.19
5	316038	DEEP RIVER PCG FAVOUR	JER	340/88	19.0	41.4	-16	-39.2	1.5	-0.24	-88	0.19
21	314004	BELLS OI FLOYD S3J	JER	316/95	20.6	38.2	119	-9.5	1.7	-0.20	129	0.32
22	317020	THORNWOOD OI TANE ET	JER	316/79	5.2	22.9	-525	-49.1	5.3	-0.41	13	0.30
23	517043	GLEN KORU PROCLAIMER-ET	XBR	316/80	37.6	49.4	593	-9.1	-1.1	0.20	12	0.01
24	514017	GLEN KORU BECKON	XBR	314/87	33.7	55.9	509	-2.4	0.6	0.07	-135	-0.10
25	316009	TIRONUI LT BESIEGE ET	JER	312/87	10.9	18.2	-463	-69.0	3.5	0.12	101	0.22

Example

EV==>	4.26	4.25	-0.094	-1.38	5.92	-37.11	0.105	101.96	
	Protein	Fat	Milk	Lwt	Fert	SCS	Surv	BCS	BW
Lockhart	8.8	42	-362	-54.6	1.5	0.05	41	0.1	
EV x BV	37.5	178.5	34.0	75.3	8.9	-1.9	4.3	10.2	346.9

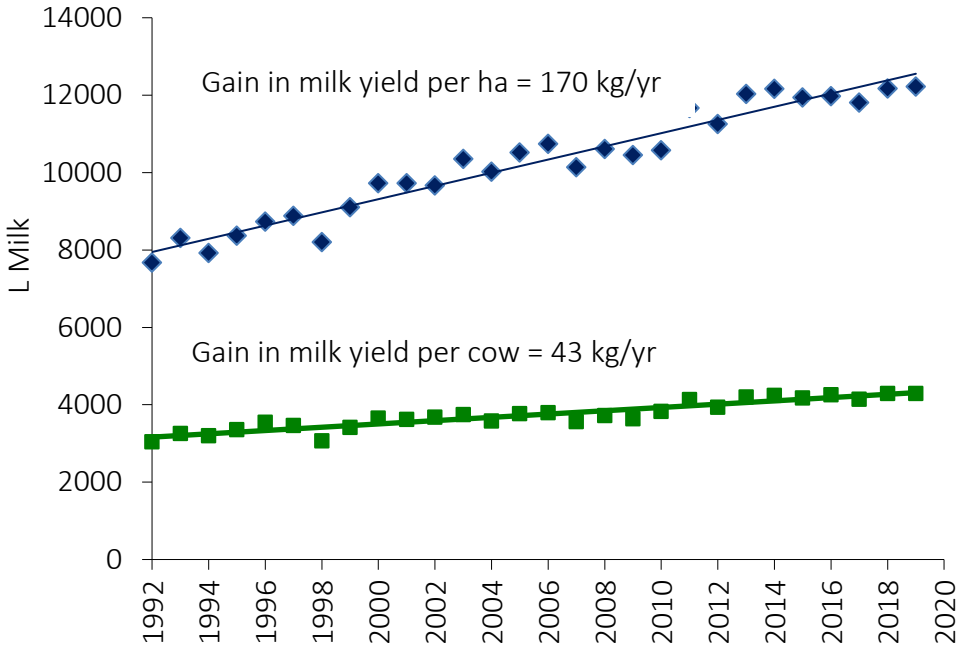
Productivity Improvement

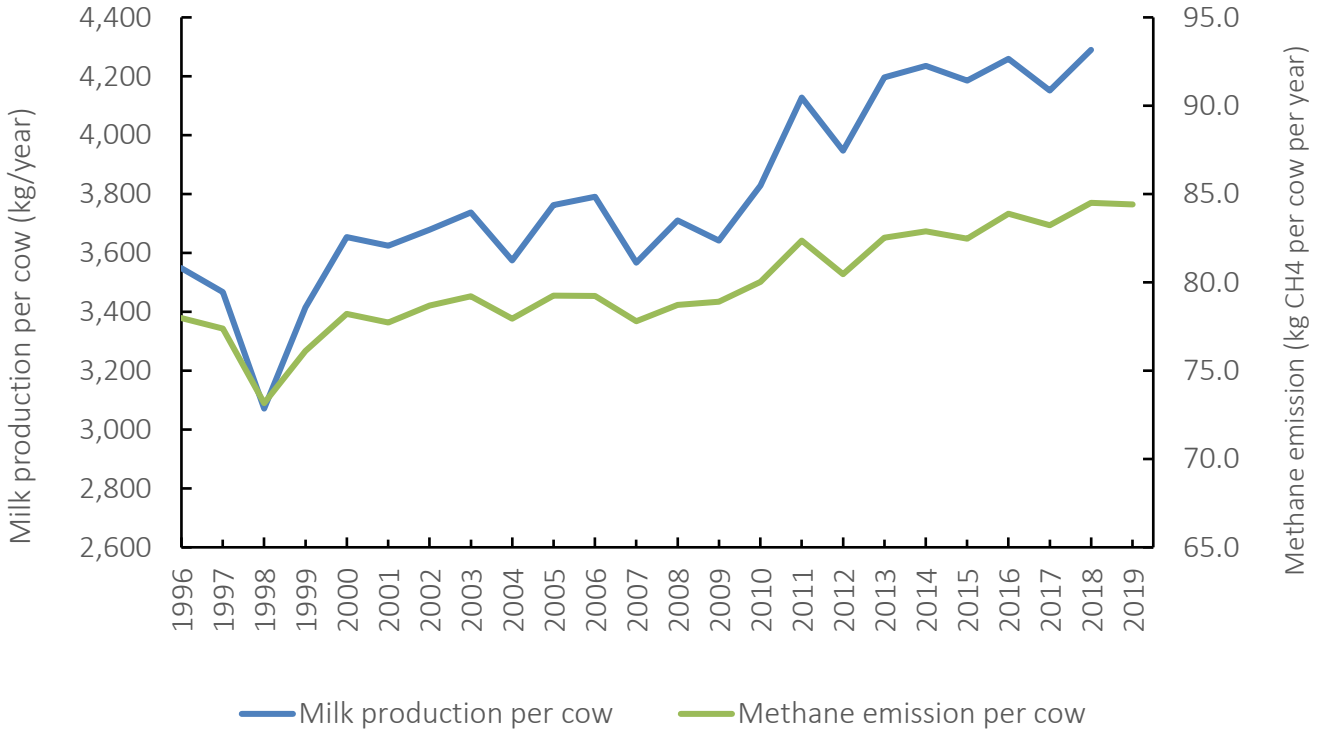




MASSEY UNIVERSITY

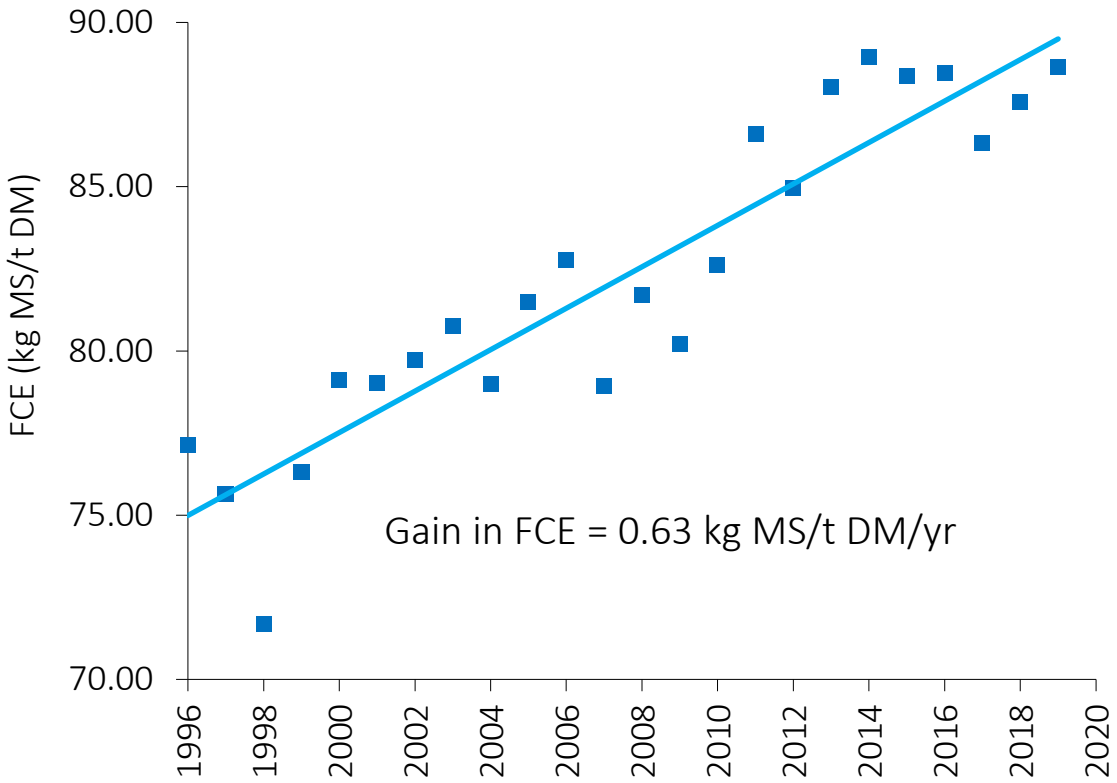
Productivity Improvement and Methane Emissions

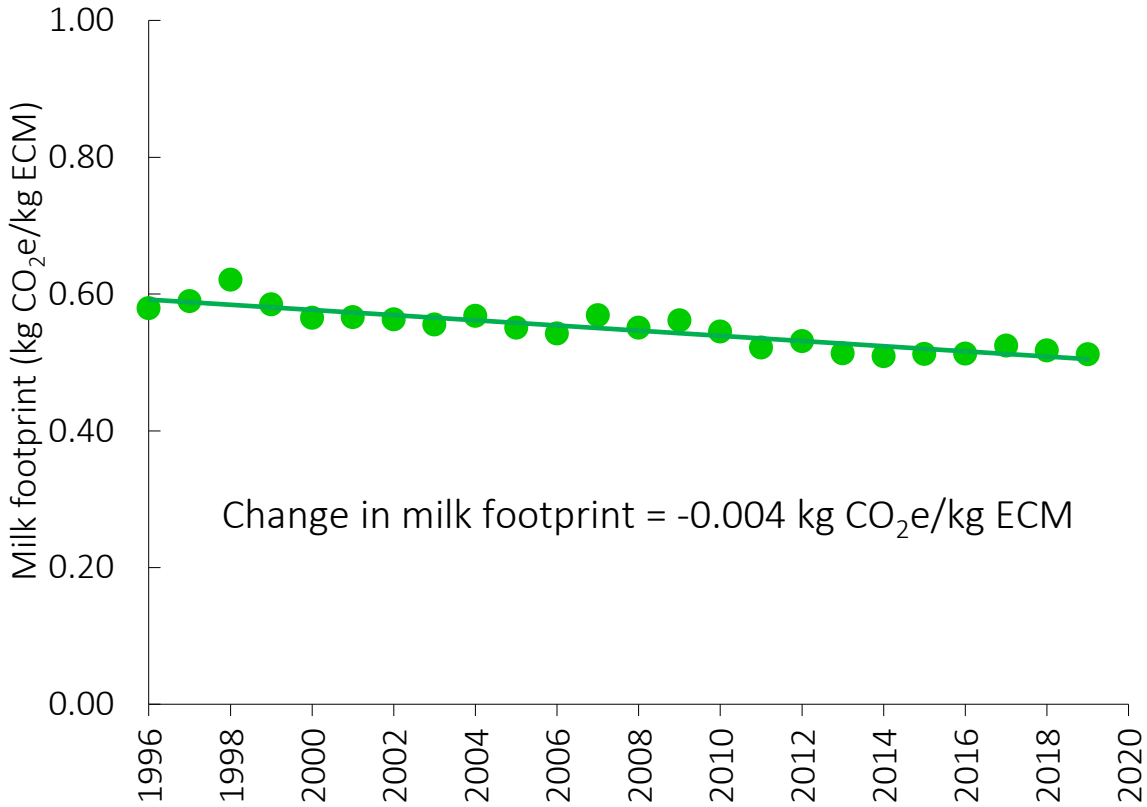




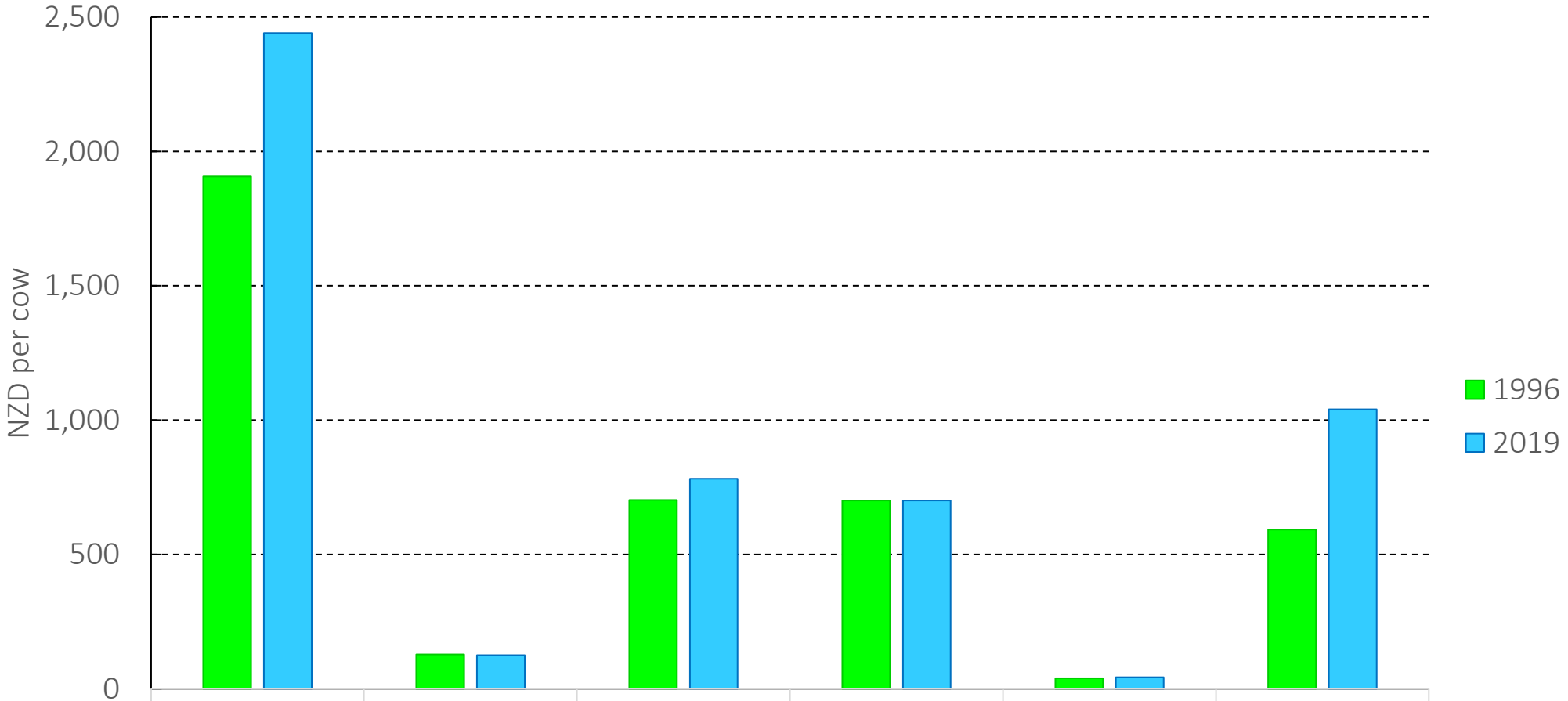
MASSEY UNIVERSITY

Improvement in Feed Efficiency and Carbon Footprint



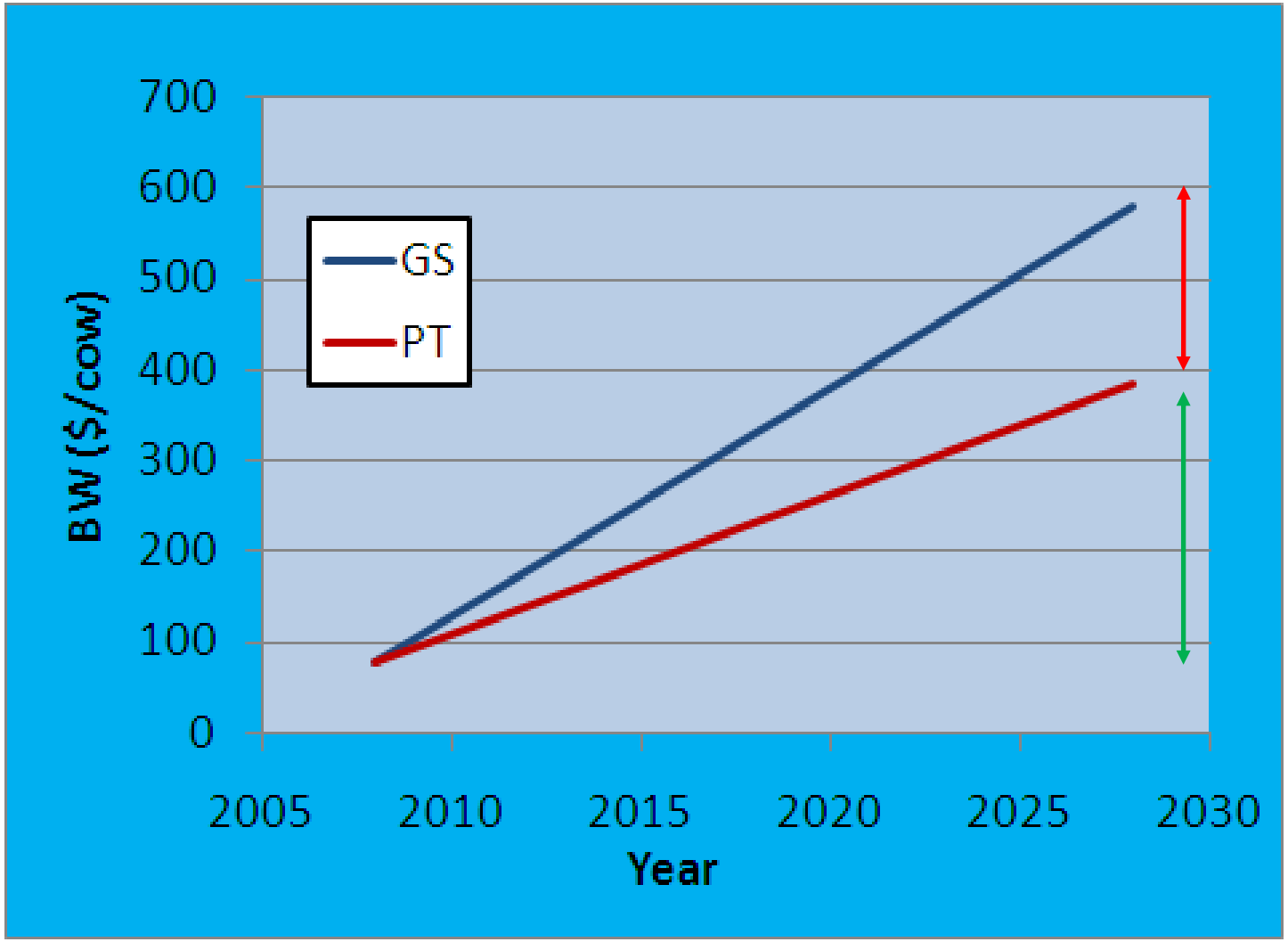


Farm profit and environmental cost



	Milk income	Beef income	Feed cost	Oper costs	CO2e cost	Net income
1996	1,906	127	702	700	39	592
2019	2,440	125	782	700	43	1,040

Genomic Selection
for farm profit and less CO_2 emissions (CH_4 and NO_2)



$194 per cow
4.921 million cows
$955 million industry benefit

$300 per cow
4.921 million cows
$1,476 million industry benefit

MASSEY UNIVERSITY

Thank you

MASSEY UNIVERSITY

Comportamiento epidemiológico de *Salmonella* sp. en alimentos de origen vegetal por región intercontinental

Dr. Daniel Ruiz-Juárez
http://orcid.org/0000-0002-8867-4565
druiz@correo.xoc.uam.mx

M. en C. Mónica Gutiérrez-Rojas
http://orcid.org/0000-0001-5067-0617
mgutierrez@correo.xoc.uam.mx

Contaminación de alimentos vegetales de origen agrícola

2015

OMS

Enfermedades Transmitidas por Alimentos **(ETA)**

Problema de salud pública en el mundo

*Enfermos (Millones)
**Muertes

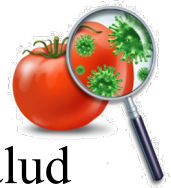
Infantes <5 años
(1.5 millones al año)

Contaminación de alimentos vegetales de origen agrícola

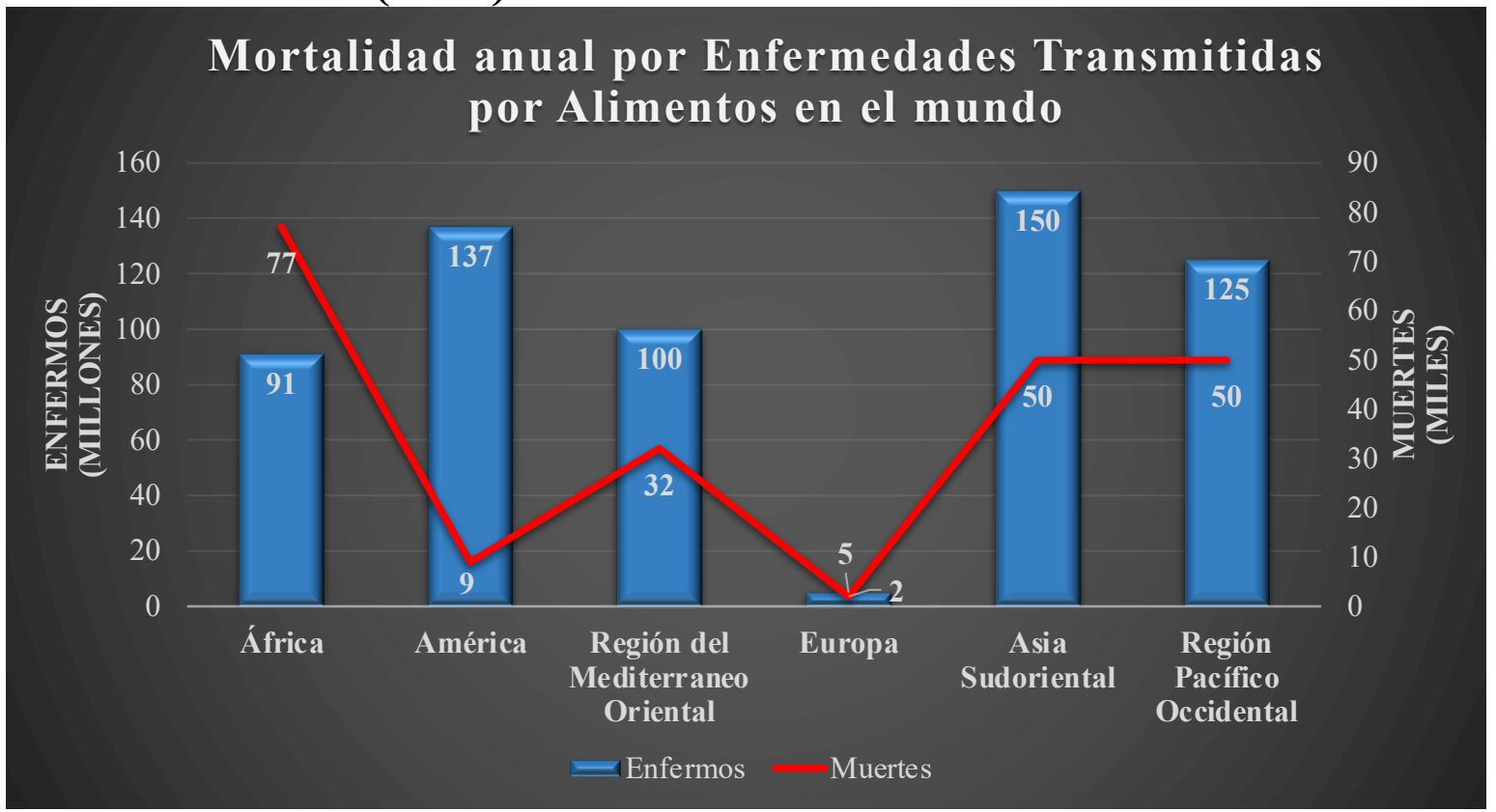
2015

OMS

Enfermedades Transmitidas por Alimentos **(ETA)**



Problema de salud pública en el mundo



Infantes <5 años

(1.5 millones al año)

Causas de brotes epidemiológicos por ETA

Alimentos contaminados

Tipo de agua

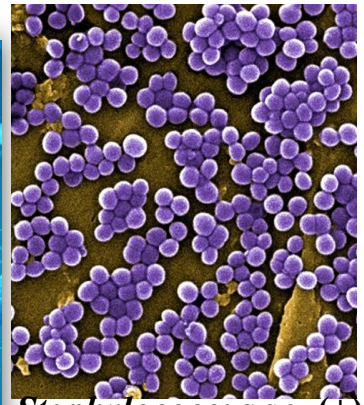
Contaminación cruzada

Lavado

Empaque y embalaje

Fuente: ICMSF, 2005; Hernández *et al*., 2011; Jung *et al*., 2014

Microorganismos patógenos de ETA



***Staphylococcus* sp. (+)**

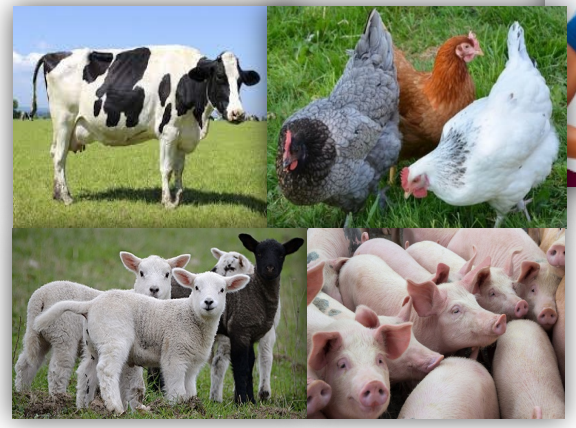
- *Vibrio* sp.
- *Campylobacter*
- *Yersinia enterocolitica*
- *Shigella* sp.
- *Escherichia coli*
- *Salmonella* sp.

Sistema de **R**egistro **G**lobal de la **OMS**:

✓ *Listeria monocytogenes*

✓ *Shigella flexneri*

Salmonella sp. principal precursor



Fuente: OMS, 2005; Betancor *et al*., 2006; Alam, 2014; Anderson *et al*., 2016; Barreto *et al*., 2016; Soto *et al*., 2016; Soodb *et al*., 2018; Andrews *et al*., 2021.

Las células bacterianas pueden permanecer sobre **superficies inertes**

Plásticos

Acero inoxidable

Cartón

Vidrio

Fuente: Jaquette *et al*., 1996; Guo et al., 2001; Vu *et al*., 2009

Superficies vivas

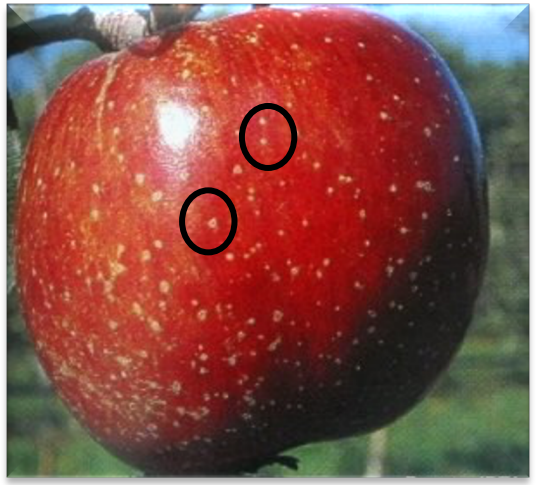
Frutas frescas con relieves microrrugosos, pliegues u ornamentaciones que permite la adhesión y permanencia de las células por biopolímeros extracelulares.

Fuente: Jaquette *et al*., 1996; Guo et al., 2001; Vu *et al*., 2009.

Hortalizas frescas

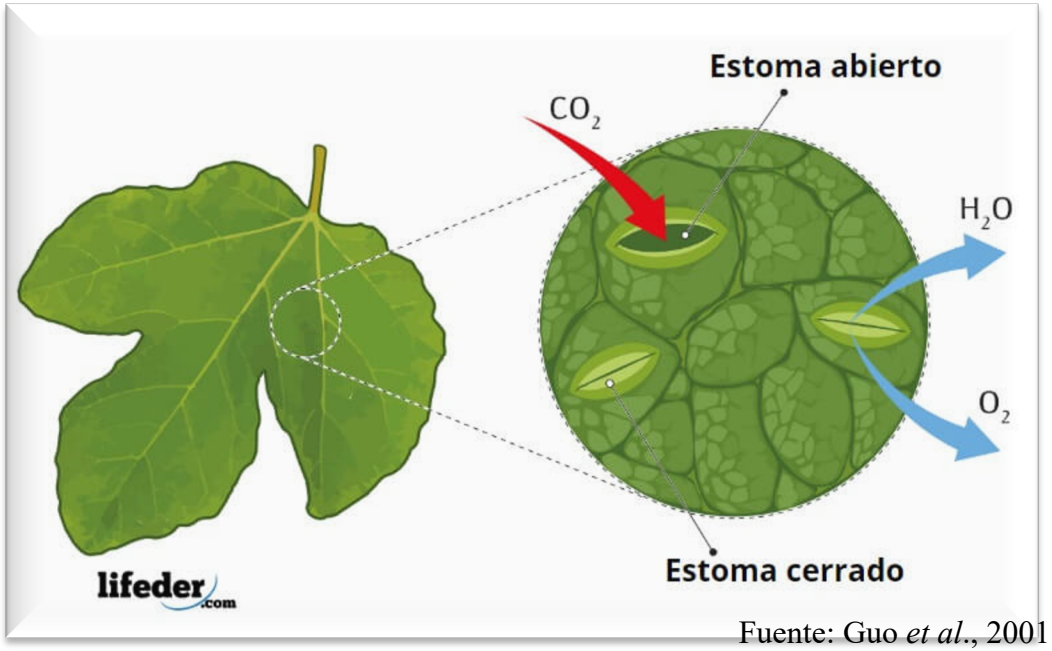
Aperturas naturales

Raíz, tallo, hoja, flor y fruto son sitios de resguardo y almacenamiento de células patógenas de humanos.



