



UJED

Universidad Juárez
del Estado de Durango



FACULTAD DE
AGRICULTURA
Y ZOOTECNIA

XXXIV SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMÍA



**7 al
09 de Sept.
de 2022**

EDITORES:

**DR. IGNACIO ORONA CASTILLO
DR. CIRILO VÁZQUEZ VÁZQUEZ
DR. URBANO NAVA CAMBEROS
MC. JUDITH PUENTES GUTIERREZ
DR. MANUEL FORTIS HERNANDEZ
DR. PABLO PRECIADO RANGEL
MC. FRANCISCO JAVIER RUIZ
ORTEGA**

MEMORIA: ISSN:2594-1437

**"INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD AGROALIMENTARIA
ANTE EL DETERIORO AMBIENTAL"**

VENECIA, DURANGO, MÉXICO. <http://faz.ujed.mx>



UJED
Universidad Juárez
del Estado de Durango



**FACULTAD DE
AGRICULTURA
Y ZOOTECNIA**

**XXXIV SEMANA
INTERNACIONAL
DE AGRONOMÍA**

Artículos presentados durante el evento científico de la XXXIV Semana Internacional de Agronomía en el Ej. Venecia Dgo. México los días 7, 8 y 9 de septiembre del año 2022

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

50 años
FAZ UJED

MEMORIA: ISSN:2594-1437

**7 al
09 de Sept.
de 2022**

Correo electrónico: fazujed.sia@gmail.com

Página Web: <http://faz.ujed.mx>

<http://faz.ujed.mx/siafaz>

Diseño de portada

MC. Joaquín Osornio Córdova
osorniorealaguirre@gmail.com

VENECIA, DURANGO, MÉXICO. <http://faz.ujed.mx>



UJED

Universidad Juárez
del Estado de Durango



FACULTAD DE
AGRICULTURA
Y ZOOTECNIA

XXXIV

SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMÍA



COMITÉ CIENTÍFICO:

DR. IGNACIO ORONA CASTILLO
DR. CIRILO VÁZQUEZ VÁZQUEZ
DR. URBANO NAVA CAMBEROS
MC. JUDITH PUENTES GUTIERREZ
DR. MANUEL FORTIS HERNANDEZ
DR. PABLO PRECIADO RANGEL
MC. FRANCISCO JAVIER RUIZ
ORTEGA



MEMORIA: ISSN:2594-1437

SIA 2022, Memorias de la Semana Internacional de Agronomía, enero diciembre del 2022. Una publicación periódica electrónica anual editada y publicada por la Universidad Juárez del Estado de Durango, a través de la Facultad de Agricultura y Zootecnia con domicilio conocido en Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo km 32 Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango, México. C.P. 35111. Tel (871)7118875, fazujed.sia@gmail.com, <http://faz.ujed.mx/siafaz/> Editores responsables: Dr. Ignacio Orona Castillo, Dr. Urbano Nava Camberos, M.C. Judith Puentes Gutierrez, Dr. Manuel Fortis Hernandez, Dr. Pablo Preciado Rangel, M.C. 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. Se autoriza cualquier reproducción parcial o total de los contenidos e imagenes de la publicación incluyendo el almacenamiento electrónico siempre y cuando sean sin fines de lucro o para usos estrictamente académicos, citando invariablemente la fuente sin alteración del contenido y asignando los créditos autorales.

Apoyo Técnico: MC. Joaquín Osornio Córdova

VENECIA, DURANGO, MÉXICO. <http://faz.ujed.mx>



UJED

Universidad Juárez
del Estado de Durango



FACULTAD DE
AGRICULTURA
Y ZOOTECNIA

XXXIV SEMANA INTERNACIONAL DE AGRONOMÍA

**7 al
09 de Sept.
de 2022**

COMITE ORGANIZADOR:

Cuerpo académico UJED-CA-47 "Optimización de Recursos Suelo y Agua"

Dr. Ignacio Orona Castillo (Coordinador General del Evento)

Dr. Cirilo Vázquez Vázquez

Dr. Apolinar González Mandilla

Cuerpo académico ITTOR- CA-1 "Manejo Sustentable de los Recursos Agronómicos"

Dr. Manuel Fortis Hernández

DR. Pablo Preciado Rangel

MC. Francisco Javier Ruiz Ortega

Cuerpo académico UJED-CA-112 "Desarrollo Agrícola Sustentable"

Dr. Miguel Ángel Gallegos Robles

Dr. José Luis Hernández García

Dr. Urbano Nava Camberos

50 años
FAZ UJED

MEMORIA: ISSN:2594-1437

"INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD AGROALIMENTARIA ANTE EL DETERIORO AMBIENTAL"

VENECIA, DURANGO, MÉXICO. <http://faz.ujed.mx>

PRESENTACIÓN

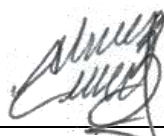
La Facultad de Agricultura y Zootecnia celebra este año el 50 aniversario de su fundación, hecho que enorgullece a quienes laboramos en esta gran institución y es motivo para recordar y agradecer a quienes con su esfuerzo y liderazgo fundaron este plantel que ha contribuido a la formación de recursos humanos que han participado en el desarrollo agropecuario de esta región y el país.

La realización de manera ininterrumpida de la Semana Internacional de Agronomía constituye y representa un indicador del esfuerzo e interés mantenido por las diferentes autoridades y miembros activos de la Facultad, al continuar haciéndose presente con este evento año con año como pionera en la educación agropecuaria en la región lagunera.

Esta representa la oportunidad para investigadores, profesores, estudiantes y público interesado en los temas agropecuarios para intercambiar conocimientos ideas y puntos de vista que permiten avanzar en el conocimiento orientado a mejorar el aprovechamiento y manejo de los recursos naturales utilizados en la agricultura ante un acelerado y cambiante panorama mundial y climático, con el objetivo de proporcionar alimentos y bienestar social a la humanidad. La memoria de las ponencias presentadas constituye un referente obligado de consulta para quienes incursionan en la investigación y la educación dentro del ámbito agropecuario.

En esta ocasión con motivo de la celebración de su 50 aniversario, este evento se desarrollará de manera presencial y virtual debido a la persistencia de la pandemia COVID 19, en las propias instalaciones de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, y se tiene la convicción de continuar en un futuro con la organización anual y mejorada de este encuentro para continuar posicionando a la Institución como la mejor facultad del país para estudiar las carreras que ofrece.

ATENTAMENTE



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

SEMBLANZA DE LA FACULTAD DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA DE LA UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO DURANTE SUS PRIMEROS 50 AÑOS DE ACTIVIDADES

Ulises Noel Gutiérrez-Guzmán, Edmundo Castellanos-Pérez, Jesús José Quiñones-Vera, Celso Manuel Valencia-Castro.

Introducción

Hablar de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango y sus primeros 50 años de actividades, es hablar de un referente importante de educación superior en la Comarca Lagunera, hoy en día es una institución de prestigio la cual ha apoyado con la formación de profesionales que han coadyuvado al desarrollo agropecuario de la región, logrando consolidar hoy por hoy a la Comarca Lagunera como una región altamente productiva a nivel nacional.

Con el quehacer del día a día se forman en sus aulas profesionales capaces de hacer frente a los retos que implica la globalización, los efectos adversos del clima cambiante, el aumento exponencial de la población, la sobreexplotación de los recursos naturales; además del reto de producir alimentos en cantidad y calidad suficientes con una visión sustentable.

Esto se ha logrado gracias a la acción conjunta de una planta docente altamente competitiva que logra desarrollar en los estudiantes los conocimientos, aptitudes y actitudes necesarios apoyados en el espacio físico de aulas, laboratorios, biblioteca, talleres, campo agrícola, postas pecuarias y establo lechero.

Mención aparte es reconocer la importante labor que ha realizado el personal administrativo en todas las áreas y sus respectivos procesos del día a día para el buen funcionamiento de la Institución.

Por esto, los logros alcanzados en la actualidad son el reflejo de un arduo caminar a lo largo de estos primeros 50 años, es importante hacer una remembranza para explicar cómo se forjó la grandeza de nuestra Facultad.

Surgimiento de la FAZ-UJED

En el año de 1971 Manuel Carlos (DEP) presidente de la sociedad de alumnos del "Instituto 18 de Marzo" y muchos otros, pudieron culminar una lucha estudiantil que se venía repitiendo año tras año para el establecimiento de al menos una unidad de educación superior ante la creciente negativa de la Universidad Autónoma de Coahuila (UAC) de admitir en sus aulas a los alumnos de preparatoria egresados en la Laguna de Durango. Como alternativa, exigían que la Escuela de Veterinaria de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), ubicada en la ciudad de Durango, se trasladara al municipio de Gómez Palacio, ya que algunos datos indicaban que aproximadamente el 90 % de la matrícula en esa unidad de la UJED provenía de la Laguna.

Después de varias reuniones del comité de huelga con autoridades de la UJED y de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), se llegó a la conclusión de que sería más adecuada para la Laguna una escuela de agricultura y zootecnia.

En la búsqueda de terrenos inicialmente se propuso los terrenos ubicados frente a la termoeléctrica Frankie, pero los ingenieros de la SARH argumentaron problemas de alcalinidad de esos terrenos y lo costoso de su rehabilitación. Posteriormente, se propusieron terrenos en el Ejido Los Ángeles en el municipio de Lerdo y en el Ejido Venecia del municipio de Gómez Palacio. Rubén Silos Calzada originario del ejido Venecia, alumno de la preparatoria “18 de Marzo” logró convencer a las autoridades ejidales y ejidatarios de los beneficios de donar 150-00-00 has de su eriazos para la instalación de la Escuela Superior de Agricultura y Zootecnia de la UJED.

Finalmente se cristalizó el proyecto anhelado en el mes de marzo de 1972 con el funcionamiento de la ESAZ primero en el edificio de preparatoria del “Instituto 18 de Marzo”, con un semestre llamado “Remedial” en el mes de marzo y posteriormente con el semestre B o de verano formalmente en instalaciones propias en el Ejido Venecia.

Al inicio la escuela en ese momento contaba con solamente los terrenos agrícolas y únicamente tres aulas, que fueron asignadas una a la Dirección del plantel y una a cada una de las especialidades: Fruticultura y Zootecnia. Su primer director fue el Ing. José Alberto Cenicerros Vázquez (DEP), una persona extremadamente dinámica que en unos cuantos años llevó a la ESAZ a un excelente nivel académico, además de gestionar la construcción de más aulas, laboratorios, talleres, biblioteca, oficinas administrativas y su equipamiento, transporte para las actividades diarias, administrativas, prácticas escolares, deportivas, de investigación, etc., conforme fueron requeridos con el crecimiento de la matrícula escolar.

En el área de campo, también se construyeron almacenes y se equipó con maquinaria agrícola. Se establecieron parcelas con alfalfa y maíz forrajero, viñedos y huertas con nogal. Además de talleres y las postas de bovino lechero (25 vacas lecheras) y de cerdos, para realizar trabajos de enseñanza (prácticas) y de investigación, las circunstancias propiciaron que rápidamente la posta lechera creciera considerablemente.

Por fin, después de nueve semestres del inicio de los programas de licenciatura en diciembre de 1976 la ESAZ produjo su primera generación de egresados: Ingenieros Agrónomos con especialidad en Fruticultura e Ingenieros Agrónomos Zootecnistas. Iniciaba así una etapa próspera de esta unidad, y no tardaría en lograr su máxima población escolar de 1500 alumnos.

Oferta educativa

En cuanto a la oferta educativa la entonces Escuela Superior de Agricultura y Zootecnia (ESAZ) inicia en el mes de septiembre de 1972 a nivel licenciatura con un tronco común con opción a dos carreras Ingeniero Agrónomo con especialidad en Fruticultura e Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Posteriormente en 1977 se apertura la carrera de Ingeniero Agrónomo con especialidad en Uso y Conservación del Agua, y un año más tarde el programa de Ingeniero Agrónomo con especialidad en Fitotecnia.

En 1986 se inicia el crecimiento vertical de la Facultad con la creación de la División de Estudios de Posgrado y la oferta de su primer Programa la Maestría en Ciencias

en Sistemas de Producción Agropecuaria y con ello la elevación de la ESAZ al rango de Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) siendo el primer jefe de la División de Estudios de Posgrado el M.C. Celso Manuel Valencia Castro. La División de Estudios de Posgrado inició en la Cd. De Gómez Palacio en la calle Justo Sierra No. 210 Ote. entre la Ave. Victoria y la Ave. Morelos, cabe mencionar que dicho Programa estuvo en el padrón de excelencia del CONACYT en el período 1994–1995 con el M. C. Felipe del Río Olague como jefe de Posgrado, primero de todos los posgrados de la UJED en estar en calidad de excelencia de CONACYT. En febrero de 1996 se cambió a las instalaciones de la Facultad de Agricultura y Zootecnia en Venecia Dgo. En ese año se creó la Maestría en Ciencias en Agricultura Orgánica Sustentable que estuvo dentro del padrón de excelencia del CONACYT durante el período agosto de 1996 a enero del 2000. Posteriormente en los años 2005 y 2006 fue reconocido este Programa por el Programa Nacional de Posgrado (PNP). Actualmente sigue estando vigente como Programa Consolidado dentro del PNPC del CONACYT.

La fortaleza ganada con la formación de un buen número de profesores en el máximo grado académico y en atención a una necesidad regional, la División de Estudios de Posgrado inicia su primer programa de Doctorado en Manejo Sustentable de los Recursos Naturales en Zonas Áridas y Semiáridas en agosto de 1997, primero en su género en la Región y en el País.

Con el desarrollo tecnológico de la informática y el internet, se empezaron a gestar nuevos modelos educativos y la UJED da impulso a la flexibilidad de sus programas, la FAZ rápidamente toma la iniciativa en la creación del Programa Educativo de Ingeniero en Fruticultura en Modalidad Virtual y a distancia en el año de 2007 el cual tuvo se cede el en municipio de Canatlán, Dgo., atendiendo a su vez la demanda de educación a nivel superior de varios municipios del estado.

En el mismo año (2007) Doctores de la FAZ en colaboración con otros pertenecientes a Medicina Veterinaria y Zootecnia, Ciencias Forestales e Instituto de Silvicultura e Industrialización de la Madera; todas pertenecientes a la UJED y en base a las necesidades en el sector agropecuario de la región, proponen la creación del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Forestales (PIDCAF).

Debido a la relación de colaboración de la FAZ con centros de investigación de la región INIFAP y CENID-RASPA, en 2012 se concretó la idea de crear el Doctorado Interinstitucional en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Agropecuarios (DICSRA).

A lo largo de estos 50 años la Facultad ha tratado de estar vigente en cuanto a oferta educativa en sus diferentes niveles y acorde a las necesidades cambiantes de la sociedad e impulsando el desarrollo de la región y del país, sin embargo, toda la oferta educativa creada no ha permanecido a través del tiempo, debido entre otras cosas a factores externos negativos propios del sector agropecuario.

En la actualidad, están vigentes los programas educativos de Ingeniero Agrónomo Zootecnista e Ingeniero Agrónomo con especialidad en Fitotecnia nivel licenciatura de manera presencial, Ingeniero en Fruticultura nivel licenciatura en Modalidad virtual y

a distancia. A nivel posgrado la Maestría en Ciencias en Agricultura Orgánica Sustentable, el Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Forestales, y en fechas recientes se reactivó el Doctorado Interinstitucional en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Agropecuarios.

Periodo de directores

Parte importante para el crecimiento y fortalecimiento de la facultad en estos 50 años son los directores y sus respectivos cuerpos de gobierno que han tenido a bien y con gran responsabilidad estar acorde a las necesidades propias de esta institución educativa. El primer director fue el Ing. José Alberto Ceniceros Vázquez (DEP) durante el periodo 1972-1978, Ing. Rodrigo Silva Cardona periodo 1978-1981, Ing. Guillermo Leyva Gutiérrez periodo 1981-1983, Ing. Rubén Silos Calzada periodo 1984-1987, Ing. Jesús José Quiñones Vera año 1988 (director interino), Ing. Alejandro Martínez Ríos periodo 1988-2000, Ing. Manlio Enrique Ramírez Ramírez periodo 2000-2006, Ph. D. Edmundo Castellanos Pérez periodo 2006-2012, Ph. D. Juan José Martínez Ríos periodo 2012-2018, Dr. Cirilo Vázquez Vázquez periodo 2018 a la fecha.

Los jefes de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Agricultura y Zootecnia han sido, desde 1986 a la actualidad, el Dr. Celso Manuel Valencia Castro, el Dr. Felipe del Río Olague, el Ph. D. Enrique Salazar Sosa, el Ph.D. Juan José Martínez Ríos, el Dr. Rafael Zúñiga Tarango, el Dr. José Dimas López Martínez, el Dr. Cirilo Vázquez Vázquez, el Ph. D. Salvador Berumen Padilla, el Dr. Cirilo Vázquez Vázquez, el Dr. Ignacio Orona Castillo, y el Dr. Miguel Ángel Gallegos Robles.

Hechos relevantes

Semana de Agronomía. En mayo de 1989 en las instalaciones de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED se lleva a cabo la Primer Semana de Agronomía, siendo el coordinador el Lic. Gerardo Jiménez González, la cual posteriormente cambiaría a Semana Internacional de Agronomía debido a su característica de la participación de ponentes extranjeros. Este evento se ha realizado ininterrumpidamente año tras año desde su inicio, se llevó a cabo en los primeros cinco años en las instalaciones de la Facultad para posteriormente realizarse en la Ciudad de Gómez Palacio Dgo. en el Centro de Convenciones Francisco Zarco, en el auditorio de la empresa LALA, y en Salones de Convenciones de Hoteles de la Ciudad de Gómez Palacio. En la Cd. de Canatlán Dgo. se llevaron a cabo dos simposios sobre fruticultura dentro de la XIX y XX Semana Internacional de Agronomía en 2007 y 2008. En el 40 Aniversario de la Facultad se llevó a cabo la XXIV Semana Internacional de Agronomía en las instalaciones de la Facultad, así como en este 50 Aniversario de la Facultad se realiza de manera presencial y a distancia en sus instalaciones de Venecia Dgo. Debido a la contingencia del COVID 19 se llevaron a cabo la XXXII y XXXIII Semanas Internacionales de Agronomía a distancia.

Revista “AGROFAZ”. Consciente de la falta de divulgación del conocimiento que se generaba a través de investigación en la Facultad, el Dr. Rafael Zúñiga Tarango (DEP) propone crear una revista de corte técnico-científico en la cual se dieran a conocer los avances y resultados investigación en beneficio técnicos y productores del sector agropecuario de la región, consiguiendo la primera publicación de manera impresa

con apoyo del COCyTED la revista denominada "AGROFAZ" en el mes de junio del año 2001, al cual contenía 15 artículos derivados de trabajos realizados por investigadores de esta institución, rápidamente la revista tuvo aceptación en el medio. La revista a perdurado desde su creación hasta la actualidad, en el año 2014 paso de revista impresa a revista en formato digital con su respectivo sitio web en la internet

3er Congreso Nacional de Caprinocultores. En 2002 dentro del 30 Aniversario de la Facultad se realiza el 3er Congreso Nacional de Caprinocultores en sus instalaciones, evento organizado por las autoridades de la Facultad de Agricultura y Zootecnia y la Unión Ganadera Regional de Caprinocultores de la Región Lagunera (Coahuila y Durango) Reg. 110.

Acreditación CIEES. En marzo de 2008 en la Facultad se tuvo la visita de integrantes de los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES) encabezados por el Dr. José Luis Barrera Guerra. Los programas evaluados fueron el programa educativo de Ingeniero Agrónomo con Especialidad en Fitotecnia e Ingeniero Agrónomo Zootecnista, logrando el nivel I (nivel máximo), distinción que fue recibida por el rector de la UJED CP Rubén Calderón Luján.

Acreditación COMEAA. En marzo de 2010 en las instalaciones de la Facultad de Agricultura y Zootecnia recibió el Rector de la Universidad Juárez del Estado de Durango CP Rubén Calderón Luján de parte del presidente del Comité Mexicano de Acreditación de la Educación Agronómica A.C. (COMEAA) Dr. Fernando López Alcocer, la acreditación de los programas educativos de Ingeniero Agrónomo con especialidad en Fitotecnia e Ingeniero Agrónomo Zootecnista.

Sociedad Cooperativa. El 15 de junio de 2012 se formó la Sociedad Cooperativa de RL de CV Comunidad FAZ siendo Ph.D. J. Santos Serrato Corona el presidente.

Patronato Pro-Facultad. Se forma el Patronato Pro-Facultad de Agricultura y Zootecnia el 06 de septiembre de 2012 presidido por el Dr. Armando López Santos.

Reacreditación COMEAA. En 2015 se logra la reacreditación de los Programas Educativos de Ingeniero Agrónomo con Especialidad en Fitotecnia e Ingeniero Agrónomo Zootecnista, distinción recibida por el rector de la UJED CP Oscar Erasmo Navar García en las instalaciones de la Facultad.

Busto del Ing. José Alberto Cenicerros Vázquez. Dentro del 45 Aniversario de la Facultad, en 2017, se erige un busto del Ing. José Alberto Cenicerros Vázquez por parte de los egresados de la Facultad de Agricultura y Zootecnia. En ese año se pone el nombre al auditorio de "Alejandro Martínez Ríos".

Demostración de Maíces. En 2019 se lleva a cabo la Primer Demostración de Maíces en el campo agrícola de la Facultad de Agricultura y Zootecnia con participación de autoridades, alumnos, investigadores y productores.

Mejoras de infraestructura

En 2007 se pone una membrana al estanque agrícola de la Facultad de Agricultura y Zootecnia. En 2008 se remodelan los laboratorios y se hizo un reequipamiento de éstos, así como una remodelación de las salas audiovisuales y del auditorio. En 2010

se compra equipo para los talleres de Lácteos y de Carnes. En 2014 se hizo la remodelación de los cubículos de Fitotecnia y se compran e instalan los paneles solares. En 2015 se hace la sala de usos múltiples y se adquiere un autobús de pasajeros para la salida a prácticas. Entre 2016 y 2017 se construye la cerca perimetral frontal. En 2020 se conectan los paneles solares a la red eléctrica de la Facultad de Agricultura y Zootecnia. En 2022 se remodelan las instalaciones del Departamento de Zootecnia.