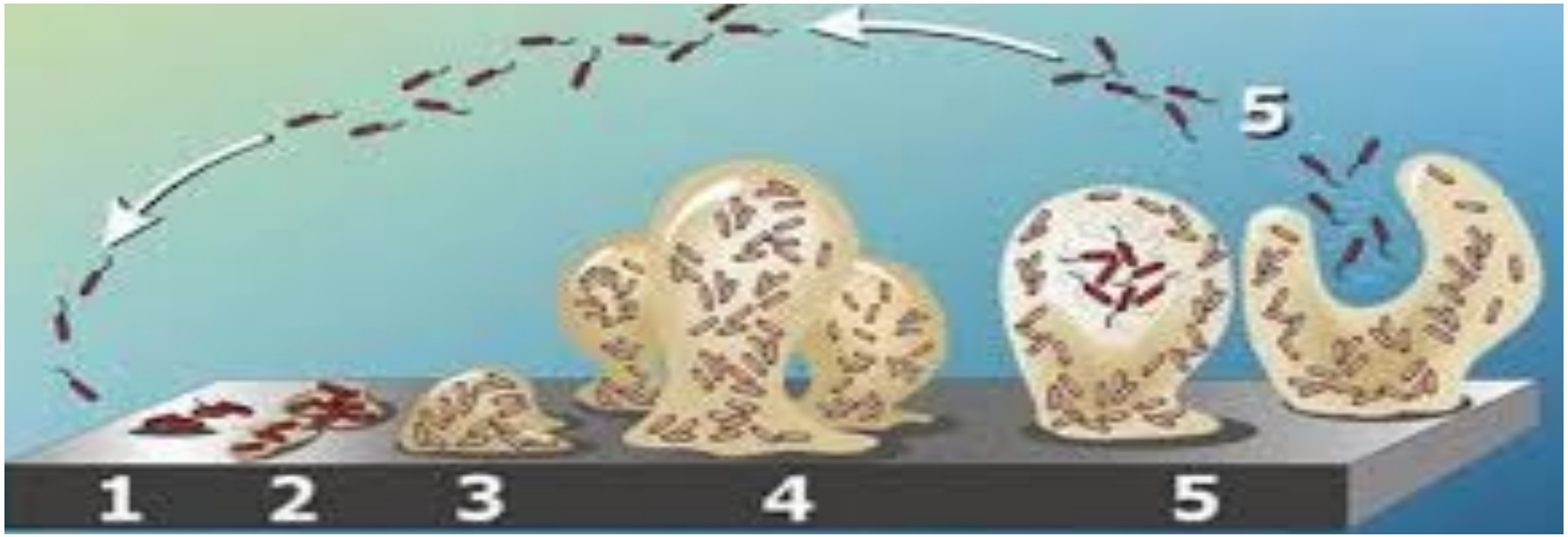
Lenticelas

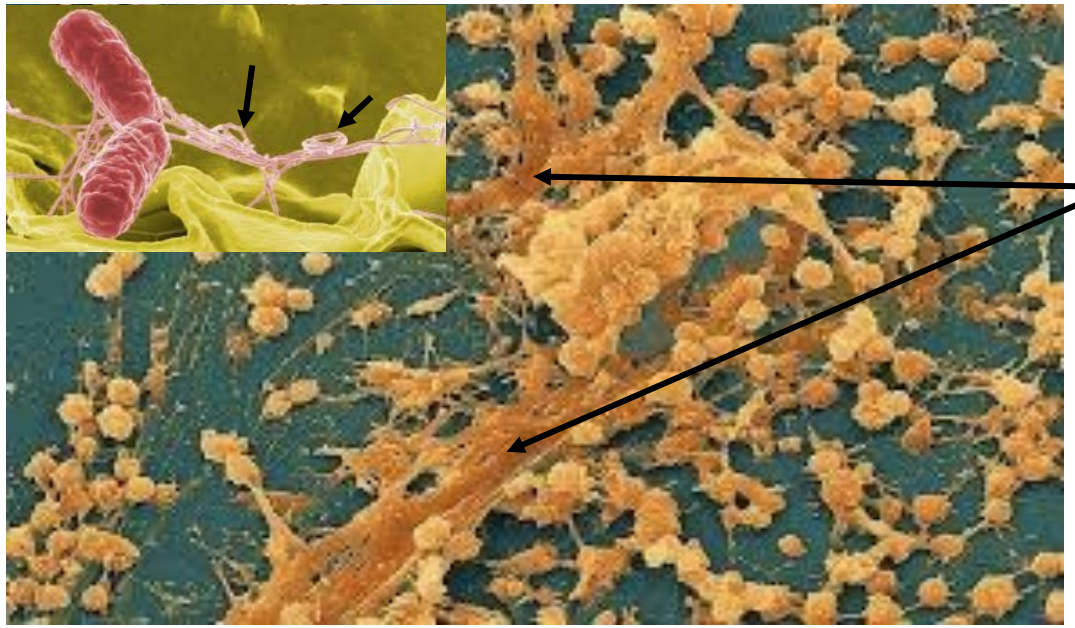
Hidátodos



Fuente: Guo *et al.*, 2001.

Células patógenas → Forman <u>biopelículas</u> para **sobrevivir** y **desarrollar** colonias bacterianas en ambientes hostiles y en condiciones favorables.





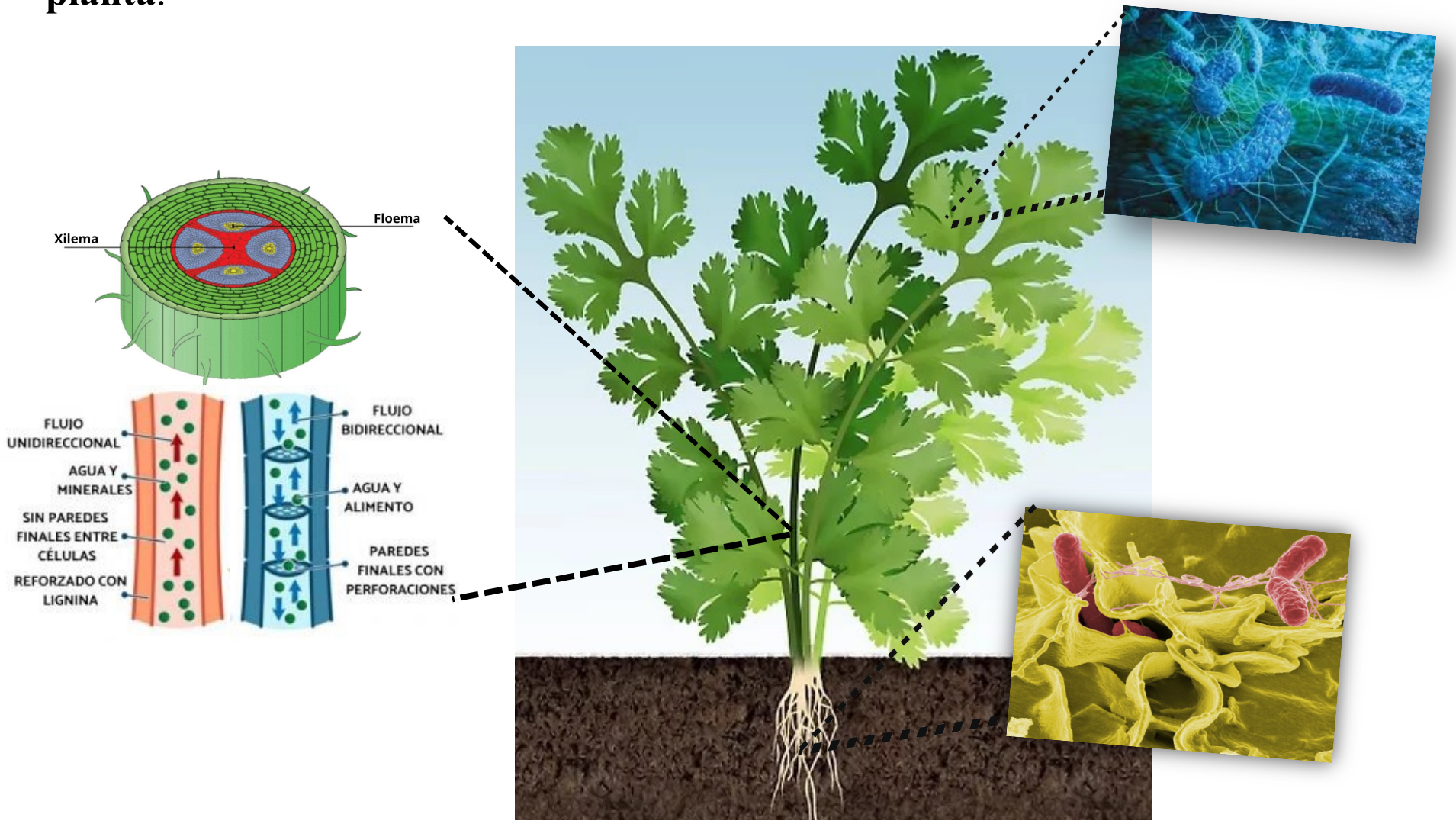
La matríz de biopelículas esta compuesta:

- **97 %** agua
- **3 %** exopolisacáridos, proteínas, lipopolisacáridos, ácidos nucleicos y grasos.

pH **3.99 - 4.37** de la superficie de los tejidos vegetales determina la **sobrevivencia** de la bacteria

Fuente: Guo *et al*., 2001; ICMSF, 2005; Barreto *et al*., 2016.

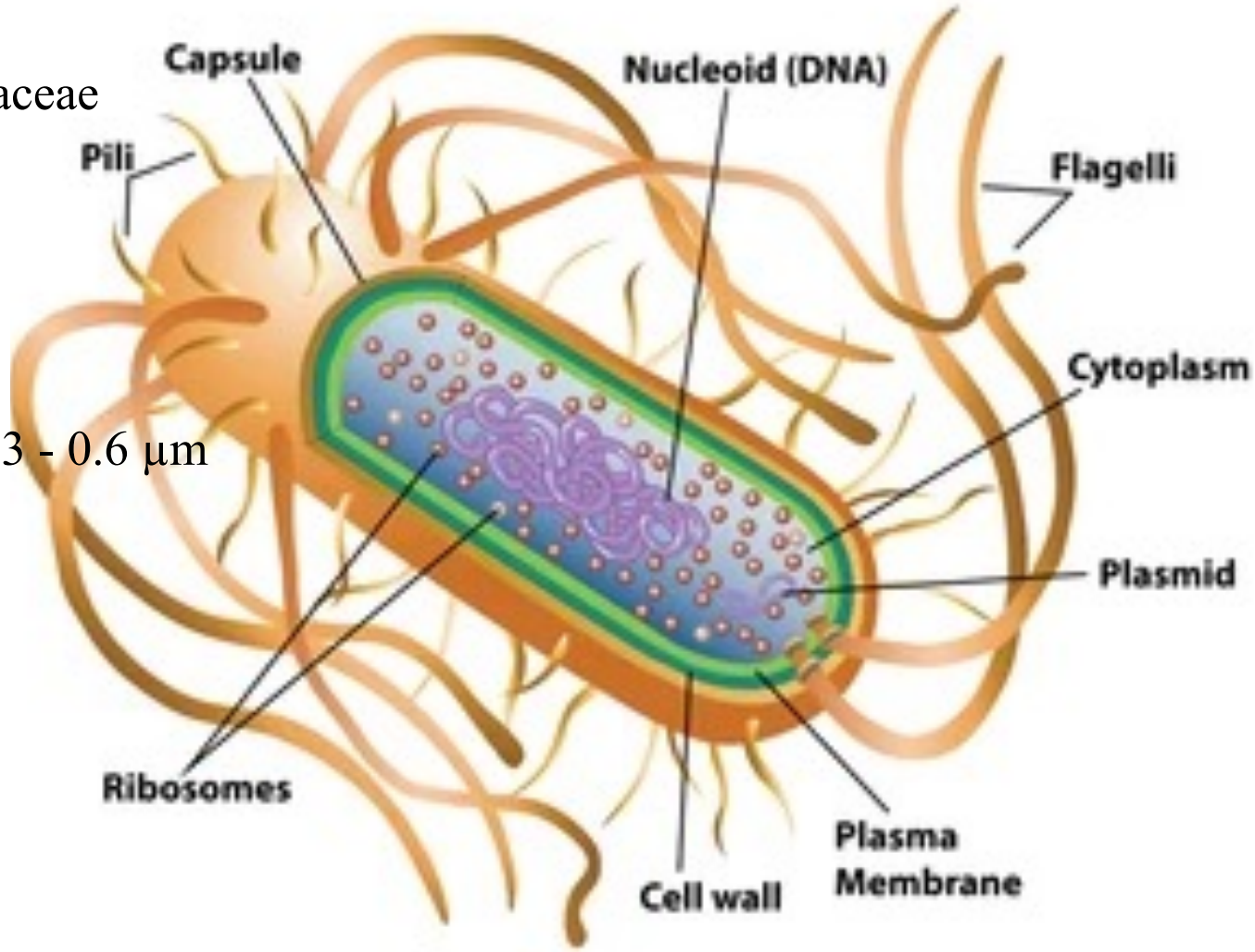
Se desconoce si las **bacterias patógenas** de **humanos** tienen la capacidad de **translocar** a los haces vasculares y moverse a las diferentes **estructuras** de la **planta**.



Fuente: Guo *et al*., 2001; ICMSF, 2005; Barreto *et al*., 2016.

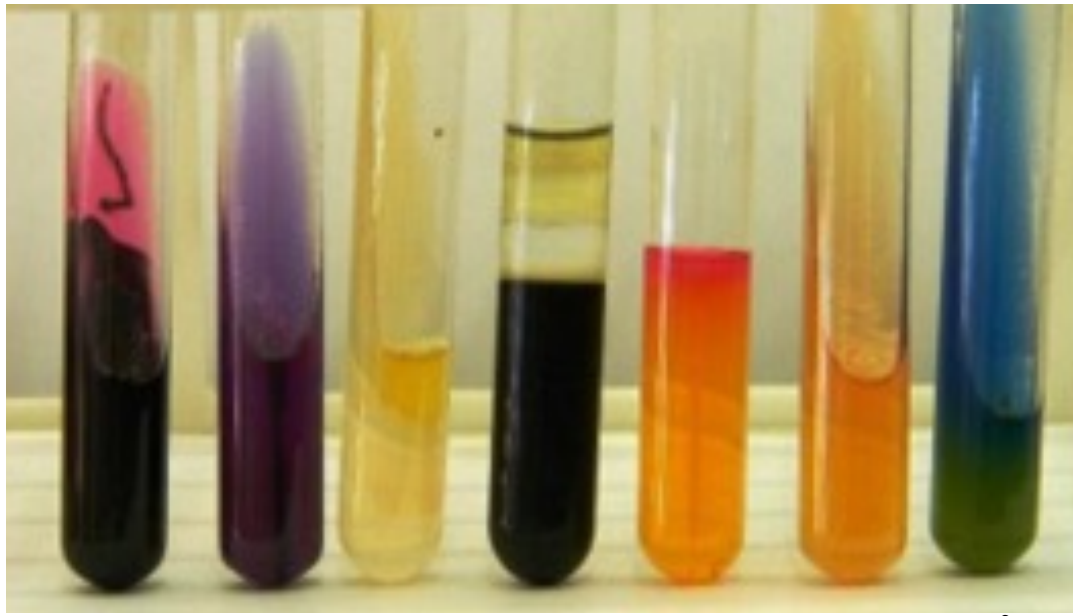
Salmonella sp.

- ✓ Familia Enterobacteriaceae
- ✓ Bacilos Gram –
- ✓ Tamaño: 1 - 6 µm x 0.3 - 0.6 µm
- ✓ Flagelos perítricos
- ✓ Anaerobio facultativo
- ✓ Crecen a 37 °C



Identificación de *Salmonella* sp.

- Catalasa positivos.
- Oxidasas negativos.
- Crece en citrato como única fuente de carbono.
- Generalmente descarboxilan lisina y ornitina.
- No hidroliza la urea.
- Produce ácido sulfhídrico y gas a partir de la fermentación de la glucosa en el agar hierro tres azúcares.
- En agar hierro lisina, producen reacción alcalina por descarboxilación de lisina.
- Generan cadaverina.



TSI=Agar Hierro Tres Azúcares
LIA=Agar Lisina Hierro
FA=Agar Fenilalanina
SIM=Medio Sulfuro-Indol-movilidad
TJ=Agar Tartrato de Jordan
U=Agar Urea
C=Agar Citrato de Simmons

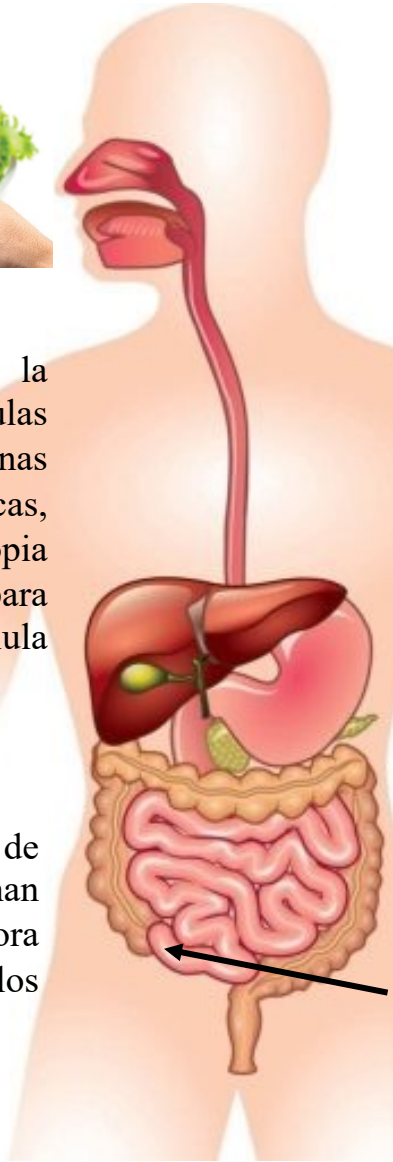
Fuente: Andrews *et al*., 2021

Patogénesis de *Salmonella enterica*

Vía oral

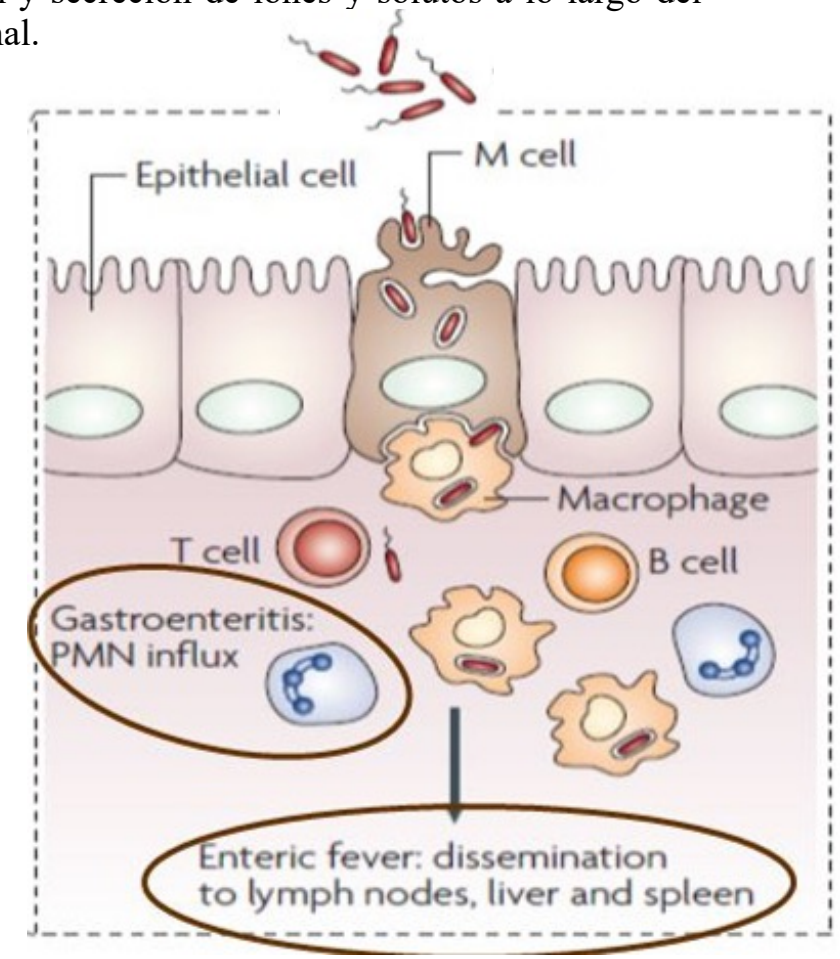
I. Durante la invasión de células huésped humanas no fagocíticas, induce su propia fagocitosis para ingresar a la célula hospedera.

II. Los bacilos de *S. enterica* forman parte de la flora intestinal de los humanos.



III. Los bacilos se adhieren a las paredes altas del intestino delgado, se reproducen, afectan el peristaltismo intestinal y causan destrucción de microvellosidades intestinales.

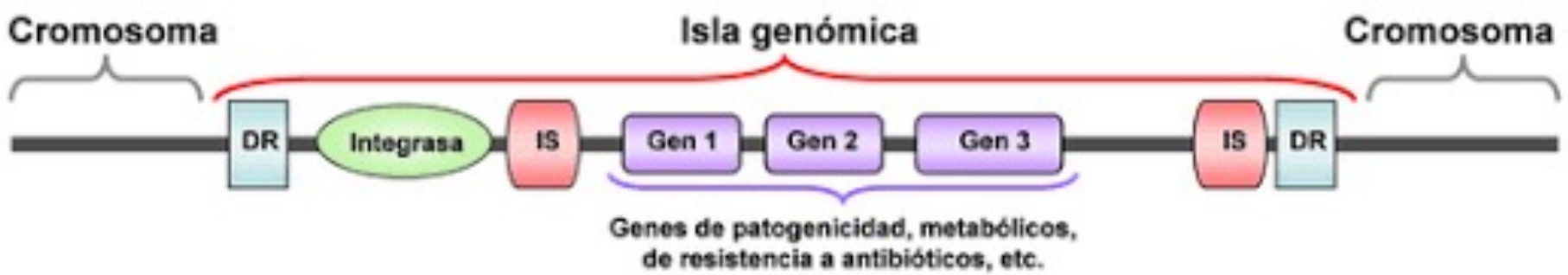
IV. Producen enterotoxina responsable de la alteración de la mucosa intestinal y produce secreción masiva de líquidos en el intestino, acompañado de diarrea secundaria, disminución en la absorción y secreción de iones y solutos a lo largo del epitelio intestinal.



Fuente: Betancor *et al*., 2006; Vidal *et al*., 2007; Shu-Kee *et al*., 2015; Anderson *et al*., 2016; Barreto *et al*., 2016; Soto *et al.,* 2016.

Islas de patogenicidad

Género *Salmonella* → Constituido por bacterias intracelulares facultativas → Contienen genes de especificidad con capacidad virulenta → 2 600 serotipos virulentos → Los **fragmentos específicos** son islas genómicas o Islas de Patogenicidad de *Salmonella* (**SPI**) cuando codifican funciones de virulencia. → más de 20 SPI



Fuente: Barreto *et al*., 2016; Soto *et al*., 2016

Islas de patogenicidad

Cinco serotipos de *Salmonella* participan en el **proceso de infección** intestinal o durante la **invasión** de los tejidos del hospedero.

Cuadro 1. Islas de patogenicidad de *Salmonella* sp.

Isla de Patogenicidad	Segmento de ADN	Función
SPI-1	35-40	Translocación de moléculas en el citoplasma.
SPI-2	40	Supervivencia intracelular.
SPI-3	17	Supervivencia intracelular. en el macrófago.
SPI-4	27	Secreción de toxinas, adaptación a macrófagos.
SPI-5	7,5	Reacción inflamatoria intestinal.

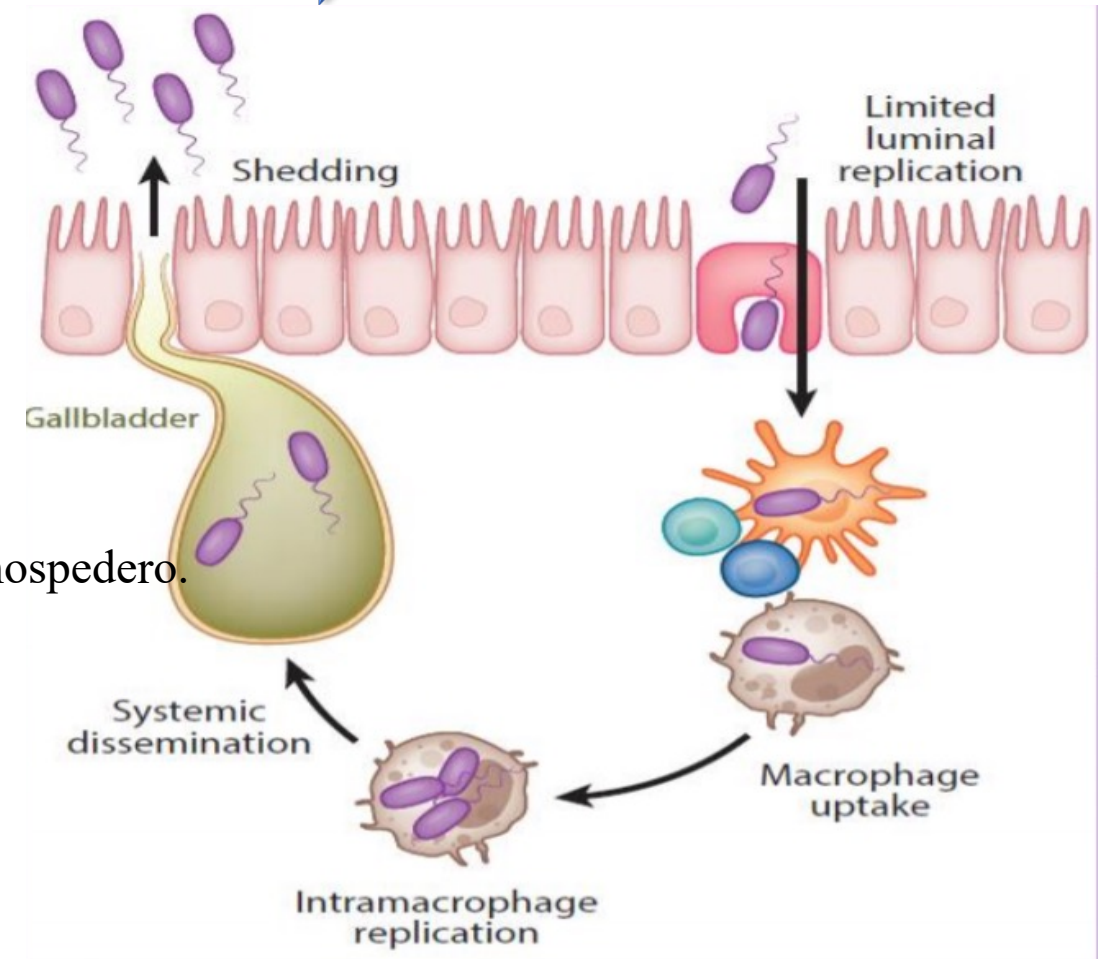
Fuente: Que *et al*., 2013; Dougan and Baker , 2014; Madigan *et al*., 2015; Barreto *et al*., 2016.

Islas **SPI-1** y **SPI-2**

- Especificas durante la infección
- Invaden células epiteliales y supervivencia de bacilos de *Salmonella* en el interior de los macrófagos.
- Codifican Sistemas de Secreción Tipo 3 (SSTT). → SSTT secretan proteínas efectoras, auxilian al patógeno a invadir

SPI-1

- Invasión de células no fagocíticas.
- Replicación intracelular.
- Actúan con la respuesta inmune del hospedero.
- Formación de biopelículas.

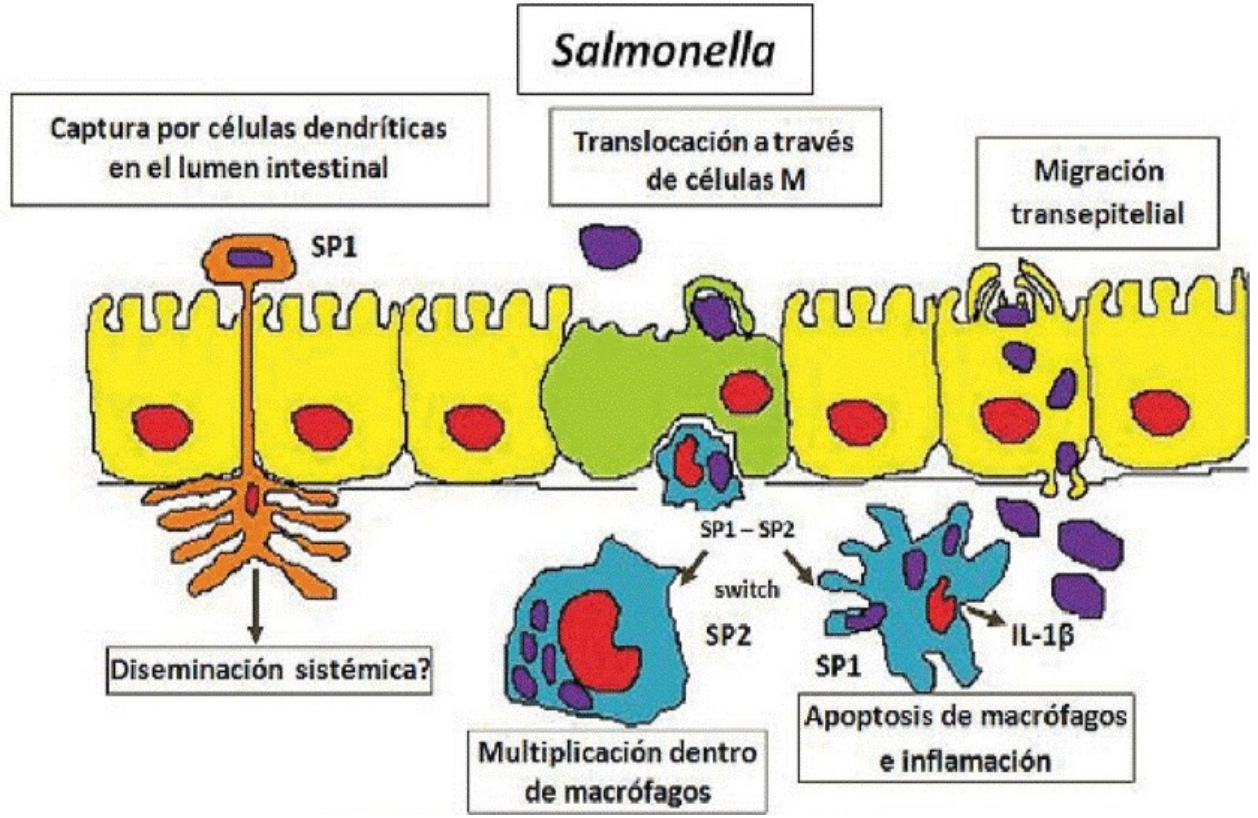


Fuente: Que *et al*., 2013; Dougan and Baker , 2014; Madigan *et al*., 2015; Barreto *et al*., 2016.

SPI-2

- Codifican 32 genes.
- Los SSTT y proteínas efectoras regulan la replicación y supervivencia del patógeno en el interior de células epiteliales y fagocíticas.
- Induce a la bacteria a generar infección sistémica en el hospedero y muerte de la célula a través de los mecanismos de virulencia.
- Secreción de Enterotoxina (**AB**) ➡ diarrea.
  Citotoxina (**TC**) ➡ fiebre.

Durante el proceso de infección, la bacteria inyecta la **AB** y **TC**, cruza la membrana citoplasmática y la membrana externa gram negativa.

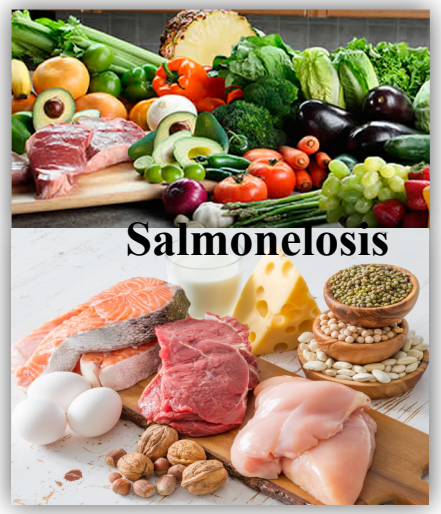


Tomado y modificado de Cossart *et al*., 2004.

Fuente: Madigan *et al*., 2015; Que *et al*., 2013.

Comportamiento epidemiológico y distribución espacial por región

Gastroenteritis y fiebre tifoidea tienen efecto epidemiológico de distribución mundial en países desarrollados y subdesarrollados.



Anualmente 153 millones de brotes epidemiológicos causados por *Salmonella*

- 91.28% por alimentos.
- 8.72% causa desconocida.
- 57,000 casos terminan en muertes por *Salmonella no* tifoidea (NTS).

La severidad causada por *Salmonella* involucra diversos factores

- Serotipo
- Niños menores de cinco años.
- Tercera edad.
- Pacientes con inmunosupresión.