Comentario final

Este momento histórico nos permite hacer una pausa y reflexionar sobre los logros de la Facultad de Agricultura y Zootecnia en estos 50 años, la cual ha cumplido a cabalidad con su labor, se ha esforzado por renovarse y crecer con calidad mejorando su oferta educativa acorde a los retos enfrentados. Sin duda que con la experiencia ganada la FAZ esta lista para afrontar los retos venideros de nuevos tiempos.

¡Somos UJED, Somos FAZ!

Fuentes de información

Aclaración: el objetivo del presente escrito fue presentar una narrativa de hechos que los autores consideraron para la realización de un video y el comité editorial de la 34 Semana Internacional de Agronomía consideró relevante compartirlo en las memorias del evento. Una parte se toma del escrito presentado por Quiñones-Vera y Valencia-Castro en estas mismas memorias.

Se agradece la información que se tuvo a través de comunicación verbal: Ph.D. J. Santos Serrato Corona, Dr. Felipe del Río Olague, Ph.D. Salvador Berumen Padilla, MC. Teodoro Sánchez Olvera, MC. Gerardo Jiménez González, Ph.D. Juan José Martínez Ríos y M.C. Rafael Montañez Machado.

ÍNDICE

CONFERENCIAS MAGISTRALES

BREVE RESEÑA SOBRE LOS PRIMEROS AÑOS DE LA FAZ	1
<i>Jesús José Quiñones Vera, Celso Manuel Valencia Castro y Teodoro Sánchez Olvera (Primera Generación de Egresados ESAZ)</i>	
CLIMATE CHANGE, AND SUSTAINABILITY OF FARMING AND RANCHING IN THE CHIHUAHUAN DESERT	12
<i>Jerry L. Holechek, Francisco Molinar and Mohammed N. Sawalhah</i>	
PRODUCCIÓN DE LECHE EN ZONAS DE ESTRÉS TÉRMICO AGUDO.....	35
<i>Miguel Mellado</i>	
USO DE GONADOTROPINA CORIÓNICA HUMANA EN CABRAS ANOVULATORIAS DESPUÉS DE LA IATF SOBRE LA IMPLANTACIÓN EMBRIONARIA.....	49
<i>Bustamante-Andrade, Jorge Arturo; Esquivel-Romo, Amaury; López-Calderón, Magali Jeaneth y Gutierrez-Guzman, Ulises Noel</i>	

AGRICULTURA ORGÁNICA

BIOFERTILIZANTES COMO ALTERNATIVA DE PRODUCCIÓN EN DOS VARIEDADES DE MAÍZ FORRAJERO.....	57
<i>Steven Avila Jara, Miguel Ángel Gallegos Robles Uriel González Salas, José Luis García Hernández</i>	
BIOFORTIFICACIÓN CON YODO Y SU EFECTO EN LA CALIDAD NUTRACÉUTICA DEL CULTIVO DE LECHUGA	64
<i>Fortis-Hernández, Manuel; Acosta-Sánchez, Janet; Preciado-Rangel, Pablo; Ruíz-Ortega, Francisco Javier</i>	
EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL MÉTODO E INTENSIDAD DE COSECHA EN LA REGENERACIÓN DE <i>Euphorbia antisiphilitca</i> Zucc. EN UNA PLANTACIÓN FORESTAL COMERCIAL.....	71
<i>Antonio Cano-Pineda, Adrián Hernández-Ramos, Fátima López-López, Jonathan Hernández-Ramos y Xavier García-Cuevas.</i>	
HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN EL CRECIMIENTO INICIAL DE CAPSICUM ANNUUM Y CAPSICUM CHINENSE	79
<i>E. Herrera-Parra, J. A. Ramos-Zapata, J. Cristóbal-Alejo</i>	
EVALUACIÓN DE ALGODÓN ORGÁNICO EN DOS DENSIDADES DE SIEMBRA PARA EL SUR DE SONORA	88
<i>José Luis Félix-Fuentes, Ivón Alejandra Rosas-Jáuregui, Juan Manuel Cortes-Jiménez, José Eliseo Ortiz-Enríquez, Alma Ortiz-Avalos, y Guillermo Fuentes-Dávila.</i>	
EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE TRIGO DURO EN PRODUCCIÓN ORGÁNICA EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA.	92
<i>Ortiz-Avalos Alma Angélica, Cortés-Jiménez Juan Manuel, Rosas-Jauregui Ivón Alejandra y Félix-Fuentes José Luis</i>	
EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE TRIGO HARINERO EN MANEJO ORGÁNICO. VALLE DEL YAQUI, SONORA.	97
<i>Juan Manuel Cortés Jiménez, Alma Angélica Ortiz Avalos, José Luis Félix Fuentes, Ivón Alejandra Rosas Jauregui</i>	
EVALUACIÓN DEL EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS FOLIARES EN AVENA FORRAJERA VARIEDAD CUAUHTÉMOC	102
<i>Lugo-Palacios, Aarón David; Castellanos-Pérez, Edmundo; Gallegos-Robles, Miguel Ángel; Gutiérrez-Guzmán, Ulises Noel.</i>	

VARIABILIDAD DEL RENDIMIENTO DE TRIGO ORGANICO SIN FERTILIZACIÓN. VALLE DEL YAQUI, SONORA.	107
<i>Juan Manuel Cortés Jiménez, Alma Angélica Ortiz Avalos, José Luis Félix Fuentes, Ivón Alejandra Rosas Jauregui</i>	
GEOESTADISTICA APLICADA AL MODELADO ESPACIAL DE LA COBERTURA ARBUSTIVA DE Agave lechuguilla Torr.	112
<i>Dora Alicia García-García, Adrián Hernández-Ramos, Antonio Cano Pineda, Enrique Buendía-Rodríguez, Juan Carlos Tamarit-Urias.</i>	
SUELO MODIFICADO CON NANOPARTÍCULAS DE ZINC Y EL SULFATO DE ZINC AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS EN PLANTAS DE CILANTRO (Coriandrum sativum)	122
<i>Ruiz-Torres Norma, Flores-Naveda Antonio, Camposeco-Montejo Neymar, Álvarez-Vázquez Perpetuo y García-López Josué I</i>	
CUANTIFICACIÓN DE ALICINA EN AJO DE DOS LOCALIDADES EMPLEANDO CUATRO EXTRACTANTES	128
<i>Díaz Jiménez, Lourdes; Juan Manuel Covarrubias Ramírez, Salvador Carlos Hernández</i>	
EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CAPSAICINA EN CUATRO VARIEDADES DE CHILE	133
<i>Díaz Jiménez, Lourdes; Juan Manuel Covarrubias Ramírez, Salvador Carlos Hernández</i>	
COMPARACIÓN DE SOLVENTES PARA LA EXTRACCIÓN DE AZADIRACTINA DE HOJAS Y SEMILLAS DE NEEM	139
<i>Díaz Jiménez, Lourdes; Juan Manuel Covarrubias Ramírez, Salvador Carlos Hernández</i>	
DETERMINACIÓN DE CINAMALDEHIDO EN CANELA DE DOS LOCALIDADES MEDIANTE HPLC	145
<i>Covarrubias Ramírez, Juan Manuel; Díaz Jiménez, Lourdes; García Garza, Sergio Javier</i>	
EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE BAUVERIA BASSIANA Y PAECILOMYCES FUMOSOROSEUS EN EL CONTROL DE BEMISIA TABACI EN CULTIVO DE TOMATE	152
<i>Graciano-Obeso Adalid, García-Gutiérrez, Cipriano, Rodríguez-Apodaca Jesús Ramón y Olmedo-Cabrera Luis Eduardo</i>	
DETECCIÓN ELECTROQUIMICA DE CIPROFLOXACINA EN AGUAS RESIDUALES SIMULADAS USANDO UN ELECTRODO A BASE DE Ce_{0.8}Y_{0.2}O_{2-δ}	159
<i>Delgado-Calderón, Janis; Pérez Carreón, Andrea; González-Quijano, Diego; Padmasree-Karinjilottu, P.; Verduzco-Grajeda, Lidia E.</i>	
INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR EN LA VARIABILIDAD DE LAS SEQUÍAS DE UNA CUENCA PRODUCTORA DE AGUA ENTRE CHIHUAHUA Y SONORA	164
<i>Aldo Rafael Martínez-Sifuentes, José Villanueva-Díaz, Juan Estrada-Ávalos, Julián Cerano-Paredes, Ramón Trucíos-Caciano, Enrique Miguel-Valle</i>	
EFFECTO DE ESTIÉRCOL POLLINAZA COMO FERTILIZANTE ORGÁNICO EN EL CRECIMIENTO DEL MELÓN (Cucumis Melo)	172
<i>Torres-Macias, Sergio; González-Mancilla, Apolinar; Ríos-Vega, María Esther; Esquivel-Romo, Amaury; González-Mancillas, Rigoberto</i>	
EFFECTO DE EXTRACTOS DE PLANTAS DE NIM SOBRE EL CONTROL DE ADULTOS DE MOSCA BLANCA EN CULTIVO DE TOMATE	177
<i>Graciano-Obeso Adalid, Pollorena-López Gregorio, Beltrán-Burboa Cruz Enrique y Bojórquez-Olivas Kelvin Dariel</i>	
EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ LÍQUIDO SOBRE LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLAS Y PLÁNTULAS DE MELÓN	184

Neymar Camposeco Montejo, Perpetuo Álvarez Vásquez, Antonio Flores Naveda, Josué Israel García López Xóchitl Ruelas Chacon

CONTROL DE NEMATODOS EN VID DE MESA CON TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS 190

Martínez, Gerardo, Miranda, José Luis

SÍNTESIS QUÍMICA DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC Y SU EVALUACIÓN EN PLÁNTULAS DE LACTUCA SATIVA 194

Alma Patricia Galindo-Guzmán, Magdalena Galindo-Guzmán, Manuel Fortis-Hernández, Pablo Preciado-Rangel y Héctor Zermeño-González

EFFECTO ANTAGÓNICO DE BACTERIAS DE LA RIZÓSFERA DE GIRASOL (*Helianthus annuus* L.) Y CANOLA (*Brassica napus* L.) CONTRA HONGOS FITOPATÓGENOS 203

Ruth Elena Martínez Mendoza, María Genoveva Álvarez Ojeda, Javier González Quintero, Isidro Humberto Almeyda León

EFFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS Y BIOFERTILIZANTE EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ FORRAJERO Y LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO 210

Karla Ivette Ontiveros Borjón, Cirilo Vázquez Vázquez, Miguel Ángel Gallegos Robles, Ignacio Orona Castillo

EFFECTO DE DIFERENTES FUENTES DE FERTILIZACION EN EL RENDIMIENTO DE UN GENOTIPO DE CHILE SERRANO (*Capsicum annum* L.) EN LA COMARCA LAGUNERA 216

David Antonio Zúñiga Gracia, Miguel Ángel Gallegos Robles, Edmundo Castellanos Pérez, María Genoveva Álvarez Ojeda, J. Guadalupe Luna Ortega, José Luis García Hernández

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

PERFIL ANTIOXIDANTE DE CATORCE VARIETADES DE *Capsicum annum* PICANTE Y DULCE POR DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN 222

Mercedes Georgina Ramirez Aragon, Victoria Jared Borroel García, Lilia Salas Perez, Tania Lizzeth Guzman Silos

PRODUCCIÓN Y ASIGNACIÓN DE BIOMASA EN HÍBRIDOS COMERCIALES DE MAÍZ 231

Antuna-Grijalva, Oralia, Espinoza-Banda, Armando, Quiroz-Mercado, Jorge, Llaven-Valencia, Genny, Cervantes-Ortiz, Francisco

PRODUCCIÓN Y CONCENTRACIÓN DE JUGO Y AZÚCARES DE SORGOS DULCES EN EL NORTE DE TAMAULIPAS 235

Héctor Williams Alanís, Ulises Aranda Lara, Jorge Elizondo Barrón, Miguel Ángel Valdez Hernández, Odilón Gayosso Barragán

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y VALOR NUTRITIVO DE ENSILAJE DE CARTAMO A DIFERENTES ETAPAS FENOLÓGICAS 239

Sánchez-Duarte, Juan Isidro; Reta-Sánchez, David Guadalupe; Santana, Omar Iván; Reyes-González, Arturo; Ochoa-Martínez, Esmeralda

EVALUACIÓN DE PRONÓSTICOS QUINCENALES DE LLUVIA DURANTE EL TEMPORAL PARA LAS ÁREAS AGRÍCOLAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA 247

Miguel Ángel González-González, Arturo Corrales-Suasteguí, Luis Antonio González-Jasso, Mario Primitivo Narváez-Mendoza

¿EXISTE TENDENCIA EN LA BIOMASA VERDE EN LA AGRICULTURA DE AGUASCALIENTES, MÉXICO? 253

Miguel Ángel González-González

NITRÓGENO EN SUELOS Y HOJAS EN DOS PLANTACIONES COMERCIALES CON COCO ENANO VERDE DE BRASIL EN LA COSTA GRANDE DE GUERRERO, MÉXICO. 259

Ramírez-Silva, Jorge Humberto; Cortazar-Rios, Matilde; Ramírez-Jaramillo, Genovevo; Oropeza-Salín, Carlos Mariano y Rondón-Rivera, Dinosca Dulmary

POTASIO (K) EN SUELOS Y PLANTAS DE COCO EN PLANTACIONES COMERCIALES DE LA COSTA CHICA Y COSTA GRANDE EN GUERRERO, MÉXICO 266

Ramírez-Silva, Jorge Humberto; Cortazar-Rios, Matilde; Ramírez-Jaramillo, Genovevo; Oropeza-Salín, Carlos Mariano y Rondón-Rivera, Dinosca Dulmary

RESPUESTAS DE MATERIALES DE VIGNIA UNGUICULATA INOCULADOS CON CONSORCIOS DE HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES..... 273

E. Herrera-Parra, M. Escobedo-Cruz, J. A. Ramos-Zapata

EVALUACIÓN DE ALGODÓN CONVENCIONAL EN FECHAS DE SIEMBRA TEMPRANAS PARA EL SUR DE SONORA..... 280

José Luis Félix-Fuentes, Ivón Alejandra Rosas-Jáuregui, José Eliseo Ortiz-Enríquez, Alma Ortiz-Avalos, Juan Manuel Cortes-Jiménez y Guillermo Fuentes-Dávila.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE CHILE VERDE EN AGUASCALIENTES, MÉXICO..... 284

Mercedes Borja Bravo, Blanca Isabel Sánchez Toledano, Sergio Arellano Arciniega, Maihualy Martínez Fernández y Juan Samuel Guadalupe Jesús Alcalá Rico

PRONÓSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE HIGUERILLA (*Ricinus communis*) EN MÉXICO..... 292

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

RENDIMIENTO DE FORRAJE EN VARIEDADES DE TRITICALE EN TEMPORAL PARA EL ALTIPLANO SEMIÁRIDO DE MÉXICO 299

Johann Hernán Martínez-Laiton, Odilon Gayosso-Barragan, José Ángel Marroquín-Morales, Esteban Salvador Osuna-Ceja, Alejandro Javier Lozano-del Río

SIEMBRA DE GRANOS PEQUEÑOS CON SEMBRADORA NEUMÁTICA DE PRECISIÓN PARA AGRICULTURA DE TEMPORAL 303

García-Hernández, Raúl Vidal; Martínez-Reyes, Ernesto; Rojas-Santillán, Carlos; Borja-Bravo, Mercedes y Arellano-Arciniega, Sergio

SIEMBRA DE MAÍZ A ALTAS DENSIDADES MEDIANTE SEMBRADORAS DE PECISIÓN PARA CONDICIONES DE TEMPORAL 309

García-Hernández, Raúl Vidal; Rojas-Santillán, Carlos; Martínez-Reyes, Ernesto; Arellano-Arciniega, Sergio y Borja-Bravo, Mercedes

EFFECTIVIDAD DE HERBICIDAS CONVENCIONALES, ORGÁNICOS Y EXTRACTOS DE VEGETALES EN EL CONTROL DEL ZACATE JOHNSON *Sorghum halepense* (L.) Pers. 314

José Luis Arispe Vázquez, David Heriberto Noriega Cantú

EVAPOTRANSPIRACION HISTORICA COMO HERRAMIENTA PARA LA PROGRAMACION DEL RIEGO EN NOGAL..... 320

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

CONTROL QUIMICO DE *Solanum elaeagnifolium* Cav. EN EL NORTE DE TAMAULIPAS 326

Miguel Ángel Valdez Hernández, Rosendo Hernández Martínez, Martín Espinosa Ramírez y Ma. Eugenia Cisneros López

VARIACIÓN MORFOLÓGICA EN FRUTOS DE CHILE PIQUÍN (*Capsicum annum* L. var. *glabriusculum*) EN GUASAVE, SINALOA 331

Ramiro Maldonado Peralta, Delfina Salinas Vargas, Guadalupe Parra Bojórquez

PERSISTENCIA Y DIVERSIDAD GENÉTICA DE VARIEDADES CRIOLLAS DE FRIJOL CULTIVADAS EN DURANGO..... 336

Saúl Santana Espinoza, Donaji Sierra Zurita, Rigoberto Rosales Serna

DIVERSIDAD GENÉTICA EN GERMOPLASMA CRIOLLO DE FRIJOL CULTIVADO EN DIFERENTES MUNICIPIOS DE DURANGO 342

Saúl Santana Espinoza, Donaji Sierra Zurita, Rigoberto Rosales Serna

PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE FORRAJE DEL FRIJOL GUAR CULTIVADO BAJO CONDICIONES DE RIEGO EN DURANGO	349
Saúl Santana Espinoza, Rigoberto Rosales Serna, Rafael Jiménez Ocampo, Esperanza Herrera Torres, y Donají Sierra Zurita	
LA TÉCNICA DE SOLARIZACIÓN COMBINADA CON APLICACIÓN DE ALCOHOLES PARA INCREMENTAR LA GERMINACIÓN Y MEJOR PRODUCCIÓN DE FRIJOL (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	356
Avila-Cisneros; R, Rocha-Quiñones; J.L, Ogaz; A, Peña-Revuelta, B.P. y Avila-Berúmen; M.Y	
ADAPTABILIDAD DE LA VARIEDAD DE HIGUERILLA SAB 14 EN VARIOS AMBIENTES DEL NORTE-CENTRO DE MÉXICO	364
Sergio Arellano Arciniega, Rigoberto Rosales Serna, Rafael Jiménez Ocampo, Mercedes Borja Bravo y Ernesto Martínez Reyes	
EFFECTO DE BIOFUNGICIDAS CONTRA ROYA DE LA HOJA (<i>Puccinia triticina</i>) SOBRE EL RENDIMIENTO EN LA VARIEDAD DE TRIGO CRISTALINO CIRNO C2008	373
Ivón Alejandra Rosas - Jáuregui, José Luis Félix - Fuentes, Guillermo Fuentes - Dávila, Alma Angélica Ortiz - Avalos, Juan Manuel Cortes - Jiménez	
EFFECTO DE DENSIDADES DE POBLACIÓN SOBRE TAMAÑO DE BULBO Y RENDIMIENTO DE CEBOLLA BAJO FERTIRRIGACIÓN EN CELAYA, GTO.	379
Alejandro Rodríguez Guillén, Salvador Villalobos Reyes, Pedro Antonio Dávalos González	
VALIDACIÓN DE LÍNEAS ELITE Y VARIEDADES DE CÁRTAMO (<i>Cartamus tinctorius</i> L.) EN EL VALLE DEL YAQUI	385
Xochilt M. Ochoa Espinoza, Nestor Aguilera Molina, Elco H. García Bolívar, Lope Montoya Coronado, Eva Ávila Casillas	
EL CULTIVO DE TOMATE BAJO MALLA SOMBRA EN LA COMARCA LAGUNERA: INDICADORES TÉCNICOS Y ECONÓMICOS	391
Ignacio Orona Castillo, Misael Flores Vázquez, Cirilo Vázquez Vázquez, Florencio Jiménez Díaz, Juan Estrada Ávalos y Homero Sánchez Galván	
ENSAMBLE MULTIMODELO HÍBRIDO PARA PREDICCIÓN DE LLUVIA TRIMENSUAL SOBRE ÁREAS AGRÍCOLAS EN MÉXICO.....	396
Miguel Ángel González-González, Arturo Corrales Suastegui, Mario Primitivo Narváez Mendoza, Luis Antonio González Jasso	
FERTILIZACIÓN FOLIAR CON NANOPARTICULAS DE COBRE PARA MEJORAR CALIDAD NUTRACÉUTICA EN EL CULTIVO DE LECHUGA	403
Fortis-Hernández, Manuel; González-Rodríguez, Tony; Espinoza-Palomeque, Bernardo; Preciado-Rangel, Pablo; Zermeño-González, Héctor	
NANOPARTICULAS DE ÓXIDO DE ZINC Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD NUTRACÉUTICA Y ACTIVIDAD ENZIMÁTICA EN <i>Ocimum basilicum</i> L.	410
Fortis-Hernández, Manuel; De la Rosa-Reta, Claudia Verónica; Preciado-Rangel, Pablo; Galindo-Guzmán, Magdalena; Zermeño-González, Héctor	
TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE BAJO COSTO PARA UNA CELDA DE CARGA	419
Martínez-Reyes, Ernesto, Hernández-Zamora, Kimberly, García-Hernández, Raúl Vidal y Rojas-Santillán, Carlos	
FUERZA DE RUPTURA DE SEMILLAS DE PINO PIÑONERO (<i>Pinus cembroides</i> Zucc.)	427
Martínez-Reyes, Ernesto, Arellano-Arciniega, Sergio, Rojas-Santillán, Carlos y García-Hernández, Raúl Vidal	
PRODUCTIVIDAD DE TOMATE POR EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DOLOMITA COMO FUENTE DE CALCIO Y MAGNESIO	434
Báez-Pérez, Aurelio, Moreno-Gómez, Blanca, Olivares-Arreola, Edgar Adrián	
AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE CEPAS DE HONGOS NEMATÓFAGOS PARA BIOCONTROL DE FITOPARÁSITOS QUE AFECTAN EL CULTIVO DE JITOMATE	440

Moreno-Gómez, Blanca, Báez-Pérez, Aurelio, Vázquez-Ramírez, Gabriela

Control biológico del damping off ocasionado por *Fusarium sp.*, *Rhizoctonia sp.*, y *Pythium sp.* EN plántulas DE CHILE (*Capsicum annuum L.*) 445

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

EFFECTO DE LA PODA DE RAICES EN LA INOCULACIÓN DE *Fusarium sp.* EN PLANTULAS DE AGAVE (*Agave duranguensis Gentry*) 450

Ramírez-Valadez María Gabriela y Martínez-Fernández Maihualy

DEPRESIÓN ENDOGÁMICA EN CRUZAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum L.*) ÉLITE POR MATERIALES NATIVOS..... 455

Bonilla-Barrientos Olga, Hernández-Leal Enrique, Franco-Gaytán Iván, Lobato-Ortiz Ricardo, García-Zavala J. de Jesús.

ETAPAS FENOLÓGICAS EN GENOTIPOS NATIVO Y CONVENCIONALES DE ALGODÓN (*Gossypium hirsutum L.*) 462

Bonilla-Barrientos Olga, Hernández-Leal Enrique, Franco-Gaytán Iván, Maltos-Buendía Jorge, Martínez-Yáñez Beatriz

EVALUACIÓN DE CRUZAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum L.*) ÉLITE POR MATERIALES NATIVOS 469

Bonilla-Barrientos Olga, Hernández-Leal Enrique, Franco-Gaytán Iván, Lobato-Ortiz Ricardo, García-Zavala J. de Jesús

DISEÑO DE UNA ARQUITECTURA IoT PARA EL MONITOREO DE UN INVERNADERO INTELIGENTE 474

Palomares-Adame, Alma Verónica; Tobar-Gutiérrez, Javier; Torrero-Flores, Claudia Josefina; Hernández-Antúnez, Aleida

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL NITRÓGENO (N-NO₃) EN UN SUELO DEDICADO A COCOTERO EN LA COSTA GRANDE DE GUERRERO, MÉXICO. 482

Ramírez-Silva, Jorge Humberto; Cortazar-Rios, Matilde; Ramírez-Jaramillo, Genovevo; Oropeza-Salín, Carlos Mariano y Rondón-Rivera, Dinosca Dulmary

EVALUACIÓN Y PRODUCTIVIDAD DE GENOTIPOS DE PAPA DEL INIFAP POR RESISTENCIA AL TIZÓN TARDÍO. 489

Víctor M. Parga Torres, Sarai Fuentes Soriano y Víctor M. Zamora Villa

CARACTERIZACIÓN DE VARIEDADES CRIOLLAS MEJORADAS DE AGUACATE DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN, MEXICO. 497

Efraín Acosta Díaz, Isidro Humberto Almeyda León, Carlos Miguel Ramos Cruz, J. Saúl Padilla Ramírez

IDENTIFICACIÓN GENÓTIPICA DE ACCESIONES DE NARANJO DULCE MEDIANTE MICROSATÉLITES AMPLIFICADOS AL AZAR (RAMs) 504

Isidro Humberto Almeyda León, Efraín Acosta Díaz, María Genoveva Álvarez Ojeda, Raúl Rodríguez Guerra, Carlos Miguel Ramos Cruz

EFICIENCIA DEL MICROTUNEL Y PRODUCTOS BIOLÓGICOS EN LA PRODUCCIÓN DE TUBÉRCULOS DE PAPA (*Solanum tuberosum L.*) PARA SEMILLA..... 511

Isidro Humberto Almeyda León, Margarita Díaz Valasis, Víctor Manuel Parga Torres, María Genoveva Álvarez Ojeda, Martha Blanca Guadalupe Irizar Garza

COLECTA, MANTENIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LOS AGAVES DE YUCATAN 519

Guerrero Medina, Rubén; Díaz Plaza, Raúl

ACTIVIDAD ANTAGÓNICA DE *Trichoderma spp.* SOBRE *Macrophomina phaseolina* EN AJONJOLÍ (*Sesamum indicum L.*) EN EL NORTE DE SINALOA 525

Víctor Hugo Aguilar Pérez, Alma Rosa Solano Báez, Elizabeth García León, Rosa María Longoria Espinoza y Guillermo Márquez Licóna

EVALUACIÓN DE DIFERENTE FECHA DEL PRIMER RIEGO DE AUXILIO EN CÁRTAMO FORRAJERO.....	531
<i>Elco Humberto García Bolívar, José Ángel Marroquín Morales, Xóchilt Militza Ochoa Espinoza, Néstor Alberto Aguilera Molina, Lope Montoya Coronado</i>	
EVALUACION DE DENSIDADES DE PLANTA Y PRODUCCION DE MATERIA SECA CON DIFERENTES RÉGIMENES DE RIEGO PARA EL CARTAMO FORRAJERO FORRCART 2020. .	537
<i>Elco Humberto García Bolívar, Xochilt Militza Ochoa Espinoza, Nestor Alberto Aguilera Molina, José Ángel Marroquín Morales, Lope Montoya Coronado</i>	
VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA HARINA DE FRIJOL	542
<i>Blanca I. Sánchez Toledano y Raquel Cruz Bravo</i>	
SITUACIÓN FUTURA DE LA CADENA PRODUCTIVA DE CHILE VERDE	549
<i>Blanca Isabel Sánchez Toledano, Jaime Mena Covarrubias y Manuel Reveles Hernández</i>	
MÁRGENES DE COMERCIALIZACIÓN DEL CHILE POBLANO (<i>Capsicum annuum</i> var. <i>Annuum</i>) EN AGUASCALIENTES, MÉXICO	556
<i>Blanca Isabel Sánchez Toledano, Mercedes Borja Bravo, Sergio Arellano Arciniega y Maihualy Fernández Martínez</i>	
ARQUITECTURA IoT DE CUATRO CAPAS PARA EL MONITOREO DE CAUDALES EN CANALES Y ESTRUCTURAS DE CONTROL.....	561
<i>Ruiz-Ortega, Javier; Cuéllar-Vázquez, José Enrique; Cepeda-Rubio, Abril; Vázquez-Fernández, Claudia María Teresa; Simental Gutiérrez, Cecilio</i>	
ALTERNATIVAS SUSTENTABLES PARA EL CONTROL DE ARVENSES EN NOGAL PECANERO	566
<i>Urrieta Velázquez José Alberto, Puente Valenzuela Cristo Omar, Zelaya Molina Lily Xochitl, Chávez Días Fernando Ismael, Lagarda Murrieta Ángel</i>	
EFFECTO DEL COADYUVANTE EN HERBICIDAS ORGÁNICOS A BAJAS DOSIS ALTERNATIVOS AL GLIFOSATO	573
<i>Ma. Eugenia Cisneros López, Martín Espinosa Ramírez, Rosendo Hernández Martínez y Enrique Rosales Robles</i>	
RESPUESTA DEL CULTIVO DE SANDÍA (<i>Citrullus lanatus</i>) A LA APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTES EN EL MUNICIPIO DE TLAHUALILO, DURANGO.....	581
<i>Flores-Vázquez Misael, Ríos-Vega María Esther, Urrutia-Olivares Ma. de Jesús, González-Mancilla Apolinar, Bustamante-Andrade Jorge Arturo</i>	
PRODUCCIÓN DE MAÍZ DE INVIERNO-PRIMAVERA, Y SU RELACIÓN CON FACTORES CLIMÁTICOS EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA.....	588
<i>Félix-Valencia, Pedro; Fuentes-Dávila, Guillermo; Torres-Cruz, María Monserrat; y Ortiz-Enríquez, José Eliseo</i>	
AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN: UNA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN A LA SALINIDAD DE LOS SUELOS DEL VALLE DEL MEZQUITAL, HIDALGO.....	595
<i>Brenda Ponce Lira, Karina Aguilar Arteaga, Luis Díaz Batalla</i>	
SEC BIOS: UNA ALTERNATIVA ORGÁNICA PARA EL CONTROL DE <i>Amarantus palmeri</i> S. WATS EN PRE SIEMBRA EN EL NORTE DE TAMAULIPAS	602
<i>Martín Espinosa Ramírez, Miguel Ángel Valdés Hernández y Ma. Eugenia Cisneros López</i>	
RIESGO DE MERCADO DE PRODUCTOS HORTÍCOLAS DE JALISCO	608
<i>Erick Baltazar Brenes</i>	
RESPUESTA DEL LIXIVIADO DE LOMBRIZ COMO FERTILIZANTE EN EL DESARROLLO DE PLÁNTULA DE TOMATE (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.).....	613
<i>MC. Maihualy Martínez Fernández, M. C. María Gabriela Ramírez Valádez</i>	

CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE CHILE EN DURANGO.....	622
<i>M. C. Maihualy Martínez Fernández, Dra. Mercedes Borja Bravo, M. C. Sergio Arellano Arciniega, Dra. Blanca Isabel Sánchez Toledano</i>	
PATÓGENOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE FRIJOL EN DURANGO	628
<i>M. C. Maihualy Martínez Fernández, M. C. María Gabriela Ramírez Valádez</i>	
EVALUACIÓN DE GOMA XANTANA EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE HARINA COMPUESTA DE FRIJOL/MAÍZ Y EN LA PRODUCCIÓN DE PANQUÉ.....	635
<i>Juan José Figueroa-González, José Ángel Cid-Ríos</i>	
COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA AMBIENTE Y FRIGORÍFICA EN LA PÉRDIDA DE PESO E ÍNDICE VISUAL DE DORMICIÓN EN AJO (<i>Allium sativum</i> L.) PARA CONSUMO FRESCO	640
<i>Juan José Figueroa González, Manuel Reveles Hernández</i>	
COMPORTAMIENTO DE LINEAS EXPERIMENTALES DE CÁRTAMO (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA, MÉXICO.	644
<i>Néstor Alberto Aguilera Molina., Xochilt Militza Ochoa Espinoza., Elco Humberto García Bolívar., Lope Montoya Coronado., Eva Ávila Casillas</i>	
EFFECTO DEL CAMBIO DE pH ÁCIDO Y ULTRASONICACIÓN EN LAS PROPIEDADES TECNOFUNCIONALES EN PROTEÍNA NATIVA DE AMARANTO	650
<i>Juan José Figueroa-González, Consuelo Lobato-Calleros, Eduardo Jaime Vernon-Carter, Eleazar Aguirre-Mandujano</i>	
IDENTIFICACIÓN DE VIROIDES EN EL CULTIVO DE MANDARINA: INCIDENCIA Y SEVERIDAD.	657
<i>Juan Jasso-Argumedo</i>	
INFLUENCIA DE LA FECHA DE SIEMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE GRANO EN TRIGO CRISTALINO Y HARINERO.....	663
<i>Aispuro Arana, Eduardo Abigail; Díaz Cenicerros, Huizar Leonardo; Hidalgo Ramos, Dreyli Maygualida; García Urías, Julio Cesar; Aispuro Arana, Francisco Humberto; Marroquín Morales, José Ángel</i>	
IMPACTO DE FECHAS DE SIEMBRA SOBRE EL RENDIMIENTO DE GRANO EN TRIGO CRISTALINO (<i>Triticum durum</i> Desf.).....	669
<i>Aispuro-Arana, Eduardo Abigail; Diaz-Cenicerros, Huizar Leonardo; Salazar-Huerta, Francisco Javier; Aispuro-Arana, Francisco Humberto; Marroquín-Morales, José Angel</i>	
Caracterización morfológica y molecular de hongos asociados a <i>Valeriana ceratophylla</i> Kunth de Molcaxac, Tepexi de Rodríguez, Puebla.....	675
<i>Lucas Ortiz Patricia, Guillermo Márquez Licono Alma Rosa Solano Báez Marco Antonio Hurtado Salgado Hilda Elizabet Flores Moctezuma</i>	
EVALUACIÓN DE INSECTICIDAS BIORRACIONALES PARA EL MANEJO DE GUSANO DE LA CÁPSULA (<i>Heliothis</i> spp.) Y GUSANO SOLDADO (<i>Spodoptera exigua</i> H.), EN EL CULTIVO DE GARBANZO EN EL SUR DE SONORA.....	680
<i>Néstor Alberto Aguilera Molina, Isidoro Padilla Valenzuela, Juan de Dios Amarillas Chicuate y Yenire Yanelli Buitimea Valenzuela</i>	
ESTUDIO DETALLADO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DEL RANCHO SAN MIGUEL INLUM EN YUCATÁN, MÉXICO	684
<i>Ramírez-Jaramillo G, Ramírez Silva J. H., Lozano Contreras M. G</i>	
POTENCIAL PRODUCTIVO DE <i>Vigna unguiculata</i> L., BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN MÉXICO.....	690

Ramírez Jaramillo G, Lozano Contreras M. G., Ramírez Silva J. H

PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA AUMENTAR PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD DE MAÍZ EN EL BAJÍO..... 697

Aurelio Báez Pérez, Bertha Patricia Zamora Morales, Edgar Adrián Olivares Arreola

RESPUESTA EN RENDIMIENTO Y CALIDAD DE CEBOLLA A DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA CON FERTIRRIEGO EN EL BAJÍO 702

Alejandro Rodríguez Guillén, Salvador Villalobos Reyes, Pedro Antonio Dávalos González

RESPUESTA DE CHILE ANCHO (POBLANO) A VARIAS DOSIS DE N Y TENSIONES DE HUMEDAD EN EL SUELO CON FERTIRRIEGO EN LA REGIÓN DEL BAJÍO 709

Alejandro Rodríguez Guillén, Salvador Villalobos Reyes, Pedro Antonio Dávalos González:

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DOS VARIEDADES DE *Stevia rebaudiana* Bertoni EN SUELOS KANCAB, DEL ESTADO DE YUCATÁN..... 716

M. G. Lozano-Contreras, G. Ramírez-Jaramillo, J. H. Ramírez-Silva

COMPORTAMIENTO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ A ENFERMEDADES FOLIARES EN EL SUR DE SONORA 721

Ramírez Arredondo José Alfonso, Valenzuela Borbón Jesús Rafael y Armenta Cejudo Ramón Antonio

SEVERIDAD DE ENFERMEDADES FOLIARES DEL MAÍZ EN EL SUR DE SONORA..... 726

Ramírez Arredondo José Alfonso

POTENCIAL FORRAJERO DE BRÁSICAS EN COMPARACIÓN CON CEREALES DE OTOÑO-INVIERNO EN LA COMARCA LAGUNERA..... 731

David Guadalupe Reta Sánchez, Juan Isidro Sánchez Duarte, Esmeralda Ochoa Martínez, Arturo Reyes González, Karla Rodríguez Hernández

PRODUCTIVIDAD DE BIOMASA OBTENIDA EN PODAS DE ACLAREO EN NOGAL CULTIVADO EN PLANTACIONES COMERCIALES DE DURANGO..... 739

Donaji Sierra Zurita, Saúl Santana Espinoza, Rigoberto Rosales Serna, Julio César Ríos Saucedo y Artemio Carrillo Parra

CARACTERIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA BIOMASA OBTENIDA EN PODAS DE ACLAREO EN NOGAL CULTIVADO EN DURANGO..... 745

Donaji Sierra Zurita, Saúl Santana Espinoza, Rigoberto Rosales Serna, Julio César Ríos Saucedo y Artemio Carrillo Parra

IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PHVA PARA MAXIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE ELOTE EN EL DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea Mays* L.) EN LA COMARCA LAGUNERA. 751

Rocha-Quiñones; J.L., Ávila-Cisneros, Moreno-Avedaño, O; Juárez-Espinoza, M

IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PHVA PARA MAXIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN EL CULTIVO DE MELÓN (*Cucumis melo* L.) EN LA COMARCA LAGUNERA. 758

Rocha-Quiñones; J.L., Ávila-Cisneros; R., Juárez-Espinoza; M., Moreno-Avedaño; O

ANÁLISIS DEL MERCADO DE AGUACATE EN JALISCO 764

Erick Baltazar Brenes

EFFECTO DE HERBICIDAS PARA EL CONTROL DE MALEZA EN LA REGIÓN DEL VALLE DEL YAQUI, SONORA..... 768

Marroquín-Morales José Á; Tamayo-Esquer Luis M; Cantúa-Ayala Jesús A; Parra-Cota Fannie I; Armenta-Castro Cesar M

EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN EL SUR DE SONORA 773

Marroquín-Morales José Á, Gayosso-Barragán Odilón, García-Bolívar Elco H, Montoya-Coronado Lope, Hidalgo-Ramos Dreyf M.

EVALUACIÓN DE INSECTICIDAS CONTRA MOSCA BLANCA Y SU EFECTO EN INSECTOS BENEFICOS EN ALGODONERO.....	777
<i>Hernández-Leal Enrique, Maltos-Buendía Jorge, Franco-Gaytán Iván, Nava-Camberos Urbano, Ávila-Rodríguez Verónica, Sánchez-Galván Homero</i>	
EVALUACIÓN DE HERBICIDAS ORGÁNICOS Y SINTÉTICOS PARA EL CONTROL DE MALEZAS ANUALES.....	784
<i>Marroquín-Morales José Á.; Tamayo-Esquer Luis M.; Cantúa-Ayala Jesús A.; Parra-Cota Fannie I.; Armenta-Castro Cesar M.</i>	
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA CON RIEGO EN CONDICIONES DE CALENTAMIENTO GLOBAL ...	788
<i>Leonardo Pulido Madrigal, Jaquelin Pulido Real</i>	
DRENAJE Y ENERGÍA EÓLICA PARA AUMENTAR RENDIMIENTO EN SUELOS AGRÍCOLAS ENSALITRADOS.....	796
<i>Leonardo Pulido Madrigal, Jaquelin Pulido Real</i>	
INCIDENCIA Y PATOGENICIDAD DE HONGOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE GUAR (<i>Cyamopsis tetragonoloba</i> L.) EN EL NORTE DE SINALOA.....	804
<i>García-León, Elizabeth; Tovar-Pedraza, Juan Manuel; Ortiz Enríquez, José Eliseo, Bárcenas-Santana, Daniel; Aguilar-Pérez, Víctor Hugo</i>	
EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE TRIGO DURO CON DIFERENTES REGÍMENES DE RIEGO EN EL SUR DE SONORA.....	809
<i>Borbón-Gracia Alberto, Díaz-Ceniceros Huizar Leonardo, Marroquín-Morales José Ángel, Fuentes-Dávila Guillermo y Chávez-Villalba Gabriela.</i>	
EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE TRIGO CON DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL SUR DE SONORA.....	814
<i>Borbón-Gracia Alberto, Díaz-Ceniceros Huizar Leonardo, Fuentes-Dávila Guillermo, Chávez-Villalba Gabriela y Jorge Iván Alvarado Padilla.</i>	
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO de VARIEDADES DE CEBADA EN EL VALLE DE SANTO DOMINGO, Baja California sur	819
<i>Navejas Jiménez Jesús, Gámez Vázquez Francisco Paúl, Gámez Vázquez Alfredo Josué, Loya Ramírez José Guadalupe, Mercado Mancera Gustavo</i>	
CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE MAÍZ AZUL, RAZA CÓNICO NORTEÑO.....	824
<i>Edelmira Alarcón-Álvarez, Odilon Gayosso-Barragan, José Ángel Marroquín-Morales, Griselda Chávez-Aguilar, Ulises Aranda Lara.</i>	
ENSAYO CON GENOTIPOS DE CÁRTAMO EN EL VALLE DE SANTO DOMINGO, BAJA CALIFORNIA SUR	828
<i>Navejas Jiménez Jesús, Cota Barreras Carlos Ivan, Montoya Coronado Lope, Zamora Salgado Sergio, Mercado Mancera Gustavo.</i>	
ESTABILIDAD Y RENDIMIENTO DE HÍBRIDOS EXPERIMENTALES DE MAÍZ.....	834
<i>Espinoza-Banda, Armando; Antuna-Grijalva, Oralia; Coyac-Rodríguez, José Luis; Andrio-Enríquez, Enrique</i>	
EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE NARANJA TARDÍA EN NUEVO LEÓN, MÉXICO	839
<i>Carlos Miguel Ramos-Cruz, Emilia Raquel Pérez-Evangelista, Juan Martínez-Medina, Isidro Humberto Almeyda-León y Efraín Acosta-Díaz</i>	
DIVERSIDAD DE FRIJOL SILVESTRE EN TAMAULIPAS, MÉXICO	846
<i>Efraín Acosta-Díaz, Carlos Miguel Ramos-Cruz, Isidro Humberto Almeyda-León, y J. Saúl Padilla-Ramírez</i>	
TEMPERATURA BASE Y GRADOS DÍAS DESARROLLO PARA DOS VARIEDADES DE NOPAL TUNERO (<i>Opuntia</i> spp.)	852
<i>Guillermo Medina-García, Jorge A. Zegbe-Domínguez, José Israel Casas-Flores</i>	