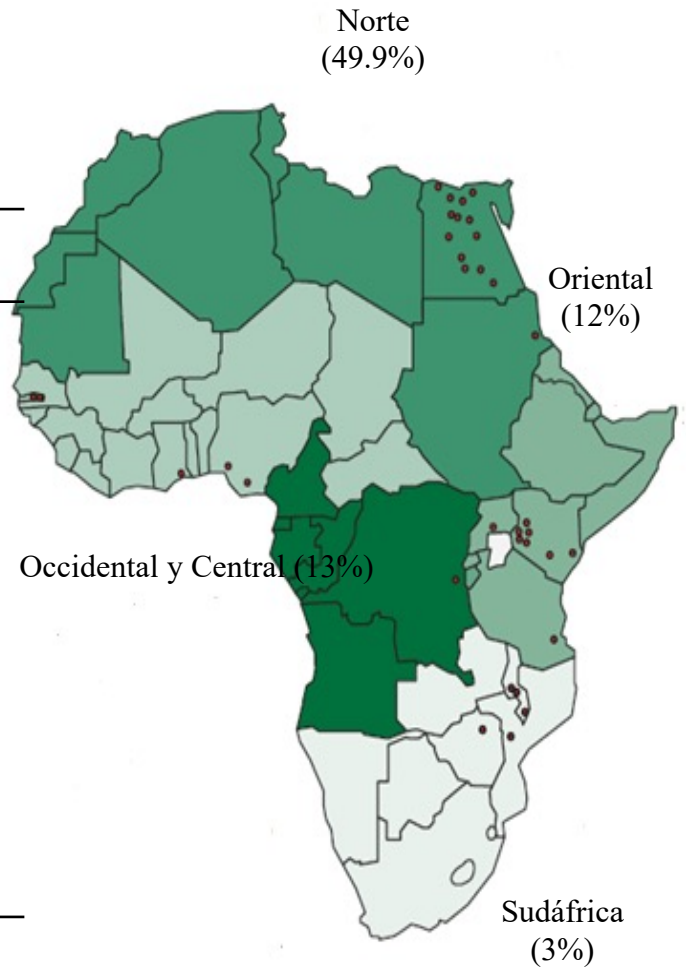
Fuente: Majowicz *et al*., 2010; Nair *et al*., 2015; Healy y Bruce, 2018; Andrews *et al*., 2021

Distribución de *Salmonella* sp. en el Continente Africano de 1984 a 2006

Cuadro 2. Incidencia de *Salmonella* sp. por consumo de alimentos contaminados de origen vegetal en el Continente Africano de 1984 a 2006

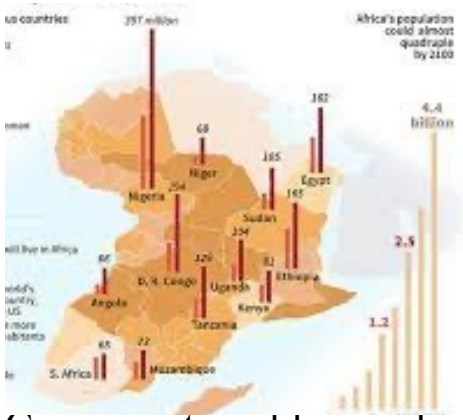
Región	Serotipo	No. de casos	Población infectada	Incidencia (%)
África del Norte	*S. enterica*	10,230	5,105	49.9 ±0.75[a]
África Oriental		21,317	2,558	12 ±0.55[c]
Sudáfrica		23,893	717	3 ±0.25[d]
África Occidental y Central		5,887	765	13 ±0.80[b]
África del Norte	*S. no* tifoidea	10,230	5,125	50.1 ±0.15[c]
África Oriental		21,317	18,759	88 ±0.50[b]
Sudáfrica		23,893	23,176	97 ±0.50[a]
África Occidental y Central		5,887	5122	87 ±0.50[b]

Los niveles no conectados por la misma letra son significativamente diferentes. Datos extraídos y analizados de Reddy *et al.,* (2010).



Fuente: Majowicz *et al*., 2010; Reddy *et al*., 2010; Al-Rifai et al., 2019

Incremento de brotes de contaminación por *S. enterica* en el Continente Africano



Crecimiento poblacional.

Productos alimenticios sin medidas de seguridad e higiene.

Disponibilidad de agua potable.

Falta de Buenas Prácticas Agrícolas

Viabilidad del comercio internacional por ofertar alimentos sanos.

Especies de *Salmonella*

- *S.* Enteritidis (29.8).
- *S.* Typhimurium (23.6%).
- *S.* Kentucky (20.3%).
- Otras salmonellas (26.3%).

Incidencia de *Salmonella* sp.

- Ensaladas y sándwiches (25%)
- Frutas y hortalizas frescas (5.8%)
- Cárnicos, lácteos, huevo y mariscos (69.2%)

Fuente: Mtove et al., 2010; FAO, 2017

Distribución de *Salmonella* sp. en el Continente Europeo de 2012 a 2016

Casos de infección en 28 países

94, 278 — 2012

87, 753 — 2013

92, 012 — 2014

94, 597 — 2015

94, 530 — 2016

European Food Safely Authority (EFSA) y European Center for Disease Prevention and Control (ECDC)

Serotipos

S. Enteritidis, *S.* Typhimurium monofásica, *S.* Typhimurium, *S.* Infantis y *S.* Derby.

Fuente: EFSA y ECDC, 2016; EFSA y ECDC, 2017

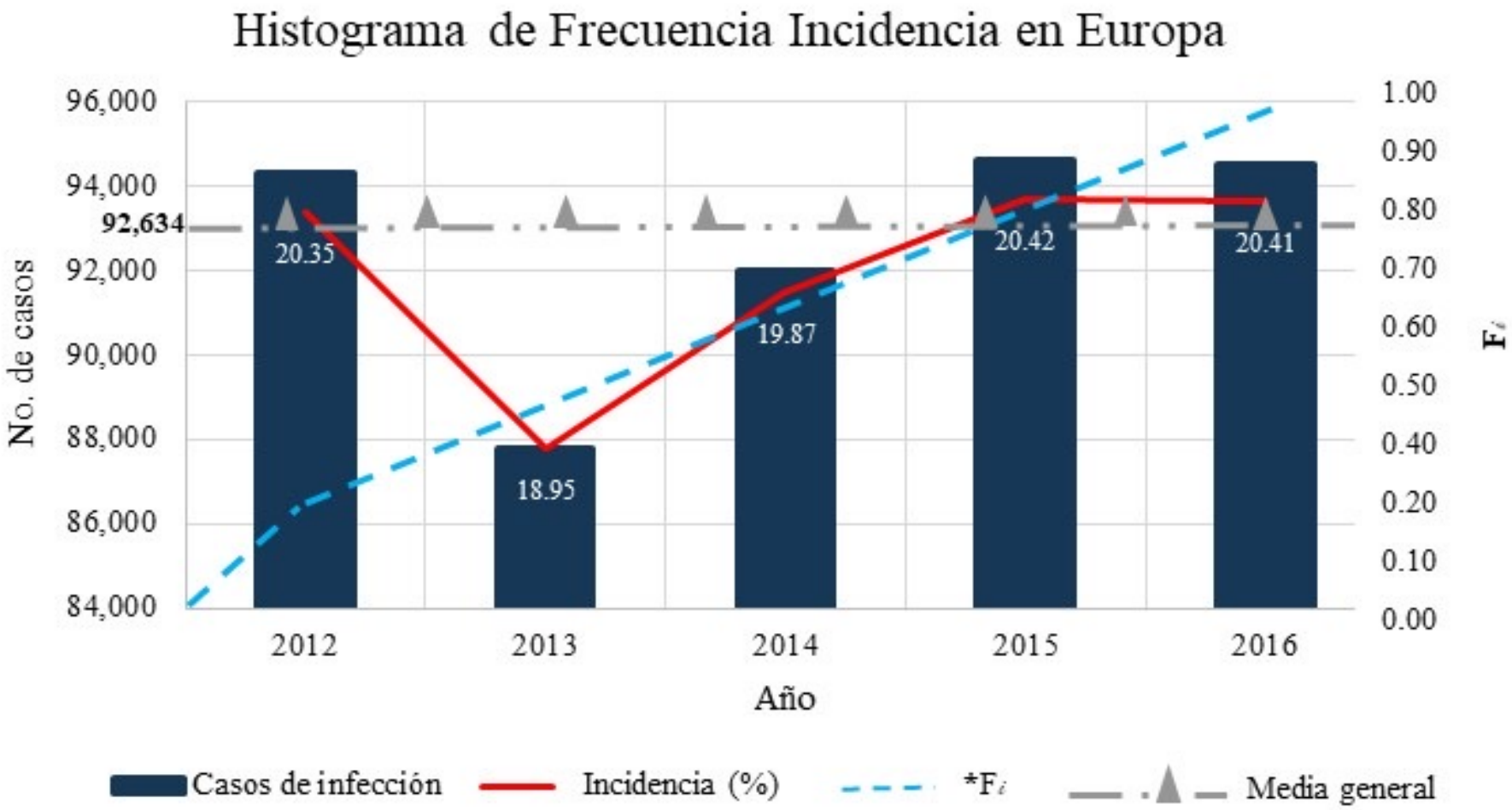


Figura 1. Histograma de Incidencia de *Salmonella* sp. en 28 países de Europa de 2012 a 2016, más la curva de *frecuencias relativas acumuladas (F*i*) obtenida de datos extraídos y analizados de EFSA-ECDC por consumo de alimentos contaminados de origen vegetal (EFSA y ECDC, 2017).

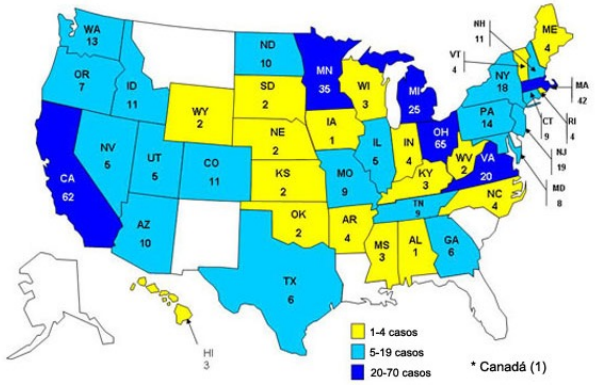
Fuente: EFSA y ECDC, 2017

Distribución de *Salmonella* sp. en América del Norte

Centro para el Control y Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos de América (**CDC**)

Al año, **1.35** millones de infecciones por consumir **alimentos contaminados**

420 casos terminan en defunción



Investigaciones sobre los brotes infecciosos causados por *Salmonella Typhimurium* 2008-2009

Personas infectadas por el brote de la cepa de *Salmonella Typhimurium*, Estados Unidos, por estado, hasta el 19 de enero del 2009

Fuente: CDC, 2021

Cuadro 3. Incidencia y distribución espacial de serotipos de *Salmonella* sp. por consumo de alimentos contaminados de origen vegetal por entidad federativa de Estados Unidos de Norte América de 2010 a abril 2021

Año	Estado	Alimento	Serotipo	Incidencia (%)
2010-2021	Massachusetts, Pensilvania, Nuevo México, Minnesota, Arizona, Washington, Texas, Illinois, Misuri, Indiana, Pensilvania, Wisconsin, Massachusetts, Nueva York, Tennessee, Virginia, Connecticut, Arkansas, California, Colorado, Distrito de Columbia, Georgia, Hawái, Iowa, Kentucky, Luisiana, Maryland, Nebraska, Nevada, Nueva Jersey, Carolina del Norte, Oregón, Carolina del Sur y Dakota del Sur Ohio, Oklahoma, Maryland, Montana, Utah y Tennessee.	• Pulpa de mamey • Germinado de Alfalfa • Papaya • Melón • Mango Daniela • Melón • Pepinos • Germinado de soja • Pepinos • Germinado de Alfalfa • Papaya Maradol • Cebolla • Melocotones • Productos de origen vegetal	*S*. Typhi *S*. I 4, [5], 12 i: *S*. Enteritidis *S*. Agona *S*. Panama *S*. Braenderup *S*. Typhimurium S. Newport *S*. Saintpaul *S*. Enteritidisona *S*. Abony *S*. Urbana *S*. Adelaide *S*. Uganda *S*. Newport *S*. Enteritidis *S*. Duisburg	0.28 ±0.01^{o} 4.31 ±0.01^{d} 1.32 ±0.01^{l} 3.27 ±0.01^{g} 0.62 ±0.01^{n} 3.91 ±0.01^{e} 8.04 ±0.01^{c} 2.59 ±0.01^{i} 3.54 ±0.01^{f} 0.22 ±0.01^{p} 2.37 ±0.01^{k} 2.50 ±0.01^{j} 34.7 ±0.01^{a} 3.11 ±0.01^{h} 0.15 ±0.01^{q}

Los niveles no conectados por la misma letra son significativamente diferentes. Datos extraídos y analizados de CDC y FDA , 2010-2021

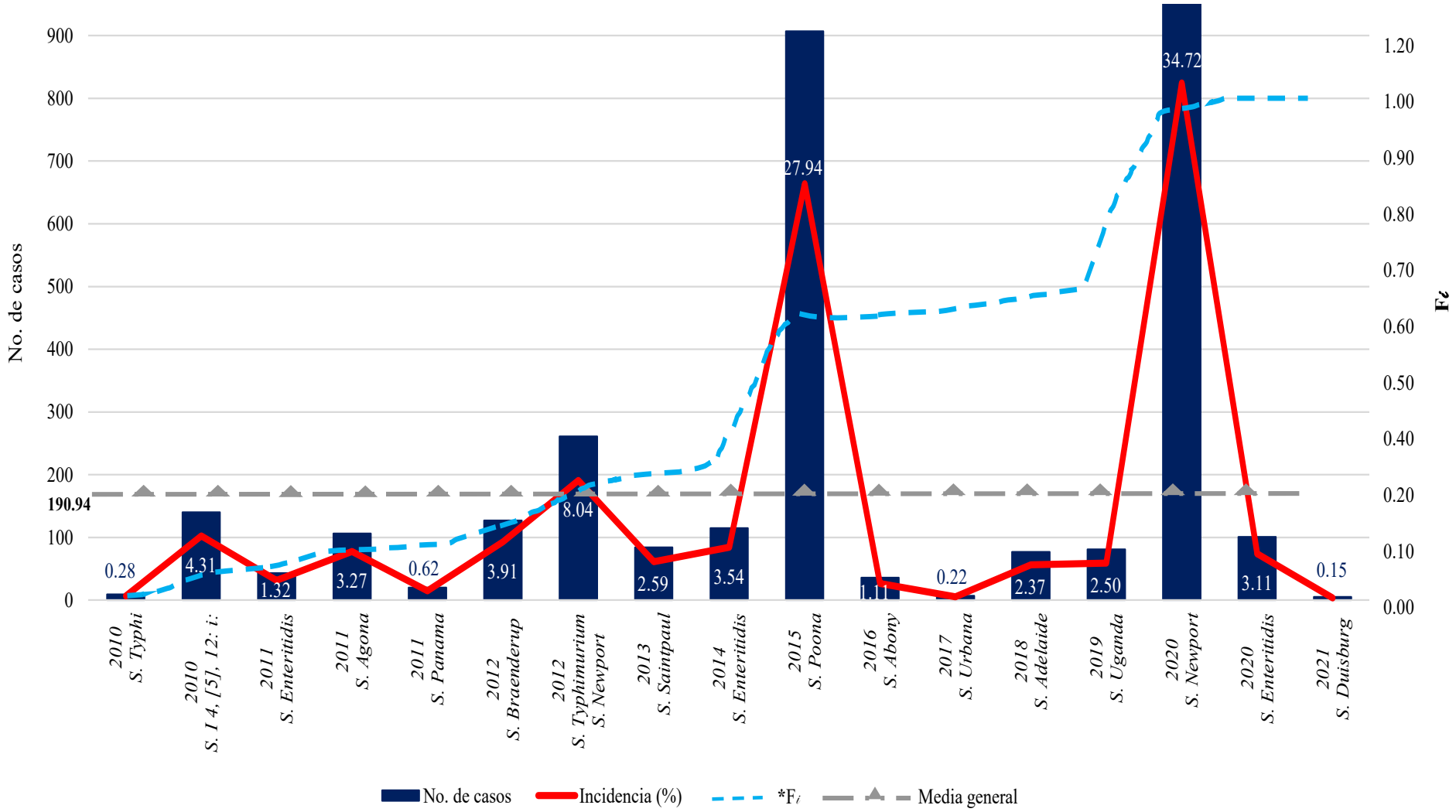


Figura 2. Histograma de Incidencia de serotipos de *Salmonella* sp. en Estados Unidos de Norte América de 2010 a abril 2021 más la curva de *frecuencias acumuladas (F*i*) obtenida de datos extraídos y analizados de CDC y FDA por consumo de alimentos contaminados de origen vegetal. (CDC y FDA, 2010-2021).

Distribución de *Salmonella* sp. en México

SINAVE
Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica

SALUD
Secretaría de Salud

DGE
Dirección General de Epidemiología

2010 - abril 2021

975, 321 infecciones

Fuente: SINAVE-DGE-SSM, 2021a y 2021b.

Cuadro 4. Comportamiento epidemiológico de *Salmonella* sp. por consumo de alimentos contaminados de origen vegetal por entidad federativa en México de 2010 a abril 2021

Entidad federativa	Año/Incidencia (%)											
	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**
Coahuila	9.22 ±0.01^{d}	7.74 ±0.01^{d}	8.43 ±0.01^{d}	8.57 ±0.01^{d}	7.86 ±0.01^{d}	4.12 ±0.01^{f}	1.67 ±0.01^{p}	6.14 ±0.01^{e}	2.34 ±0.01^{i}	3.35 ±0.01^{g}	2.20 ±0.01^{k}	1.68 ±0.01^{k}
Colima	0.26 ±0.01$^{\infty}$	0.12 ±0.01^{x}	0.11 ±0.01^{y}	0.13 ±0.01^{z}	0.19 ±0.01^{y}	0.22 ±0.01^{y}	0.18 ±0.01$^{\infty}$	0.16 ±0.01^{x}	0.19 ±0.01^{w}	0.11 ±0.01^{w}	0.20 ±0.01^{x}	0.33 ±0.01^{t}
Chiapas	**18.16 ±0.01^{a}**	**20.35 ±0.01^{a}**	**21.21 ±0.01^{a}**	**23.06 ±0.01^{a}**	**28.55 ±0.01^{a}**	**26.17 ±0.01^{a}**	**27.03 ±0.01^{a}**	**24.31 ±0.01^{a}**	**25.73 ±0.01^{a}**	**25.54 ±0.01^{a}**	**29.99 ±0.01^{a}**	**32.07 ±0.01^{a}**
Ciudad de México	0.91 ±0.01^{v}	1.43 ±0.01^{o}	0.64 ±0.01^{t}	0.91 ±0.01^{s}	0.55 ±0.01^{w}	0.55 ±0.01^{u}	0.62 ±0.01^{w}	0.44 ±0.01^{u}	0.98 ±0.01^{p}	1.00 ±0.01^{o}	0.71 ±0.01^{r}	0.85 ±0.01^{p}
Durango	**0.02 ±0.01$^{\delta}$**	**0.03 ±0.01^{y}**	**0.03 ±0.01^{z}**	**0.04 ±0.01$^{\infty}$**	**0.12 ±0.01^{z}**	**0.01 ±0.01^{z}**	**0.04 ±0.01 $^{\beta}$**	**0.02 ±0.01^{y}**	**0.03 ±0.01^{x}**	**0.01 ±0.01^{y}**	**0.03 ±0.01$^{\infty}$**	**0.05 ±0.01^{w}**
Hidalgo	**0.11 ±0.01$^{\beta}$**	**0.14 ±0.01^{x}**	**0.11 ±0.01^{y}**	**0.23 ±0.01^{y}**	**0.30 ±0.01^{x}**	**0.26 ±0.01^{x}**	**0.27 ±0.01^{y}**	**0.26 ±0.01^{vw}**	**0.32 ±0.01^{u}**	**0.34 ±0.01$^{t\|}$**	**0.19 ±0.01^{xy}**	**0.23 ±0.01^{u}**
Morelos	**0.51 ±0.01^{y}**	**0.75 ±0.01^{t}**	**0.46 ±0.01^{v}**	**0.33 ±0.01^{w}**	**0.63 ±0.01^{uv}**	**0.49 ±0.01^{v}**	**0.28 ±0.01^{y}**	**0.24 ±0.01^{w}**	**0.25 ±0.01^{v}**	**0.21 ±0.01^{u}**	**0.19 ±0.01^{xy}**	**0.01 ±0.01^{x}**
Puebla	4.43 ±0.01^{h}	4.39 ±0.01^{f}	4.05 ±0.01^{f}	4.24 ±0.01^{f}	6.57 ±0.01^{e}	7.29 ±0.01^{d}	6.55 ±0.01^{d}	6.27 ±0.01^{d}	6.17 ±0.01^{d}	5.46 ±0.01^{d}	5.45 ±0.01^{d}	5.78 ±0.01^{d}
Tabasco	9.80 ±0.01^{c}	10.88 ±0.01^{c}	10.21 ±0.01^{c}	11.34 ±0.01^{b}	8.60 ±0.01^{c}	10.17 ±0.01^{c}	10.53 ±0.01^{c}	9.64 ±0.01^{c}	9.89 ±0.01^{c}	9.00 ±0.01^{c}	7.22 ±0.01^{c}	6.85 ±0.01^{c}
Tlaxcala	0.77 ±0.01^{w}	0.68 ±0.01^{u}	0.84 ±0.01^{r}	0.79 ±0.01^{u}	0.62 ±0.01^{v}	0.79 ±0.01^{t}	0.71 ±0.01^{u}	0.65 ±0.01^{s}	0.82 ±0.01^{q}	0.62 ±0.01^{r}	0.40 ±0.01^{uv}	0.55 ±0.01^{r}
Veracruz	**12.01 ±0.01^{b}**	**11.03 ±0.01^{b}**	**12.35 ±0.01^{b}**	**10.24 ±0.01^{c}**	**9.80 ±0.01^{b}**	**10.73 ±0.01^{b}**	**11.62 ±0.01^{b}**	**15.07 ±0.01^{b}**	**17.55 ±0.01^{b}**	**20.34 ±0.01^{b}**	**21.04 ±0.01^{b}**	**22.73 ±0.01^{b}**

Los niveles no conectados por la misma letra son significativamente diferentes.
Datos extraídos y analizados de SINAVE-DGE-SSM (2021a y 2021b).

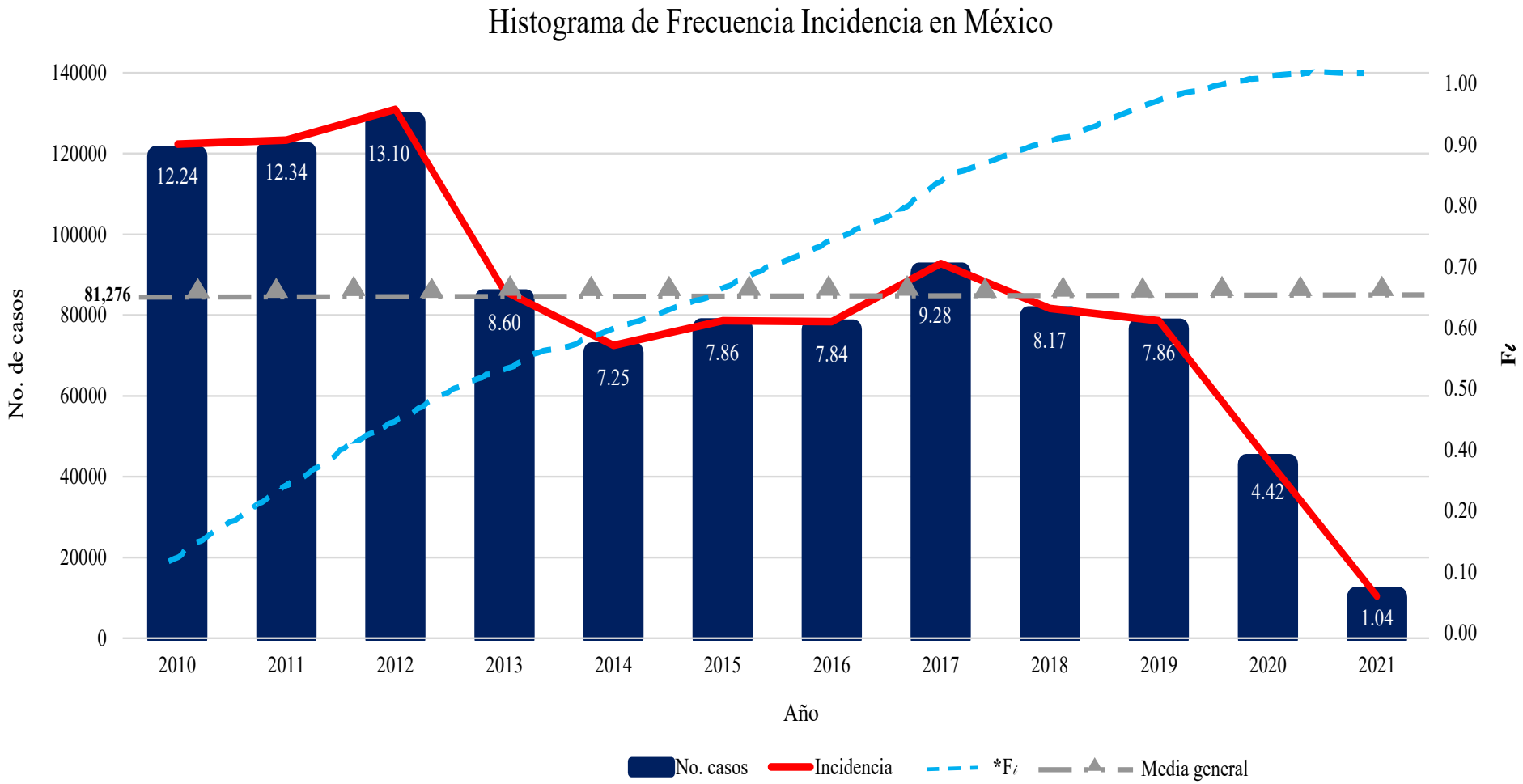


Figura 3. Histograma de Incidencia de *Salmonella* sp. en México de 2010 a abril 2021, más la curva de *frecuencias acumuladas (F*i*) obtenida de datos extraídos y analizados de SINAVE-DGE por consumo de alimentos contaminados de origen vegetal (SINAVE-DGE-SSM, 2021a y 2021b).

El comportamiento epidemiológico de *Salmonella* sp. entre regiones de África, Europa y Norte de América presentó incidencias de **4.08, 30.82 y 65.10%** respectivamente.

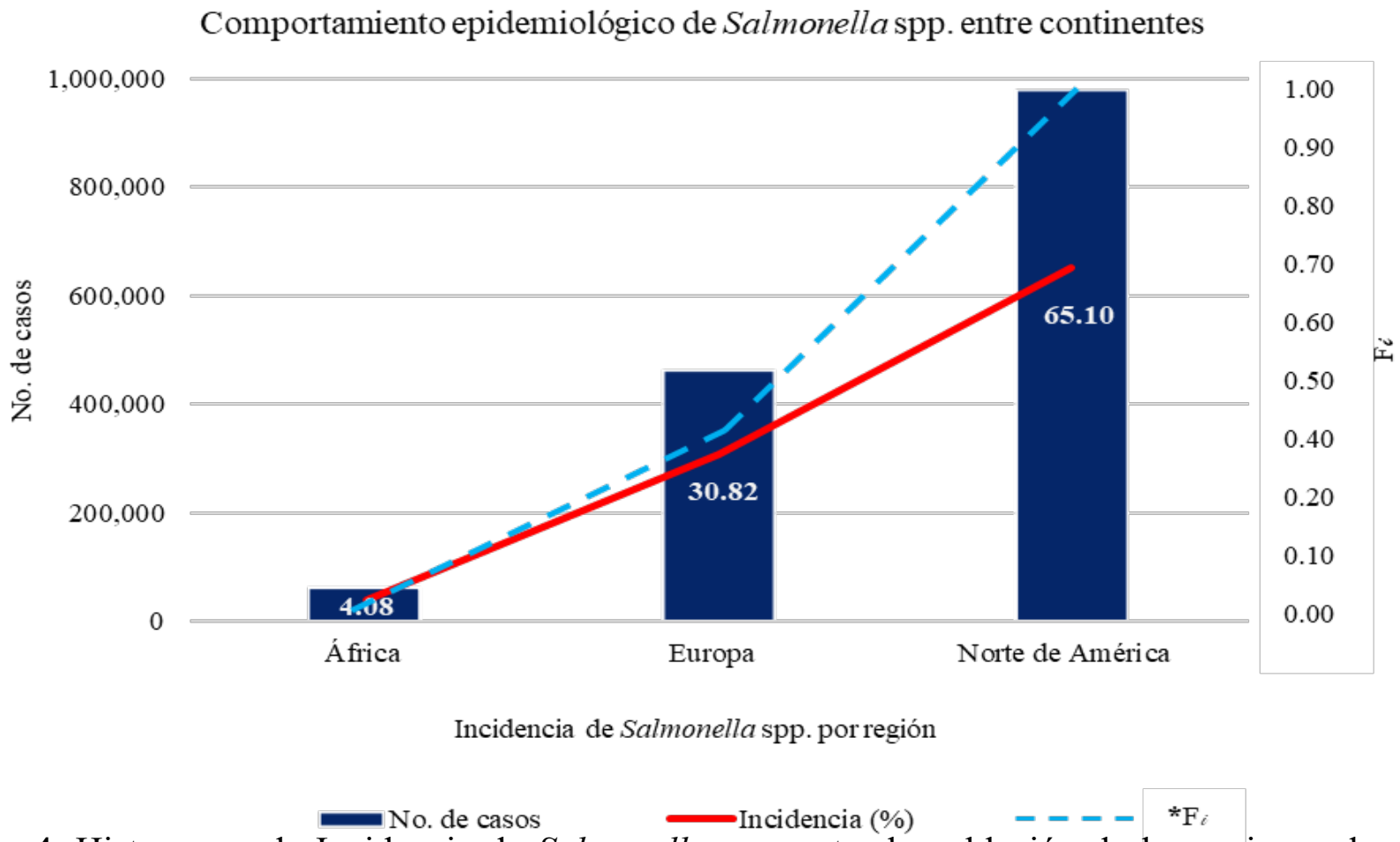


Figura 4. Histograma de Incidencia de *Salmonella* spp. entre la población de las regiones de África, Europa y Norte de América, por consumo de alimentos contaminados de origen vegetal, más la curva de *frecuencias acumuladas (F*i*) obtenida de datos extraídos y analizados de Reddy *et al*. (2010), CDC-FDA (2011c), EFSA-ECDC (2017), SINAVE-DGE-SSM (2021a y 2021b) por consumo de alimentos contaminados de origen vegetal.

El consumo de alimentos de origen vegetal contaminados con *Salmonella* sp.

Las enfermedades transmitidas por alimentos se debieron a 16 serotipos

Salmonella Infantis, *S.* Derby S. Enteritidis, *S.* I4,[5],12:i:-, *S.* Agona, *S.* Panama, *S.* Typhi, *S.* Braenderup, *S.* Typhimurium, *S.* Newport, *S.* Saintpaul, *S.* Poona, *S.* Abony, *S.* Urbana, *S.* Adelaide y *S.* Uganda.

En el Continente Africano, el comportamiento epidemiológico de *S. enterica* mostró

Prevalencia acumulada para África del Norte (49.9%), África Oriental (12%), Sudáfrica (3%) y África Occidental y Central (13%).

En Europa, el comportamiento epidemiológico de *Salmonella* sp. por año de estudio mostró

La incidencia observada entre 28 países, así como la *Fi* de brotes de *Salmonella* sp. fue mayor en el último año.

Entre las entidades federativas de USA y México, la incidencia del número de brotes epidemiológicos.

A partir de 2019 se observó disminución en la curva epidemiológica.

El comportamiento epidemiológico de *Salmonella* sp. entre regiones de **África, Europa** y **Norte de América** presentó incidencias de **4.08, 30.82 y 65.10%** respectivamente.

Literatura citada

Alam, M. 2014. Microbial Status of Irrigation Water for Vegetables as Affected by Cultural Practices. Department of Biosystems and Technology Alnarp. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences Alnarp. Sweden. Doi: https://pub.epsilon.slu.se/10986/1/alam_m_140124.pdf

Al-Rifai, R. H.; Chaabna, K.; Denagamage, T. and Alali, W. Q. 2019. Prevalence of enteric non-typhoidal *Salmonella* in humans in the Middle East and North Africa: A systematic review and meta-analysis. Zoonoses Public Health. 66(7):701-728. Doi: https://doi.org/10.1111/zph.12631

Anderson, M.; Sansonetti, P. J. and Marteyn, B. S. 2016. Shigella Diversity and Changing Landscape: Insights for the Twenty-first Century. Front. Cell. Infect. Microbiol. 6(45):1-9. Doi: https://doi.org/10.3389/fcimb.2016.00045

Andrews, W. H.; Wang, H.; Jacobson, A.; Ge, B.; Zhang, G. and Hammack, T. 2021. Chapter 5: Salmonella. *In*: Bacteriological Analytical Manual. U.S. Food & Drug Administration. USA. https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-5-salmonella

Ashkenazi, S. and Pickering, L. K. 1989. Pathogenesis and diagnosis of bacterial diarrhea. Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis. 8:203-206. Doi: https://doi.org/10.1007/BF01965261

Baker, S. and Dougan, G. 2007. The genome of *Salmonella enterica* serovar Typhi. Clin. Infect. Dis. 45(1):S29-S33. Doi: https://doi.org/10.1086/518143

Barreto, M.; Castillo-Ruiz, M. y Retamal, P. 2016. *Salmonella enterica*: una revisión de la trilogía agente, hospedero y ambiente, y su trascendencia en Chile. Rev. Chil. Infectol. 33(5):547-557. Doi: http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182016000500010

Betancor, L.; Gadea, M. y Flores, K. 2006. Genética bacteriana, *In*: Temas de Bacteriología y Virología Médica, 2ª ed. (Ed.) Universidad de la República, Uruguay: Instituto de higiene, Departamento de Bacteriología y Virología. Uruguay. 59-80 pp. Doi: http://www.higiene.edu.uy/cefa/cefaed2006.htm

CDC-FDA. 2020a. Center for Disease Control and Prevention - Food and Drug Administration. *Salmonella*. Outbreak of *Salmonella* Newport Infections Linked to Onions. U.S.A. https://www.cdc.gov/salmonella/newport-07-20/index.html

CDC-FDA. 2020b. Center for Disease Control and Prevention - Food and Drug Administration. *Salmonella*. Outbreak of *Salmonella* Enteritidis Infections Linked to Peaches. U.S.A. https://www.cdc.gov/salmonella/enteritidis-08-20/index.html

CDC-FDA. 2021. Center for Disease Control and Prevention - Food and Drug Administration. *Salmonella*. *Salmonella* Outbreak Linked to Jule's Cashew Brie. U.S.A. https://www.cdc.gov/salmonella/duisburg-04-21/index.html

Cossart P, Sansonetti PJ. 2004. Bacterial invasion: the paradigms of enteroinvasive pathogens. Science. 304(5668):242-248.