TRANSFERENCIA Y AMPLIACIÓN DE APLICACIÓN WEB PARA PRONOSTICAR HELADAS EN CHIHUAHUA (HELADET).....	859
Luis. A. González Jasso, Noé Chávez Sánchez, Miguel A. González González, Arturo Corrales Suastegui, Mario P. Narvárez Mendoza	
APLICACIÓN DE ESCRITORIO PARA EL PRONÓSTICO DE CRECIMIENTO DE PLAGAS EN CHIHUAHUA.....	865
Luis. A. González Jasso, Noé Chávez Sánchez	
BIOFORTIFICACIÓN CON YODO EN EL CULTIVO DE VID Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD NUTRACÉUTICA	871
Valeria Belem Ramírez-Gottfried, Reyna Roxana Guillén-Enríquez, Esteban Favela-Chavez, Pablo Preciado-Rangel	
CALIDAD DE FIBRA EN GENOTIPOS NATIVOS Y CONVENCIONALES DE ALGODÓN (<i>Gossypium hirsutum</i> L.).....	876
Hernández-Leal Enrique, Bonilla-Barrientos Olga, Franco-Gaytán Iván, Maltos-Buendía Jorge, Martínez-Yáñez Beatriz	
DIVERSIDAD DE GENOTIPOS NATIVOS Y CONVENCIONALES DE ALGODÓN (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) RESPECTO A SU CALIDAD DE FIBRA	884
Enrique Hernández Leal, Olga Bonilla Barrientos, Iván Franco Gaytán, Jorge Maltos Buendía, Beatriz Martínez Yáñez	
PRESENCIA DE ROYA DE LA HOJA (<i>Puccinia triticina</i> Eriks.) EN LOS VALLES DEL YAQUI Y MAYO DURANTE EL CICLO 2021-22.....	890
Fuentes-Dávila, Guillermo; Torres-Cruz, María Monserrat; Félix-Valencia, Pedro; Rosas-Jáuregui, Ivón Alejandra; Félix-Fuentes, José Luis	
EVALUACIÓN DE LA REACCIÓN A LA PUNTA NEGRA EN VARIEDADES Y LÍNEAS DE TRIGO CRISTALINO Y HARINERO DURANTE EL CICLO AGRÍCOLA 2014-2015	897
Fuentes Dávila Guillermo; Borbón-Gracia Alberto; Díaz Ceniceros Huizar Leonardo; Félix Valencia Pedro; y Torres-Cruz María Monserrat	
EVALUACIÓN DE LÍNEAS ELITE Y VARIEDADES DE CÁRTAMO (<i>Cartamus tinctorius</i> L.) EN EL VALLE DEL YAQUI.....	903
Xochilt M. Ochoa Espinoza, Nestor A. Aguilera Molina, Elco H. García Bolívar, Lope Montoya Coronado, Eva Ávila Casillas.	
INFLUENCIA DEL NIÑO EN EL INCREMENTO RADIAL ANUAL DEL ENCINO (<i>Quercus canbyi</i> Trel.).....	909
Constante-García, Vicenta, Villanueva-Díaz, José y Nava-Reyna, Erika	
INTERNET DE LAS COSAS (IoT) Y RIEGO INTELIGENTE: ALTERNATIVAS EN EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN HUERTAS DE NOGAL	917
Juan G. Martínez Rodríguez, Juan Manuel Covarrubias Ramirez e Ignacio Orona Castillo	
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA: SEMBRADORA MECÁNICA DE PRECISIÓN INIFAP	923
Rojas-Santillán, Carlos; García-Hernández, Raúl Vidal y Martínez-Reyes, Ernesto.	
DIVERSIDAD DE SEMILLAS DE CHILES EN LA REGIÓN LAGUNERA DE DURANGO, MEXICO	930
Iván Franco Gaytan, María Gabriela Ramírez Valadez, Jorge Maltos-Buendía, Enrique Hernández-Leal, Olga Bonilla Barrientos, Beatriz Martínez Yáñez	
SELECCIÓN DE ACTINOBACTERIAS ANTAGÓNICAS CONTRA HONGOS PATÓGENOS DE RAÍZ	938
Roberto Carlos González-Gutiérrez, Raúl Rodríguez-Guerra, Raúl Asael Rodríguez-Villarreal, Efrén Ricardo Robledo-Leal, Ángel Ismael Narvárez-Rodríguez	

CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS QUE INFLUYEN EN EL RENDIMIENTO DE SEMILLA DE VARIEDADES DE CEBADA	946
<i>Miguel Angel Avila Perches, Ramón Huerta Zurita, Alfredo Josué Gámez Vázquez, Mauro Refugio Zamora Díaz, Andrés Mandujano Bueno</i>	
ESTUDIO DEL POTENCIAL DE ENERGÍA SOLAR EN MÉXICO MEDIANTE MODELOS CLIMÁTICOS REGIONALES	952
<i>Marmolejo-Rincón, Duilio Daniel; Corrales-Suastegui, Arturo; Verduzco-Grajeda, Lidia Elizabeth; González-González, Miguel Angel; Narváez-Mendoza, Mario P</i>	
EFFECTO DE LA DEFORESTACIÓN EN PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA DURANTE EL VERANO EXTENDIDO EN MÉXICO.....	960
<i>Corrales-Suastegui, Arturo; González-González, Miguel Angel; Pavia, Edgar G; González-Ramírez, Javier; Cepeda-Morales, Jushiro</i>	
POTENCIAL DE ENERGÍA EÓLICA EN MÉXICO USANDO SIMULACIONES DEL CORDEX-CORE	967
<i>Romo-Díaz, Alma Karina; Corrales-Suastegui, Arturo; Verduzco-Grajeda, Lidia Elizabeth; González-González, Miguel Angel; González-Jasso, Luis Antonio</i>	
RENDIMIENTO EN FRESCO Y GRANO DE EXPORTACIÓN DEL GARBANZO BLANCO EN EL SUR DE SONORA.....	974
<i>Isidoro Padilla Valenzuela, Víctor Valenzuela Herrera, Milagros Ramírez Soto y Brenda Zulema Guerrero Aguilar</i>	
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO EN VID CON Y SIN MANEJO DESPUÉS DE COSECHA	981
<i>Manuel Antonio Galindo-Reyes, Baltazar-Brenes, Erick; Monárrez-González, José Carlos; Macías-Valdez, Luis Martin; y Domínguez-López, René</i>	
RENDIMIENTO, CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y CONTENIDO DE PROTEÍNA DE CEBADA DE DOS Y SEIS HILERAS.....	986
<i>Miguel Angel Avila Perches, Ramón Huerta Zurita, Alfredo Josué Gámez Vázquez, Mauro Refugio Zamora Díaz, Francisco Paúl Gámez Vázquez</i>	
RESPUESTA A FÓSFORO EN TRIGO, EN DOS SISTEMAS DE LABRANZA EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA.	992
<i>Ortiz-Avalos Alma Angélica, Cortés-Jiménez Juan Manuel, Rosas-Jauregui Ivón Alejandra y Félix-Fuentes José Luis</i>	
RESPUESTA DE VARIEDADES DE FRIJOL PINTO Y AZUFRADOS AL TRATAMIENTO DE SEMILLA CON FUNGICIDAS CONVENCIONALES.....	998
<i>Isidoro Padilla Valenzuela, Fernando José Buitimea Mendoza, Brenda Zulema Guerrero Aguilar y José Alfonso Ramírez Arredondo</i>	
SENSIBILIDAD DE TRES ESPECIES DE MAGUEY CULTIVADAS EN condiciones MODERADAS de salinidad del SUELO en EL ESTADO DE DURANGO	1006
<i>Julio César Ríos Saucedo, Rigoberto Rosales Serna, Saúl Santana Espinoza, Rafael Jiménez Ocampo y Donaji Sierra Zurita</i>	
EFFECTIVIDAD PARA EL CONTROL QUÍMICO DE MALEZA EN TRES EPECIES DE MAGUEY CULTIVADAS EN DURANGO.....	1013
<i>Julio César Ríos Saucedo, Rigoberto Rosales Serna, Donaji Sierra Zurita, Saúl Santana Espinoza y Pablo Alfredo Domínguez Martínez</i>	
PRODUCTIVIDAD DE BIOMASA EN MARALFALFA COSECHADA EN VARIAS FECHAS Y DOS ESTRATOS DE CORTE.....	1022
<i>Julio César Ríos Saucedo, Rigoberto Rosales Serna, Jhessica Abigail Martínez Galindo, Artemio Carrillo Parra y Pablo Alfredo Domínguez Martínez</i>	
POTENCIAL PRODUCTIVO DE MAÍCES EXPERIMENTALES EN EL NORTE DE TAMAULIPAS	1030

Rosendo Hernández Martínez, César Augusto Reyes Méndez, José Luis Ramírez Díaz

RESPUESTA DEL MAÍZ FORRAJERO A ALTAS TEMPERATURAS Y RIEGO POR GOTEO EN LA COMARCA LAGUNERA..... 1036

Arturo Reyes González, David Guadalupe Reta Sánchez, Ramón Trucios Caciano, Juan Isidro Sánchez Duarte y Yasmin Ileana Chew Madinaveitia

RESULTADOS PRELIMINARES DE INOCULACIÓN DE CEPAS EN CHILE MIRASOL 1043

Cid-Ríos J. A.; Salas-Muñoz S.; Herrera M. D. y Reveles-Torres L. R.

IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS DE FRIJOL NEGRO OPACO SUPERIORES EN RENDIMIENTO BAJO TEMPORAL 1048

Cid- Ríos J. A; Velazquez-Valle R.; Figueroa-Gonzalez J. J. Reveles-Hernández M.; y Ramírez-Cabral N. Y. Z.

CALIDAD GALLETERA Y NUTRIMENTAL DE GALLETAS DE HARINA DE AMARANTO Y YUCA LIBRES DE GLUTEN 1053

Martínez Cruz Eliel, Espitia-Rangel Eduardo, Vargas-Galindo Guadalupe Idai, Robles-Granillo Gareli y Morales-Guzmán Víctor

RENDIMIENTO DE GRANO E ÍNDICE DE COSECHA DE POBLACIONES NATIVAS E HÍBRIDOS DE MAÍZ EN EL CENTRO DE TAMAULIPAS 1059

Zoila Reséndiz Ramírez, Cesar A. Reyes Méndez, José Alberto López Santillán, Benigno Estrada Drouaillet,

PRÁCTICAS DE MANEJO PARA PREPARAR LAS CAMAS DE SIEMBRA PARA EL ZACATE BUFFEL (*Cenchrus ciliaris* L.) EN EL SURESTE DE COAHUILA 1066

Ramón Gutiérrez Luna, Francisco Castillo Reyes y David Castillo Quiroz

PRODUCCIÓN ANIMAL

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE BAGAZOS DE AGAVE Y MEMBRILLO GENERADOS POR LA PRODUCCIÓN DE MEZCAL Y LICOR, PARA DETERMINAR SU POTENCIAL EN ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES 1077

Reveles-Saucedo, Fanny Olivia; Calleros-Cabada, Luis Leonardo; Guerrero-Cervantes, Maribel; Gallegos-De La Hoya, Mayela Patricia; Vázquez-Fernández, Abraham

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE DESECHOS EN LA PRODUCCIÓN DE NUEZ PECANERA, COMO INDICADOR DE SU POTENCIAL EN ALIMENTACION DE GANADO CAPRINO..... 1081

Martínez-Valdéz, Ulises Manuel; Reveles-Saucedo, Fanny Olivia; Herrera-Torres, Esperanza; Guerrero-Cervantes, Maribel Gallegos-De La Hoya, Mayela Patricia

COMPOSICIÓN MORFOESTRUCTURAL EN FUNCIÓN DEL COLOR DE CAPA, SEXO Y EDAD EN CABRITOS LOCALES DEL NORTE DE MÉXICO 1085

Lorenzo Danilo Granados-Rivera, Abril Ramírez-Zarate, Jorge Alonso Maldonado-Jáquez, Gabriela Castillo-Hernández, Pabb Arenas-Baéz

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE LA EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE CANNABIS SATIVA L. 1092

Araiza-Rosales Elia Esther, Carrete-Carreón Francisco Oscar, Sánchez-Arroyo Juan Fernando, Reyes-Jáquez Damián, Gómez-Sánchez Daniel

CONSUMO DE CONCENTRADO A BASE DE RESIDUOS DE PANADERÍA SOBRE EL CAMBIO DE PESO Y PRODUCCIÓN DE LECHE EN CABRAS 1098

Juan M. Vázquez-García, María F. Gutiérrez-Corpus, Luisa E. Hernández-Arteaga, Venancio Cuevas-Reyes, Marco A. Rivas-Jacobo, Dulce M. Villareal Rostro, César A. Rosales-Nieto

CONSUMO DE Mcal EN BECERRAS HOLSTEIN ALIMENTADAS CON LECHE Y ALIMENTO INICIADOR SUPLEMENTADAS CON *Bacillus subtilis* PB6 1105

Macías-Ortiz Edgar Jesus; Ramírez-Uranga Karla-Quetzalli; Peña-Revuelta Blanca; González-Avalos Ramiro

EFECTO DE UN EMPADRE CORTO O LARGO, SOBRE LA RESPUESTA REPRODUCTIVA DE OVEJAS PELIBUEY MANTENIDAS BAJO CONDICIONES DE CLIMA TEMPLADO	1112
<i>Mario Alfredo Espinosa Martínez, Luis Javier Montiel Olguín, María Denisse Montoya Flores, Fernando Villaseñor González, Juan Carlos Garrido Castillo</i>	
EVENTOS REPRODUCTIVOS EN DIFERENTES ÉPOCAS DEL AÑO, EN UNIDADES BOVINAS DE LECHERÍA FAMILIAR SEMITECNIFICADA DE LOS ALTOS DE JALISCO	1116
<i>Mario Alfredo Espinosa Martínez, Fernando Villaseñor González, Alejandra Vélez Izquierdo, Luis Javier Montiel Olguín, Juan Carlos Garrido Castillo</i>	
EFECTO DE UNA GRASA DE SOBREPASO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN CABRAS EN UN SISTEMA INTENSIVO	1120
<i>Jorge A. Bustamante-Andrade, Amaury Esquivel-Romo, Ulises N. Gutierrez-Guzman, Apolinar González-Mancilla y María E. Ríos-Vega</i>	
UNA MAYOR CONDICIÓN CORPORAL DE LAS HEMBRAS MEJORA LA LUTEOGÉNESIS Y EL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO EN CAPRINOS EN EL NORESTE ÁRIDO DE MÉXICO.....	1126
<i>De Santiago-Miramontes M.A.; Santos-Alvarado A.; Mellado-Bosque M.; Véliz-Deras F.G.; y Bustamante-Andrade J.A.</i>	
EFECTO DE LA ADMINISTRACIÓN DE DOS FORMAS DE CALCIO SOBRE LOS DÍAS ABIERTOS Y PREÑEZ EN VACAS ALTAS PRODUCTORAS.	1131
<i>Elco Humberto García-Bolívar, Oscar Ángel-García, Francisco Gerardo Véliz-Deras, Guadalupe Calderón-Leyva, Julieta Ziomara Ordoñez-Morales</i>	
EFFECT OF orange essential oil on enteric methane emissions of heifers-fed TROPICAL hay	1136
<i>Rafael Jiménez-Ocampo, María D. Montoya-Flores, Gerardo Pamanes-Carrasco, Jacobo Arango, Juan C. Ku-Vera</i>	
FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN CHIHUAHUA, MÉXICO.	1142
<i>Mercedes Borja Bravo, Elizabeth Pérez Ruiz, Sergio Arellano Arciniega, Mario Humberto Royo Márquez y Ramón Gutiérrez Luna</i>	
INCIDENCIA DE ENFERMEDADES RELACIONADAS A LA FALLA EN LA TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD PASIVA EN BECERRAS LECHERAS HOLSTEIN	1148
<i>Ramiro González Avalos, Blanca Patricia Peña Revuelta, Rafael Ávila Cisneros, Karla Quetzalli Ramírez Uranga, Edgar Jesús Macías Ortiz</i>	
MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA ENFRENTAR EL PROBLEMA DE SEQUIA: VISIÓN DE LOS GANADEROS PECUARIOS DEL SUR DE SINALOA	1154
<i>Cuevas-Reyes Venancio; Loaiza Meza Alfredo; Reyes Jiménez Juan Esteban; Gutiérrez Gutiérrez Obed Gabriel y Sánchez-Toledano Blanca I.</i>	
PROBLEMÁTICA DE GANADERIA Y PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN EL SUR DE SINALOA BAJO UN CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO	1161
<i>Cuevas-Reyes, Venancio; Loaiza Meza, Alfredo; Reyes Jiménez, Juan Esteban; Gutiérrez Gutiérrez, Obed Gabriel y Sánchez-Toledano, Blanca I</i>	
SUPLEMENTACIÓN DE CONCENTRADO A BASE DE RESIDUOS DE PANADERÍA DURANTE LA LACTANCIA TARDÍA SOBRE LA CALIDAD DE LECHE EN CABRAS	1167
<i>Juan M. Vázquez-García, María F. Gutiérrez-Corpus, Luisa E. Hernández-Arteaga, Manuel J. Flores-Nájera, Camelia A. Herrera-Corredor, Dulce M. Villareal Rostro, César A. Rosales-Nieto</i>	
USO DE MICRO MINERALES, SELENIO Y VITAMINA B₁₂ SOBRE EL CONSUMO DE MEGACALORÍAS, DESARROLLO Y SALUD EN BECERRAS HOLSTEIN.....	1173
<i>Ramírez-Uranga Karla Quetzalli, Macías-Ortiz Edgar Jesus, González-Avalos Ramiro, Peña-Revuelta Blanca Patricia</i>	
VARIACIÓN DEL COLOR DE CAPA Y PIEL Y SU EFECTO EN LA LONGEVIDAD DE CABRAS LOCALES DEL NORTE DE MÉXICO	1180

Lorenzo Danilo Granados-Rivera, Jorge Alonso Maldonado-Jáquez, Ricardo Alonso Sánchez-Gutierrez, Yuridia Bautista-Martínez, Jonathan R. Garay-Martínez



UJED

Universidad Juárez
del Estado de Durango



FACULTAD DE
AGRICULTURA
Y ZOOTECNIA

XXXIV

**SEMANA
INTERNACIONAL
DE AGRONOMÍA**

7 al
09 de Sept.
de 2022



**CONFERENCIAS
MAGISTRALES**



MEMORIA: ISSN:2594-1437

**"INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD AGROALIMENTARIA
ANTE EL DETERIORO AMBIENTAL"**

BREVE RESEÑA SOBRE LOS PRIMEROS AÑOS DE LA FAZ

Por: Jesús José Quiñones Vera, Celso Manuel Valencia Castro y Teodoro Sánchez Olvera (Primera Generación de Egresados ESAZ y Profesores - Investigadores Jubilados de la FAZ – UJED)

En el año de 1972 inicia sus actividades la Escuela Superior de Agricultura y Zootecnia (ESAZ). Esto después de muchísimos años de una lucha continua de estudiantes de preparatoria del Instituto 18 de Marzo, en la Comarca Lagunera del estado de Durango, por el establecimiento de al menos una unidad de educación superior, ante la creciente negativa de la Universidad Autónoma de Coahuila (UA de C) de admitir en sus aulas a los alumnos de preparatoria egresados en esta parte del estado; y de la Universidad Juárez del estado de Durango de autorizar una extensión fuera de la ciudad de Durango capital.

En el año de 1971 le tocó a Manuel Carlos, alias “el metro” (DEP) como presidente de la sociedad de alumnos de dicho instituto culminar una lucha estudiantil, que se venía repitiendo año tras año en esa institución, exigiendo que la Escuela de Veterinaria de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), ubicada en la ciudad de Durango, se trasladara al municipio de Gómez Palacio de este estado, ya que algunos datos indicaban que aproximadamente el 90 % de la matrícula en esa unidad académica de la UJED provenía de la Laguna. En ese año y después de varias reuniones del comité de huelga con autoridades de la UJED y de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), se llegó al acuerdo de que sería más adecuada para la región una Escuela de Agricultura y Zootecnia. Quiénes comentan que la UJED, habiendo aceptado abrirse a la Laguna de Durango, había recurrido a la asociación de egresados del Tecnológico de Monterrey, para que opinaran sobre el potencial de la región para instalar una escuela de agricultura y las orientaciones que pudieran tener más demanda. El caso es que al condicionarse la apertura a disponer de una superficie suficiente para instalaciones y campos agrícolas y de investigación, prácticamente se dejó a la sociedad de alumnos de la preparatoria 18 de Marzo, la responsabilidad de buscar y conseguir dicho terreno, a lo que se avocaron de forma inmediata.

Inicialmente se propusieron los terrenos ubicados frente a la termoeléctrica Frankie, en ese entonces despoblados y cubiertos de matorrales, pero los ingenieros de la otrora Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) los descartaron, argumentando los problemas de alcalinidad de esos terrenos y lo costoso de su rehabilitación, por lo que se enfocó la búsqueda en otros dos sitios, uno

en el ejido Los Ángeles, en el municipio de Lerdo y en el ejido Venecia, del municipio de Gómez Palacio.

Con el auxilio de un alumno de tercero de preparatoria de la “18” y originario del ejido Venecia, Rubén Silos Calzada, se logró convencer a las autoridades ejidales y a los ejidatarios de los beneficios de donar 150-00-00 ha de su eriazo, para la instalación de la Escuela Superior de Agricultura y Zootecnia de la UJED; de hecho, éstos cedieron sus viejas parcelas plagadas con *verticillium* y pudrición texana, debido al cultivo por años del algodón, y abrieron nuevas parcelas en el eriazo. Esto traería problemas y oportunidades de investigación a la nueva institución de educación. Baste mencionar hasta aquí que esta unidad académica fue un logro de varias generaciones de luchadores del Instituto 18 de marzo, una larga lista para enumerar; sin embargo, varios de los estudiantes de esta etapa posteriormente serían alumnos de la ESAZ, egresados, y algunos inclusive maestros y autoridades en esta institución, después Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ).

Algunos de ellos fueron: Ing. Rubén Silos Calzada, Ing. Carlos Torres Domínguez, Ing. Miguel Sánchez (DEP), Dr. Fernando Borrego Escalante, Ing. Francisco Rojas y el Dr. Jesús José Quiñones Vera. Este último colabora con el presente escrito como uno de los testigos de estos hechos, ya que fungía como vicepresidente de la mesa directiva de la sociedad de alumnos del Instituto 18 de Marzo, cuando se logró que la UJED se extendiera a la Laguna de Durango, y también participó en los eventos mencionados.

A inicios del año de 1972 comienza a funcionar la ESAZ en el edificio de preparatoria del Instituto 18 de marzo, ubicado en ese año en el Boulevard Miguel Alemán, frente a la Termoeléctrica de la ciudad de Gómez Palacio, Durango, con un semestre llamado “Remedial” o Propedéutico. Este ofrecía cursos de regularización principalmente para alumnos con preparatoria de dos años, ya que en la UJED se exigía para ingresar a ella preparatoria de tres años. Dicho curso estuvo abierto para estudiantes de todo el país, pero principalmente para los estados de Durango y Coahuila. Los cursos eran de Matemáticas (Álgebra), Química y Física. Por lo anterior, los primeros maestros de la naciente escuela fueron principalmente egresados del Tecnológico de la Laguna, como el Ing. Juan Rodríguez López (Juanito) (DEP), un maestro muy estimado por el estudiantado y quién jugó un papel importante en eventos relevantes de la institución, llegando a fungir como “encargado” de la Dirección del plantel, en una de sus etapas difíciles.

Para el siguiente semestre (B o de Verano) inició formalmente la Escuela en el Ejido Venecia con la carrera de Ingeniero Agrónomo, un tronco común de dos semestres y 7 semestres de especialidad. Las dos especialidades iniciales fueron: Ingeniero Agrónomo Zootecnista e Ingeniero Agrónomo con especialidad en Fruticultura.

El grupo de estudiantes con preparatoria de dos años que inició sus estudios en el semestre propedéutico finalmente fue aceptado en el primer semestre de la Carrera de Ingeniero Agrónomo. Con éstos junto con los estudiantes con preparatoria de tres años, y los de preparatoria de tres años que pasaron el examen de admisión, se logró formar dos grupos de entre 50 y 60 estudiantes, asignados a cada una de las dos nacientes especialidades.

Como era de esperarse, en el ejido la unidad en ese momento contaba con solamente los terrenos agrícolas, tres aulas que fueron asignadas una a la dirección del plantel y una a cada una de las especialidades, dos salas audiovisuales y baños, así como un módulo de laboratorios.

Su primer director fue el Ing. José Alberto Cenicerros Vázquez (DEP), egresado del Tecnológico de Monterrey y miembro de la asociación de egresados de esa institución educativa. El Ing. Cenicerros se preocupó porque la planta docente estuviera integrada por profesionistas egresados de varias instituciones de educación superior, agrícola y veterinaria, como el mismo Tecnológico de Monterrey, la UNAM, La Antonio Narro, UANL, Hermanos Escobar de Ciudad Juárez, UACH, UA de CH. la UJED, etc., para que no hubiera consanguinidad decía el Ing. Cenicerros. Fue una persona extremadamente dinámica que en unos cuantos años consiguió llevar a la ESAZ a un excelente nivel académico, e inclusive deportivo. Quizá su primer acierto fue haber logrado que el subsidio que la SARH daba a la naciente institución educativa, llegara directamente y no a través de la UJED. Logró la construcción de aulas, laboratorios, talleres, biblioteca, oficinas administrativas y su equipamiento, y transporte para las actividades diarias, administrativas, prácticas escolares, deportivas, de investigación, etc., conforme fueron requeridos con el crecimiento de la matrícula escolar. En el área de campo, también se construyeron almacenes y se equipó con maquinaria agrícola.

Si bien el proyecto inicial contempló talleres y las postas de bovino lechero (25 vacas lecheras) y de cerdos, para realizar trabajos de enseñanza (prácticas) y de investigación, las circunstancias propiciaron que rápidamente la posta lechera creciera considerablemente.

En el año de 1974, aparentemente un error del departamento de alimentos de la empresa lechera LALA ocasionó una intoxicación del ganado lechero en toda la Comarca, con arsénico que venía en la roca fosfórica utilizada en la preparación del alimento concentrado para dicho ganado, el problema fue considerado tan grave, que tuvo que intervenir el Gobierno Federal en el rescate de los ganaderos lecheros de la región. El apoyo fue para la adquisición de vaquillas preñadas traídas de USA, que sustituyeran al ganado afectado. A la ESAZ se le asignó la tarea de identificar, registrar y concentrar en sus instalaciones el ganado dizque intoxicado, para su posterior repartición a instituciones de educación superior agropecuaria, incluida la misma ESAZ. Este ganado fue la base y el inicio del actual establo lechero comercial con que cuenta la actual Facultad.

En el área deportiva se contaba con equipos de fútbol americano, fútbol soccer (uno en tercera división), beisbol y softbol, así como equipos de calificación y manejo de ganado de leche y carne. Todos ellos se hicieron llamar "COYOTES", participando en eventos locales, regionales y nacionales. En estos equipos participaron quiénes después serían maestros y autoridades de las FAZ-UJED, como los Ingenieros M.C. Manlio Enrique Ramírez R., M.C. Alejandro Martínez Ríos, el Dr. Celso Manuel Valencia Castro y el Dr. Jesús José Quiñones Vera en el Fútbol Americano; y el Ing. M.C. Teodoro Sánchez Olvera en el Fútbol Soccer.

El Ing. Ceniceros fue un excelente gestor, coordinador y administrador de la ESAZ, lo cual se expresó en un nivel académico elevado y un desarrollo del deporte bastante aceptable, con resultados en algunos casos destacados como fue en el fútbol soccer, que llevó al equipo hasta la tercera división. Este logro fue una combinación del talento de los integrantes del equipo y los recursos económicos que tenía la ESAZ y que gestionaba el Ing. Ceniceros, quien contaba con importantes relaciones, principalmente con empresarios agropecuarios.

Si bien el fútbol americano inició su actividad con equipos de desecho de Ciencias Químicas de la UA de C y de la UAAAN, y de equipos de secundarias norteamericanas fronterizas, cuando llegó la primera temporada, un buen día de entrenamiento llamaron al equipo a la dirección y ahí entre expresiones de asombro y risas de alegría se entregaron de manos del primer couch, el Sr. Jesús García Esquivel (Perches) y del Ing. Ceniceros: uniformes, camisetas moradas con amarillo y fundas blancas, tablas, nitros, shaoulders y riñoneras, un par de calcetas y un par de tachones; todo nuevo, solo se continuó con los

cascos usados. Pero en un corto tiempo era uno de los equipos mejor equipados de toda la liga. En el fútbol americano, se realizaban juegos de preparación en Durango, Dgo., Monterrey, N.L., y Ciudad Juárez, Chih. Esto fue igual para otros equipos deportivos.

El Ingeniero Ceniceros siempre tuvo el cuidado de contratar buenos maestros, los cuales se ponían la camiseta y le daban dirección a sus cursos e investigaciones. En el área de materias básicas el ya mencionado Ing. Juan Rodríguez López, al Ing. Adolfo Tijerina, un gran motivador y promotor de la zootecnia, siendo el mismo agrónomo general, el Ing. Roberto Cázares, el Ing. Guillermo Leyva (QDEP), al Biólogo Adolfo López Páez y al Ing. M.C. José Alonso Escobedo. En Zootecnia, en la disciplina de la fisiología el MVZ Carlos Ramírez Fernández, enfermedades y zootecnia de aves el MVZ Ricardo Montañez Machado, en producción y nutrición animal destacan el Ing. M.C. Melchor Cadena C. (QEPD), el Ing. M.C. Rodrigo Silva Cardona, quién fuera el director sucesor del Ing. Ceniceros, el Ing. M.C. Ángel Aguilar, entre otros, en Manejo de pastizales y Ecología el Ing. M.C. René Rodríguez Charúa y el mismo Ing. Silva Cardona. En Fruticultura la plantilla de básicas, Ingeniería, microbiología y entomología, son similares, pero en la especialización destacan el Ing. Rubén Castro Medina y el Ing. Francisco Suarez García (QEPD), el Ing. Manuel Delgado (QEPD) y el Ing. Nazario Cedillo (QEPD). La lista crecería con los maestros cuyos apellidos escapan a nuestra memoria, no así sus enseñanzas y don de gentes.

Poco a poco se fueron poblando los laboratorios de química, microbiología y entomología, el de fisiología, el de nutrición animal, pero sobre todo el de física y química de suelos. Siempre había abundancia de reactivos y cristalería, lo cual apoyaba la realización de prácticas y tesis profesionales. Nuevamente los recursos con los que se contaba se expresaban, ahora en la cuestión académica.

A quiénes nos tocó vivir todo lo anterior fuimos generaciones privilegiadas. En los últimos semestres de la carrera, el alumnado tenía el derecho a realizar un viaje de estudios al extranjero, y al menos uno dentro del país. Se pagaban los principales gastos de transporte, hospedaje, alimentos, contactos y logística para hacer viajes a diferentes universidades, centros de investigación y explotaciones de los Estados Unidos de Norteamérica.

Una de las actividades del Ing. Ceniceros más originales y singulares, consistía en visitar diferentes escuelas de Agronomía hermanas; cada

año hacía un viaje y se hacía acompañar por estudiantes seleccionados por su desempeño académico. A quiénes esto escriben les tocó acompañar al Ing. Ceniceros a diferentes universidades del país. Decía el Ing. Ceniceros que había que compararse para conocer el nivel propio. Como ESAZ siempre se salió bien librado. Por todo lo anterior, la ESAZ se convirtió en una dependencia carismática que atrajo a muchos estudiantes de preparatoria, de USA y Centroamérica inclusive. Esto ocasionó un gran crecimiento de la matrícula, llegando a tener una población cercana a los 1500 alumnos.

Es importante mencionar que, en este periodo, los estudiantes que lo deseaban podían participar en las actividades agrícolas y pecuarias, gozando de un salario, no únicamente como peón, sino realizando labores profesionales como levantamientos topográficos, inseminaciones artificiales en bovinos, diagnósticos de gestación en vacas lecheras, etc., con frecuencia supervisados por maestros y el mayordomo de la escuela Don Francisco Reyes Gaytán “Don Pancho”.

En las postas de bovinos y cerdos primero, y sumadas después las de conejos y aves era mucho más participativo el trabajo de los estudiantes, ya que eran manejadas por estos con la asesoría de los profesores. Desafortunadamente, los estudiantes poco nos preocupamos por recabar constancia gráfica de esto, ya que en esa época no existían los celulares, y el uso de las cámaras fotográficas se limitaba a un reducido grupo de profesores. El Ing. Ceniceros a través de su secretaria Margarita Silguero A., llevaba un registro de noticias sobre la ESAZ que aparecían principalmente en los diarios locales, El Siglo y La Opinión, lo cual probablemente lo continuó el Ing. Rodrigo Silva. Quizás en el archivo muerto de la FAZ se encuentren esas evidencias, porque de todo lo comentado contamos con muy poca evidencia fotográfica.

Los viajes pagados a los Estados Unidos poco a poco fueron desapareciendo, en la medida que las autoridades centrales de las UJED fueron absorbiendo el subsidio que recibía la ESAZ, vía la Secretaría de Agricultura y Ganadería. Esto ocurrió principalmente cuando la Rectoría era ocupada por el Lic. José Hugo Martínez Ortiz (QEPD) y la Dirección de la ESAZ por el Ing. Juan Rodríguez y el Ing. Guillermo Leyva.

Por diferentes causas, la población de estudiantes de la especialidad de fruticultura colapsó, mientras la de zootecnia aumentó su tamaño. Frente a esta situación durante la Dirección del Ing. Silva se tomó la decisión de establecer dos nuevas especialidades de Ing. Agrónomo: la de Fitotecnia

y la de Uso y Conservación del Agua. Nuevamente se sostuvo la matrícula en grandes números.

Durante la dirección del Ing. Ceniceros, la ESAZ. Figuró a nivel nacional e internacional debido a su actividad política en AMEAS y ALEAS, en este último junto al Ing. Fujimori, quien llegara a ser el Presidente del Perú.

Después de nueve semestres del inicio de los programas de licenciatura (diciembre de 1976), la ESAZ produjo su primera camada de egresados: Ingenieros Agrónomos con especialidad en Fruticultura e Ingenieros Agrónomos Zootecnistas. Iniciaba una nueva etapa en el desarrollo de esta unidad, y no tardaría en lograr su máxima población escolar, 1500 alumnos y su máxima oferta académica con cuatro especialidades: Ingeniero Agrónomo con especialidad en Fruticultura, Fitotecnia y Uso y Conservación del Agua, y de Ingeniero Agrónomo Zootecnista, antes de convertirse en Facultad (FAZ – UJED).



En la foto, el Ing. Cenicerros hablando con el equipo de tercera división de la EZAS fotografías proporcionadas por Adrián González, quien fuera el portero del equipo.



Primer equipo de fútbol americano, integrado por estudiantes de la primera, segunda, tercera y cuarta generación, principalmente.



Defensiva del primer equipo de fútbol americano.



Cuarta generación de Ingenieros Agrónomos Zootechnistas y Fruticultores.

CLIMATE CHANGE, AND SUSTAINABILITY OF FARMING AND RANCHING IN THE CHIHUAHUAN DESERT

Jerry L. Holechek¹, Francisco Molinar^{1,2} and Mohammed N. Sawalhah³

¹ Department of Animal and Range Sciences, New Mexico State University, Las Cruces, NM 88003, USA;

² Department of Natural Resources in Arid Lands, Prince El-Hassan bin Talal Faculty for Arid Lands, The Hashemite University, Zarqa 13133, Jordan.

³ Universidad Autónoma de Cd. Juárez, College of Veterinary and Animal Sciences, Juárez, México

Resumen: El cambio climático acelerado es un reto global que incrementa la presión de la sustentabilidad de los sistemas de producción agrícola y ganadera en ecosistemas de zonas áridas. Las prácticas agrícolas y ganaderas tienen el potencial de secuestrar y convertir en biomasa a los gases de efecto invernadero. Sin embargo, su mal manejo y conversión a zonas urbanas, suburbanas e industriales pueden exacerbar significativamente el proceso del cambio climático.

Bajo condiciones de mayor número de sequías, olas de calor y otros eventos climáticos extremos, el manejo de riesgos (climáticos, biológicos, financieros y políticos) probablemente tendrán una mayor importancia para la sustentabilidad agrícola y ganadera, que el aumento de su capacidad de expandir la producción de bienes y servicios por la demanda del crecimiento de la población. La adaptación y mitigación significa la utilización de la agricultura de precisión, la ingeniería genética y las variedades resistentes a las sequías, variedades de plantas que requieren una menor fertilización; además de la utilización de ganado doméstico con mayor rusticidad y adaptación. En zonas de agostaderos productores de carne y fibra, una opción viable y con mejores posibilidades de ingreso son las razas de ganado con mayor adaptación, además de variedades de fauna silvestre con valor económico para la cacería. Eventualmente la agricultura y ganadería tradicionales podrían ser económicamente inviables en grandes regiones si no se manejan y ajustan adecuadamente los problemas por los cambios del clima.

Abstract: Accelerated climate change is a global challenge that is increasingly putting pressure on the sustainability of livestock production systems that heavily depend on rangeland ecosystems. Rangeland management practices have low potential to sequester greenhouse gases. However, mismanagement of rangelands and their conversion into ex-urban, urban, and industrial landscapes can significantly exacerbate the climate change process. Under conditions of more droughts, heat waves, and other extreme weather events, management of risks (climate, biological, financial, political) will probably be more important to the sustainability of ranching than capability to expand output of livestock products in response to rising demand due to population growth. Replacing traditional domestic livestock with a combination of highly adapted livestock and game animals valued for both hunting and meat may be the best strategy on many arid rangelands. Eventually, traditional ranching could become financially unsound across large areas if climate change is not adequately addressed. Rangeland policy, management, and research will need to be heavily focused on the climate change problem.

Keywords: global change; GHG emissions; livestock and ranching production systems; drought risks; adaptation; mitigation; heat waves; energy

INTRODUCTION

The climatic volatility currently in progress involving global warming and increased extreme weather events will undoubtedly have major impacts on world rangelands and rangeland users over the next decade and beyond [1,2]. Rangelands as referred to herein can be defined as uncultivated lands that provide multiple ecosystem services for society, sustain habitat for grazing and browsing animals, and support the livelihoods of pastoralists and ranchers [3,4]. Under this definition rangelands comprise up to 70% of the world's land area and include natural grasslands, deserts, temperate forests, and tropical forests [3]. Greenhouse gases (GHGs) released into the lower atmosphere mainly by the burning of fossil fuels and other anthropogenic activities have caused the earth's temperature to rise by 1 °C since the 1860s [5,6]. If GHG emissions continue to rise, an increase in global temperature up to 3 to 5 °C is projected by the end of this century [6]. Extreme weather events are already increasing in frequency and severity in the US and globally [5–7]. Global concern is growing over the possibility that eventual irreversible, catastrophic climate change will result in massive loss of human livelihoods and mortality through adverse impacts on food production systems over both croplands and rangelands [5,6,8–14]. Rangelands globally account for 80–85% of

feed needs for domestic livestock [3,15]. Hence, the impacts of climate change on the sustainability of rangeland livestock production systems will be globally significant.

Although climate change is now widely recognized as the biggest global threat to the future of humanity, it is an extremely difficult problem to solve. While there is global agreement on the immediate need to significantly reduce GHG emissions, climate change is a “tragedy of the commons” issue (see [16]) at the highest level in which no single country benefits from its own actions to limit GHG emissions as long as other countries are unrestricted in their emissions through enforced international agreements. This is also applicable to the need to address the sustainability of rangeland production systems collectively due to their large spatial extent. Local scale applications of mitigation and sustainability strategies may have limited effects as climate change impacts such as increased drought frequency and heat waves are mostly driven by global scale environmental changes linked to high GHG emitting developed countries. Social equity between affluent, developed, and poor, undeveloped countries is a critical and complicated consideration in formulating fair global scale climate mitigation and adaptation solutions. Contentious parts of any international agreement will involve how quickly large, highly developed countries (major GHG emitters) such as the US are required to reduce their GHG emissions and how much flexibility smaller, developing countries (minor GHG emitters) will have for emissions increases needed to improve living standards. In most cases, people in poor, undeveloped countries depend on rangelands and/or mixed (i.e., farm and ranch) livestock production systems as a major source of food supply.

There are potentially three key factors that can help in stabilizing the world's climate that include the following: (1) developing the capability to switch from non-renewable fossil fuels (e.g., coal, crude oil, natural gas) to renewable energy sources (e.g., wind, solar, biomass, hydro, geothermal, and tidal); (2) halting (or significantly reducing) the emission of GHGs from anthropogenic activities; and (3) stabilizing or reducing atmospheric GHG levels through various practices involving management of the land, ocean, and atmosphere [5,6,8,17–19]. How the world's rangelands are managed will be critical to the fate of the planet's climate and humanity. This is because rangelands, which account for 50 to 70% of the world's land area, depending on their definition, are primary providers of ecosystem services and processes (e.g., carbon sequestration, hydrologic cycling, nutrient cycling, air purification, biodiversity, and cultural services), including climate stability, which are essential to human life [3,15,20]. Further, rangelands are important providers of food, various other products, and cultural services.

Rangelands can and do play a significant role in climate change processes through a combination of factors that involve grazing ruminant GHG emissions, grazing ruminant management, shifts in landscape vegetation, sites for economic developments (subdivisions), sites for energy developments, and sites for carbon sequestration. Understanding how these factors (i.e., grazing ruminants, vegetation change, land use change) impact climate and rangelands is key in developing sound rangeland and ranch management strategies to mitigate and adapt to climate change. The main objective of this paper is to provide a current review of the linkages between rangelands, ranching, and climate change. While the analysis is generally focused on US rangelands, it also provides a relevant global perspective and suggests potential strategies for sustainable rangeland livestock production systems elsewhere.

Rangelands, Energy, and Climate Change

The area of world rangeland ecosystems (Figure 1) is being impacted by several opposing

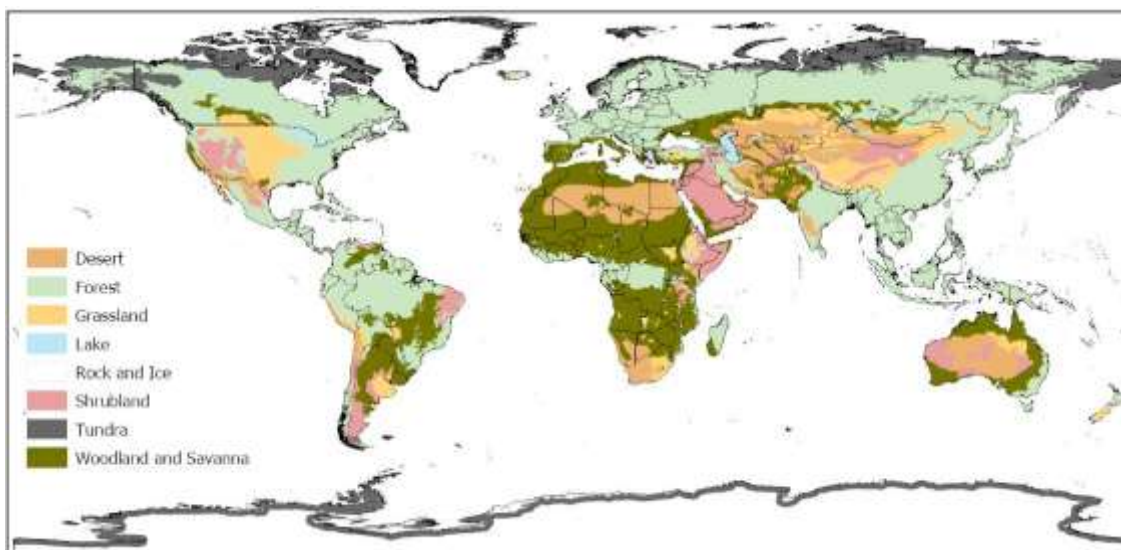
anthropogenic and natural processes that can result in (a) an increase in rangeland areas such as conversions of tropical forests into grazing lands, glaciated areas into rangeland, and cropland to rangeland due to climate change, soil degradation, and/or depletion of irrigation water supply from aquifers and drying of rivers [15]; or conversely (b) a decrease in rangeland areas such as conversion of arable rangelands into croplands, and rangelands into urban landscapes (e.g., [14]). For example, recent findings suggest that the depletion of large aquifers used for irrigation, such as the Ogallala in the Southern Great Plains of the US, is already causing shifts from cropland to rangeland [21]. Despite these findings, it is evident that there is a lack of information on the quantitative changes in rangeland

spatial extent and quality (i.e., productivity) and their accuracy for different countries worldwide. This knowledge gap limits the ability to sustainably manage these ecosystems. Because rangelands are often viewed as unproductive marginal lands, public investment in research and development of rangeland-based systems is frequently low. This phenomenon is unlikely to change unless policy makers and society at large are made aware of the role that rangeland ecosystem services have in supporting human wellbeing [22]. Still, overall, it appears that rangeland areas will experience a net increase in most parts of the world due to climate change impacts that involve desertification and retrenchment of snow and ice [15,21].

Conversion of rangelands to other land uses is frequently linked to human activities associated with energy and industrial development. Rangelands are often used for extraction of fossil fuels and renewable energy development. Since 2000, the impacts of energy development on western US rangelands have greatly increased due to rapid expansion of unconventional crude oil extraction and development of wind and solar power [23–26].

One study estimated that the losses of rangeland and forest landscapes from crude oil and natural gas development across central North America had increased 10-fold during the 2000–2012 period [25]. Estimates of rangeland losses to renewable energy development are lacking, but they will be substantial if wind and solar power become the primary replacements for fossil fuels [26,27]. Major adverse environmental impacts from energy developments on rangeland ecosystems include air and water contamination, loss of wildlife habitat, loss of livestock grazing capacity, increased earthquakes, and loss of esthetic values [24,26]. Conversely, energy developments are providing landowners with a significant source of income from crude oil and natural gas leases and provision of sites for wind and solar power developments [26]. How energy developments are impacting rangeland area and ecosystem services regionally and globally is an important knowledge gap that needs to be addressed in the future.

Figure 1. Distribution of global rangelands based on terrestrial ecoregions of the world (source:



University of Idaho and World Wildlife Fund [28]).