Dougan, G and Baker, S. 2014. *Salmonella enterica* Serovar Typhi and the Pathogenesis of Typhoid Fever. Annu. Rev. Microbiol. 68:317-336. Doi: https://doi.org/10.1146/annurev-micro-091313-103739

European Food Safety Authority-European Center for Disease Prevention and Control (EFSA-ECDC). 2016. The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2015. Journal EFSA. 14(12):4634. Doi: https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2016.4634

European Food Safety Authority-European Center for Disease Prevention and Control (EFSA-ECDC). 2017. The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2016. EFSA Journal. 15(12):5077. Doi: https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.5077

FAO. 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The future of food and agriculture. Trends and challenges. http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf

Guo, X.; Chen, J.; Brackett, E. R. and Beuchat, R. L. 2001. Survival of Salmonellae on and in Tomato Plants from the Time of Inoculation at Flowering and Early Stages of Fruit Development through Fruit Ripening. Appl. Environ. Microbiol. 67(10):4760-4764. Doi: https://doi.org/10.1128/AEM.67.10.4760-4764.2001

Healy, J. M. and Bruce, B. B. 2018. Salmonellosis Nontyphoidal. *In* Travel-Related Infectious Diseases. (Ed.) National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases (NCEZID), Center for Disease Control and Prevention (CDC), U.S.A. 78 p. Doi: https://wwwnc.cdc.gov/travel/yellowbook/2020/travel-related-infectious-diseases/salmonellosis-nontyphoidal

Hernández, C.; Aguilera, M. y Castro, G. 2011. Situación de las enfermedades gastrointestinales en México. Enf. Inf. Microbiol. 31(4):137-151. Doi: https://www.medigraphic.com/pdfs/micro/ei-2011/ei114f.pdf

International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). 2005. Microorganisms in Food. Microbial Ecology of Food Commodities. 2 ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers New York. USA. 777 pp. https://www.springer.com/gp/book/9780306486753

Jaquette, C. B.; Beuchat, L. R. and Mahon, B. E. 1996. Efficacy of chlorine and heat treatment in killing Salmonella Stanley inoculated onto alfalfa seeds and growth and survival of the pathogen during sprouting storage. Appl. Environ. Microbiol. 62(7):2212-2215. Doi: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC168001/

Jung, Y.; Jang, H. and Matthews, K. R. 2014. Effect of the food production chain from farm practices to vegetable processing on outbreak incidence. Microb. Biotechnol. 7(6):517-527. Doi: https://doi.org/10.1111/1751-7915.12178

Madigan, T. M.; Martinko, J. M.; Bender, K. S. Buckley, D. H. y Stahl, D. A. 2015. Brock. Biología de los microorganismos. 14 ed. Pearson Educación, S.A. Madrid, España. 1131 pp. https://www.academia.edu/39077515/Biolog%C3%ADa_de_los_microorganismos_BROCK

Mtove G, Amos B, VonSeidlein L, Hendriksen I, Mwambuli A, Kimera J. 2010. Invasive salmonellosis among children admitted to a rural Tanzanian Hospital and a comparison with previous studies. PLOS ONE. 5(2):e9244. Doi: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009244

Nair, A.; Balasaravanan, T.; Malik, S. V. S.; Mohan, V.; Kumar, M.; Vergis, J. and Rawool, D. B. 2015. Isolation and identification of *Salmonella* from diarrhoeagenic infants and young animals, sewage waste and fresh vegetables. Vet. World. 8(5):669-673. Doi: http://www.veterinaryworld.org/Vol.8/May-2015/20.pdf

OMS. 2014. Organización Mundial de la Salud. Agua, saneamiento e higiene: Enfermedades y riesgos asociados a las deficiencias en los servicios de agua y saneamiento. https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases-risks/es/

Parra, M.; Durango, J. y Máttar, S. 2002. Microbiología, patogénesis, epidemiología, clínica y diagnóstico de las infecciones producidas por *Salmonella*. Rev. MVZ Córdoba. 7(2):187-200. Doi: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69370201

Que, F.; Wu, S. and Huang, R. 2013. *Salmonella* pathogenicity island 1(SPI-1) at work. Curr. Microbiol. 66(6):582-7. Doi: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23370732/

Reddy, E. A.; Shaw, A. V. and Crump, J. A. 2010. Community-acquired bloodstream infections in Africa: a systematic review and meta-analysis. Lancet. Infect. Dis. 10(6):417-432. Doi: https://doi.org/10.1016/S1473-3099(10)70072-4

Shu-Kee, E.; Pusparajah, P.; Nurul-Syakima, A. M.; Hooi-Leng, S.; Kok-Gan, C. and Learn-Han, L. 2015. *Salmonella*: A review on pathogenesis, epidemiology and antibiotic resistance. Front. Life Sci. 8(3):284-293. Doi: https://doi.org/10.1080/21553769.2015.1051243

SINAVE-DGE-SSM. 2021a. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica de la Dirección General de Epidemiología - Secretaría de Salud de México. Histórico Boletín Epidemiológico de 1985-2020. https://www.gob.mx/salud/acciones-y-programas/historico-boletin-epidemiologico

Soodb; Sahotap and Hunjanm. 2018. Contaminated irrigation water: a source of human pathogens on growing vegetables. Int. J. Cell. Sci. & Mol. Biol. 3(5):0086-0088. Doi: https://juniperpublishers.com/ijcsmb/pdf/IJCSMB.MS.ID.555624.pdf 10.19080/IJCSMB.2018.03.555624

Soto, V. Z.; Pérez, L. L. y Estrada, A. D. 2016. Bacterias causantes de enfermedades transmitidas por alimentos: una mirada en Colombia. Salud Uninorte. 32(1):105-122. Doi: https://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/salud/article/view/7333

Vidal, J. E.; Canizález, R. A.; Gutiérrez, J. J. y Navarro, G. F. 2007. Patogénesis molecular, epidemiología y diagnóstico de *Escherichia coli* enteropatógena. Salud Pública Mex. 49(5):376-386. Doi: https://scielosp.org/pdf/spm/2007.v49n5/376-386/es

Vu, B.; Chen, M.; Crawford, R. J. and Ivanova, E. P. 2009. Bacterial extracellular polysaccharides involved in biofilm formation. Molecules. 14(7):2535-2554. Doi: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6254922/ Doi: 10.3390/molecules14072535

Dr. Daniel Ruiz-Juárez

http://orcid.org/0000-0002-8867-4565

druiz@correo.xoc.uam.mx

UJED
Universidad Juárez del Estado de Durango

FACULTAD DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA

XXXIII SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMÍA

EVOLUCIÓN Y PERSPECTIVAS DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA EN MÉXICO

DRA. ALMA VELIA AYALA GARAY Y RITA SCHWENTESIUS RINDERMANN

INTRODUCCIÓN

- México es un país megadiverso
- Se caracteriza por ser una nación privilegiada geográficamente.
- Dispone de aproximadamente 20 millones de hectáreas (valles, litorales y planicies) con diferentes variedades de climas, para sembrar una gran diversidad de productos agrícolas
- Convirtiendo a la agricultura en una importante actividad productiva en México.

Fuente: Atlas Agroalimentario, 2016

HABLANDO DE AGRICULTURA ORGÁNICA

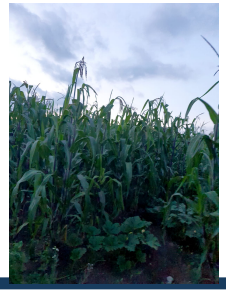
- México es el tercer país a nivel mundial en producción orgánica.
- Cuenta con 2 millones de hectáreas destinadas a la producción sin químicos y a la recolección de plantas silvestres.
- El café, aguacate, maíz, cacao, la alfalfa, ajonjolí, guayaba, mango, el limón y el plátano son los principales cultivos orgánicos en el país.

Fuente: Atlas Agroalimentario, 2020

HABLANDO DE AGRICULTURA ORGÁNICA

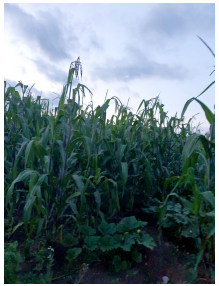
Según la Sociedad Mexicana de Producción Orgánica EXISTEN:

- Otras cien mil hectáreas en conversión hacia la producción orgánica sin utilizar agroquímicos.
- Otro medio millón de productores orgánicos en el país que no cuentan certificación, “en total, se estima que en México se practica la agricultura orgánica en 3 millones de hectáreas”.



¿QUÉ ES LA AGRICULTURA ORGÁNICA?

- Surge como una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de plaguicidas y fertilizantes sintéticos, inocuos y con alto valor nutricional.
- Se basa en la aplicación de abonos orgánicos y prácticas agrícolas que están diseñadas para restablecer y mantener un balance ecológico de la biodiversidad.



¿QUÉ ES LA AGRICULTURA ORGÁNICA?

- Ley de Productos Orgánicos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 07 de febrero de 2006
- Reglamento de la Ley de Productos Orgánicos, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 01 de abril de 2010
- Lineamientos para la Operación Orgánica de las actividades agropecuarias, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de octubre de 2013.
- Acuerdo por el que se da a conocer el distintivo nacional de los productos orgánicos y se establecen las reglas generales para su uso en el etiquetado de los productos certificados como orgánicos, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de octubre de 2013.
- Acuerdo por el que se modifican, adicionan y derogan diversas disposiciones del diverso por el que se dan a conocer los lineamientos para la operación orgánica de las actividades agropecuarias, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 08 de junio de 2020.

¿QUÉ ES LA AGRICULTURA ORGÁNICA?

- Artículo 3. Orgánico: término de rotulación que se refiere a un producto de las actividades agropecuarias obtenido de acuerdo con la Ley y las disposiciones que de ella deriven.
- Las expresiones orgánico, ecológico, biológico y las denominaciones con prefijos bio y eco, que se anoten en las etiquetas de los productos, se consideran como sinónimos y son términos equivalentes para fines de comercio nacional e internacional.

¿QUÉ ES LA AGRICULTURA ORGÁNICA?

- Artículo 30. Sólo los productos que cumplan con esta Ley podrán ser identificados con el término "orgánico" o denominaciones equivalentes en el etiquetado así como en la declaración de propiedades, incluido el material publicitario y los documentos comerciales y puntos de venta.

¿QUÉ ES LA AGRICULTURA ORGÁNICA?

Fuente: Atlas Agroalimentario, 2020

Artículo 38.- La Secretaría en coordinación con las Entidades Federativas y Municipios en el ámbito de su competencia, promoverá políticas y acciones orientadas a:

- I. Coadyuvar a la conservación de la biodiversidad y el mejoramiento de la calidad de los recursos naturales incluidos los recursos acuáticos, mediante la aplicación de sistemas bajo métodos orgánicos;

¿QUÉ ES LA AGRICULTURA ORGÁNICA?

- II. Contribuir **a la soberanía y seguridad alimentarias** mediante el impulso de la producción orgánica,
- III. Fomentar el consumo de productos orgánicos para promover actitudes de consumo socialmente responsables.

¿QUÉ ES LA AGRICULTURA ORGÁNICA?

Fuente: Atlas Agroalimentario, 2020

- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL ACUERDO por el que se modifican, adicionan y derogan diversas disposiciones del diverso por el que se dan a conocer los Lineamientos para la operación orgánica de las actividades agropecuarias, publicado el 29 de octubre de 2013, publicado en el DOF, el 08 de junio de 2020.

¿QUÉ ES LA AGRICULTURA ORGÁNICA?

- ARTÍCULO 5.- Son principios generales de la producción orgánica, los siguientes:
- I. Producir alimentos de elevada calidad nutritiva;
- II. Interactuar constructivamente con los sistemas y los ciclos naturales;
- III. Tener en cuenta el impacto social y ecológico del sistema de producción y procesamiento orgánico;
- IV. Fomentar e intensificar los ciclos biológicos dentro de la actividad agropecuaria, considerando los microorganismos, la flora y fauna del suelo, las plantas y los animales;

Fuente: Atlas Agroalimentario, 2020

¿QUÉ ES LA AGRICULTURA ORGÁNICA?

Fuente: Atlas Agroalimentario, 2020

- V. Desarrollar un ecosistema acuático valioso promoviendo la sustentabilidad;
- VI. Mantener e incrementar la fertilidad de los suelos a largo plazo;
- VII. Mantener la diversidad genética del sistema productivo y de su entorno, incluyendo la protección de los hábitats de vegetales y animales silvestres;
- VIII. Promover el uso racional y el cuidado apropiado del agua, los recursos acuáticos y la vida que sostienen;
- IX Emplear en las actividades agropecuarias, en la medida de lo posible, recursos renovables, dando mayor uso a los recursos nativos y/o locales, de vegetales o animales u otras especies;

¿QUÉ ES LA AGRICULTURA ORGÁNICA?

Fuente: Atlas Agroalimentario, 2020

- X. Crear un equilibrio entre la producción animal y vegetal;
- XI. Proporcionar al ganado o a los animales, incluida la acuacultura, condiciones de vida que tomen en consideración las funciones básicas de su comportamiento innato, ajustadas a las necesidades propias de cada especie, que respete el principio de la explotación sostenible;
- XII. Minimizar y, en lo posible, evitar todas las formas de contaminación;
- XIII. Progresar hacia una cadena de producción, procesamiento y distribución que sea socialmente justa y ecológicamente responsable;

¿QUÉ ES LA AGRICULTURA ORGÁNICA?

Fuente: Atlas Agroalimentario, 2020

- XIV. El diseñar y gestionar la operación agropecuaria conforme a los procesos biológicos basados en los sistemas ecológicos,
- XV. La Producción Orgánica estará ligada al suelo, salvo en aquellos casos en que por las características del producto o las condiciones agroecológicas esto no sea viable. Se enuncia, sin ser limitativa, la producción de epifitas, germinados de semillas orgánicas para consumo, germinados de semillas orgánicas para la extracción de la clorofila, algunos hongos o para la producción acuícola, entre otras;

¿QUÉ ES LA AGRICULTURA ORGÁNICA?

- ACUERDO por el que se modifican, adicionan y derogan diversas disposiciones del diverso por el que se dan a conocer los Lineamientos para la operación orgánica de las actividades agropecuarias, publicado el 29 de octubre de 2013, publicado en el DOF, el 08 de junio de 2020.

- ARTÍCULO 6.- Todos los productos y subproductos de origen animal y/o vegetal que se ostenten como orgánicos deberán ser **rastreables**, para lo cual, deben estar identificados y registrados; éstos registros deben ser mantenidos por al menos cinco años por los operadores.

Fuente: Atlas Agroalimentario, 2020

PADRÓN DE ORGANISMOS DE CERTIFICACIÓN APROBADOS POR SENASICA

SENASICA
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD, INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

CONTROL UNION

COMPAÑÍA DE SERVICIOS CONTROL UNION DE MÉXICO, S.A. DE C.V. (CONTROL UNION)

Certified CCOF Organic

CCOF SERVICIOS DE CERTIFICACIÓN, S. DE R.L. DE C.V.

CERTIFIED ORGANIC OCIA

ORGANIC CROP IMPROVEMENT ASSOCIATION INTERNATIONAL, A.C. (OCIA, A.C.)

OREGON TILTH

OREGON TILTH INC.

ÖKO-GARANTIE BCS

KIWA BCS OKO-GARANTIE, S. DE R.L. DE C.V.

mexicocert

MÉXICO CERTIFICADORA ORGÁNICA, A.C.

PADRÓN DE ORGANISMOS DE CERTIFICACIÓN APROBADOS POR SENASICA

SENASICA
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD, INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

NSF DE MÉXICO, S. DE R.L. DE C.V.

VERIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN PAMFA, A.C.

CERTIFICATION OF ENVIRONMENTAL STANDARDS DE MÉXICO, S.A. DE C.V. (CERES)

ECO CERT MEXICO S. DE R.L. DE C.V.

MAYACERT MÉXICO, S.C.

PRIMUS AUDITING OPERATIONS MÉXICO, S. DE R.L. DE C.V.

AGRICERT MEXICO, S.A. DE C.V.

PADRÓN DE ORGANISMOS DE CERTIFICACIÓN APROBADOS POR SENASICA

SENASICA
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD, INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

IMOcert

INSTITUTO PARA EL MERCADO ECOLÓGICO, S.A. DE C.V.

Certimex®

CERTIFICADORA MEXICANA DE PRODUCTOS Y PROCESOS ECOLÓGICOS, S.C. (CERTIMEX, S.C.)

PRODUCTO CERTIFICADO
ANCE MR
CERTIFIED PRODUCT

ASOCIACIÓN DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN, A.C.

Certificación Participativa

90's

Actualidad

LEY DE PRODUCTOS ORGÁNICOS

- Artículo 22.- Para denominar a un producto como orgánico, deberá contar con la Certificación correspondiente expedida por un Organismo de Certificación Acreditado y Aprobado.
- Artículo 23.- La certificación orgánica podrá otorgarse a un Operador individual o a un grupo de productores, para lo cual se deberá presentar un plan orgánico como lo establezcan las Disposiciones aplicables que la Secretaría emita. Artículo
- 24.- Se promoverá la certificación orgánica participativa de la producción familiar y/o de los pequeños productores organizados para tal efecto

Certificación Participativa

90's

Actualidad

REGLAMENTO DE LA LEY DE PRODUCTOS ORGÁNICOS

Artículo 14.- La certificación participativa orgánica sólo procede para la producción familiar o para pequeños productores organizados siempre y cuando vendan directamente al consumidor o usuario final dichos productos, siempre que no los produzcan, preparen o almacenen si no es en conexión con el punto de venta final y no sean de importación.

Certificación Participativa

90's

Actualidad

LINEAMIENTOS PARA LA OPERACIÓN ORGÁNICA

Artículo 226. Productores de producción familiar y/o de los pequeños productores organizados

1. Directamente involucrados en una iniciativa de producción y oferta, a través de alguno de estos mecanismos: tianguis, mercados, entregas directas a consumidores u otro que busque aplicar este sistema;

2. Estar constituida legalmente como una organización que les permita operar el sistema de certificación orgánica participativa;

Certificación Participativa

90's

Actualidad

Artículo 226. Productores de producción familiar y/o de los pequeños productores organizados

3. Conformar una estructura mínima de recursos humanos y documentación para dar garantía de sus procesos y confianza a los consumidores,

4. Disponer de un espacio para ofertar sus productos; vender y/o entregar directamente al consumidor o usuario final dichos productos; la organización tenga implementado los mecanismos necesarios para hacer llegar sus productos al mercado nacional, asegurando la integridad orgánica de los productos, siempre que los produzcan, preparen o almacenen en conexión con el punto de venta final y no sean de importación

Certificación Participativa

90's

Actualidad

Espacios de comercialización directa:

- Tianguis, origen nahua, se denomina a los mercados que se establecen en la calle una vez por semana en las comunidades
- Mercados de alimentos orgánicos, donde se ofertan productos de origen nacional

Certificación Participativa

90's

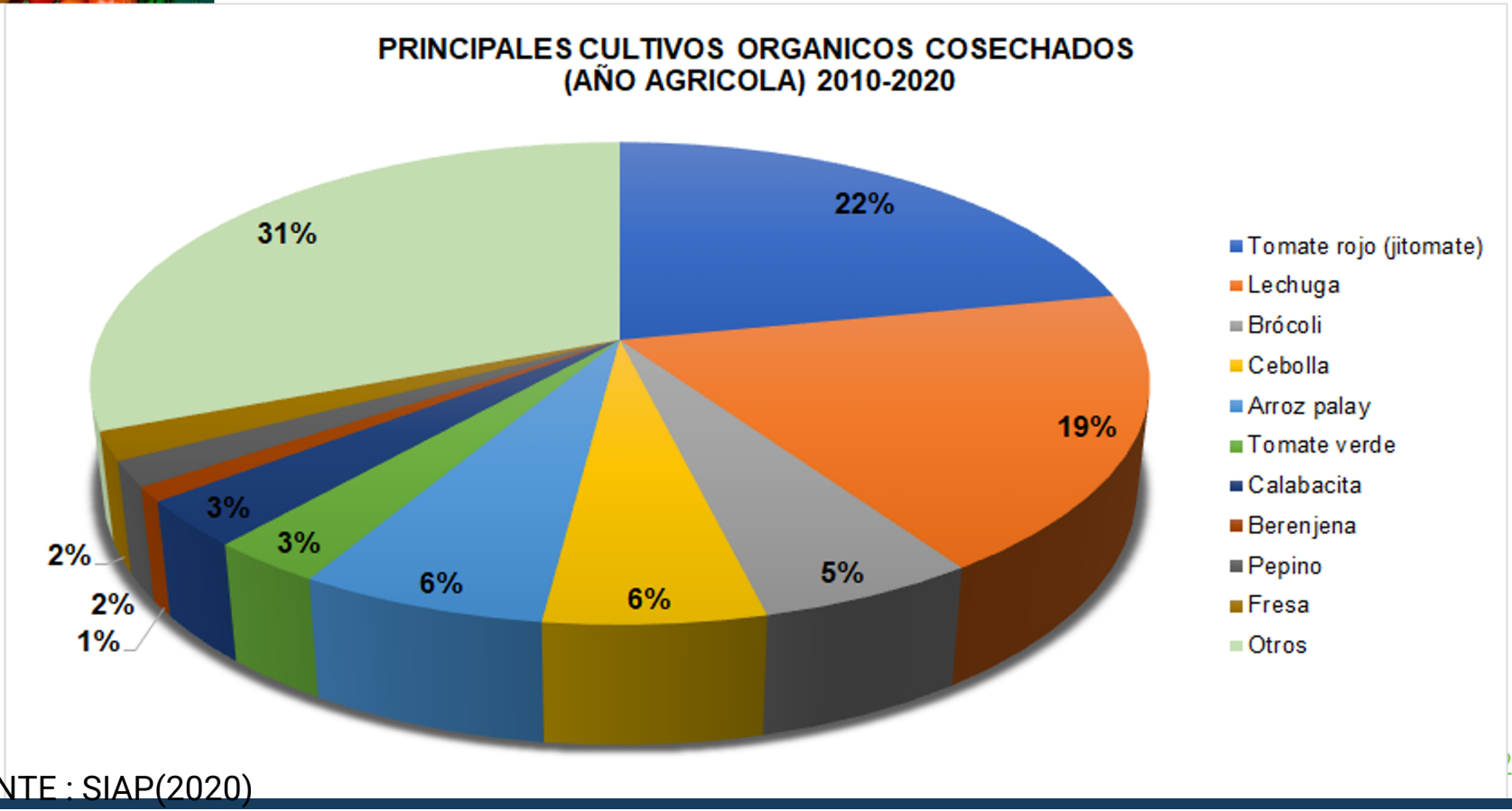
Actualidad

Tianguis orgánicos:

La Red Mexicana de Tianguis y Mercados Orgánicos realiza la Certificación Participativa.

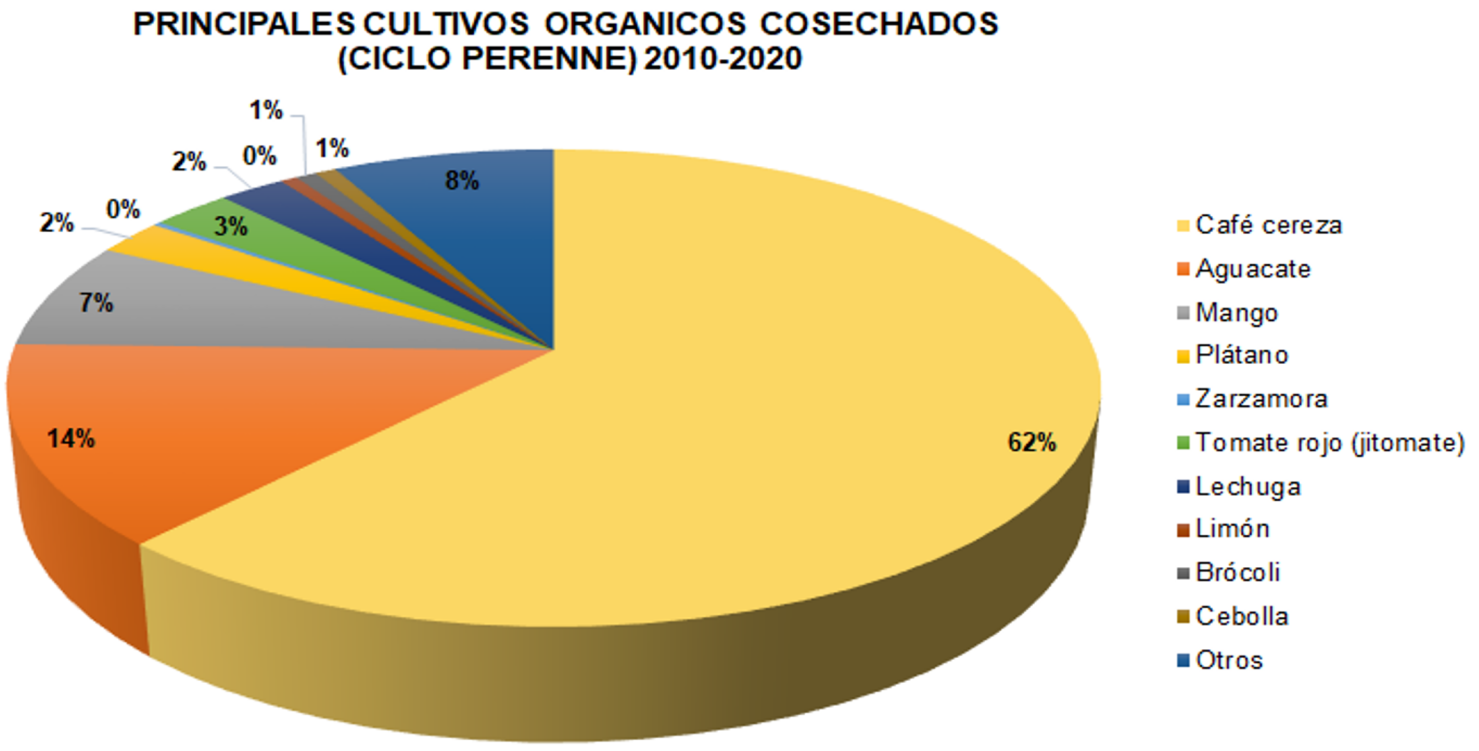
- Considera la “visita de acompañamiento”:
- Este tipo de certificación no otorga un sello que sea visible.
- La difusión de la información obtenida mediante visitas puede o no motivar la confianza de los consumidores.