Moreover, conversion of rangelands into economic/industrial developments such as buildings, roads, power lines, and pipelines can negatively impact their provision of ecosystem services and cause them to become significant contributors of fossil fuel GHG emissions. Reducing the loss of farmland, forest, and rangeland landscapes from urban sprawl through more compact development can potentially reduce US fossil fuel use by 20% or more and thus significantly lower GHG emissions [29]. The US is slowly trending towards higher energy conservation (e.g., mass transit, multi-level

apartments, inner city revitalization, toll roads) but remains near the top of the list in terms of per capita energy use [29,30].

Some mitigation strategies have been introduced to slow conversion of rangelands into urban/industrial landscapes. Generally, these strategies are related to the adoption of land use regulatory policies and taxes (i.e., a top-down approach) as described in [26]. They include imposing taxes on fossil fuels, toll roads, restrictions on motorized vehicle use, and regulating land subdivision. These regulations can incentivize people to live in compact, high-density communities where various transportation needs can be met by walking or mass transit as opposed to long commutes by car. Through the application of these approaches, not only are fossil fuel emissions reduced, but other benefits include lowering fossil fuel depletion rates, reducing urban sprawl, minimizing habitat fragmentation, and reducing congestion and air pollution in cities. If aggressively applied, these approaches can potentially reduce global fossil fuel use (especially crude oil) by 20 to 30% within 10 to 15 years [26,29]. Energy conservation practices are widely applied in Europe, which has about one-half the per capita fossil fuel use of the US [26,30].

Financial incentives have also been advocated to protect rangelands from development and sustain or enhance their ecosystem services [20]. Commonly, landowners receive payments from non-government organizations for conservation easements, which are legal agreements to sustain ecosystem services and not develop specified lands [20]. Restoration practices can be a part of this approach. Land ownership in the western US is often an interspersed mosaic of private and public ownership [31]. Collaborative participation projects to minimize development and enhance ecosystem services over large rangeland areas of diverse ownership have evolved and increased since the early 1970s [31,32]. Examples of effective participatory conservation plans involving large, diverse western US rangeland areas were provided by [20,31]. Internationally, incentive programs similar to those used in the US have been effective in conserving African wildlife over large landscapes [33]. Taxes on fossil fuels were a commonly recommended means of funding financial incentives for tropical rain forest protection.

Contribution of Rangelands to GHG Emissions and Carbon Sequestration

Livestock and GHG Emissions

Globally, GHG emissions from livestock production (Figure 2) have received considerable attention in terms of both climate change causes and mitigation [2,34]. Various reports have provided estimates of total GHG emissions from world livestock production, but little information exists on how much livestock on rangelands contribute to the total. Assessments of livestock production's overall contribution to GHG emissions range from 10 to 51%. However, the Food and Agriculture Organization [35] estimate of 14.5% is the most accepted number (Figure 2) [36]. Of this estimate, ruminants (cattle, sheep, goats) account for about 88% [36]. Depending on how rangelands are defined and whether landscapes converted from forest to pastureland are included, livestock on rangelands appear to account for 2 to 6% of GHG emissions.

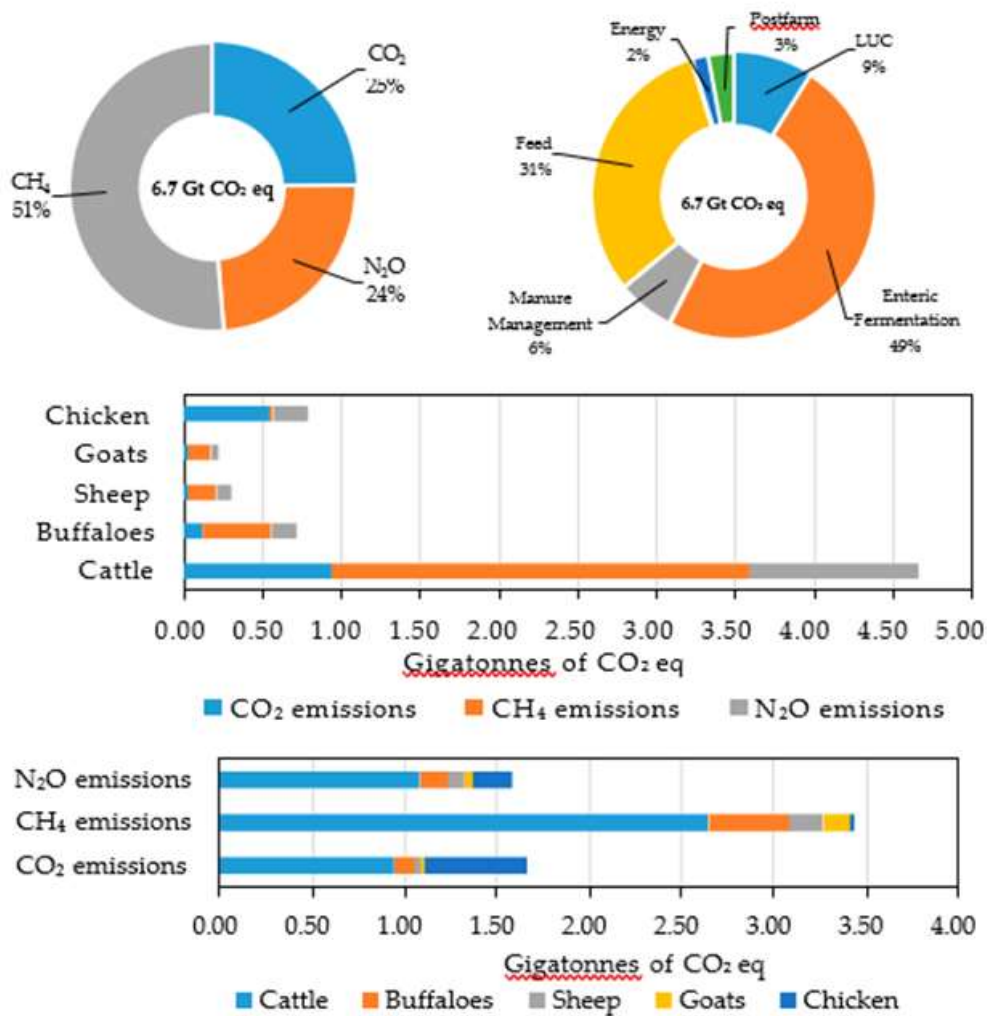


Figure 2. An overview of global GHG emissions from livestock supply chain by 1) the most emitted gases that include CH₄, N₂O, and CO₂ (top left panel); (2) production activities that include energy consumption, enteric fermentation, post-farm, land-use-change (LUC), and manure management (top right panel); (3) by animal species (cattle, buffaloes, sheep, goats, and chicken) (third panel); and (4) animal species per the most emitted gases (bottom panel). The data was based on FAO—Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM)—Global greenhouse gas emissions from livestock summary of 2017 [35,37].

Due to population growth, recent projections by [36] suggested that total world food production will need to be increased by about 50% by 2050. Demand for meat will go up by about 65%. In order to meet this demand for food by nearly 10 billion people (2.4 billion increase over the present 7.6 billion) without negatively impacting the environment, the World Research Institute (WRI) [36] has proposed a plan for sustainable food production focused mainly on increasing crop yields, reducing meat consumption by adapting to new human diets (with the focus on developed countries), reducing food waste, and reducing the demand for food through family planning assistance (i.e., managing population growth with the focus on developing countries). Under the WRI plan, sound rangeland management in combination with animal husbandry practices should reduce GHG emissions from ruminant meat production on rangelands, although the extent of this reduction is uncertain [2,36,38]. These key components are in-line with the United Nations (UN) Sustainable Development Goals for 2030 as specifically highlighted in a sustainability of livestock production sector report [39].

Rangeland Management and Carbon Sequestration

Livestock production systems can influence carbon sequestration on rangelands by affecting plant photosynthesis through tissue removal by grazing and incorporating plant material into the soil with their hooves. Excessive (over 50%) photosynthetic tissue removal generally impairs photosynthesis

while partial (40% or less) tissue removal can enhance photosynthesis depending on various factors that include the plant species, soil moisture, temperature, and growing season (e.g., [3]). Standing dead material and rates of litter decomposition and its incorporation into the soil are impacted by grazing animal hoof action [40]. Very importantly, pasture management regimes based on manipulation of grazing intensity, timing, and frequency can influence the biomass and diversity of soil microbes, which control carbon turnover [41].

Overall, research findings have shown effects of livestock grazing on carbon sequestration have been inconsistent. A review of 67 studies from various global research sites that compared soil organic carbon (SOC) in grazed rangeland with that in adjacent exclosures found that SOC either increased, did not change, or decreased under grazing [42]. Livestock grazing on the driest and wettest rangelands (i.e., those below 400 mm or above 850 mm, respectively) was more likely to boost SOC by promoting increased root biomass production [42]. However, 15 studies conducted in the intermediate rainfall area (i.e., sites with ~400 to 850 mm of annual rainfall) reported that livestock grazing promoted either no change or a decrease in SOC storage [42]. This meta-analysis highlights the complexity of several interacting factors that can determine organic carbon storage in rangeland soils.

Stocking intensity appears to be the primary grazing factor affecting GHG sequestration on most rangelands, although information is limited. Research in Europe and the Northern Great Plains of the US has shown decreasing GHG sink capacity under increasing stocking densities [38,43]. Moderate stocking had higher GHG mitigation benefits than heavy stocking on Northern Great Plains native rangeland [38]. However, grazing exclusion appears to have no carbon sequestration benefit over moderate grazing. An intensive study in the shortgrass prairie of northeastern Colorado found no difference between 74-year-old exclosures and paired moderately grazed sites in SOC sequestration and total soil carbon [44].

Rotational grazing, especially the version commonly referred to as holistic planned grazing or non-selective regenerative grazing (also called mob grazing, cell grazing, managed intensive rotational grazing, short duration grazing, time-controlled grazing, rapid rotation grazing, Savory grazing), has attracted much interest as a climate mitigation solution. Allan Savory's 2013 TED talk, "How to green the world's deserts and reverse climate change" [45], greatly increased the focus on this issue. However, the authors in [46] refuted Savory's claim that if scaled up, rangelands managed with his planned rotational grazing system could store enough fossil fuel carbon in the atmosphere to reverse climate change.

Some producers have reported successful use of a planned holistic grazing approach with regard to both profitability and environmental improvement [47,48]. However, only about 5% of ranchers appear to actually use a holistic approach based on a survey involving 765 California and Wyoming ranches [49]. Quantitative information on how it compares with continuous or simple rotation (two to five pastures) grazing at equivalent stocking rates in terms of soil carbon sequestration is limited. In the tall grass prairie of north Texas [50] found that adaptive multi-paddock rotation grazing at a high stocking rate and grazing exclusion resulted in higher soil organic matter and cation exchange capacity than either light or heavy continuous grazing. In general, soil health and proportions of late seral grasses were higher under multi-paddock rotation than continuous grazing at light and heavy stocking rates. An important experimental criterion in this study was that the same management had been applied to all ranches for at least nine years. In a Midwestern US study, it was found that adaptive multi-paddock rotation grazing could sequester large amounts of soil carbon and completely offset grazing cattle carbon emissions [51]. However, in contrast, a recent whole-ranch case study that was conducted in southern Patagonia showed no advantages of holistic planned grazing over moderate continuous grazing in terms of plant diversity, vegetation patches (size and number), bare soil, soil stability, rainfall infiltration, or nutrient cycling [52]. Although this study did not assess SOC directly, the Land Function Index they used (a common monitoring tool in holistic planning) suggested lower nutrient recycling rates (and presumably less SOC sequestration) in holistic planned compared to moderately grazed pastures [50].

On most rangeland landscapes it appears that two to four pasture rotation systems in combination with conservative to moderate stocking rates will optimize various controlled grazing benefits in terms of vegetation, soils, livestock productivity, wildlife, riparian health, and ranching profitability [3,49,53,54]. However, research focusing on how different controlled grazing approaches affect SOC is limited and inconclusive. Because rangeland livestock production operations are generally well managed in the US in terms of stocking rate, nutrition, and husbandry, the potential for CO₂ and CH₄ emissions reduction appears to be relatively low [2,38].

Would Intensified Rangeland Management Help in Mitigating Climate Change?

Several studies suggested that intensified rangeland management is unlikely to be a major contributor to climate change mitigation (e.g., [2]). The findings by [2] were based partially on an assessment by [55] that indicated forestry and agricultural soil management might achieve ~15% of an overall strategy to stabilize the climate over the next 50 years. More recently, [56] found a combination of 20 land management practices applied across forests, wetlands, farmlands, and rangelands could provide over a third of the cost-effective climate mitigation needed between now and 2030 to keep the global temperature increases below 2 °C. In this analysis, best case grazing management only accounted for ~1 to 2% of needed climate change mitigation, which supports the conclusion by [2]. Reforestation, avoided forest conversion, and natural forest management practices accounted for roughly 25% of total needed mitigation with farmland and wetland management practices accounting for another 4% and 3%, respectively [56].

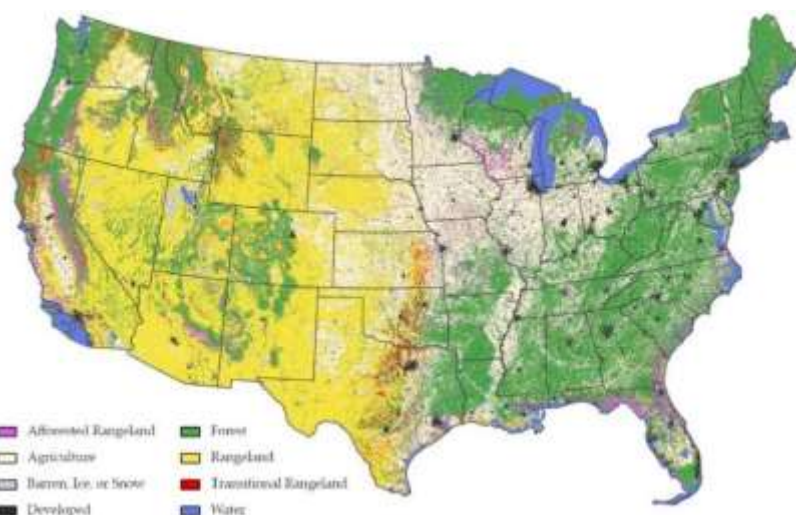
If the full potential of rangelands to sequester CO₂ was realized in the US, about 2–4% of its emissions might be offset [2,57]. However, the long-term storage dynamics of this CO₂ in the soil is uncertain, complicated, and depends on several factors discussed by [46,58,59]. In terms of methane emissions from extensive livestock production on rangelands in the US, authors in [2] estimated that improved grazing and livestock management might lower them by up to 20%.

The capacity of grazing lands to sequester CO₂ has probably been mis-estimated by most assessments due to underestimation of carbon storage in soils as indicated by [60]. Below ground biomass contains twice as much carbon as the atmosphere [61,62]. Grasslands sequester most of their carbon below ground in contrast to forests which primarily store carbon above ground in wood [60]. When grasslands burn, the carbon stored underground remains mostly unmodified but when forests burn large releases of carbon from wood occur in the atmosphere [60]. Carbon sequestered by grazing lands can persist in the soil for extremely long time periods [60]. A recent California, US study found grasslands can store more carbon than forests because they are less sensitive to droughts and wildfires [63]. A global data set of 836 paired sites analyzed by satellite imagery techniques showed land conversion from either cropland or forest into grassland leads to SOC accumulation [64]. After reviewing over 115 worldwide studies, authors in [65,66] concluded that grassland can act as a significant carbon sink with implementation of improved management practices (improved grazing management, sowing legumes, fertilization, and introduction of earthworms, among others).

Climate Change and Sustainability of Western US and Northern Mexico Ranching

This section highlights climate change adaptation strategies that can be used by rangeland livestock producers to enhance the sustainability of both rangeland ecosystems (Figure 3) and livestock production [2,15,57]. While a summary of recent reviews of this subject by [2,15,57] is pertinent, the focus of this conceptual analysis is to specifically suggest risk management strategies that are relevant to ranchers' decision-making and that provide means to mitigating climate change impacts [1,67]. This section highlights six issues affecting the sustainability of western US ranching that include grazing capacity and forage production; woody plant encroachment and forage production; how to cope with increasing variability in forage production; adaptive management of livestock; management of ranching risks; and management of drought.

Grazing Capacity and Forage Production One of the most serious potential climate change impacts on



ranching is reduced grazing carrying capacity [1,67] to levels under which traditional rangeland livestock production operations become no longer financially viable. Until recently, information has been lacking on how climate change has been impacting the grazing capacity of different rangeland types. In the southwestern US, a study from New Mexico that used statewide historical data collected annually from 1920 onward found rangeland livestock carrying capacity was 20% lower in the 1976–2017 period compared to 1920–1975 [68]. Shrub encroachment and climate change (more frequent heat waves) were the primary explanations for the decline in grazing capacity since the mid-1970s. Another study from the Chihuahuan Desert of New Mexico, US, found that rangeland grazing capacity declined by about 43% over a 52-year period (1967–2018) [69]. The combination of higher summer temperatures and the increased frequency of drought events was the primary explanation for this decline. Due to low shrub cover (under 10%) brush invasion was not considered to be a major factor in grazing capacity decline [69]. The findings from both [68,69] supported the projections of [1,70,71] that under climate change grazing capacity will decline on southwestern US rangelands due to altered temperature and precipitation regimes that can result in more heat waves (Figure 4) and droughts.

Figure 3. The extent and distribution of the conterminous US rangelands (source: [72,73]).

However, the opposite results to those of [69] in New Mexico, US (obtained under ambient rangeland conditions) were reported for a manipulative study in the Great Plains of Wyoming [74]. The study suggested that over a seven-year period, forage production increased in response to higher temperatures and CO₂ enrichment under controlled conditions [74]. Averaged across years, neither warming nor CO₂ enhancement had much effect on total forage production but in combination they increased forage production by about 38%. The effects of warming and CO₂ enhancement varied by year. During a drought year (2012), warming alone increased forage production, but added CO₂ had no effect.

Increasing precipitation variability is an expected climate change impact for nearly all world rangeland biomes [1,75]. In the Chihuahuan Desert, [69] found that the increased variability in precipitation during the last half of their 52-year study was a factor in lower rangeland forage yields along with more heat waves (Figure 4) and drought years. Drought years had a more negative impact on forage production than the positive effects of wet years. In a controlled field study in the Chihuahuan Desert of New Mexico grass productivity and total productivity declined but shrubs benefitted under conditions of increased precipitation variability [76]. This study also found that wet years did not compensate for dry years in terms of grass productivity.

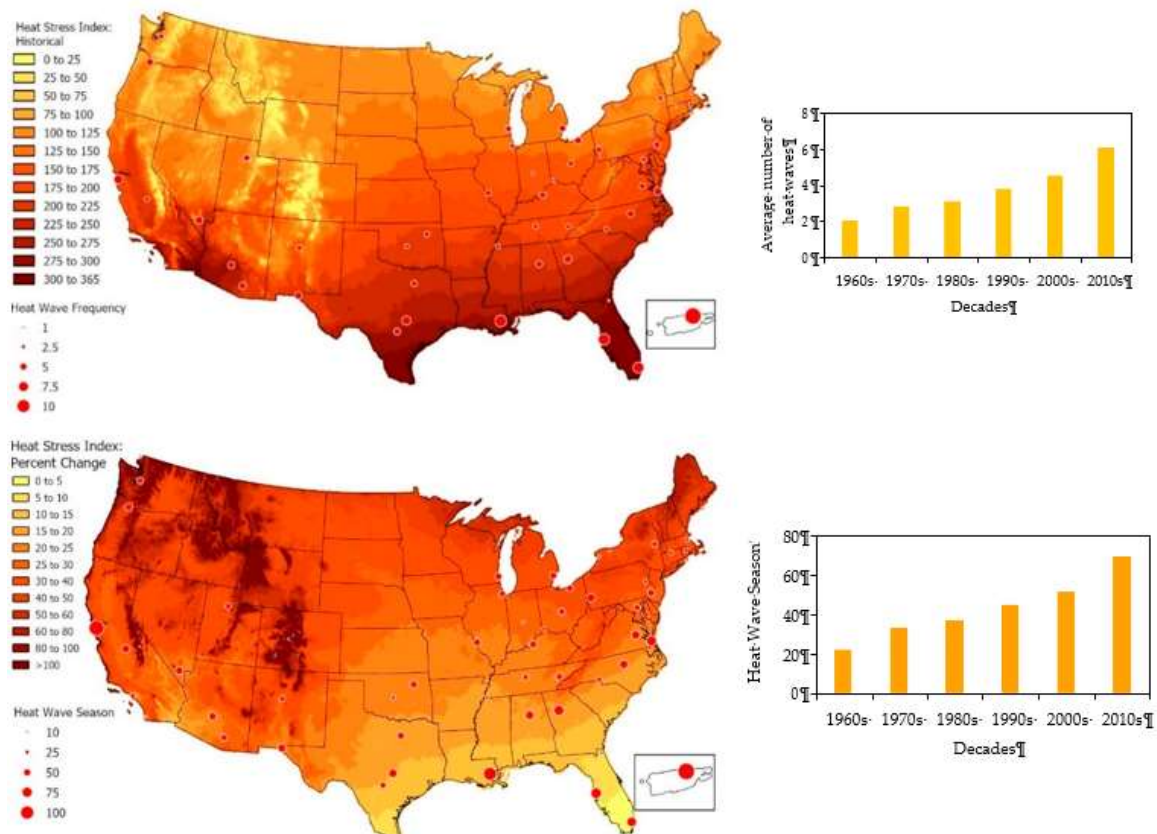


Figure 4. An overview of one of the climate change indicators, heat stress index (HSI), based on historical (1985–2005) (top left map) and future (2071–2090, climate change projection scenario RCP 8.5) (bottom left map) time periods showing the absolute number of days and percent change between the two periods. The HSI can be defined as the average number of days when the temperature–humidity index (THI) exceeds the recommended threshold for beef cattle (i.e., 74 °F) as indicated in [77]. The maps were overlaid with heat wave frequency and season length (days) based on analysis of air temperature over 50 cities in the US (both charts represent historical records 1961–2018) (sources: heat stress index maps US Forest Service [77,78], heat wave frequency and length US Global Change Research Program [79,80]).