TENDENCIAS DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA EN MÉXICO



FUENTE : SIAP(2020)

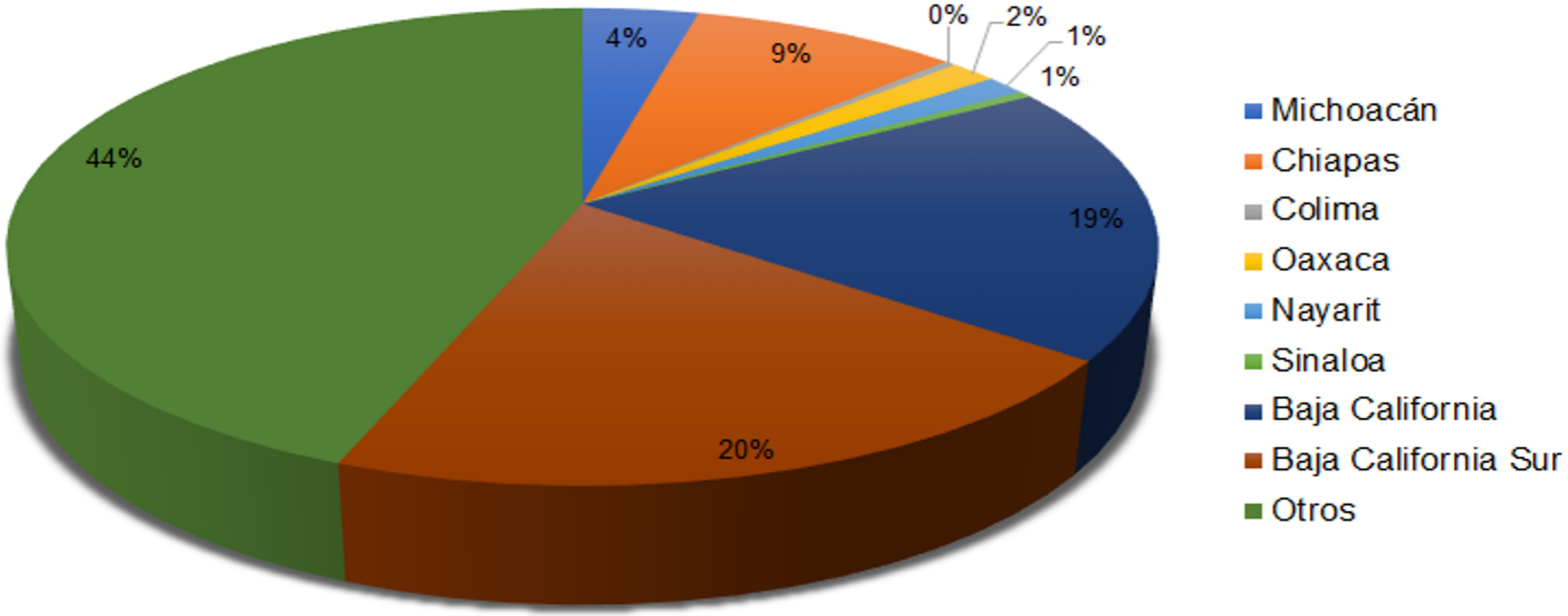
TENDENCIAS DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA EN MÉXICO



FUENTE : SIAP(2020)

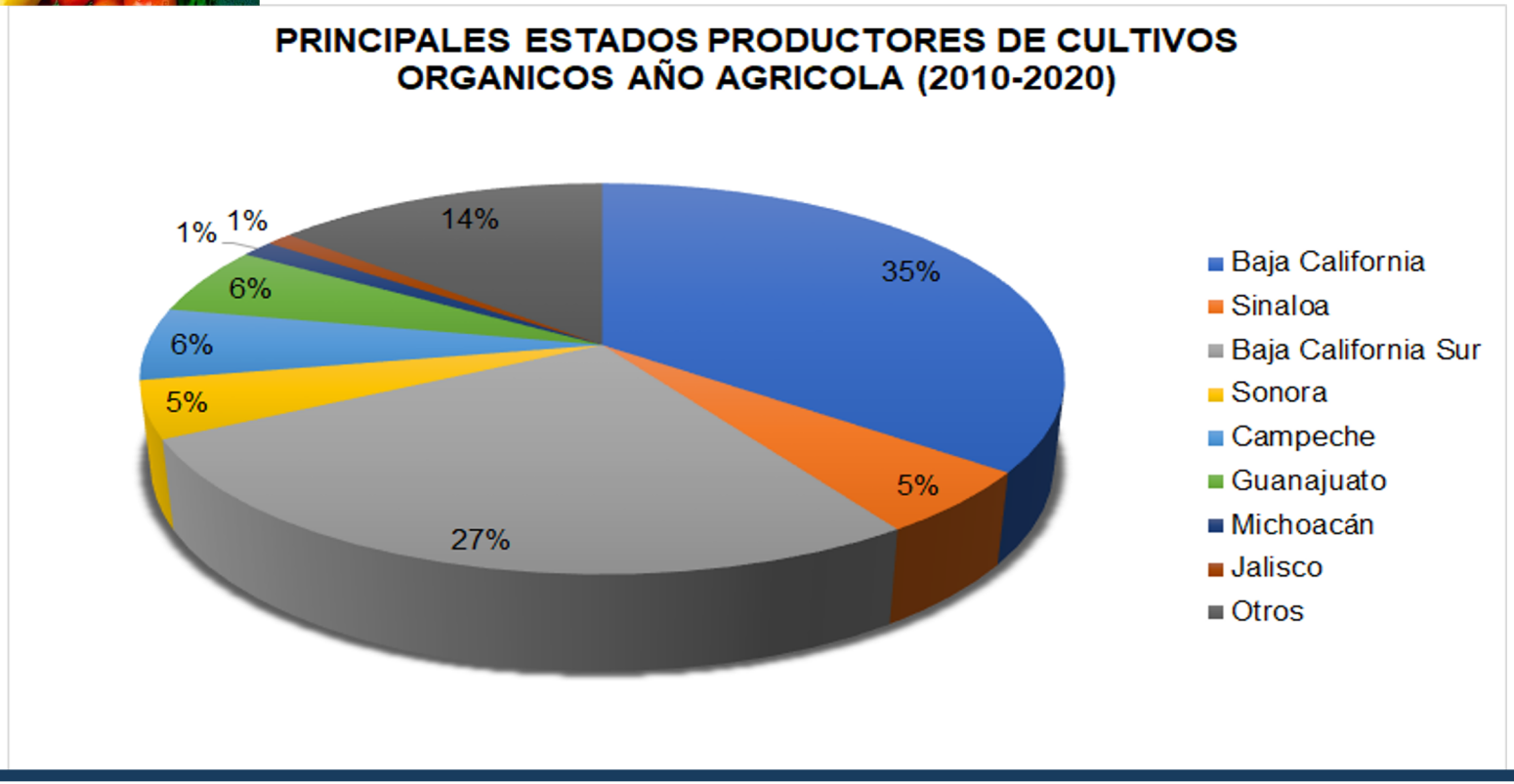
TENDENCIAS DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA EN MÉXICO

PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES DE CULTIVOS ORGANICOS CICLO PERENNE (2010-2020)



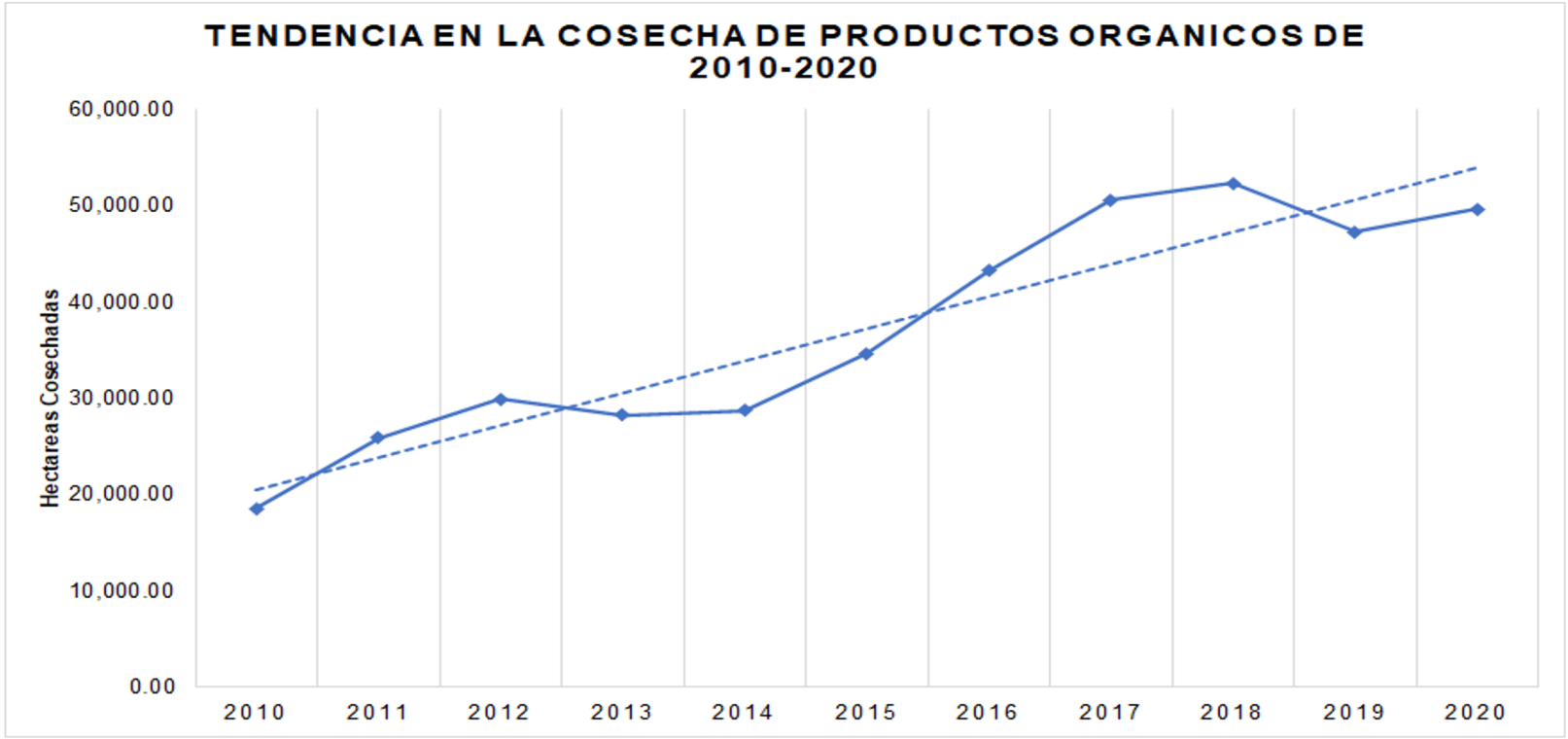
FUENTE : SIAP(2020)

TENDENCIAS DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA EN MÉXICO



FUENTE : SIAP(2020)

TENDENCIAS DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA EN MÉXICO



FUENTE : SIAP(2020)

COSTOS DE PRODUCCIÓN AGRICULTURA CONVENCIONAL VS ORGÁNICA

Agricultura convencional

Las actividades relacionadas a la nutrición foliar y del suelo son las de mayor costo, seguidas de la mano de obra y combustibles, etc. como las que generan mayor gasto.

Vazquez (2019)

Agricultura Orgánica

Las actividades de nutrición foliar y del suelo siguen siendo las de mayor gasto en comparación con la agricultura convencional, seguida de la mano de obra y las certificaciones, las cuales ocupan un papel importante dentro de los costos de producción.

Vazquez (2019)

AGRICULTURA CONVENCIONAL Y EL USO DEL GLIFOSATO

Un problema grave es el uso de insumos dañinos no solo para el medio ambiente si no para la salud de los seres humanos, como es el caso del glifosato.

En México, se ha identificado que el glifosato se usa en el cultivo de distintas especies en el sector agrícola, entre las que destaca su aplicación en el maíz con un 35% del uso total nacional, seguido de la producción citrícola con 14%, aproximadamente (CONACYT, 2020).

AGRICULTURA CONVENCIONAL Y EL USO DEL GLIFOSATO

De acuerdo a Gómez-B, L. M., et al (2018), el modelo de agricultura convencional se fundamenta en un sistema de producción dependiente de un alto uso de insumos sintéticos, donde predomina el monocultivo, que se justifica como herramienta fundamental para lograr mayor eficiencia en el proceso productivo. Sin embargo, este sistema de producción ha mostrado serios problemas de sostenibilidad y ha ocasionado el deterioro de los recursos naturales.

COSTOS DE PRODUCCIÓN AGRICULTURA CONVENCIONAL VS ORGÁNICA : AGUACATE EN MICHOACÁN

Porcentajes de costos de producción orgánica y convencional por actividades				
Actividad	Agricultura convencional		Agricultura orgánica	
	Porcentaje (%)	Pesos ($ x ha)	Porcentaje (%)	Pesos ($ x ha)
Mano de obra	18.81	30,517.33	12.25	10,408.67
Nutrición foliar y al suelo	49.03	79,543.33	56.41	47,917.87
Manejo de plagas y enfermedades	3.75	6,082.67	1.66	1,411.00
Combustibles y servicios	8.66	14,042.67	3.54	3,005.40
Renta de maquinaria	5.18	8,400.00	5.93	5,040.00
Certificaciones	3.30	5,350.00	8.92	7,579.67
Gastos generales	4.44	7,196.80	4.44	3,768.13
Costo de oportunidad	6.85	11,111.86	6.85	5,817.99
Total	100	162,244.66	100	84,948.72
Fuente: Tesis de licenciatura Vazquez (2019) con base a las entrevistas realizadas.				

Costos de producción agricultura Convencional vs Orgánica : Maíz en Tlaxcala

- El faro agroecológico “Grupo Vicente Guerrero”: La organización inicia prácticas agroecológicas en los años ochenta del siglo XX.
- Proceso de aproximación hacia el uso sostenible de sus recursos, la conservación del ambiente, una mejora en la alimentación de las personas, el fortalecimiento de la capacidad organizativa y la conservación de su cultura y sus tradiciones.

RENTABILIDAD DE MAÍZ (2021)
Convencional vs Orgánica : Maíz en Tlaxcala

Costos de producción agricultura Convencional vs Orgánica : Maíz en Tlaxcala

- El faro agroecológico “Grupo Vicente Guerrero” es una organización campesina que impulsa el desarrollo sostenible, con el propósito de consolidar alternativas para hacer frente la pobreza y al deterioro ambiental, para permitir una mejor calidad de vida, principalmente de la población rural.

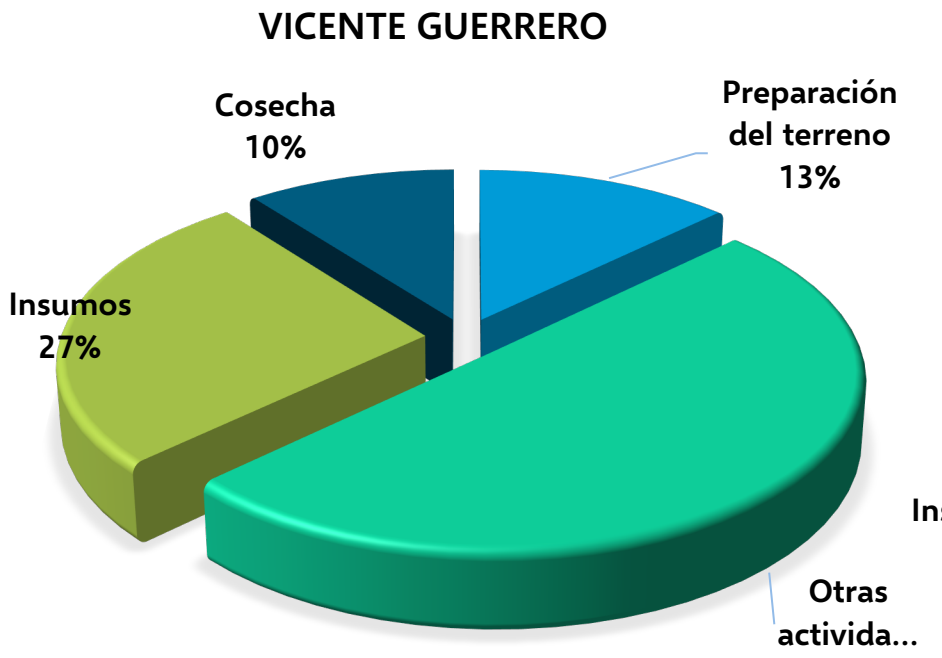
RENTABILIDAD DE MAÍZ (2021)
Convencional vs Orgánica : Maíz en Tlaxcala

Actividad	Vicente Guerrero	Ejido Huamantla Tlax
Preparación del terreno ($) (1)	$. 2,366.7	$ 4,108.00
Otras actividades ($) (A+B+C) (2)	$. 9,256.7	$ 4,404.40
Manejo de arvenses ($) (A)	$. 5,406.7	
Manejo nutricional ($) (B)	$. 2,050.0	
Manejo de plagas y enfermedades ($) (C)	$. 1,800.0	
Insumos ($) (3)	$. 4,901.7	$ 4,798.56
Cosecha ($) (4)	$. 1,930.0	$
Costo total ($/ha) (5=1+2+3+4))	$. 18,488.3	$ 13,310.96
Rendimiento (t ha^{-1}) (6)	3.5	2.30
Precio ($/t) (7)	$ 6,500.0	$ 5,610.00
Ingreso por ha ($) (8=6*7)	$. 22,750.0	$ 12,903.00
Utilidad por ha ($) (9 = 8-5))	$ 4,261.7	-$ 407.96
Costo ($/t) (10= 5/6)	$ 5,282.4	$ 5,787.37
Utilidad por t ($/t) (11=7-10)	$ 1,267.6	-$ 644.80
Relación Beneficio/Costo (12=7/10)	1.23	0.97

Costos de producción agricultura Convencional vs Orgánica : Maíz en Tlaxcala

- Los costos son diferentes en todos los rubros.
- El mayor es el de otras actividades (50%) que incluye manejo de arvenses, manejo nutricional y manejo de plagas y enfermedades,
- Adquisición de insumos (27%),
- Preparación del terreno (13%)
- Cosecha (10%).

Costos de producción agricultura Convencional vs Orgánica : Maíz en Tlaxcala



Costos de producción agricultura Convencional vs Orgánica : Maíz en Tlaxcala

- El manejo de la milpa requiere mayor cantidad de mano de obra para las labores de cultivo, (manejo de arvenses, manejo nutricional y plagas y enfermedades)

- La milpa es un tradicional policultivo que incluye maíz, calabaza y frijol. Se caracteriza por una sinergia entre estos cultivos que favorece su rendimiento en conjunto (Roland et al., 2017) .

Costos de producción agricultura Convencional vs Orgánica : Maíz en Tlaxcala

- La mano de obra en el manejo convencional es sustituida por el uso de herbicidas y otros agroquímicos.
- Debido a la acelerada migración campo-ciudad, se ha reducido drásticamente la fuerza de trabajo disponible en el medio rural, conflicto al que se enfrentan las comunidades de este tipo

Costos de producción agricultura Convencional vs Orgánica : Maíz en Tlaxcala

- Dentro del manejo nutricional del maíz se encuentra el uso de composta, bocashi, harina de rocas, abonos verdes y uso de productos minerales.

- Además se obtiene la producción de frijol y calabaza que se hace en conjunto con el maíz. Además, se pueden encontrar arvenses comestibles.

- Las experiencias en el manejo de la milpa resultan exitosas, pues se obtiene una producción libre de agroquímicos y se potencia la producción de otros cultivos como el frijol y la calabaza,

- Las tecnologías agroecológicas, son mejores para las familias, el medio ambiente y favorecen la soberanía alimentaria.

Costos de producción agricultura Convencional vs Orgánica : Maíz en Tlaxcala

De acuerdo a Roland et al. (2017) la milpa es un tradicional policultivo Mesoamericano que incluye maíz, calabaza y frijol. Se caracteriza por una sinergia entre estos tres cultivos que favorece su rendimiento en conjunto y genera resiliencia ante perturbaciones externas.

COMENTARIOS FINALES

Comentarios Finales

La agricultura orgánica es una alternativa que grantiza la soberanía alimentaria en México:

- Es una producción sostenible
- Genera empleos
- Arraigamiento de las familias a sus comunidades (evita la migración)
- Permite la conservación de usos y costumbres
- Fomenta el comercio justo
- Implica mayores costos pero los beneficios son mayores: PRODUCTOR y CONSUMIDOR
- Existe la certificación participativa
- Desarrollo de mercados locales

Comentarios Finales

- En el faro agroecológico “Vicente Guerrero, Tlaxcala”, la producción de maíz resulta una actividad rentable y está dentro de un esquema que favorece la soberanía alimentaria, en comparación a la producción de maíz nativo en Huamantla, Tlaxcala, donde el productor tiene una relación beneficio costo menor a uno.

- La producción de maíz en Vicente Guerrero, bajo el sistema milpa, es una alternativa viable para los productores agrícolas.

Comentarios Finales

- El establecimiento de faros. agroecológicos garantiza un manejo que contribuye en la disminución de los riesgos y daños a la salud de la población,

- Generación de empleos, se requiere de mayor cantidad de mano de obra por el manejo del cultivo y de la adquisición o preparación de insumos para su manejo.

- La producción de maíz, bajo el sistema milpa, es una alternativa viable para los pequeños productores agrícolas.

- Existe un segmento de la población que está dispuesto a consumirlo

BIBLIOGRAFÍA

Gómez Betancur, Lina María, Márquez Girón, Sara María, & Restrepo Betancur, Luis Fernando. (2018). La milpa como alternativa de conversión agroecológica de sistemas agrícolas convencionales de frijol (Phaseolus vulgaris), en el municipio El Carmen de Viboral, Colombia. Idesia (Arica), 36(1), Pp. 123-131. Disponible en: https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018000100123

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). (2020). Expediente científico sobre el glifosato y los cultivos GM. Disponible en: https://www.conacyt.gob.mx/index.php/comunicacion/ciencia-para-lasociedad/especiales/1289-expediente-cient-glifosato-y-cultivos-gm.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca (SIAP). (2020).

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). (2021). Padrón de Organismos de Certificación Orgánica. Disponible en: https://www.gob.mx/senasica/documentos/organismos-de-certificacion-organica

Vázquez R. E. (2019). Comparación económica y de fertilidad del suelo en huertas de aguacate orgánico y convencional, en el municipio de Ario De Rosales, Michoacán. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo.

Hacia dónde vamos: la reconversión de la agricultura de zonas áridas y desérticas

Dr. Edgar Omar Rueda Puente

erueda818@gmail.com
6413270764

CONTENIDO

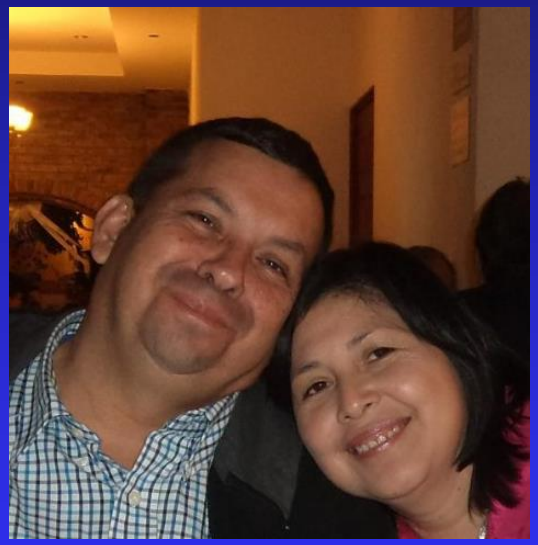
- Definición del tema
- Diagnóstico puntual de la situación agropecuaria
- La pandemia y el contexto político internacional de los principales
- países productores de cultivos básicos y su impacto en los países en desarrollo
- Análisis personal
- Que hacer para producir, proteger y prosperar
- América latina: antes y el ahora!!

“Aunque se han hecho muchos progresos en la mitigación del hambre, y la malnutrición a escala mundial, todavía estamos lejos de tener un mundo en el que toda la población esté libre de hambre”

Proyecto Mundial:

Alimentar la mente para combatir el hambre.

Proyecto sometido a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2019). In process



QEPD…….con un abrazo donde se encuentren!!!!

El grupo de investigadores deseamos resolver problemas mundiales aunado a la generación del conocimiento

Los problemas mundiales se engloban en cuatro áreas:

ARIN MIERCOLES 21 DE MAYO DE 2014

l Reino Unido ofrece 17 millones de dólares

Premiarán a quien resuelva algún "problema mundial"

Está inspirado en una recompensa lanzada por el Parlamento británico en 1714.

VANGUARDIA. ESPECIAL

Gobierno británico ofrece 10 llones de libras (17 millones de ares) a quien resuelva "el mayor blema en el mundo". Una clacación que engloba a cualquier afío, ya sea la búsqueda de un tituto para el petróleo, la proción de alimentos a bajo costo o rradicación de la malaria.

egún explicaron los medios eses, la competición se inspira l Premio Longitud lanzado por arlamento en 1714, que ofrecía 00 libras a cualquier persona resolviera el problema más concertante del siglo XVIII:

nio fue finalmente para un ntero, John Harrison, que diun reloj que mantiene la hora a local del Sol.

si 300 años después, el priministro británico, David Can, ha decidido volver a poner archa este premio y crear un té que elabore la lista de los emas principales a los que frenta el mundo y, posterior-, dar salida a la carrera para er algunos de ellos.

temas elegidos por los experra solucionar fueron: ¿Cómo nos viajar sin dañar el medio nte?;

que to

vos so

preve

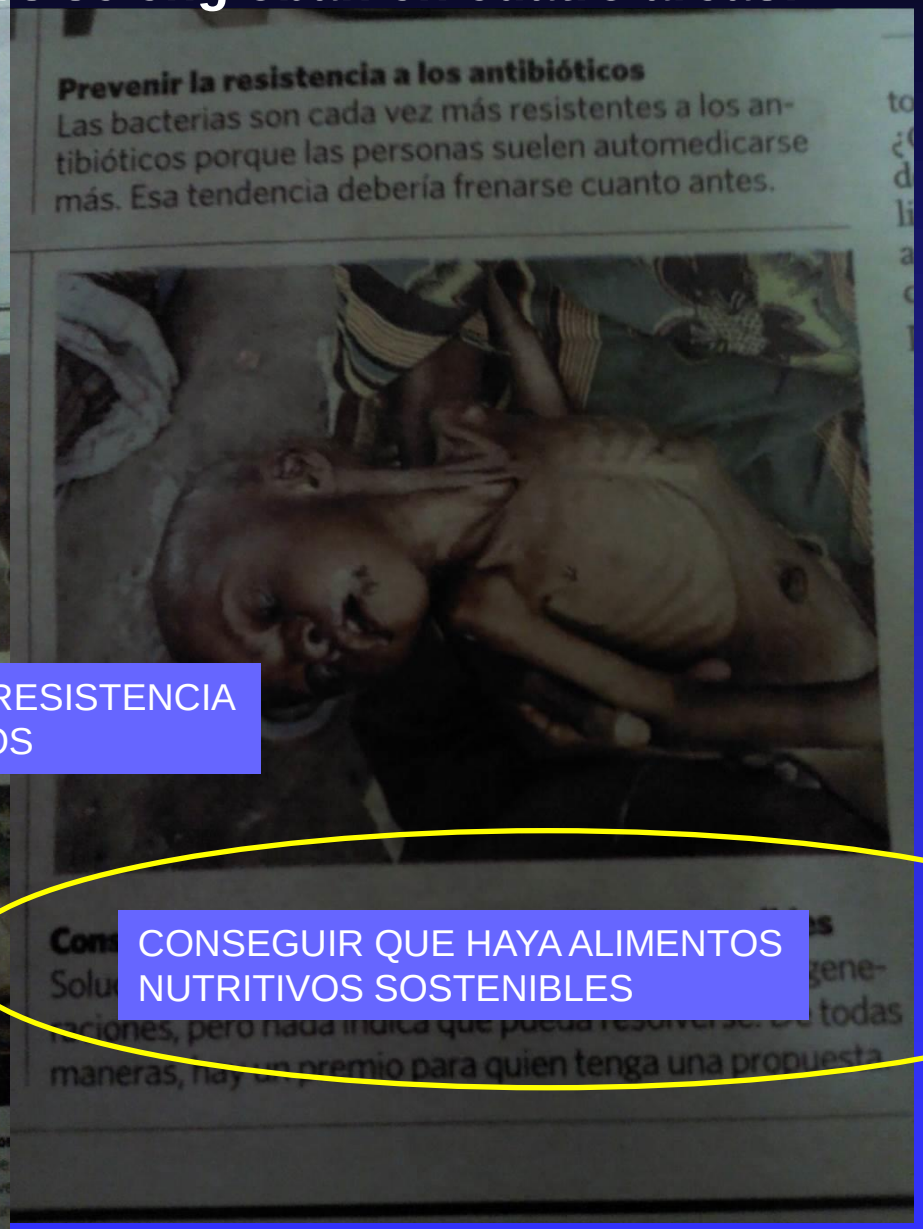
ia a los antibióticos?

nos recuperar el movimien-

Los desafíos más urgentes

Conseguir que haya alimentos nutritivos so

Solucionar el hambre mundial es el sueño de raciones, pero nada indica que pueda resolve maneras, hay un premio para quien tenga u


Prevenir la resistencia a los antibióticos

Las bacterias son cada vez más resistentes a los antibióticos porque las personas suelen automedicarse más. Esa tendencia debería frenarse cuanto antes.

Cons

Solu

gene-

raciones, pero nada indica que pueda resolverse. De todas maneras, hay un premio para quien tenga una propuesta

VIAJAR PERO SIN DAÑAR EL MEDIO AMBIENTE

PREVENIR LA RESISTENCIA A ANTIBIOTICOS

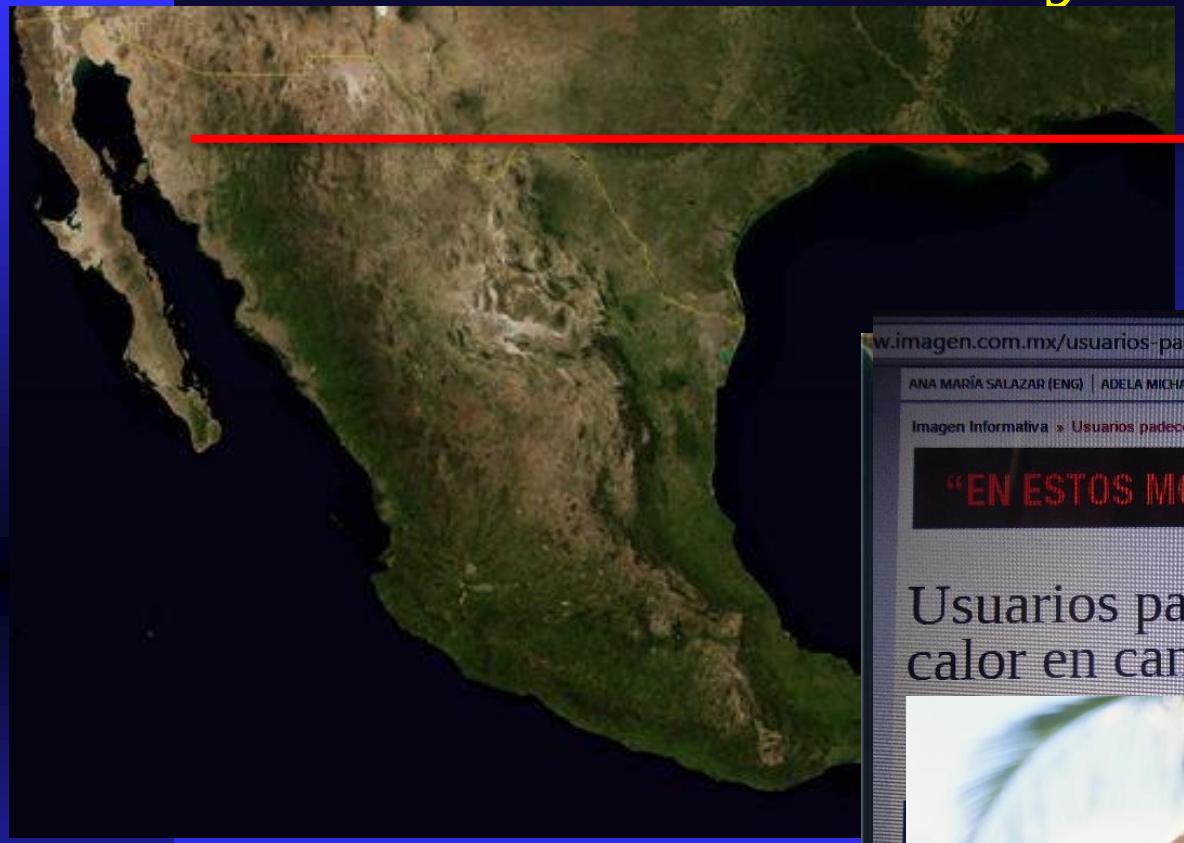
CONSEGUIR QUE HAYA ALIMENTOS NUTRITIVOS SOSTENIBLES

ASEGURAR EL ACCESO A AGUA SEGURA Y LIMPIA

LA BIOPROSPECCIÓN:

Una alternativa en zonas áridas desérticas en búsqueda de materiales vegetativos para identificar la halotolerancia y la posibilidad de involucrarlos en el sector productivo como cultivos con potencial agroindustrial.

Área de estudio y desarrollo



Desierto de Altar
Desierto de Arizona

3,944 km 2

MEXICO
0 km 150 300 450 km
GEOATLAS® - © 2000 Graphi-Ogre
ESTADOS UNIDOS
Golfo de México
Golfo de California
OCEANO PACIFICO
CARIBBEAN SEA
ATLANTIC OCEAN
TROPICO DE CANCER
BAJA CALIFORNIA NORTE
BAJA CALIFORNIA SUR
SONORA
CHIHUAHUA
COAHUILA
DURANGO
NUEVO LEON
TAMAULIPAS
SINALOA
ZACATECAS
AGUASCALIENTES
SAN LUIS POTOSI
NAYARIT
VERACRUZ
JALISCO
GUANAJUATO
QUERETARO
HIDALGO
MEXICO
CIUDAD DE MEXICO
TLAXCALA
COLIMA
MICHOACAN
MORELOS
PUEBLA
GUERRERO
OAXACA
TABASCO
CHIAPAS
CAMPECHE
YUCATAN
QUINTANA ROO
BELIZE
GUATEMALA
HONDURAS
EL SALVADOR
NICARAGUA
COSTA RICA
PANAMA
CUBA
LA HABANA
Mexicali
El Paso
Ciudad Juárez
Hermosillo
Chihuahua
Ciudad Obregón
Los Mochis
Guasave
Culiacán
La Paz
Mazatlán
Durango
Gomez Palacio
Torreón
Saltillo
Monterrey
Nueva Laredo
Monclova
Reynosa
Matamoros
Ciudad Victoria
Ciudad Madero
Tampico
Fresnillo
Zacatecas
San Luis Potosí
Tepic
Guadalajara
Morelia
Colima
Apatzingán
Chilpancingo
Acapulco
Oaxaca
Puebla
Orizaba
Veracruz
Córdoba
Xalapa
Martínez de la Torre
Poza Rica
Villahermosa
Tuxtla Gutiérrez
Mérida
Campeche
Cancún
Chetumal
BELMOPAN
GUATEMALA
S. SALVADOR
TEGUCIGALPA
MANAGUA
Lago de Nicaragua
SAN JOSE
Canal de Panamá
PANAMA
Pinar del Río
Matanzas
Cayman I. UK
Clipperton France
Austin
San Antonio
Houston
Baton Rouge
New Orleans
Mobile
Jackson
Fort Worth
Dallas
Tallahassee
Tampa
Miami
Charleston
THE BAHAMAS

Hacia dónde vamos: la reconversión de la agricultura de zonas áridas y desérticas

- Proceso de modernización o de transformación de un sector empresarial con el fin de mejorar su rendimiento o de adaptarlos a la demanda del mercado.

- Reconversión política!!! Es necesaria???

Superficies agrícolas en uso

Superficie Agrícola global: 4,400,000,000 ha
S. Agrícola en uso: 1,600,000,000 ha

S. Agrícola temporal: 1,300,000,000 ha
S. Agrícola riego: 300,000,000 ha

EUA: 145,253,400 ha
Asia: 238,406,000 ha

Cada año se incorpora un 12% ha

En México: S. riego (ha): 6,036,740 (anuales: 4,175,356; perennes: 1,831,384)
S. temporal (ha): 14,627,813 (anuales: 4,794,176; perennes: 9,833,626

Y en los países hermanos de Sud América…….??????????

Antes de la pandemia, la agricultura a nivel mundial ya venía transformándose.

De que manera?.....Como?

…….Se abordan temas de interés como:

i) la recuperación económica mundial, (Impactos del COVID)

ii) el cierre de la producción 2020,

iii) expectativa de producción 2021 y,

iv) los principales retos en el corto plazo para el agro Latinoamericano.

Se abordarán temas de interés como:

i) la recuperación económica mundial y de nuestro país,

EUA
CHINA
BRASIL
ARGENTINA

…….El sector agrícola

Universidad de Concepción

Comisión Nacional de Acreditación CNA-Chile

7 AÑOS UNIVERSIDAD ACREDITADA
HASTA NOVIEMBRE DE 2023
GESTIÓN INSTITUCIONAL - DOCENCIA PREGRADO
DOCENCIA POSTGRADO - INVESTIGACIÓN
VINCULACIÓN CON EL MEDIO

Semioquímica Aplicada: contribución relevante a la agricultura orgánica

Dr. Narciso Aguilera Marín

Facultad de Ciencias Forestales

http://lsqa.udec.cl/

LSqA

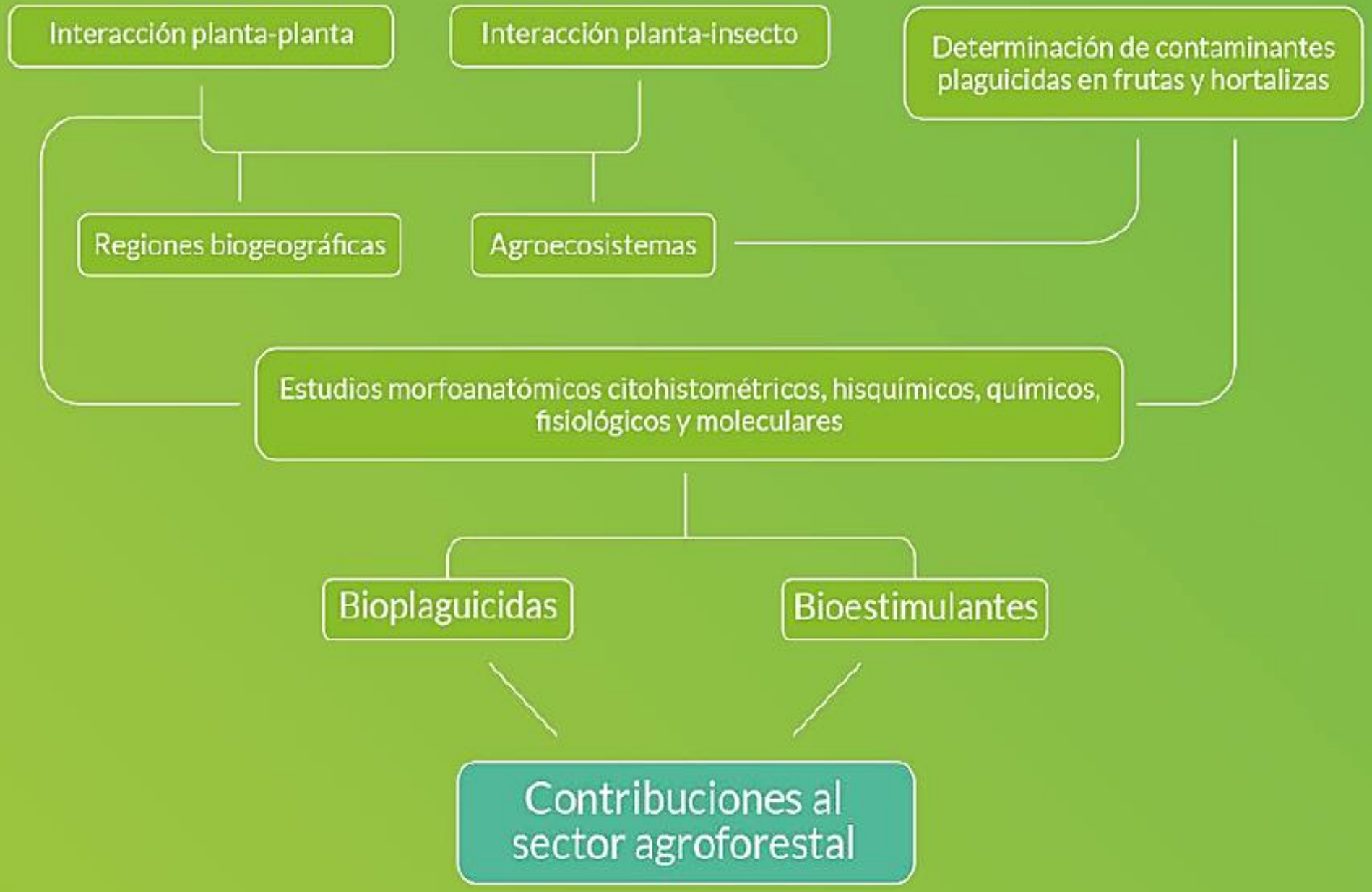
Lab. Semioquímica Aplicada

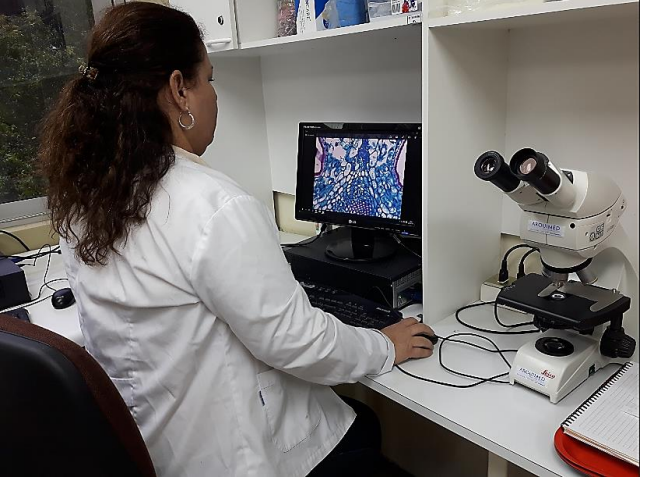
RFII

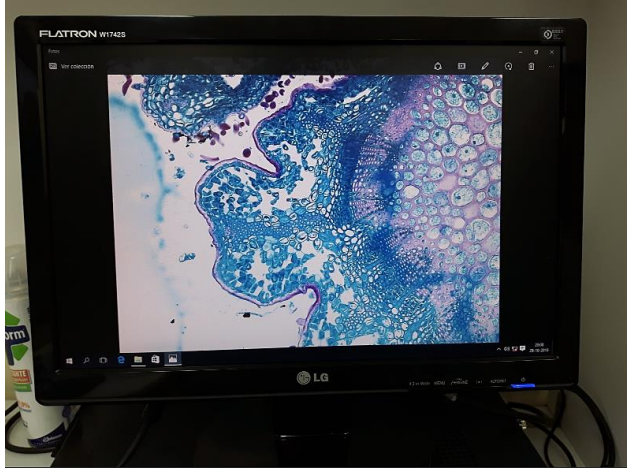
Red

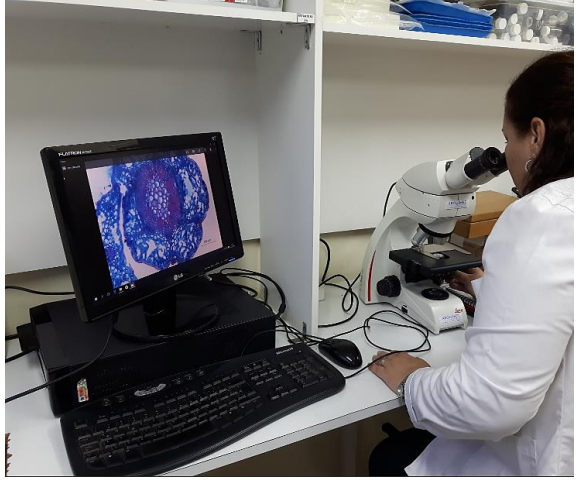
Fabáceas Invasoras en Iberoamérica

Semioquímica Aplicada



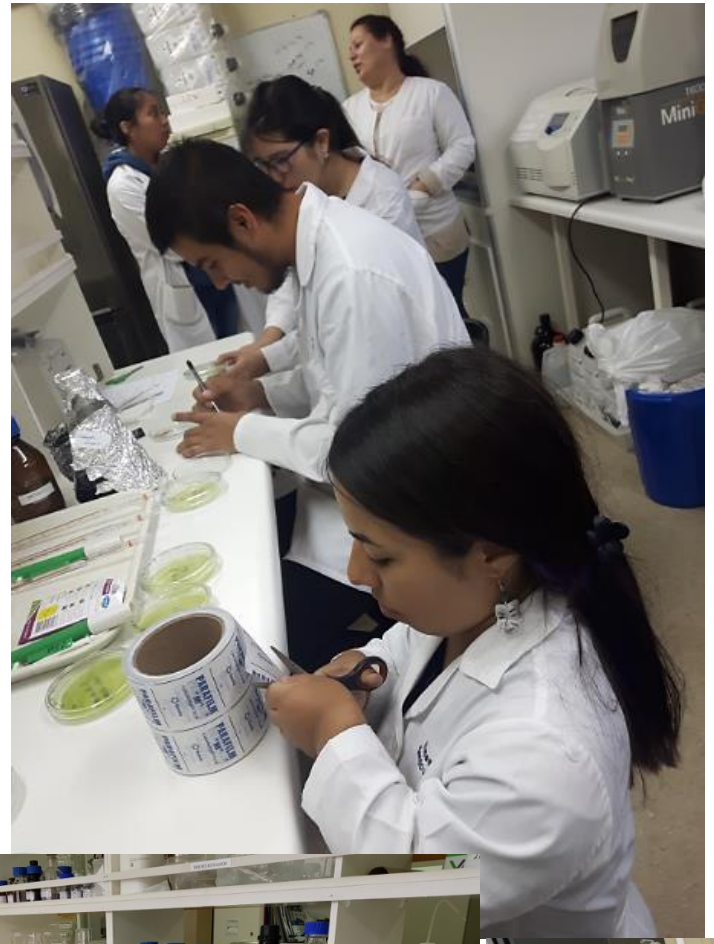






LSqA

Lab. Semioquímica Aplicada



Lab. Semioquímica Aplicada

Proyectos recientes y/o vigentes

Lab. Semioquímica Aplicada

Proyecto Fondecyt 11200360. Potential threat of the invasive *Teline monspessulana* (L.) K. Koch and *Ulex europaeus* L. on native trees of forest interest: a new semiochemical, anatomical and physiological approach. ANID. Periodo: 2020-2023.

Proyecto REDI170025. Red Fabáceas Invasoras en Iberoamérica: perspectiva alelopática e histoquímica. Adjudicado en concurso CONICYT/PCI Apoyo a la formación de Redes internacionales para Investigadores. Periodo: 2018-2020.

Proyecto UCO1795. Fortalecimiento de las capacidades y gestión analítica de la Universidad de Concepción para contribuir a la producción y comercialización de productos hortofrutícolas inocuos en las regiones del Ñuble y Biobío. Adjudicado en concurso Ministerio de Educación 2017. Periodo: 2018-2021.

Proyecto MEC80170028: Implementación y desarrollo de técnicas de anatomía, citohistología e histoquímica vegetal avanzada. Adjudicado en concurso CONICYT Atracción Capital Humano Avanzado del Extranjero. Periodo: 2018-2019.

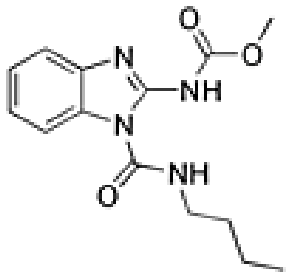
Proyecto VRID-2015.142.034-1.0IN. Obtención de extractos y metabolitos secundarios con potencial efecto bioplaguicida a partir de fabáceas invasoras en Chile. Adjudicado en concurso VRID interno. Periodo: 2015-2018.

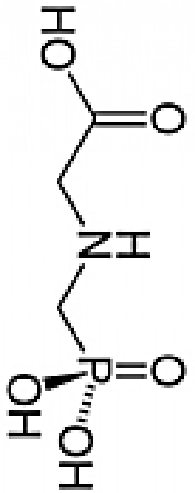
Desentrañar los problemas en el sector productivo y de servicios mediante la aplicación del método científico

Después ofrecer soluciones con aplicación de la semioquímica

"Proyecto UCO1795. Fortalecimiento de las capacidades y gestión analítica de la Universidad de Concepción para contribuir a la producción y comercialización de productos hortofruticolas inocuos en las regiones de Ñuble y del Biobío"

http://contplaguicidas.udec.cl/





Universidad de Concepción

Fortalecimiento de las capacidades y gestión analítica de la Universidad de Concepción para contribuir a la producción y comercialización de productos hortofrutícolas inocuos en las regiones de Ñuble y el Biobío

Dr. Narciso Aguilera Marín
Director, Agrónomo

Dr. José Becerra
Investigador, Químico F.

Dr. Andy Pérez
Investigador, Químico

Dra. Lubia M. Guedes
Investigadora, Bióloga

Dr (c) Aelajdro Vallejos
Análisis Químico

Dra. Noelia Carrasco
Investigadora, Antropóloga-socióloga

Lic. Valentina Cisterna
Antropóloga-socióloga

Pablo Molina
Diseñador Gráfico

Articulación de las capacidades instaladas

Facultad de Ciencias Forestales
Laboratorio de Semioquímica Aplicada
Laboratorio de Epigenética Vegetal

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas
Laboratorio de Química de Productos Naturales

Facultad de Farmacia
Laboratorio de Fitometabolómica

Sitios de muestreo

No Frost
°C
-23
-21
-19
-17
-15
Freezer
Fridge

ilko
ilko
ilko

Extracción y limpieza QuEChERS (*Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe*)

Figure 1

Figure 2

Figure 3 Vortex or shake vigorously by hand for 1 minute.

Figure 4

Figure 5

Figure 6

Figure 7

Figure 8

Figure 9

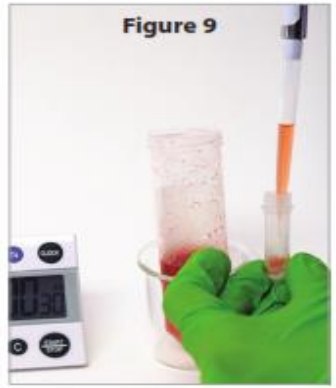


Figure 10

Figure 11

Figure 12

Extracción alternativa y análisis cromatográfico

Microescalamiento con Homogeneizados MM-400

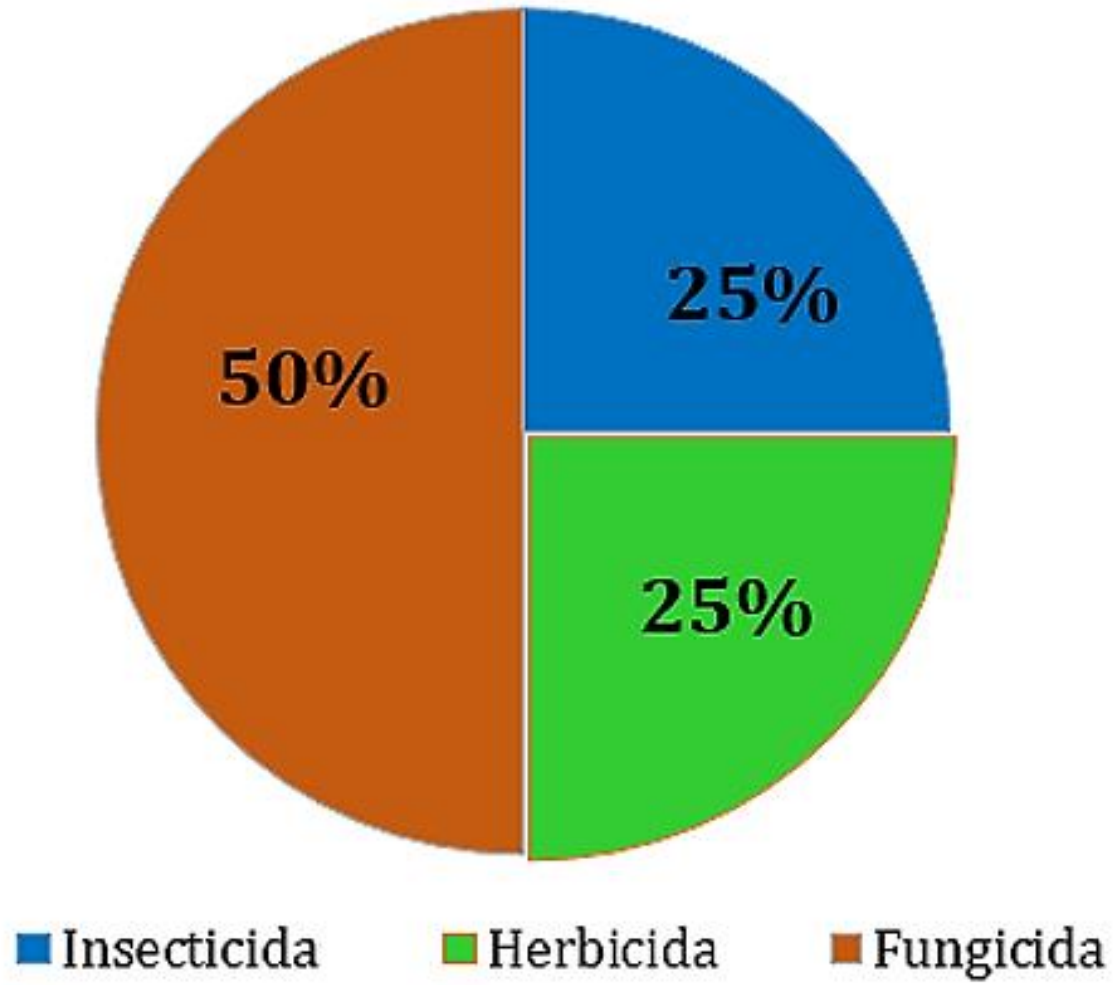
LC-MSMS

Centrifuga sigma

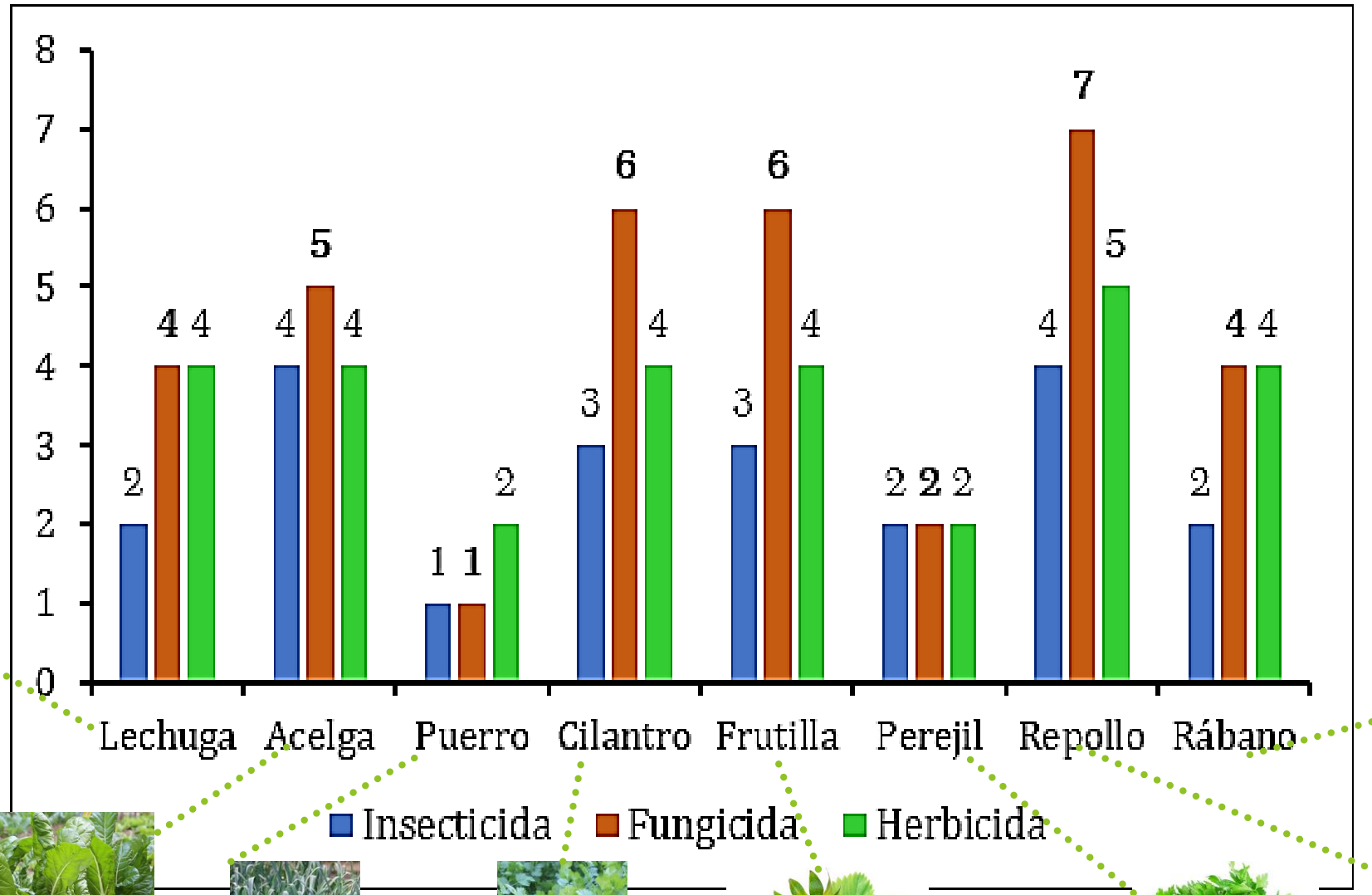
GC-MSMS

UHPLC-qTOF, Compact, Bruker

Porcentaje general de plaguicidas detectados en frutas y hortalizas



Plaguicidas en frutas y hortalizas: algunos resultados



Lactuca sativa

Raphanus sativus

Beta vulgaris

Allium ampeloprasum

Coriandrum sativum

Fragaria x ananassa

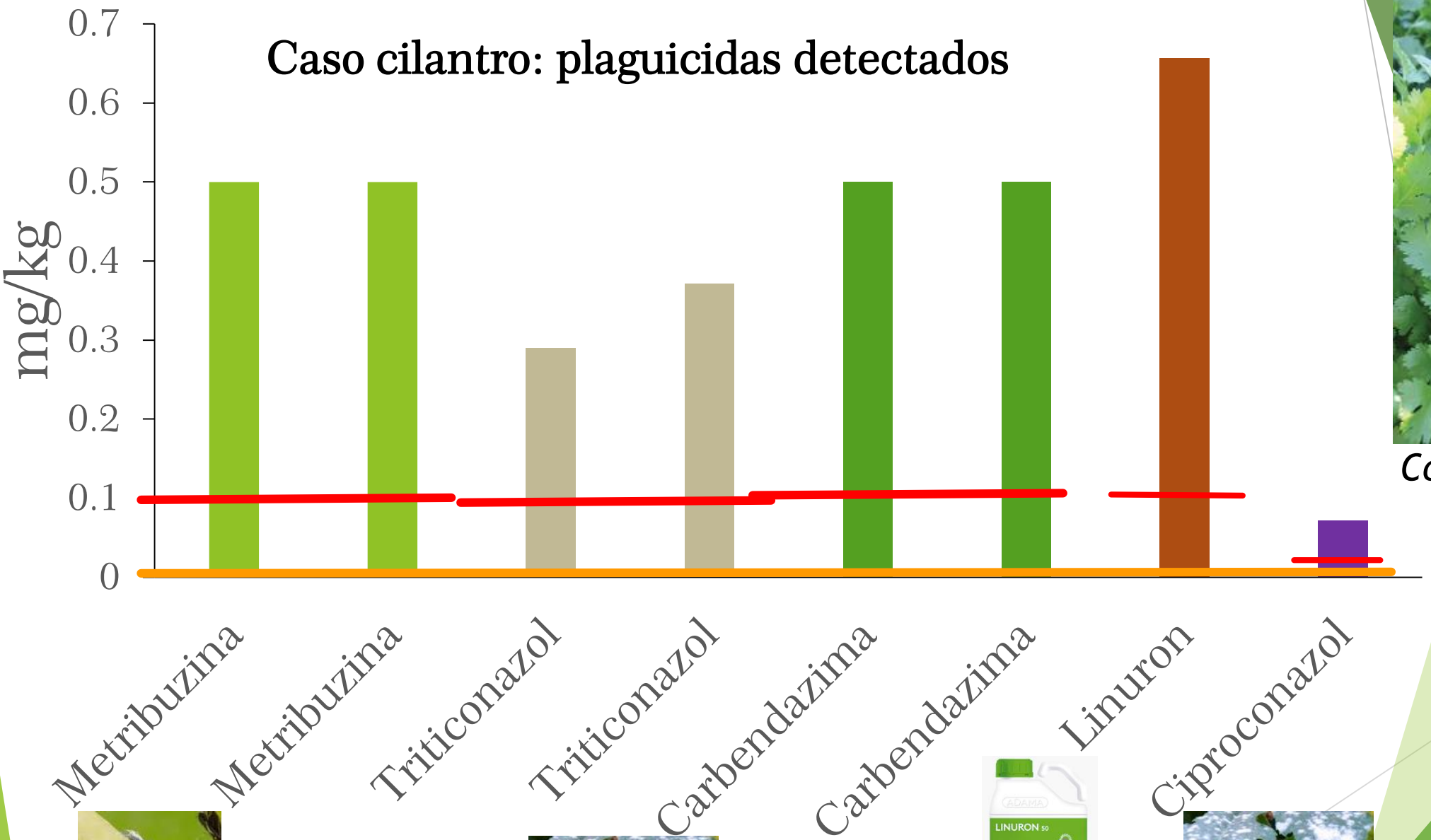
Petroselinum crispum

Brassica oleracea

Ingrediente activo	Nombre comercial	Tipo plaguicida	Registro en *Codex alimentarius*	Peligrosidad	Concentración detectada (mg/kg)	Cultivo
Etiofencarb	-	Insecticida	Prohibido en Chile por resolución Núm. 714 exenta.- Santiago, 16 de julio de 2002 Hortalizas frescas, sin cocer, congeladas o desecadas **2 (España)**	Ib Muy peligroso	**0,03** **0,03** **0,03** **0,03** **0,04** **0,04** **0,04**	Acelga Puerro Cilantro Perejil Acelga Repollo Rábano
Metribuzina	METRICLAN 48 SC Sencor® 480 SC BECTRA 48 SC METRIPHAR 480 SC	Insecticida	NO (Autorizado en Chile) Prohibido a partir del 16 de junio del 2019 (Resolución Nº 1.557 de 2014 y N° 432 de 2015)	Clase II (moderada-mente peligroso)	**> 0,5** *C.a UE* 0,1 **0,091** *C.a UE* 0,01 0,01 *C.a UE* 0,1	Cilantro (2) Lechuga Perejil

Ingrediente activo	Nombre comercial	Tipo plaguicida	Registro en *Codex alimentarius*	Peligrosidad	Concentración detectada (mg/kg)	Cultivo
Ciproconazol	PRIORI XTRA **ARTEA 330 EC** APACHE PLUS 535 SC PLANET XTRA RECORD MAX 535 SC APROACH PRIMA ALTO 100 SL	Fungicida	SI (solo para carnes, leche y cereales) (Autorizado en Chile)	Clase III (poco peligroso)	**0,072** *C.a* UE 0,05	Cilantro
Propiconazol	**ARTEA 330 EC** SHARK, SPEEDER 415 SC PAMONA, TASPA 500 EC WOLMAN E (µCA-C), STEREO, VACSOL AZURE (RTU), VESTA SC, PROPICONAZOL 250 EC, AGROSPEC, IPROCLAN 415 SC, TILT 250 EC, BUMPER 25 EC, TILT PLUS, ZENIT 400 EC, WOLSIN FL 35, PROPIZOL 25 EC	Fungicida	SI (no para horatalizas) (Autorizado en Chile)	Clase II (moderadamente peligroso)	**0,10** **0,10** **0,10** *C.a* UE 0,01	Repollo Acelga Rábano

Caso cilantro: plaguicidas detectados



Herbicida

Coriandrum sativum

Fundamentos de la Semioquímica

Semioquímicos => *semion*=marca o señal

Semioquímicos

Aleloquímicos
(Acción interespecífica)

Alomonas
(beneficia al emisor: inhibe, interfiere, repele, disuade alimentación y ovoposición)

Aleloquímicos => Alelopatía

Kairomonas
(benefician al receptor: guían a depredadores e insectos hacia sus presas)

Sinomonas
(benefician a receptor y emisor: néctar y polinizadores, simbiontes en micorrizas)

Feromonas
(Acción intraespecífica)

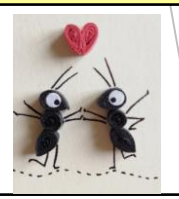
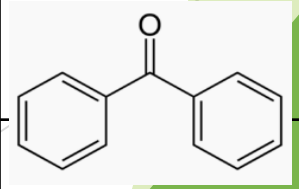
Feromonas sexuales
(avisar al macho momento de apareamiento)

Feromonas de alarma
(situación de peligro)

Feromonas territoriales
(marcar límites de territorio)

Feromonas de camino
(guiar hacia alimentos y nido)

Facetas principales de las interacciones

Interacción o lenguaje químico	Ejemplos	Micro-ilustraciones
Comunicación (feromonas)	Artrópodos (selección de pareja, intercambio de alimentos)	
Mutualismo	Polinización, micorrizas, fijación simbiótica de N	
Defensas químicas	-Plantas vs. plantas, herbívoros, patógenos -Animales vs. depredadores y parasitoides -Microorganismos vs. competidores de alimentos	
Protección contra estrés abiótico	Contra radiación UV, sequía, frío	

Comunicación química provocada por herbivoría

Etileno
(CH_2=CH_2)

Planta emisora

Etileno
(CH_2=CH_2)

Planta receptora

Lambers et al. (2008)

Aplicaciones de la Semioquímica

Uso de feromonas en la agricultura

Figura 1. Trampa con feromonas para el control de Lepidópteros en Maíz.
Foto: Hernández, 2015.