In the central and northern Great Plains of North America, which have lower annual temperatures and higher precipitation than the Chihuahuan Desert, forage production may be increased (Figure 5) by climate change but at the expense of forage quality. On the shortgrass prairie in Colorado, US [81,82] and mixed-grass prairie in Wyoming, US [74], forage production was increased by elevated atmospheric CO₂ treatments, but forage quality in terms of crude protein content and digestibility was lowered. In a study in Wyoming, US [74], treatments of elevated warming and CO₂ in combination increased forage production by 38% but reduced forage N by 13% relative to current climate conditions. This reduced forage quality by lowering the protein content, increasing the fiber level, and reducing digestibility [74].

Globally, vast areas of arid and semi-arid landscapes that now support livestock grazing are projected to become too hot and dry for economically viable ranching or pastoral operations. Worldwide, northern Africa, the Mediterranean Sea area, the middle east countries, India, and the southwestern US are projected to have the largest areas (mostly rangelands) that will become virtually uninhabitable. When average annual forage production drops below the 100 kg*ha⁻¹ threshold, livestock grazing usually becomes financially unsound [83,84]. This is explained by excessive fixed costs per animal unit and low livestock productivity due to high energy expenditure in travel to meet nutritional needs [83,84]. Some rangelands in the Chihuahuan Desert may have already lost their viability for livestock production. On the Chihuahuan Desert Rangeland Research Center in southern

New Mexico, US, 10 of the 19 years from 2000 through 2018 were below the 100 kg per ha forage production threshold compared to 8 for the 1969 to 1999 period [69]. Average forage yields for the 2000–2018 period was near 120 kg per ha, which is about one-third of the 90-year average.

While forage yields will be decreased on many rangelands and may be increased on others (Figure 5) as the process of climate change plays out, forage quality will be adversely impacted, especially on more arid, nitrogen-limited rangelands [1,75]. Consequently, ranching profitability will be reduced because more supplemental feeding will be needed to sustain livestock productivity [70,74,75].

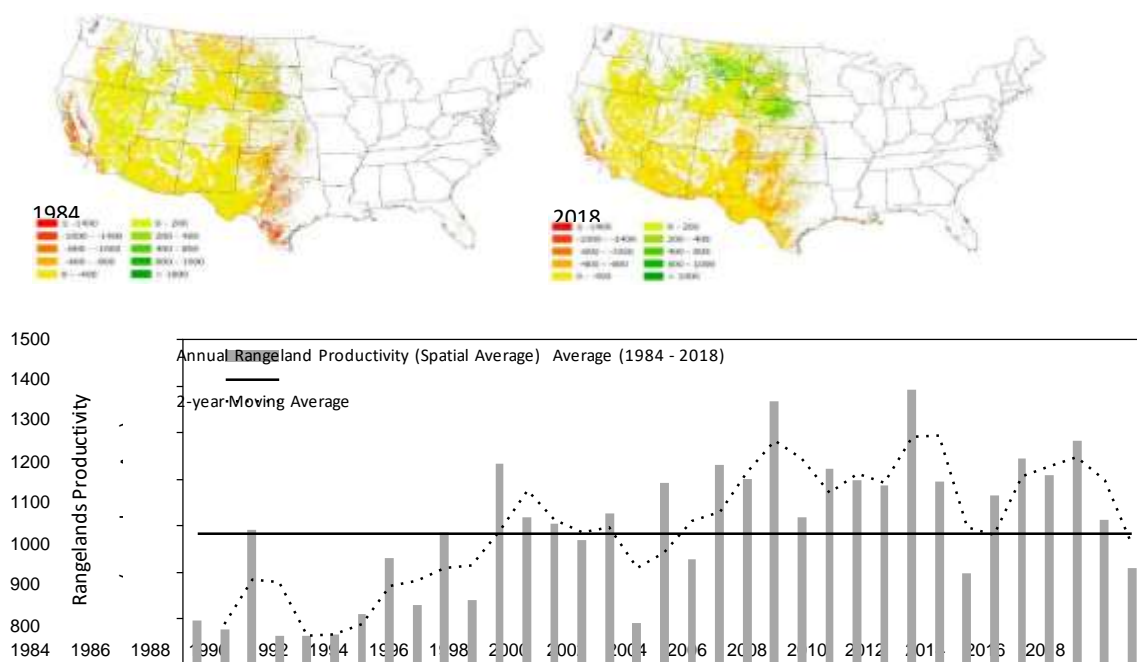


Figure 5. Rangeland productivity anomalies of the conterminous US for 1984 and 2018 (maps) and annual average productivity 1984–2018. The maps and chart are based on annual rangeland productivity maps developed as a function of normalized difference vegetation index (NDVI) at 30 m resolution (sources: [72,85,86]).

Woody Plant Encroachment and Forage Production

Encroachment of woody plants into grasslands and thickening of woody plant cover in savanna and forest areas has been an increasing global rangeland problem since the early 1900s [87–92]. Actual rates of woody plant encroachment have varied greatly by rangeland type and through time [89,90]. In general, woody plant invasion is accelerated by prolonged droughts and retarded by lengthy wet periods with some exceptions [3,89]. Annual increase rates in woody cover can vary from less than 0.1 to 2.5% depending on the vegetation type, soil, and climatic situation [90,92]. By some estimates, rangeland forage production can be reduced by 2% or more for every 1% increase in woody plant cover due to competition for moisture and nutrients, shading, and chemical inhibition. Excessive grazing by livestock and wildlife, altered fire regimes, seed dispersal by livestock and wildlife, extended drought, and elevated CO₂ levels are the primary drivers of woody plant invasion [90–93].

Rising levels of atmospheric CO₂ theoretically favor woody plants because most of them have the C3 photosynthetic pathway while native warm season range grasses have the C4 pathway [1,93]. Higher CO₂ levels can give a growth advantage to the C3 shrubs in a general sense with some exceptions [93]. Research supporting this hypothesis has been lacking, but it has recently been confirmed by a Colorado, US study on native rangeland [94]. Over a five-year period, aboveground

biomass of a common shrub was increased several folds, whereas C4 grasses were little impacted on plots with artificially elevated CO₂ compared to controls. Based on this study it appears that the higher CO₂ levels driving climate change may have been an important factor favoring woody plant increases on many rangelands (e.g., [91]).

In general, SOC and total nitrogen tend to be increased by woody plant encroachment into grasslands, but there are exceptions and some complexities [2,90,91,95]. There can be tradeoffs among specific GHGs during the process of woody plant invasion such as increased carbon sequestration but also increased emissions of nitric oxide gas and non-methane hydrocarbons [95]. In a comprehensive review of various North American studies [90], it was found that woody plant encroachment in arid regions caused above ground net primary production to decrease relative to the historic vegetation. In contrast, increases occurred in semiarid and sub-humid regions. SOC response to woody plant encroachment across all studies had a net gain, although the range varied widely. Further, it did not appear to be closely linked to above ground net primary production. Taken collectively in the absence of disturbance, woody plant encroachment appeared to result in a net ecosystem carbon gain across species and regions. However, [90] emphasized another set of disturbances such as wildfire, land management practices, and drought may offset these gains and should be factored into regional scale C balance estimates.

Coping with Increasing Variability in Forage Production

Even on the more humid rangelands, livestock producers will likely have to cope with more erratic forage production (Figure 5) due to increased heat waves (Figure 4) and more variable precipitation. Although precipitation changes are not completely certain for various locations, climatic models agree that temperatures will rise essentially everywhere causing the timing and amounts of precipitation to become more erratic [5,17,18]. While total precipitation may increase in the more humid areas, periods of wetness and dryness are likely to be accentuated, necessitating a shift to lower risk strategies. Developing a herd of well-adapted, experienced livestock will be of critical importance in avoiding high supplemental feed costs, disease and other health problems, and suppressed productivity from heat stress. Stocking strategies that minimize the need for partial or complete herd liquidation while optimizing profits will be critical as the climate change process advances. Research by [96] found light stocking of desert rangeland using a harvest coefficient of 25% reduced the need for destocking in drought years, facilitated range improvement, and gave quicker recovery from drought than conservative grazing (35–40% grazing use). Financial returns (cow–calf) were similar between light and conservative grazing. However, when the costs of periodic destocking and restocking were considered, light grazing was financially advantageous over conservative grazing. On semi-desert and desert rangelands, some researchers consider light grazing using a 25% harvest coefficient essential for drought survival [97]. Various other rangeland researchers have recommended a 25% harvest coefficient be used when forage is allocated to livestock in stocking rate decisions [98–101]. Few rangeland managers have the time, labor, or skills to quantify forage resources annually [100]. Because of a reluctance to destock, use of harvest coefficients above 25% has invariably led to land degradation when drought occurs [15,97]. Reliable procedures for setting stocking rates were reviewed and demonstrated by [3]. Incorporating yearling cattle into cow–calf operations can be financially advantageous on arid and

semi-arid rangelands. A New Mexico, US study found that adding flexible yearling stocking to cow-calf operations using conservative grazing increased average net ranch returns by 14% [102]. Optimal forage allocation between cow-calf and yearling enterprises was found to be 50–50. However, the authors commented that the increased expense and risk with this approach may not justify the returns for risk-averse ranchers. Flexible stocking could potentially double net returns relative to conservative stocking but realizing these financial gains depends on reliable climatic/forage forecasts that are not presently available [102].

Adaptive Management of Livestock

Genetically Adapted Breeds

As the process of climate change evolves, major changes in the types and breeds of animals grazed will be needed on many rangelands to adapt to rising temperature, heat waves, and limited drinking water supply. In arid lower latitude zones, a replacement progression of traditional cow-calf operations with yearling cattle [102], followed by sheep and goats, and lastly wild ungulates will likely be necessitated if climate change is not adequately controlled (Figure 6). In the upper latitudes, grazing with European cattle will become feasible across vast landscapes formerly suited only to wild ungulates because of cold. In lower and mid latitudes, the types of cattle grazed will shift towards those that can best handle harsh hot conditions, low quality forage, and limited water availability. European cattle breeds (*Bos taurus*) such as Hereford, Angus, and Shorthorn have advantages of faster growth rates and higher efficiency in the use of harvested feeds over Indian/African Brahman cattle (*Bos indicus*). However, Brahman compared to European cattle have more heat tolerance, disease tolerance, and capability to use lower quality feeds [2,103]. Ranchers in southwestern US now use mostly crossbred cattle that are roughly half Angus or Hereford and half Brahman. Raramuri Criollo cattle from northern Mexico, genetically adapted to hot deserts, are showing remarkable abilities to cope with the increasing nutritional and thermal stresses of the Chihuahuan Desert [104–106].

Some of the advantages of sheep and goats over cattle under climate change conditions, as reviewed by [2], include more tolerance of heat stress, lower water requirements, and capability to consume a broader array of forage types. Goats are especially well adapted to use hot desert areas dominated by shrubs. However, switching to sheep and goats requires more intensive management, and they are more vulnerable to predation than cattle. Over the last 30 years, higher labor costs and lack of qualified herders have been important factors in decisions by many ranchers in the southwestern US to switch to cattle and wildlife from cattle, sheep, and goats.

Game Ranching and Economic Sustainability of Ranching

Across the western US, fee hunting has become a major source of income on many privately owned ranches [3,107,108]. Compared to domestic livestock, native and adapted exotic game animals have advantages of requiring little input of labor or supplemental feed; they typically consume a wide range of forage species and have low water requirements, and several game species (especially African exotics) have high heat tolerance and are compatible with cattle at proper stocking rates [3,107]. Many ranches in the western US, especially Texas, derive more income from fee hunting than from livestock. However, common use grazing of domestic livestock and game animals is generally practiced because of complementarity.

The authors believe game ranching has a bright future in the US and several other parts of the world because of a growing demand for hunting leases, meat, and wildlife-oriented ecotourism [33,109–111]. On the other hand, the profitability of traditional rangeland livestock production operations may be adversely impacted by climate change [112,113]. The authors recognize that a major downturn in the US and global economy could alter the favorable situation for game ranching. Sport hunting and ecotourism have played a critical role in the conservation of wildlife on the rangelands of Eastern and Southern Africa [33]. Several species of non-native game animals such as gemsbok, Barbary sheep, and kudu from Africa, and axis deer and blackbuck antelope from Asia are now raised for trophy hunting on ranches mostly in Texas and to a lesser extent Florida [107,108,114]. Hunting for rare or threatened animals that are non-native is legally permitted in the US. Therefore, game ranching activities in the US boost their total numbers and provide a source of animals for restocking native habitats. A further benefit is that the US government requires that 10 percent of fees for hunting these animals be donated to conservation programs in their native habitats.

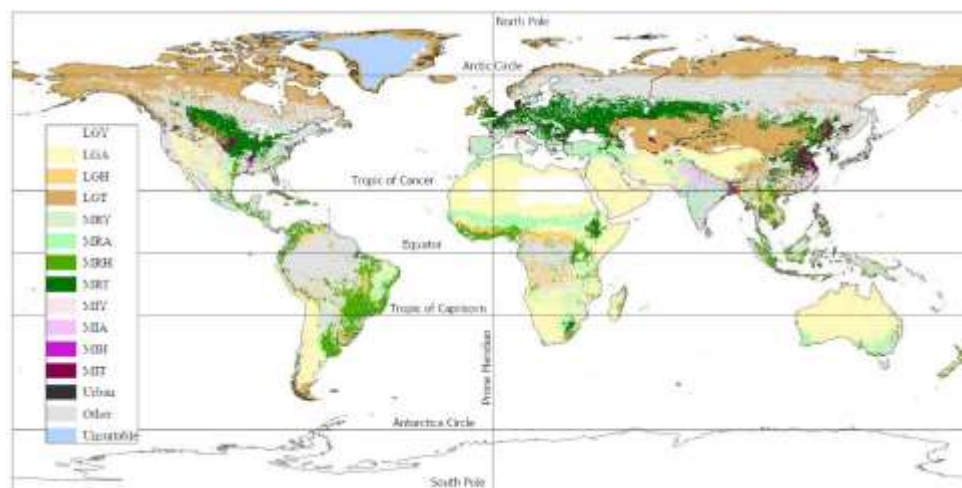


Figure 6. Global distribution of ruminant livestock production systems 2010 as developed by the FAO. Legend items represent LGY—livestock only systems hyper-arid, LGA—livestock only systems arid, LGH—livestock only systems humid, LGT—livestock only systems temperate (and tropical highlands), MRY—mixed rainfed hyper-arid, MRA—mixed rainfed arid, MRH—mixed rainfed humid, MRT—mixed rainfed temperate (and tropical highlands), MIY—mixed irrigated hyper-arid, MIA—mixed irrigated arid, MIH—mixed irrigated humid, MIT—mixed irrigated temperate (and tropical highlands), urban areas, other tree based systems, unsuitable (i.e., water bodies, snow and ice, and no data) (Sources: modified from [115–118]).

Managing Ranching Risks

Rangeland livestock producers in many areas will confront major challenges from climate change that will affect the sustainability of their operations over the coming decades. Fossil fuel depletion, freshwater scarcity, and increasing world debt are other challenges that will impact ranchers as well as the world economy and human living conditions. Big increases are expected in global meat prices, but simultaneously production costs and variability in annual forage resources will also increase [36]. The main risks that can affect the rangeland livestock production systems can be grouped into four categories that include climatic, biological, financial, and political as defined by [3]. It is projected that all these risks are likely to increase [2,15,57,103]. Management of these risks will probably be more important to the sustainability of most range livestock producers than increasing their capacity to expand livestock products to meet the increased demand [15].

Moreover, climate change-induced impacts can directly and indirectly drive political and financial risks. Ranchers and pastoralists in some arid and semi-arid equatorial and mid-latitude areas are now confronting increased heat waves and droughts (climatic risk) that make their operations less profitable and increasingly threaten their sustainability. In terms of financial risk, since the 1990s, there has been an increase in the frequency of cases in which ranchers (in the US as well as globally) must liquidate most or all of their herds under falling local prices and restock at high prices when the drought appears to be over [15,96,112]. When this occurs, ranchers confront the biological risks of disease infecting their livestock and low herd productivity due to placement of naïve livestock in an unfamiliar environment [15,96]. Political risks involving taxes, subsidies, land use regulations, price controls, and trade agreements will likely add more challenges. This is because governments will be under intense pressure to contain consumer prices (especially food), help repair damage caused by extreme weather events, reduce budget deficits, and reduce fossil fuel use both to mitigate climate change and slow their depletion [2,6,9,15].

Loss of water sources, increased wildfires, lower forage quality, increased noxious plant problems, accelerated woody plant invasion, and lowered livestock productivity from heat stress and

disease are projected adverse impacts of climate change on rangeland livestock producers [1,2,57,103]. In the short term, rangeland livestock producers at mid and upper latitudes may derive some benefit from climate change in terms of less severe winters, longer periods of forage growth, and higher forage production due to CO₂ enrichment [70]. Opportunities for ranchers involve income potential from renewable energy developments, sport hunting, ecotourism, and provision of ecosystem services. Rangeland livestock producers who own their grazing lands are in much better position to derive benefits from climate change than those on public lands. On public lands, ranchers

in the US are increasingly faced with loss of grazing privileges as more land is appropriated for renewable energy developments, and other lands are impacted by fossil fuel extraction [23–26]. Climatic instability, rising crude oil prices, fresh water scarcity, and extreme debt levels could interact to drive up global food prices and other living costs in the 2020s [15]. As market forces and government central banks respond to these factors, alternating periods of inflation and deflation will likely occur. Although livestock prices generally rose in the 1970s, short term downturns coupled to rising costs and interest rates were devastating to heavily leveraged livestock producers in the US [119]. In the southwestern US, ranchers who used a low input approach, minimized debt, and practiced conservative stocking were the most successful in surviving periods of drought and financial upheaval [96,119,120]. Various studies reviewed by [3,15] show this strategy has worked well on arid and semi-arid rangelands in other parts of the world as well.

Drought Management

Climate change will result in increased frequency and duration of drought, accentuating this ranching risk. Several effective drought management and mitigation strategies have been developed that involve integration of predictions of drought timing, severity, and length; management during and after drought; government drought relief programs; and socio-economic characteristics of the ranching operations in drought preparedness and response [112,121]. Basic drought decision and response theories were developed by [122] and summarized by [3] that involve characterization of ranch resources, defining the problem situation, assessment of knowledge (experience and information), identifying primary uncertainties, making key decisions (livestock numbers, supplemental feeding, leased land, cost adjustment), and planning drought recovery.

There are two important considerations involved in the interactive role of the government and the rancher in drought response, as discussed by [123]. These are that (1) pastoralists in countries with governments unlikely to intervene with financial aid are typically conservative and risk averse; and (2) feed subsidies during drought encourage non-sustainable stocking, undercutting the linkage between ecology and economics. The examples provided by [123] explain how modern financial and technological structures aimed at increasing flexibility and efficiency can delay making destocking decisions necessary to avoid catastrophic damage (e.g., rancher bankruptcy, irreversible rangeland degradation). The responsibility of the individual rancher to be aware of how much forage is available and to anticipate current and future demand through monitoring was emphasized by [123]. Key components of drought adaptation and mitigation strategies as discussed by [3,83,112,122–124] involve conservative use of forage, avoidance of over capitalization of the ranch, income diversification, and having both forage and monetary reserves.

Drought monitors, indicators, and forecasts in ranch decision-making are discussed by [112]. They suggest the use of various indicators such as the Palmer drought severity index (PDSI) and the vegetation drought response index (VDRI) for drought prediction. However, the lack of reliability for their site, the difficulty in accessing information, the difficulty in understanding the information, and cost were identified as possible reasons that a low proportion of ranchers were using drought monitoring and forecasting information. These reasons highlight the need for future research on existing barriers that may prevent ranchers from using available drought forecasting information [112] as well as the need to provide ranchers more refined climate risk management approaches. Readers are referred to [121] for a consideration of how socioecological factors of ranching operations affect their drought preparedness and coping strategies.

Key Sustainability Strategies

A summary of climate change-induced risks and impacts on rangeland livestock production systems as well as some of the traditional mitigation practices and means to enhance these practices to provide more adaptive sustainability strategies are shown in Table 1.

The authors agree with the point of view of [57] that “all adaptation is local and no single adaptation approach works in all settings”. We hypothesize that across the western US, two general ranching adaptation strategies will prevail, either sustainable intensification or sustainable extensification, depending on the local net effects of climate change on an area’s aridity (Figure 7). Sustainable intensification (SI) can be defined as a strategy that seeks to increase production per unit area on existing farmland (SI is usually associated with crops) in order to spare remaining wildlands and the ecosystem services they provide [125–127]. This strategy usually involves increasing external inputs on existing agricultural land as a means of maintaining or improving its productivity. Conversely, sustainable extensification seeks to maintain or increase farm income by producing agricultural commodities (i.e., crops or livestock) that require lower external inputs and that consequently exert a gentler footprint on the environment [128,129]. It is important to note our conceptual analysis did

not use the term extensification as implying an increase in the conversion of forests or other wildlands to cropland as the findings by [130,131] do.

In regions of the western US where aridification is expected to be negligible, such as the Northern Great Plains, the authors anticipate that to remain viable, ranching systems will likely need to evolve towards increased crop–rangeland integration (agro-pastoral systems). Conversely, in places predicted to become drier, such as the desert southwest, the authors anticipate that ranches will need to evolve towards becoming purely rangeland-based enterprises with minimal external inputs (true pastoral systems). On Northern Great Plains rangelands, there might be an increase in forage production (Figure 5) but a decline in forage quality [74]. Therefore, for financial viability and sustainable livelihood, ranchers in this area will likely rely on SI strategies [132] using a set of rangeland management practices such as improved animal genetics, increasing supplemental feed inputs, and increased use of controlled fire for habitat and forage quality improvement (Figure 7). Conversely, declines in both forage quantity [69] and quality [75] will likely occur on the desert rangelands of the southwestern US. In order for ranching to be financially sustainable, implementation of sustainable extensification strategies using a different set of rangeland management practices such as raising low-input livestock adapted to hot and variable grazing conditions (whether heritage cattle breeds or small ruminants) and mixed enterprises (whether raising yearling cattle or mixed game/livestock operations) will be essential. In some instances, new public–private partnerships [133] will need to be developed to facilitate increased local-to-regional geographic livestock transfers to help reduce herd liquidation during droughts [134]. Because increased woody plant cover and decreased grassland productivity are expected to go hand in hand with aridification [76,135], the use of controlled fire to suppress shrub recruitment will be increasingly limited by the lack of fine fuels. If this scenario plays out, tools such as targeted grazing [136] might become a critical surrogate to the use of fire to control woody plant encroachment (Figure 7).