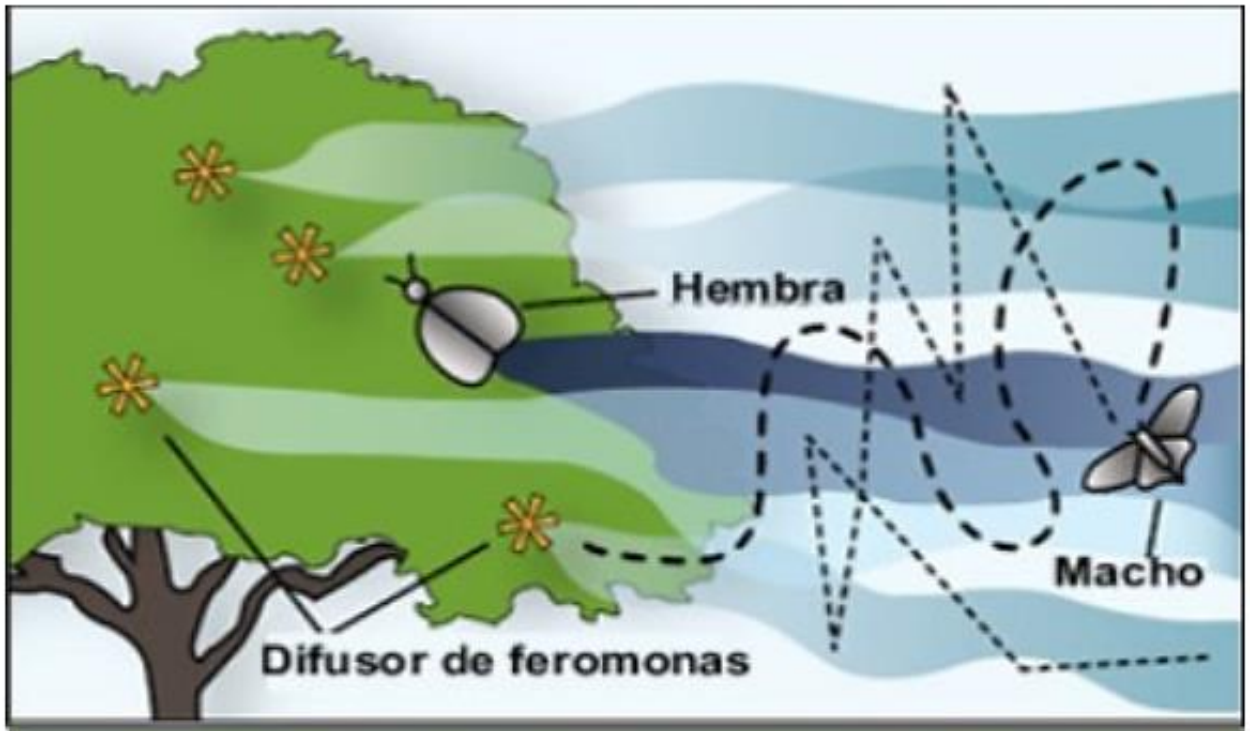
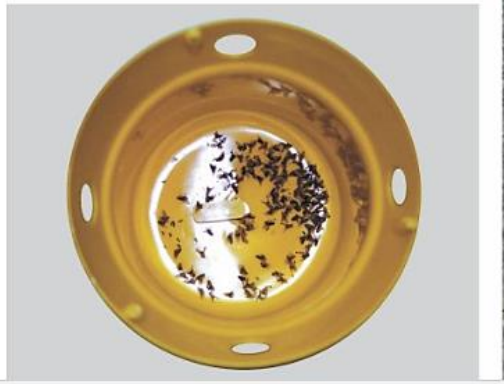


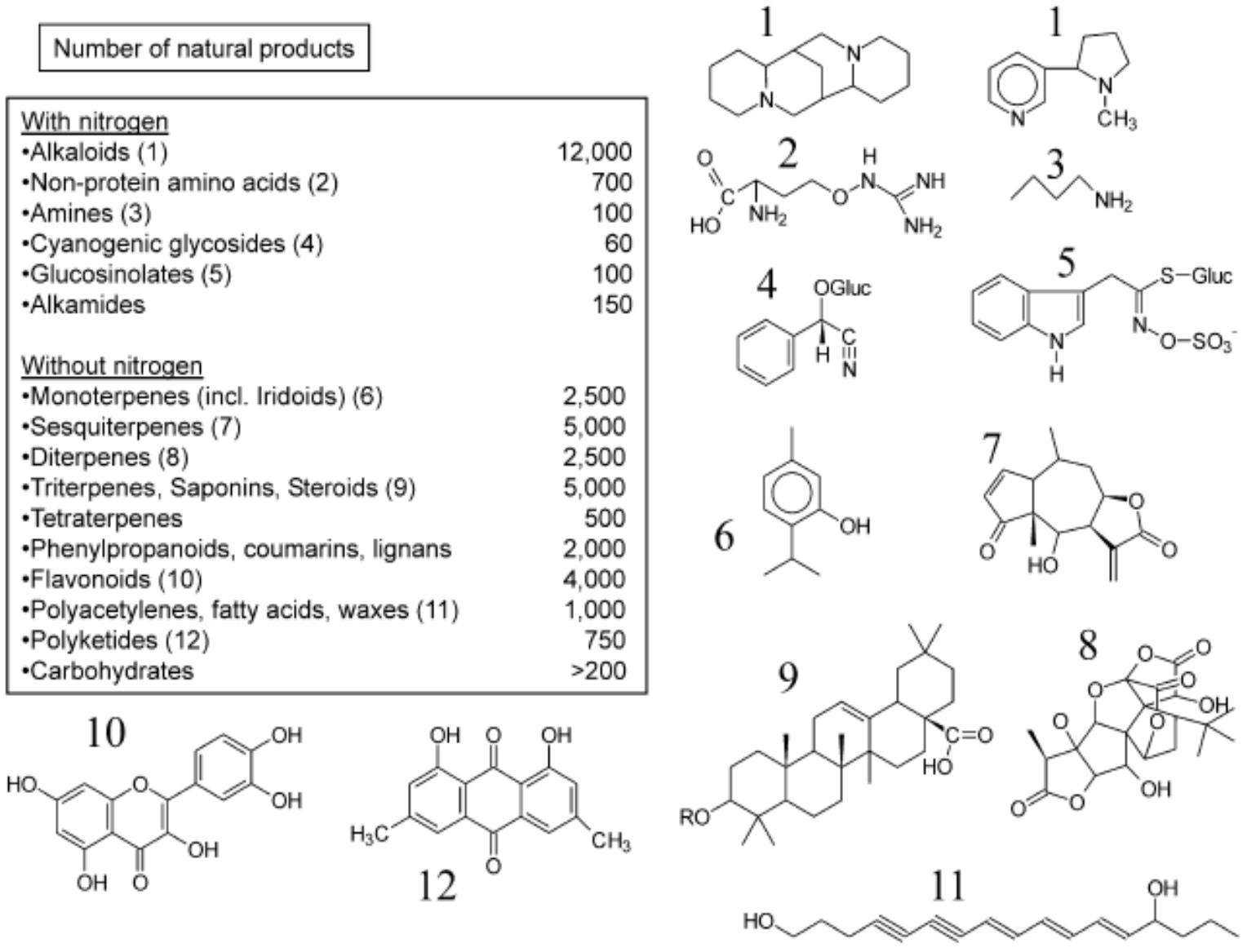
Figura 2. Confusión en el apareamiento, donde el macho no localiza a la hembra.
Foto: Fumigadora Continente, 2015.

Trampas de feromonas



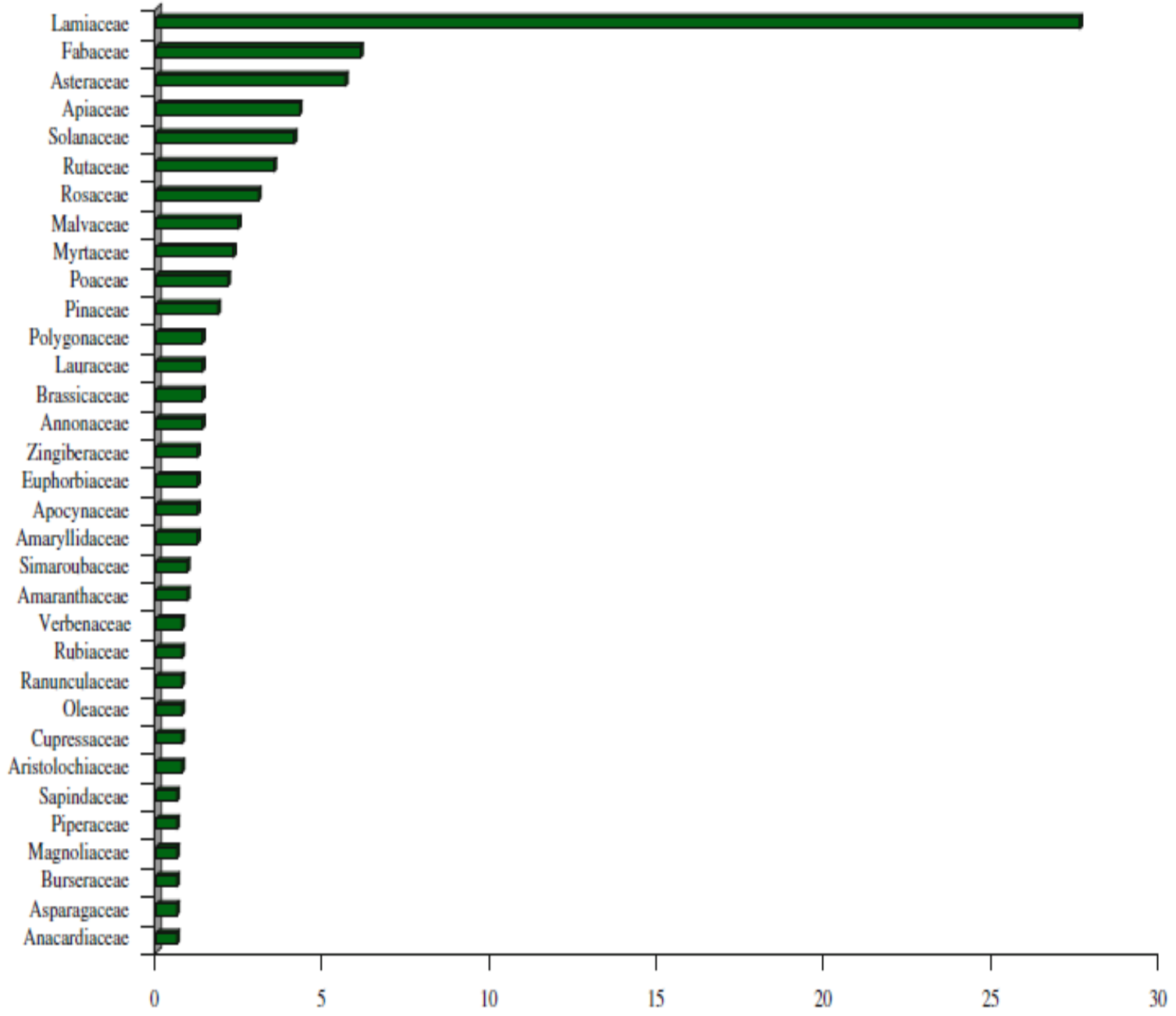
Structural diversity of plant secondary metabolites

Number of natural products	
With nitrogen	
•Alkaloids (1)	12,000
•Non-protein amino acids (2)	700
•Amines (3)	100
•Cyanogenic glycosides (4)	60
•Glucosinolates (5)	100
•Alkamides	150
Without nitrogen	
•Monoterpenes (incl. Iridoids) (6)	2,500
•Sesquiterpenes (7)	5,000
•Diterpenes (8)	2,500
•Triterpenes, Saponins, Steroids (9)	5,000
•Tetraterpenes	500
•Phenylpropanoids, coumarins, lignans	2,000
•Flavonoids (10)	4,000
•Polyacetylenes, fatty acids, waxes (11)	1,000
•Polyketides (12)	750
•Carbohydrates	>200



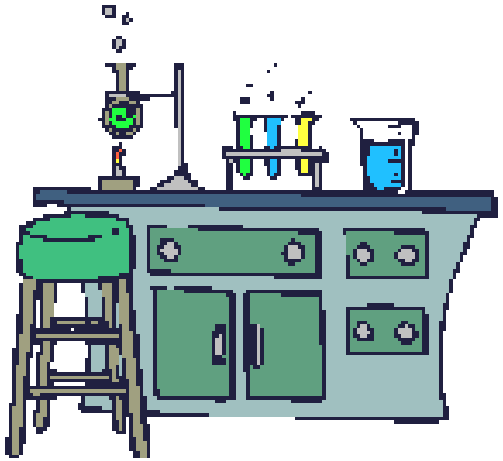
Wink *et al.* (2003)

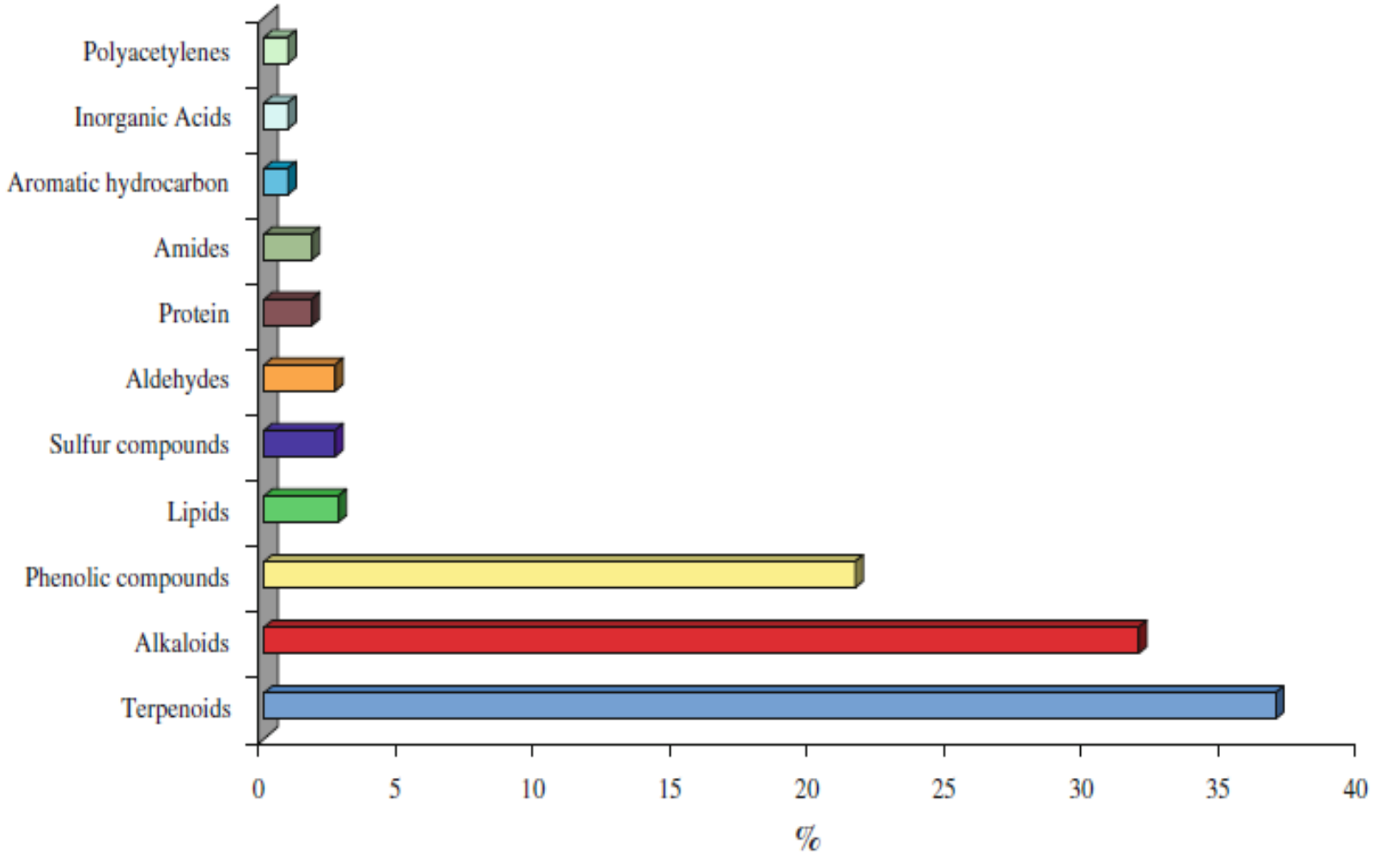
Fig. 5 Frequency (%) of plant families with insecticidal activity (plants families presented have a frequency over or equal to 1 %). The most cited family is the Lamiaceae accounting for 28 % of the plant families cited



Boulogne *et al.* (2012)

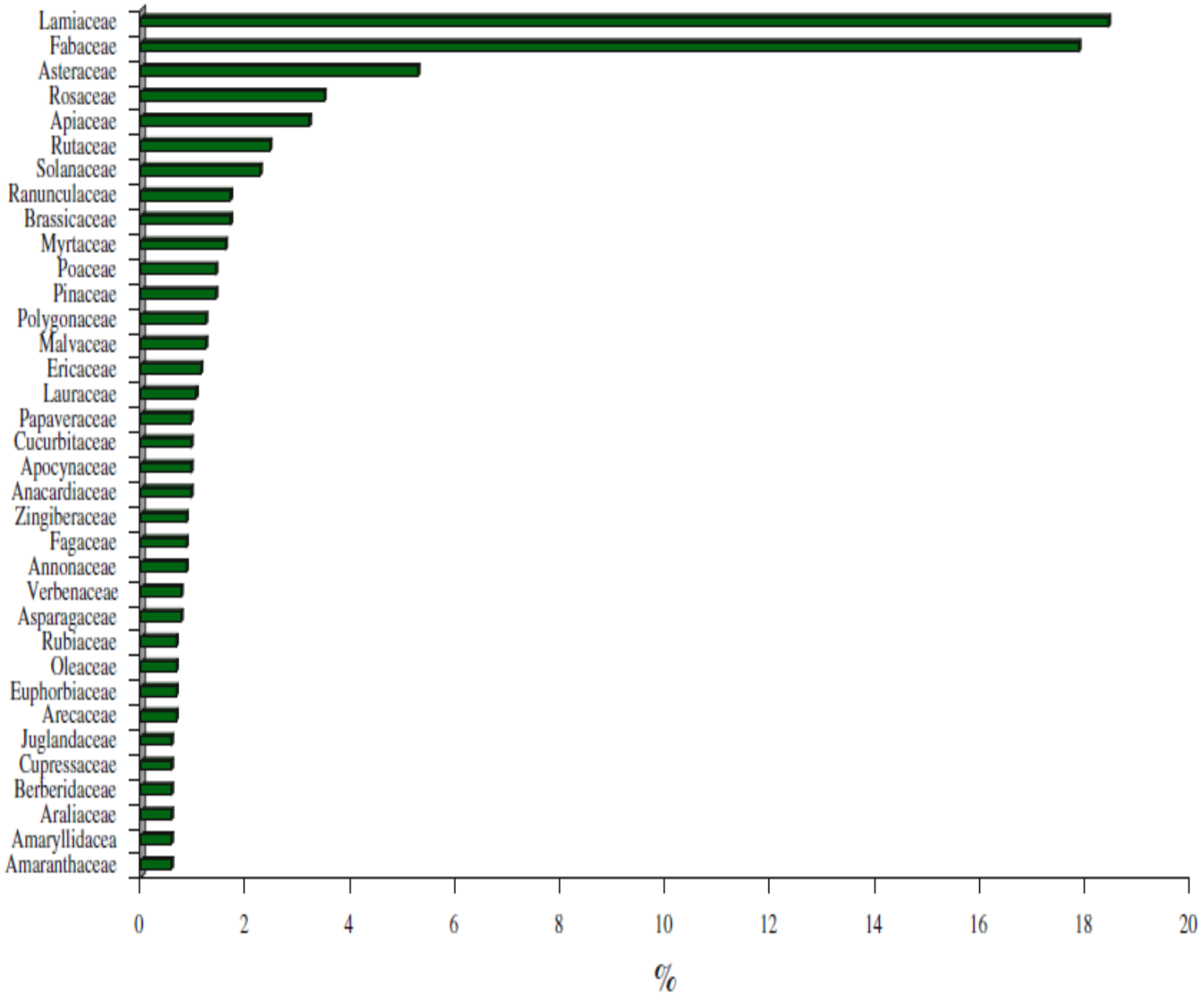
Fig. 4 Frequency (%) of chemical compounds types in plants with insecticidal activity (data obtained from a literature search of 1965 references). Terpenoids, alkaloids, and phenolic compounds were the most regularly cited as holding insecticidal activity with 37, 30, and 20 % of the chemicals, respectively





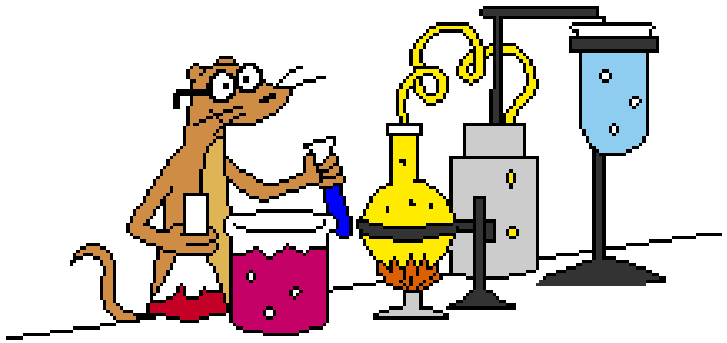
Boulogne *et al*. (2012)

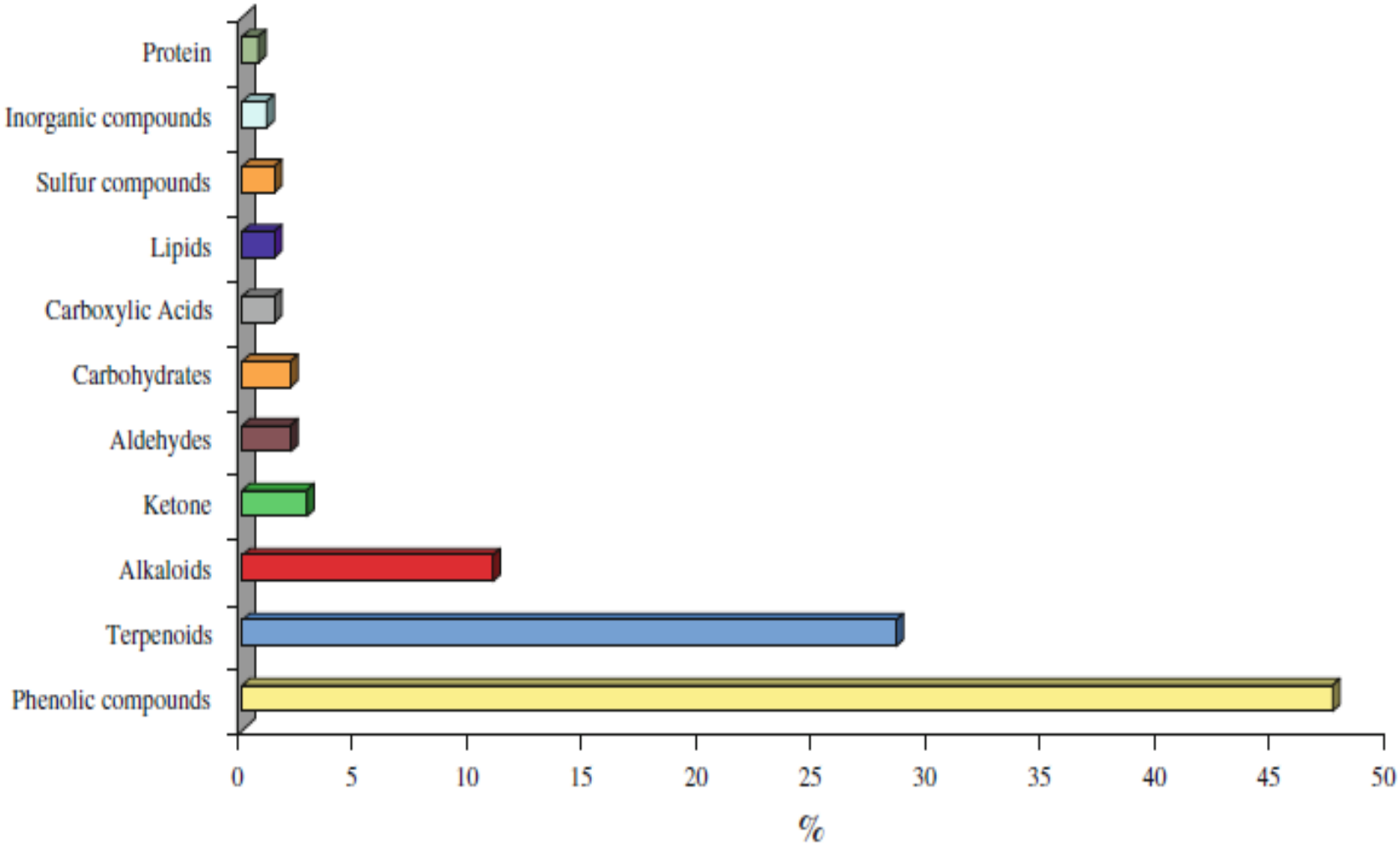
Fig. 7 Frequency (%) of plant families with fungicidal activity (plants families presented have a frequency over or equal to 1 %). The families most often cited are the Lamiaceae and the Fabaceae, representing 19 and 18 % of the plant families, respectively



Boulogne *et al*. (2012)

Fig. 6 Frequency (%) of chemical compounds types with fungicidal activity (data obtained from a literature search of 1965 references). Phenolic compounds (47 %), terpenoids (29 %), and the alkaloids (11 %) were the most regularly cited





Boulogne *et al*. (2012)

Estudio de caso: fabáceas invasoras como fábricas naturales de aleloquímicos

Fabáceas más invasoras en Chile

Acacia dealbata (Mimosoideae)

Teline monspessulana (Papilionoideae)

100 000 ha

Ulex europaeus (Papilionoideae)

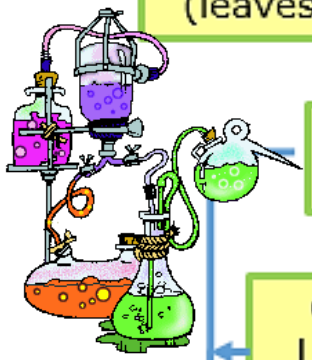
Fuentes *et al.* (2014)

Evidencias alelopáticas

Acacia dealbata

Teline monspessulana

RFII Red Fabáceas Invasoras en Iberoamérica



Invasive Fabaceae

Samples (leaves, bark, flowers, pods, seeds, soil)

Phytochemical analysis

Guided bioassays in Lab. (dose-response) Models, native, weeds

variables

-α and β amylase activity
-Morphometric variables

Guided bioassays in greenhouse Model and native seedlings

variables

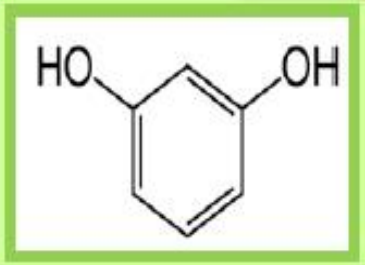
-Morphological
-Histochemistry
-Physiological
-Biochemical

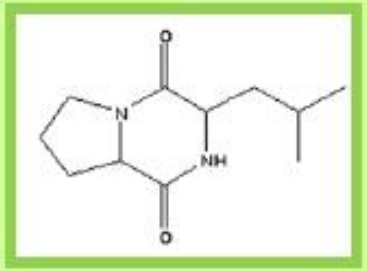
Relevant contribution for management programs of invasive and native plants

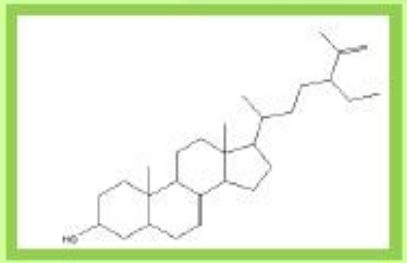
Biopesticide candidate (Bioherbicide)

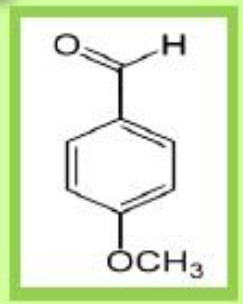
Flash chromatography

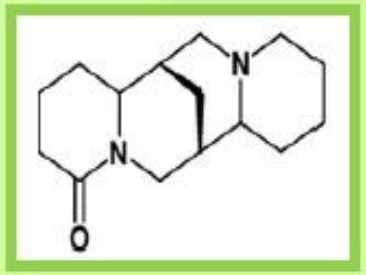
Main compounds identified with allelopathic activity

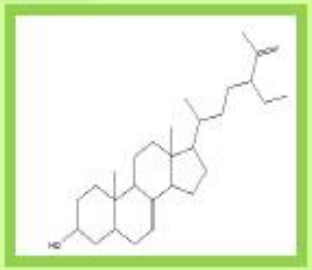












Resorcinol (phenolic compound)

Maculosin (nonstructural aminoacid)

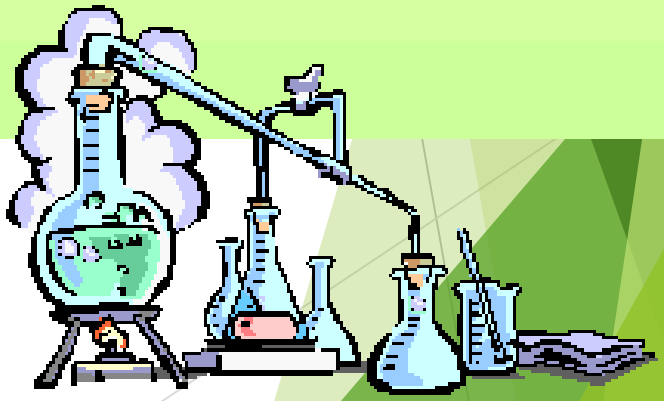
Stigmasterol (steroid)

Anisal (benzaldehyde)

Lupanine (alkaloid)

Stigmasterol (steroid)

Moretenone (triterpene)



Chemistry and Ecology, 2015
Vol. 31, No. 6, 479–493, http://dx.doi.org/10.1080/02757540.2015.1050004

Taylor & Francis
Taylor & Francis Group

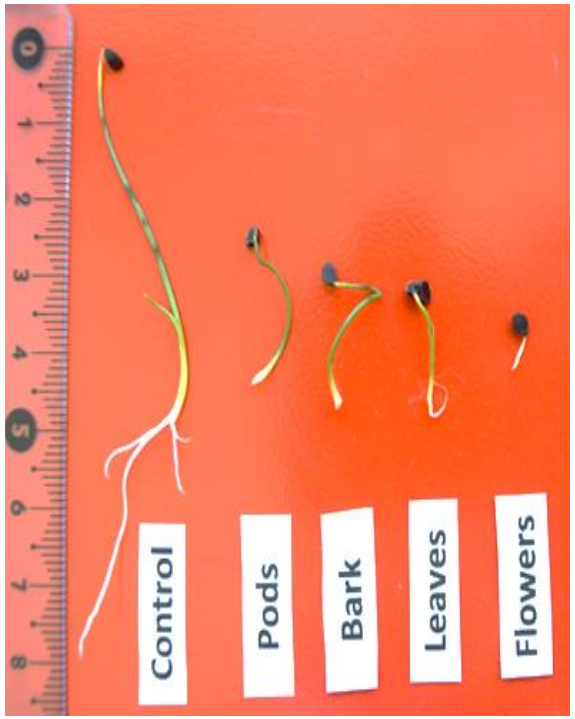
Effects and identification of chemical compounds released from the invasive *Acacia dealbata* Link

N. Aguilera[a*], J. Becerra[a], C. Villaseñor-Parada[b], P. Lorenzo[c,d], L. González[c] and V. Hernández[a]

Phytotoxic effects of *Teline monspessulana* in different model species

Solanaceae

Amaryllidaceae



Brassicaceae

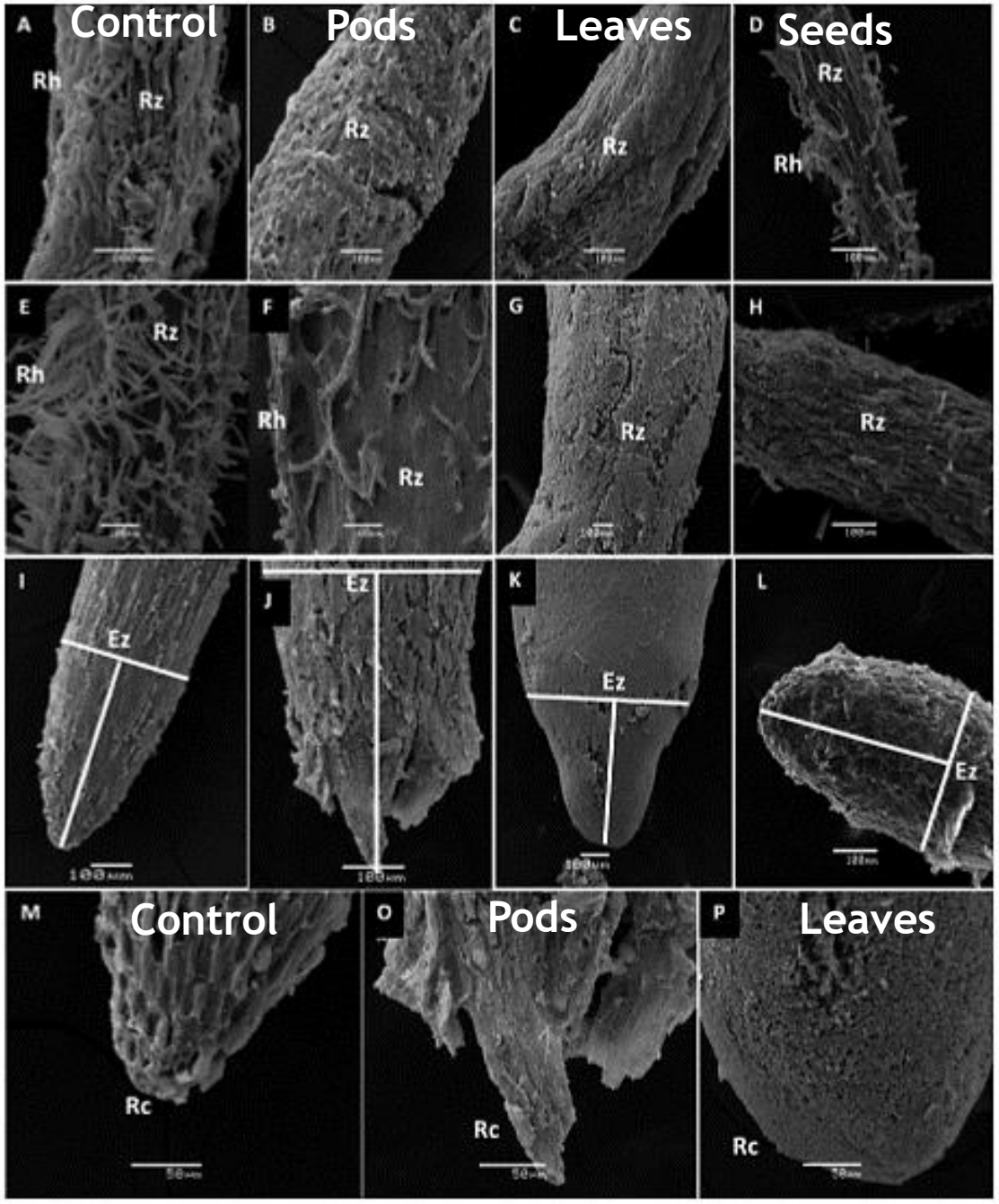
Apiaceae

Solanum lycopersicum

Allium cepa

Raphanus sativus

Daucus carota



L. sativa *Q. saponaria* *L. sativa* *Q. saponaria*

Flora 215 (2015) 54–59

Contents lists available at ScienceDirect

Flora

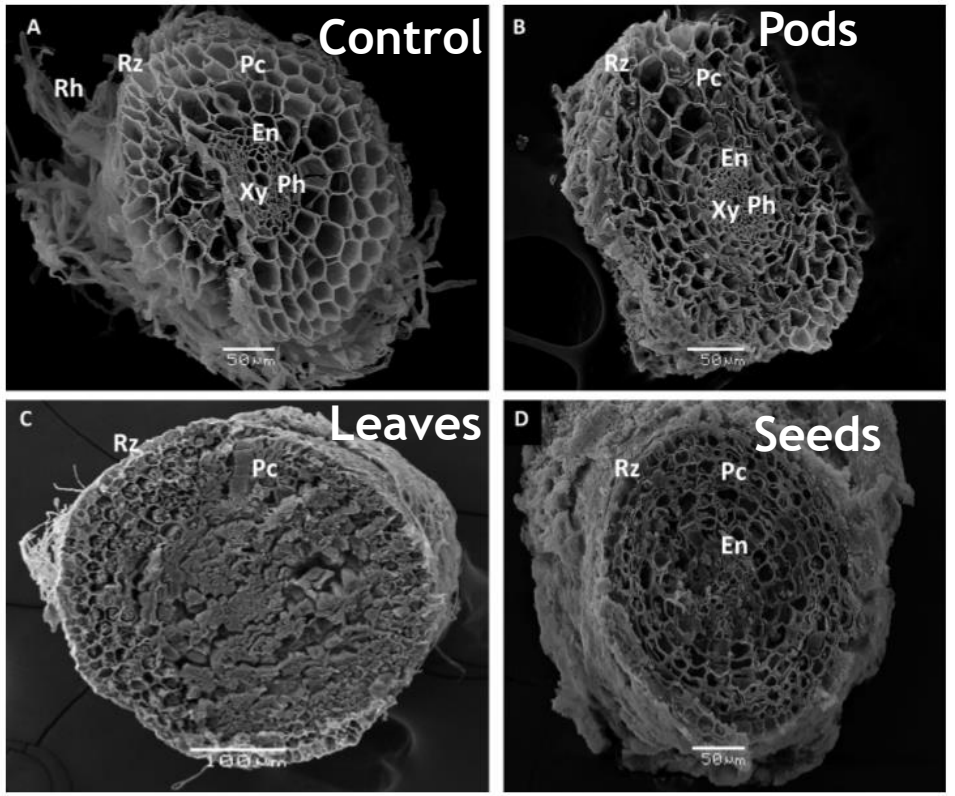
journal homepage: www.elsevier.com/locate/flora

Morphological effects at radicle level by direct contact of invasive *Acacia dealbata* Link

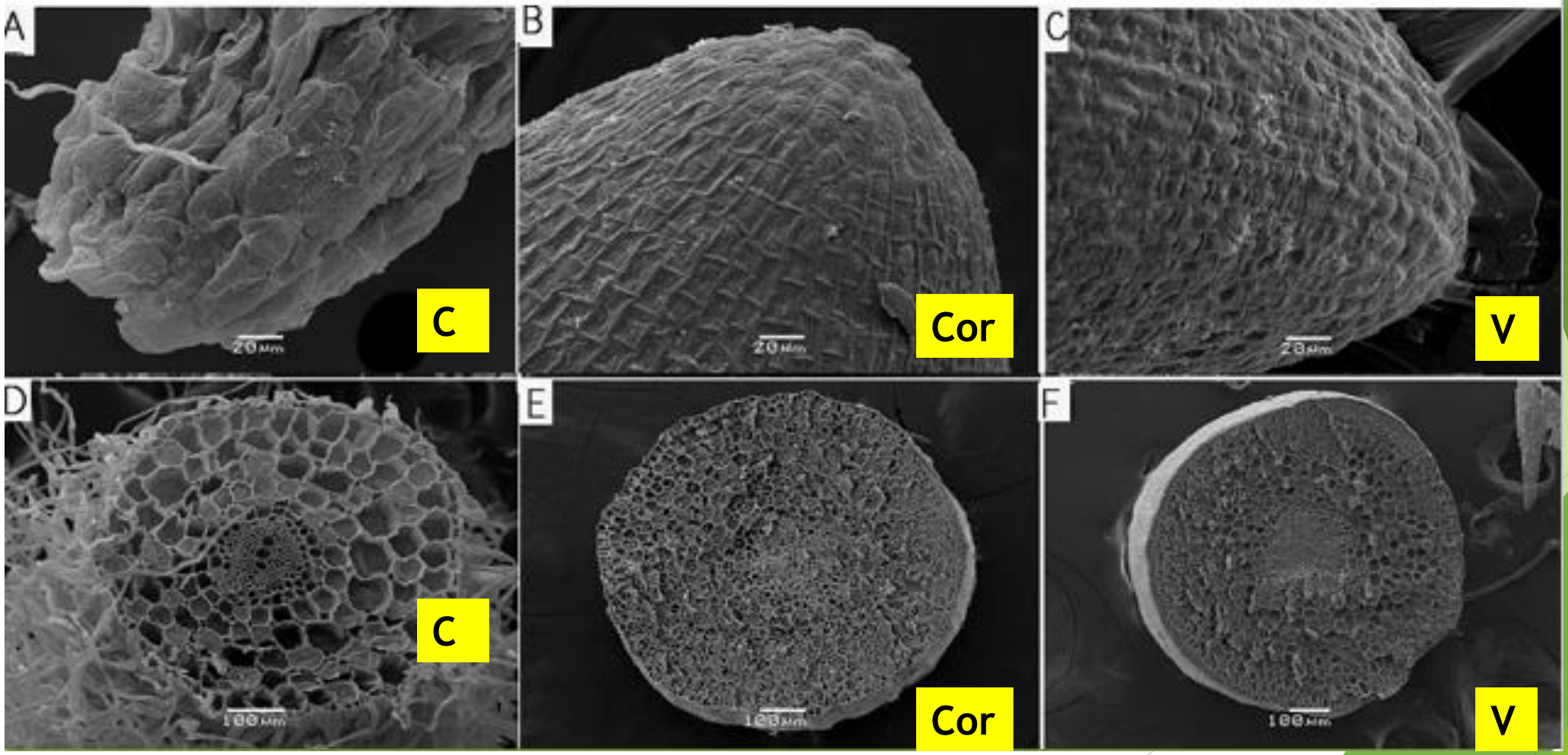
Narciso Aguilera*, Lubia M. Guedes, José Becerra, Carlos Baeza, Víctor Hernández

Rh: root hairs, Rz: rhizodermis Pc:parenchyma cortex, En: endoderm, Ph: phloem, Xy: xylem.

Q. saponaria



Algunos resultados de *T. monspessulana*

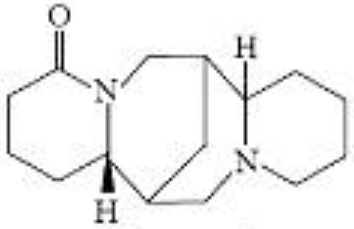


Polares

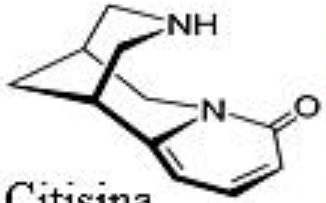
Compuesto	MM (g/mol)	Tr (min)
Citisina	$C_{11}H_{14}N_2O$	190,24
Afilina	248,37	20,031
Anagirina	244,33	22,064

Compuesto	MM (g/mol)	Tr (min)
Caulofilina	204,27	17,985
Citisina	190,24	18,661
Lupanina	248,37	19,774
Anagirina	244,33	22,239
Estigmasterol	412,69	35,525

Anagirina



Lupanina

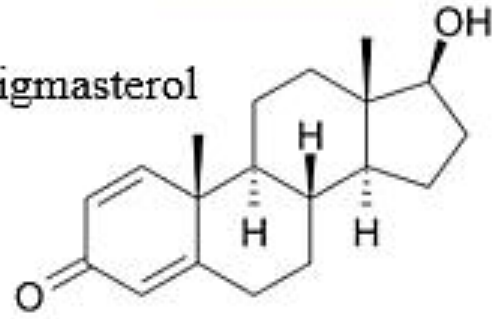


Citisina

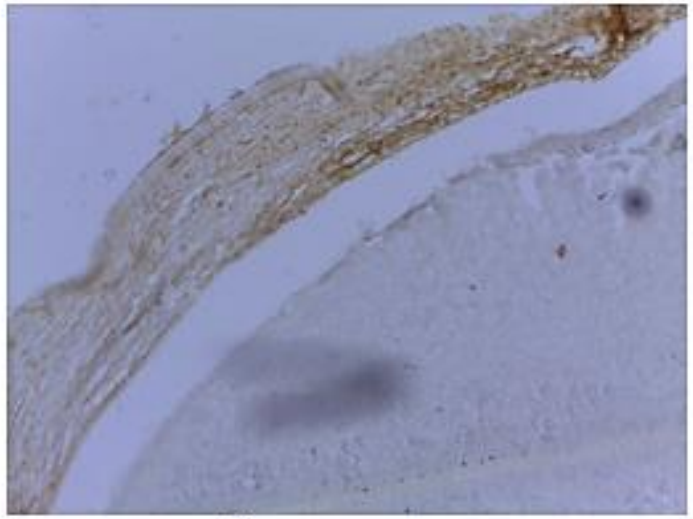
Compuesto	MM (g/mol)	Tr (min)
Lupanina	248,37	19,756
Anagirina	244,33	22,076
Citisina	190,24	22,176
Campesterol	400,68	34,687
Estigmasterol	412,69	35,456

Compuesto	MM (g/mol)	Tr (min)
Phenol, 2,2'-methylenebis[6-1,1dimethylethyl)-4-methyl.	340,49	18,273

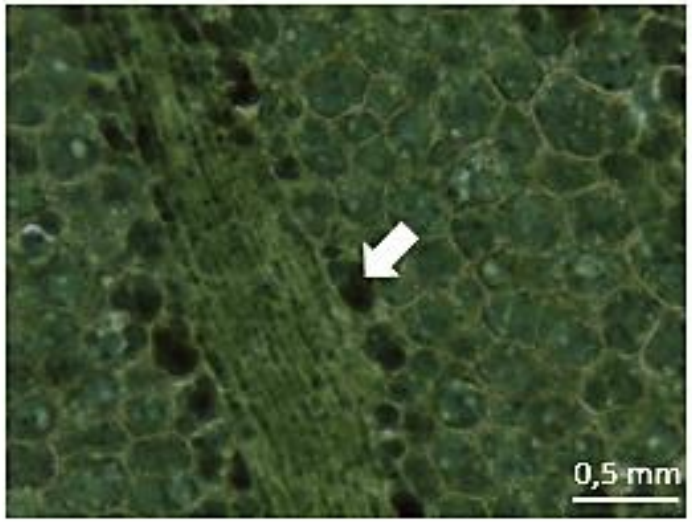
Estigmasterol



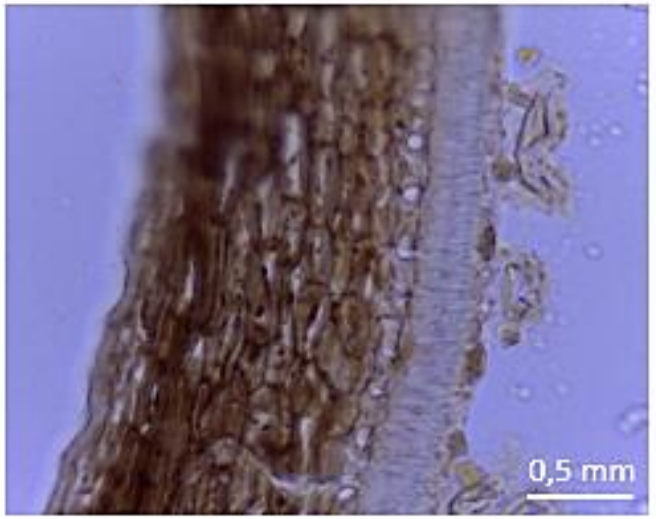
Semillas *Acacia dealbata*



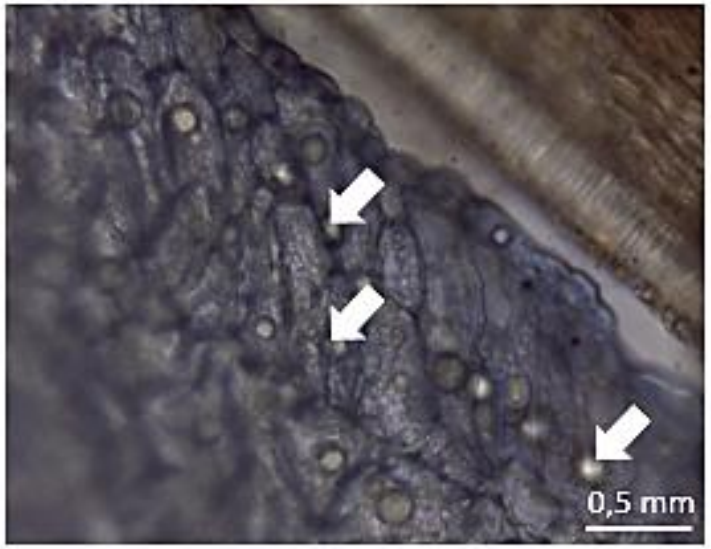
Blanco



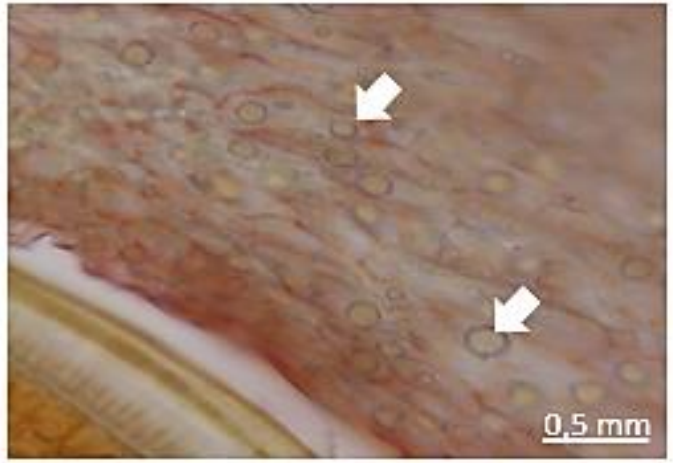
Tinción con azul de bromofenol para proteínas (positivo)



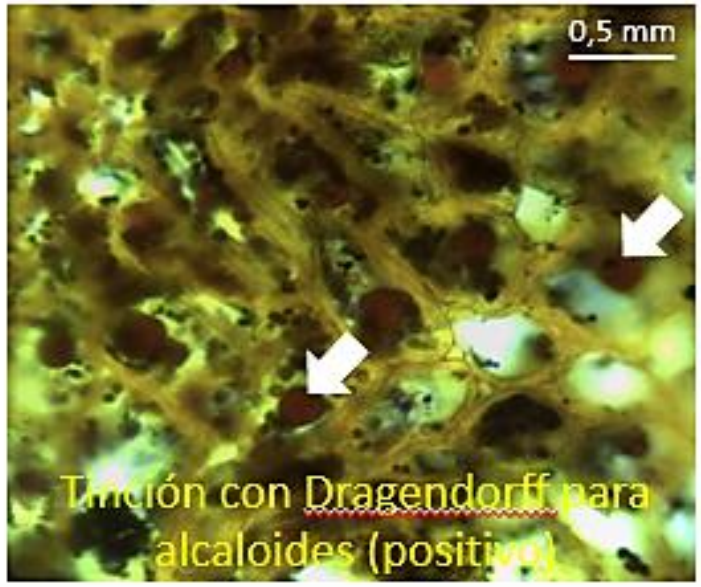
Tinción con cloruro férrico para polifenoles (negativo)



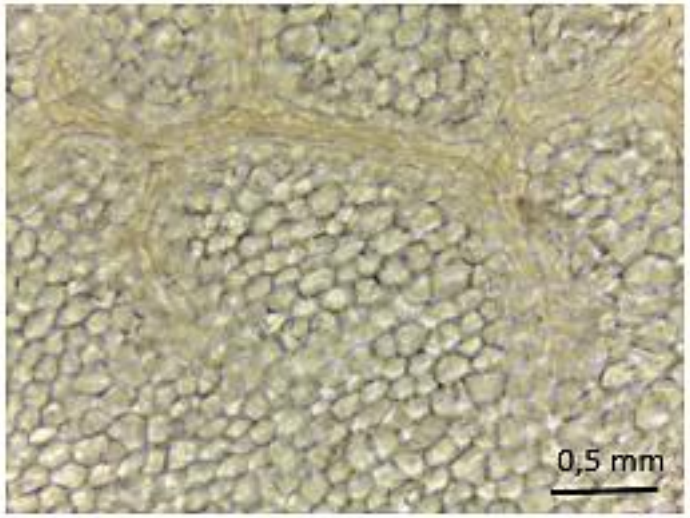
Tinción con NADI para terpenos (positivo)

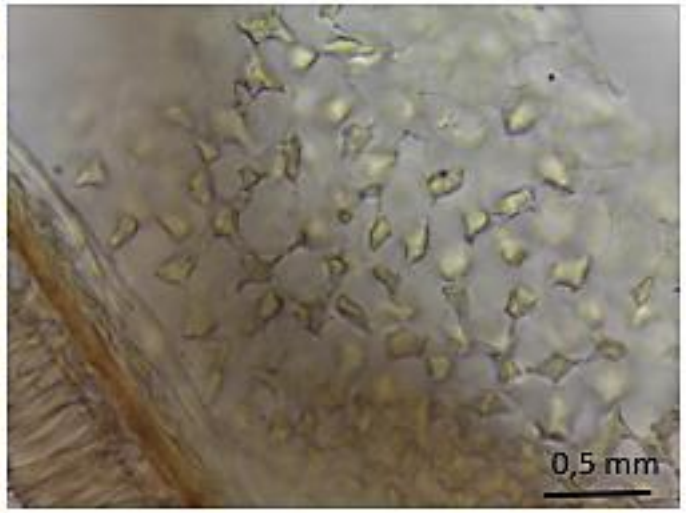


Tinción con Sudan III para lípidos (positivo)

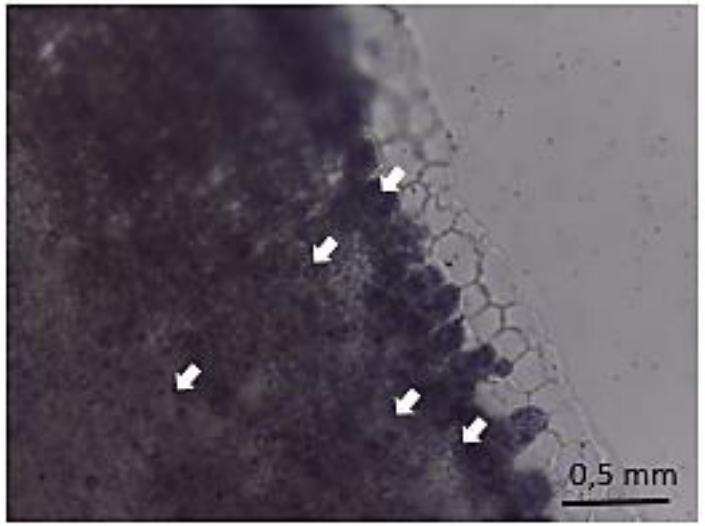


Semillas *Teline monspessulana*

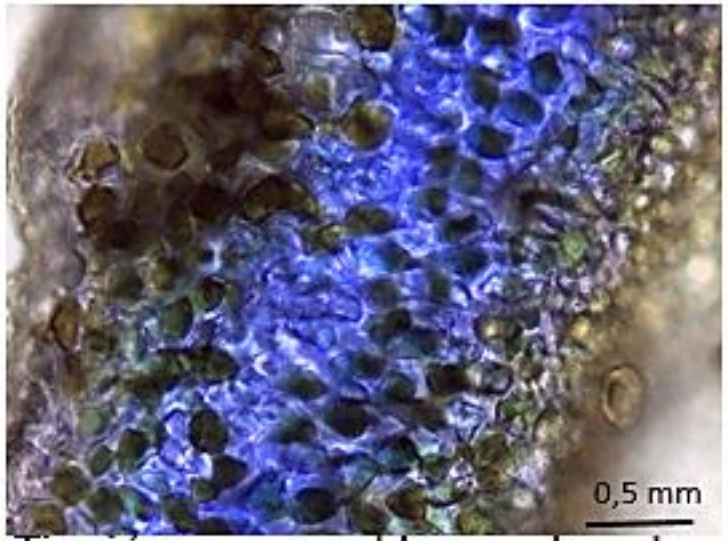




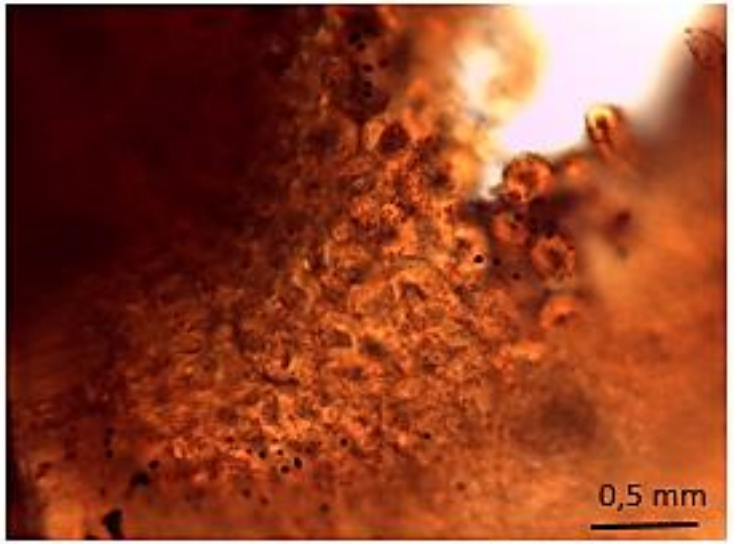
Blanco



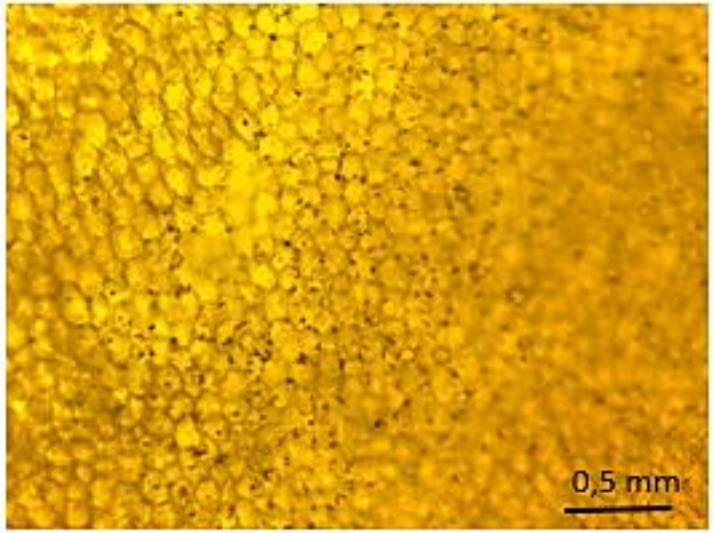
Tinción con NADI para terpenos (positivo)



Tinción con azul bromofenol para proteínas (negativo)



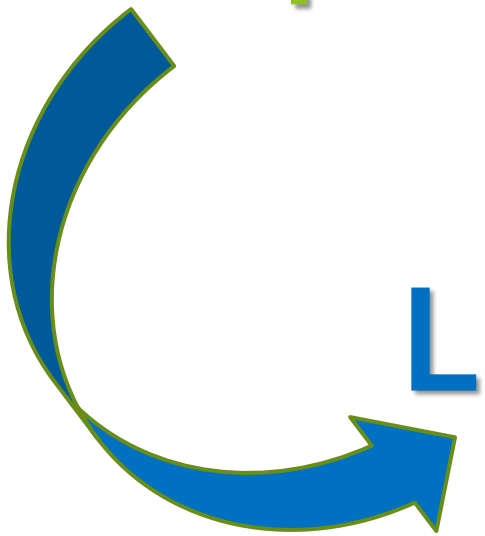
Tinción con Dragendorff para alcaloides (positivo)



Tinción con Lugol para almidón (negativo)

El mayor desafío

Del modelo al producto



La mayor promesa

Some of the main weeds: semiochemical challenges

Amaranthus retroflexus
Amaranthaceae

Datura stramonium
Solanaceae

Chenopodium álbum
Chenopodiaceae

Digitaria sanguinalis
Poaceae

Anoda cristata
Malvaceae

Sorghum halapense
Poaceae

Setaria pumila
Poaceae

Galinsoga parviflora
Asteraceae

Bioherbicides: some patents

N° de Solicitud	Titulo	Solicitante	Fecha de prioridad
EP2684457 (A1)	Natural herbicide based on essential oils and formulated as wettable powder	Symeonidou, Aikaterini Et Al	09-07-2013
20110021358	Using sarmentine and its analogues to control pests plants	Davis, CA, EE.UU.	27-1-2011
CN101843259 (A)	Process for preparing natural herbicide by using corn protein powder	Tianjin Sf-Bio Industrial Bio-Tec Co., Ltd	09-06-2010
CA2732386 (A1)	Natural herbicide	Munger Lawnscape Distribution	24-02-2010
CA2701944 (A1)	A natural herbicide containing lemongrass essential oil	Marrone Bio Innovations, Inc	11-10-2007
US2010317518 (A1)	Meadowfoam-based bioherbicide products	State of Oregon	19-07-2007
US2007191228 (A1)	Natural herbicide	Berta Research Council Inc	25-01-2007
WO9103161 (A1)	Bioherbicide combining chemical agents and bacterial plant pathogens	Crop Genetics Int	11-09-1990
ZA9007207 (A)	Bioherbicide combining chemical agents and bactericyclone separating apparatus comprising a longitudinally slotted thimble al plant pathogens	Gfg Projects (Pty) Ltd	12-09-1989
US4643756 (A)	Bioherbicide for Florida beggarweed	Mycogen Corporation et al	22-03-1985

Allelochemicals with herbicidal effects

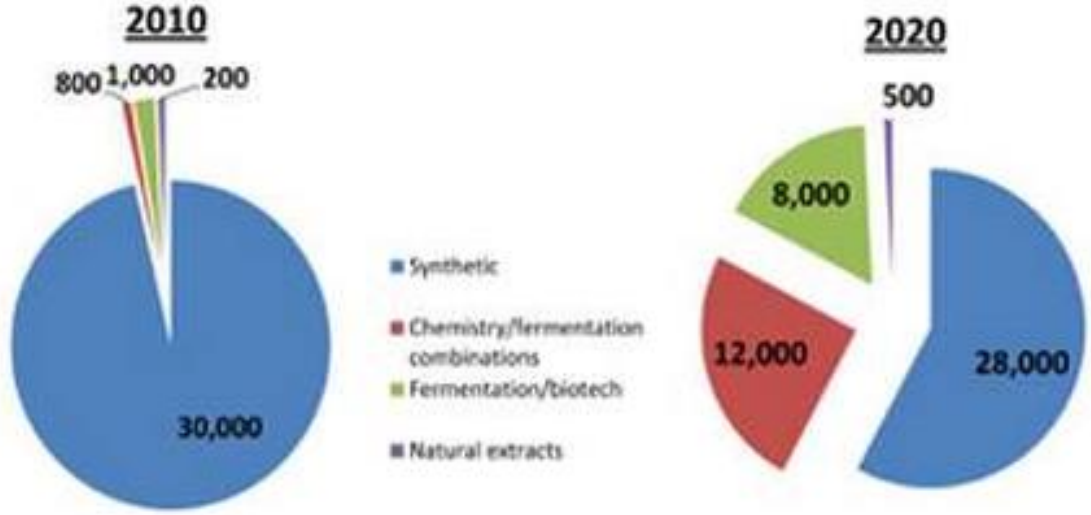
Compuestos	Fuente botánica	Malezas sensibles
Glucosinolatos, Isotiosanatos*	*Brassica sp., Raphanus sativus*	*Sonchus asper, Matricaria indorata, Amaranthus hybridus, Echinochloa cruz-galli, Alopecurus myosuroides, Cachia maritimes, Capsella bursa-pastoris, Convulvulus arvensis, Cuscuta spp., Hirschfeldia incana, Ochtodium aegyptiacum, Sysmbrium polyceratium*
Sorgolone*	*Sorghum bicolor*	*Phalaris minor, Coronopus didymus, Cyperus rotundus, Solanum nigrum, Amaranthus retroflexus, Ambrosia artemisiflora, Cassia obtusifolia*
Momilactone	*Oryza sativa, Hypnum plumaeform*	*Echinochloa colonum, Amaranthus lividus, Digitaria sanguinalis, Poa annua*
Artemisin*	*Artemisia annua*	*Ipomea lacunose, Portulaca oleraceae, Lemna minor, Pseudokirchneriella subcapitata*
Leptospermone	*Callistemon citrinus, Leptospermum scoparium*	*Setaria glauca, Avena sativa, Brassica juncea, Rumex crispus*
Aceites esenciales*	*Eucalyptus sp.*	*Cassia occidentalis, Lolium rigidum*
Sarmetine**	*Piper sp.*	*Leptochloa filiformis, Taraxacum sp., Chenopodium album*

**Aleloquímicos lanzados al mercado con éxito como herbicida.*
***Aleloquímico patentado como bioherbicida, pero aún no comercializado* (Huang & Asolkar 2011)

Biopesticides: perspectives and global trend (Red Agrícola 2014)

Crecimiento proyectado de la industria de bioplaguicidas al 2015: US 8%, Europa 10%, Asia-Pacífico 16%, América Latina 7%, Resto del Mundo 10% (RedAgrícola 2014)

Disminución de la producción de plaguicidas e incremento de la producción de extractos naturales proyectado al 2020 (RedAgrícola 2014)



UdeC en cifras

Comisión Nacional de Acreditación CNA-Chile
7 AÑOS UNIVERSIDAD ACREDITADA
HASTA NOVIEMBRE DE 2023
GESTIÓN INSTITUCIONAL - DOCENCIA PREGRADO
DOCENCIA POSTGRADO - INVESTIGACIÓN
VINCULACIÓN CON EL MEDIO

Fundación: 1919
Campus: 4
Académicos: 1 545 (+90% doctores)
Estudiantes: 27.468 (Pregrado: 25.033, Postgrado: 2.435)
Carreras de Pregrado: 91 en 18 Facultades
Programas de Doctorado: 28 (25 acreditados)
Programas de Magíster: 63 (33 acreditados)
Especialidades en área de Salud: 32

PUBLICACIONES 2020

- 1271 artículos y revisiones en WOS - Colección Principal
- 99 artículos y revisiones en WOS- Colección Revistas Emergentes
- 1392 artículos y revisiones en SCOPUS
- 203 artículos y revisiones en SciELO

¡Muchas gracias!

Para quienes deseen profundizar en estos contenidos y otros de interés científico y académico:

Sígueme en YouTube y búscame con: **Narciso Aguilera Marín**

naraguilera@udec.cl
naguileramarin@Gmail.com
http://lsqa.udec.cl
Facebook: Narciso Aguilera Marín

UJED
Universidad Juárez del Estado de Durango

FACULTAD DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA

XXXIII SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMÍA

8 al 10 de SEPT. del 2021

Responsable
DR. CIRILO VÁZQUEZ VÁZQUEZ
Director de la FAZ-UJED

Informes
Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo Km 32, Venecia Dgo, México.
Teléfonos: 8717118875 y 8717118876
Correo electrónico: fazujed.sia@gmail.com

MEMORIA: ISSN:2594-1437

La Agricultura
y los recursos naturales ante las contingencias de salud & cambio climático

http://faz.ujed.mx
Venecia, Durango, México