Table 1. Summary of climate change risks, impacts, mitigation, and sustainability strategies for ranching systems in the western US.

	Risks and Impacts	Traditional Mitigation Practices	Proposed Sustainable Strategies
Environmental	Climatic: Drought and heat waves, wildfires, Loss of rangelands to industrial and energy development, Loss of grazing capacity, Reduced ecosystem services, Loss of carbon sequestration potential	Traditional restoration practices *, Drought insurance and/or subsidies *, Destocking–restocking cycles, Livestock emergency feed inputs, Early weaning (cow–calf operations) *, Hauling water for	Light grazing, Use of livestock to control fine fuels (wildfire suppression), Drought-adapted livestock breeds or species, Mixed livestock–wildlife enterprises, Use of sensors (both remote and on-the-ground) to aid in rapid decision-making, increased geographic mobility (see below)
	Biological: Increased heat stress, Increased animal disease, Reduced animal productivity, Woody plant encroachment, Variable forage production and lower forage quality	Increased external feed inputs, Livestock genetics for high productivity, Increased veterinary inputs	Adapted livestock with higher heat and disease tolerance (even if less productive) and ability to include more browse (woody plants) in their diets, Use of livestock to control shrub encroachment, Use of sensors (both remote and on-the-ground) to aid in rapid decision-making
	Financial: Increased prices of critical inputs, Access to loans and cost of borrowing, Reduced financial profitability	Reduce debt and investment in capital improvements *, Conservative livestock grazing	Adapted livestock genetics, Niche markets, Ecotourism and sport hunting, Renewable energy developments on private land, Carbon credit markets
Socio-economic	Political: Reduced grazing privileges on public lands, Increased pressure to convert rangelands to other land uses	Regulations on land use and building, Conservation easements *, Government subsidies for rangeland restoration *	Public–private partnerships, increase awareness of ecosystem services provided to society by working ranches (especially in areas prone to catastrophic wildfires)

(*) These practices could contribute to future sustainable strategies.

The authors anticipate that in the era of Big Data [137], the Internet of Things [138], and advanced data analytics [139], smart ranching decision support tools based on real-time data retrieval from sensors that are able to monitor weather, soils, animals, and infrastructure (e.g., water drinkers) will play equally important roles in allowing ranchers to adapt regardless of the direction of change in the system (Figure 7), hence increasing the resiliency of the rangeland livestock production systems

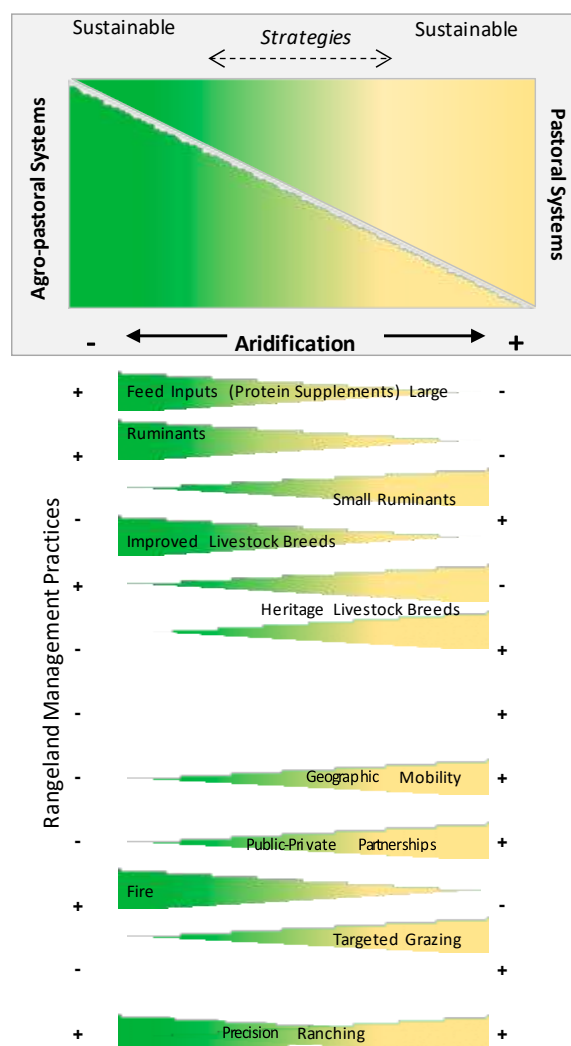


Figure 7. Conceptual diagram of adaptation strategies and rangeland management practices for ranching systems in the western US relative to predicted regional impacts of climate change. In regions predicted to become more arid, ranching systems are likely to evolve towards purely pastoral-like low-input systems and are predicted to remain viable using sustainable extensification strategies and tactics. At the opposite extreme of the continuum, in regions with little to no aridification, ranching systems are likely to evolve towards becoming agro-pastoral systems and are predicted to remain profitable using sustainable intensification strategies and practices.

CONCLUSIONS

Over the coming decades, rangeland livestock producers will benefit from a major increase in demand and prices for meat and other livestock products. The biggest challenge confronting ranchers and rangeland livestock producers will likely be climate change, which is expected to have region-specific impacts [70,75].

The use of conservative stocking rates across the board will likely continue to be an important tool to adapt to the increased variability in precipitation patterns and droughts. In all cases, this conceptual analysis suggested that strategies and management practices that improve the efficiency of ranching enterprises will play critically important roles. The importance of rangelands in terms of ecosystem services as well as food and fiber production will become increasingly significant

over the next few decades as the forces of resource depletion and climate change intensify. Rangeland policy, management, and research will need to be heavily focused on the climate change problem. We recommend that research and extension funding involving ranch monitoring programs be strengthened at both federal and state levels. At the international level, multilateral organizations such as the UN must play an increasingly visible role in strengthening awareness among world leaders regarding the need to invest in rangelands and the peoples that depend on them. The biggest knowledge gaps at present involve the degree and rate of change that has recently occurred in climatic, land area, and forage conditions for different types of rangelands in the US and globally. Another major knowledge gap involves the proper assessment of how climate change is impacting the viability and

profitability of rangeland livestock production operations in different rangeland regions and ecosystems. There is also a current lack of understanding on how climate change trends will influence livestock disease outbreaks. SI strategies (Figure 7) will likely alter the carbon and water footprints of rangeland-based beef production, but these relationships are still poorly understood.

Climate stability, water purification, air purification, nutrient cycling, and biodiversity are among the critical ecosystem services needed by human societies but often taken for granted by them. The global human population, now at almost 8 billion compared to one billion during most of human history, is jeopardizing the very foundation of ecosystem services on which it depends [9,10,15]. Based on the UN's projections, the world human population will likely exceed 10 billion by 2050 [36]. We strongly agree with [10] that endless exponential growth in human population and natural resource consumption is not compatible with human civilization sustainability.

Because rangelands account for 50 to 70% of the world's land area and generally support natural or near natural vegetation, they play a critical role in providing the ecosystem services essential for human existence [3,15,20]. Rangelands will undoubtedly become more important for ecosystem services, as well as food and fiber production, as the world moves towards 2050. This will occur as problems of global warming, scarcity of fresh water, species extinction, and contamination of air and water intensify in response to more people in the world desiring higher material and food consumption. Rangelands, when properly managed, can sustainably provide people with food, fiber, and ecosystem services [3,10]. Conversely, human societies must recognize that rangelands have a finite capability to provide these essential components of human life. At global, national, regional, and local levels, the authors consider the conservation and enhancement of rangeland landscapes a critical part of climate change mitigation and adaptation. Therefore, the authors advocate government policies and regulations that more heavily emphasize rangeland research and management as part of the solution to the climate change problem.

REFERENCES

1. Polley, H.W.; Briske, D.D.; Morgan, J.A.; Wolter, K.; Bailey, D.W.; Brown, J.R. Climate change and North American rangelands: Trends, projections, and implications. *Rangel. Ecol. Manag.* **2013**, *66*, 493–511.
2. Joyce, L.A.; Briske, D.D.; Brown, J.R.; Polley, H.W.; McCarl, B.A.; Bailey, D.W. Climate change and North American rangelands: Assessment of mitigation and adaptation strategies. *Rangel. Ecol. Manag.*

- 2013, 66, 512–528.
3. Holechek, J.L.; Pieper, R.D.; Herbel, C.H. *Range Management: Principles and Practices*, 6th ed.; Pearson Education, Inc.: New York, NY, USA, 2011.
 4. Bedell, T. *Glossary of Terms Used in Range Management*, Society for Range Management: Denver, CO, USA, 1998.
 5. IPCC (*International Panel on Climate Change*) *Fifth Assessment*; International Panel on Climate Change: Geneva, Switzerland, 2014.
 6. IPCC Summary for Policymakers. In *Global Warming of 1.5 °C*; An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5 °C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty; World Meteorological Organization: Geneva, Switzerland, 2018; p. 32.
 7. WMO. *WMO Statement on the State of the Climate in 2017*; WMO: Geneva, Switzerland, 2018.
 8. Hansen, J.; Sato, M.; Kharecha, P.; Schuckmann, K.; Beerling, D.J.; Cao, J.; Marcott, S.; Mason-Delmotte, V.; Prather, M.J.; Rohling, E.J.; et al. Young people's burden: Requirement of negative CO₂ emissions. *Earth Syst. Dynam* **2017**, *8*, 577–616.
 9. USGCRP. *Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, Volume II: Report-in-Brief*; Reidmiller, D.R., Avery, C.W., Easterling, D.R., Kunkel, K.E., Lewis, K.L.M., Maycock, T.K., Stewart, B.C., Eds.; U.S. Global Change Research Program: Washington, DC, USA, 2018; p. 186.
 10. Ripple, W.J.; Wolf, C.; Newsome, T.M.; Galetti, M.; Alamgir, M.; Crist, E.; Mahmoud, M.I.; Laurance, W.F. World scientists' warning to humanity: A second notice. *BioScience* **2017**, *67*, 1026–1028.
 11. Steffen, W.; Rockstrom, J.; Richardson, K.; Lenton, T.M.; Folke, C.; Lievermsna, D.; Summerhayes, C.P.; Barnosky, A.D.; Cornell, S.E.; Crucifix, M.; et al. Trajectories of the earth system in the Anthropocene. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2018**, *115*, 8252–8259.
 12. Zaied, A.J.; Geli, H.M.E.; Holechek, J.L.; Cibils, A.F.; Sawalhah, M.N.; Gard, C.C. An Evaluation of Historical Trends in New Mexico Beef Cattle Production in Relation to Climate and Energy. *Sustainability* **2019**, *11*, 6840, doi:10.3390/su11236840.
 13. Zaied, A.J.; Geli, H.M.E.; Sawalhah, M.N.; Holechek, J.L.; Cibils, A.F.; Gard, C.C. Historical Trends in New Mexico Forage Crop Production in Relation to Climate, Energy, and Rangelands. *Sustainability* **2020**, *12*, 2051, doi:10.3390/su12052051.
 14. Gedefaw, M.G.; Geli, H.M.E.; Yadav, K.; Zaied, A.J.; Finegold, Y.; Boykin, K.G. A Cloud-based Evaluation of the National Land Cover Database to Support New Mexico's Food-Energy-Water Systems. *Remote Sens.* **2020**, *12*, 1830, doi:doi.org/10.3390/rs12111830.
 15. Holechek, J.L. Global trends in population, energy use and climate: Implications for policy development, rangeland management and rangeland users. *Rangel. J.* **2013**, *35*, 117–129, doi:10.1071/RJ12077.
 16. Hardin, G. The tragedy of the commons. *Sciences* **1968**, *162*, 1243–1248.
 17. USGCRP (*United States Global Change Research Program*); U.S. Global Change Research Program: Washington, DC, USA, 2017; Volume 1.
 18. USGCRP (*United States Global Change Research Program*); U.S. Global Change Research Program: Washington, DC, USA, 2018; Volume 2.
 19. Rockstrom, J.; Gaffney, O.; Rogelj, J.; Meinhauser, N.; Nickicenaric, N.; Schelnuber, H.J. A roadmap for rapid decarbonization. *Science* **2017**, *355*, 1269–1271.
 20. Havstad, K.M.; Peters, D.P.; Skaggs, R.; Brown, J.; Bestelmeyer, B.; Fredrickson, E.; Herrick, J.; Wright, J. Ecological services to and from rangelands of the United States. *Ecol. Econ.* **2007**, *64*, 261–268.
 21. Alley, W.M.; Alley, R. *High and Dry*; Yale University Press: New Haven, CT, USA, 2017.
 22. Briske, D.D.; Coppock, D.L.; Illius, A.W.; Fuhlendorf, S.D. Strategies for global rangeland stewardship: Assessment through the lens of the equilibrium–non-equilibrium debate. *J. Appl. Ecol.* **2020**, *57*, 1056–1067.
 23. Kreuter, U.P.; Fox, W.B.; Tanakzy, J.A.; Macabo, K.A.; McCollum, D.W.; Mitchell, J.B.; Duke, C.S.; Hidinger, L. Framework for comparing ecosystem impacts of developing unconventional energy resources on western rangelands. *Rangel. Ecol. Manag.* **2012**, *65*, 433–443.
 24. Holechek, J.L.; Sawalhah, M.N. Energy and rangelands: A perspective. *Rangelands* **2014**, *36*, 36–43.
 25. Allred, B.W.; Smith, W.K.; Twidwell, D.; Haggerty, J.H.; Running, S.W.; Naugle, D.E.; Fuhlendorf, S.D. Ecosystem services lost to oil and gas in North America. *Science* **2015**, *348*, 401–402, doi:10.1126/science.aaa4785.
 26. Holechek, J.L.; Sawalhah, M.N.; Cibils, A. Renewable energy, energy conservation and US rangelands. *Rangelands* **2015**, *37*, 217–225.

27. McDonald, R.R.; Fargione, J.; Kiesecker, J.; Miller, W.M.; Powell, J. Energy sprawl or energy efficiency: Climate policy impacts on natural habitat for the United States of America. *PLoS ONE* **2009**, *4*, e6802.
28. Launchbaugh, K.; Strand, E. Rangelands of the World. Available online: https://www.webpages.uidaho.edu/what-is-range/rangelands_map.htm (accessed on 1 May 2020).
29. National Research Council. *Driving the Built Environment: The effects of Compact Development on Motorized Travel, Energy Use, and CO₂ Emissions*; National Academic Press: Washington, DC, USA, 2009; p. 286.
30. World Bank. *State of Electricity Access Report 2017 (Vol. 2)*; World Bank: Washington, D.C., 2017, <http://documents.worldbank.org/curated/en/364571494517675149/full-report>.
31. Sayre, N.R. Interacting effects of landownership, land use, and endangered species on conservation of Southwestern US rangelands. *Conserv. Biol.* **2004**, *19*, 783–792.
32. Anderson, E.W. Innovations in coordinated resource management planning. *J. Soil Water Conserv.* **1991**, *46*, 411–414.
33. Holechek, J.L.; Valdez, R. Wildlife conservation on the rangelands of Eastern and Southern Africa: Past, present and future. *Rangel. Ecol. Manag.* **2018**, *71*, 245–258.
34. O'Mara, F.P. The significance of livestock as a contributor to global greenhouse gas emissions today and in the near future. *Anim. Feed Sci. Technol.* **2011**, *166–167*, 7–15.
35. Gerber, P.J.; Steinfeld, H.; Henderson, B.; Mottet, A.; Opio, C.; Dijkman, J.; Falcucci, A.; Tempio, G. *Tackling Climate Change through Livestock: A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities*; Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Rome, Italy, 2013; ISBN 92-5-107920-X.
36. Searchinger, T.; Waite, R.; Hanson, C.; Ranganathan, J.; Dumas, P.; Matthews, E.; Klirs, C. *Creating a Sustainable Food Future: A Menu of Solutions to Feed Nearly 10 Billion People by 2050. Final Report*; World Research Institute: Washington, DC, USA, 2019; pp. 1–556.
37. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Results|Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM). Available online: <http://www.fao.org/gleam/results/en/> (accessed on 13 May 2020).
38. Liebig, M.A.; Gross, J.R.; Kronberg, S.L.; Phillips, R.L.; Hanson, J.D. Grazing management contributions to net global warming potential: A long term evaluation in the northern Great Plains. *J. Environ. Qual.* **2010**, *39*, 799–809.
39. FAO. *World Livestock: Transforming the Livestock Sector through the Sustainable Development Goals*; Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Rome, Italy, 2018; ISBN 978-92-5-130883-7.
40. Schuman, G.E.; Reeder, J.D.; Manley, J.T.; Hart, R.H.; Manley, W.A. Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of a mixed-grass rangeland. *Ecol. Appl.* **1999**, *9*, 65–71.
41. Bardgett, R.D.; Wardle, D.A. Herbivore-mediated linkages between aboveground and belowground communities. *Ecology* **2003**, *84*, 2258–2268.
42. Piñeiro, G.; Paruelo, J.M.; Oesterheld, M.; Jobbagy, E.G. Pathways of Grazing Effects on Soil Organic Carbon and Nitrogen. *Rangel. Ecol. Manag.* **2010**, *63*, 109–119.
43. Allard, V.; Soussana, J.F.; Falcimagne, R.; Berbigier, P.; Bonnefond, J.M.; Ceschia, E.; D'hour, P.; Henault, C.; Laville, P.M.; C., P.-P.; et al. The role of grazing management for the net biome productivity and greenhouse gas budget of semi-natural grassland. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2007**, *121*, 47–58.
44. Derner, J.D.; Augustine, D.J.; Frank, D.A. Does grazing matter for soil organic carbon sequestration in the western North American Great Plains? *Ecosystems* **2019**, *22*, 1088–1094.
45. Savory, A. *How to Green the World's Deserts and Reverse Climate Change 2013*, 4 Mrach 2013.
46. Briske, D.D.; Bestelmeyer, B.T.; Brown, J.R.; Fuhlendorf, S.D.; Polley, H.W. The Savory Method Can Not Green Deserts or Reverse Climate Change: A response to the Allan Savory TED video. *Rangelands* **2013**, *35*, 72–74.
47. Briske, D.D.; Sayre, N.F.; Huntsinger, L.; Fernandez-Gimenez, M.; Budd, B.; Derner, J.D. Origin, persistence, and resolution of the rotational grazing debate: Integrating human dimensions into rangeland research. *Rangel. Ecol. Manag.* **2011**, *64*, 325–334.
48. Teague, W.R.; Provenza, F.; Kreuter, U.; Steffens, T.; Barnes, M. Multi-paddock grazing on rangelands: Why the perceptual dichotomy between research results and rancher experience? *J. Environ. Manag.* **2013**, *128*, 699–717.
49. Roche, L.M.; Cutts, B.B.; Derner, J.D.; Lubell, M.N.; Tate, K.W. On-ranch grazing strategies: Context for the rotational grazing dilemma. *Rangel. Ecol. Manag.* **2015**, *68*, 248–256.
50. Teague, W.R.; Dowhower, S.L.; Baker, S.A.; Haile, N.; DeLaune, P.B.; Conover, D.M. Grazing management impacts on vegetation, soil biota, and soil chemical, physical, and hydrological properties in tall grass prairie. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2011**, *141*, 310–322.
51. Stanley, P.L.; Rowntree, J.E.; Beede, D.K.; DeLonge, M.S.; Hamm, M.W. Impacts of soil carbon

- sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems. *Agric. Syst.* **2018**, *162*, 249–258.
52. Oliva, G.E.; Cepeda, C.; Ferrante, D.; Puig, S. Holistic Management in a Semiarid Patagonian Sheep Station: Slow Grassland Improvement with Animal Production Complications. 2016. P. 1115–1117, Section 7.5 in Proceedings of the 10th International Rangeland Congress. Saskatoon, Canada..
 53. Vallentine, J.F. *Grazing Management*, 2nd ed.; Academic Press: New York, NY, USA, 2001.
 54. Briske, D.D.; Derner, J.D.; Brown, J.R.; Fuhlendorf, S.D.; Teague, W.R.; Havstad, K.M.; Gillen, R.L.; Ash, A.J.; Willms, W.D. Rotational grazing on rangelands: Reconciliation of perception and experimental evidence. *Rangel. Ecol. Manag.* **2008**, *61*, 3–17.
 55. Pacala, S.; Socolow, R. Stabilization wedges: solving the climate problem for the next 50 years with current technologies. *science* **2004**, *305*, 968–972.
 56. Griscom, B.W.; Adams, J.; Ellis, P.W.; Houghton, R.A.; Lomax, G.L.; Miteva, D.A.; Schlesinger, W.H.; Shoch, D.; Siikamäki, J.V.; Smith, P.; et al. Natural climate solutions. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* **2017**, *114*, 11645–11650.
 57. Joyce, L.A.; Marshall, N.A. Managing Climate Change Risks in Rangeland Systems. In *Rangeland Systems: Processes, Management and Challenges*; Briske, D.D., Ed.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2017; pp. 491–526.
 58. West, T.O.; Six, J. Considering the influence of sequestration duration and carbon saturation on estimates of soil carbon capacity. *Clim. Chang.* **2007**, *80*, 25–41.
 59. Booker, K.; Huntsinger, L.; Bartolome, J.W.; Sayre, N.F.; Stewart, W. What can ecological science tell us about opportunities for carbon sequestration on arid rangelands in the United States? *Glob. Environ. Chang.* **2013**, *23*, 240–251.
 60. Viglizzo, E.F.; Ricard, M.F.; Taboada, M.A.; Vasquez-Amabile, G. Reassessing the role of grazing lands in carbon-balance estimations: Meta-analysis and review. *Sci. Total Environ.* **2019**, *661*, 531–542.
 61. Batjes, N.H. Organic carbon stocks in the soils of Brazil. *Soil Use Manag.* **2005**, *21*, 22–24.
 62. Pausch, J.; Kuzyakov, Y. Carbon input by roots into the soil: Quantification of rhizodeposition from root to ecosystem scale. *Glob. Chang. Biol.* **2018**, *24*, 1–12.
 63. Dass, P.; Houlton, B.Z.; Wang, Y.; Warlind, D. Grasslands may be more reliable carbon sinks than forests in California. *Environ. Res. Lett.* **2018**, *13*, 074027.
 64. Li, W.; Ciais, P.; Guenet, B.; Peng, S.; Chang, J.; Chaplot, V.; Khudyaev, S.; Pregon, A.; Piao, S.; Wang, Y.; et al. Temporal response of soil organic carbon after grassland land use change. *Glob. Chang. Biol.* **2018**, *24*, 4731–4746.
 65. Conant, R.T.; Paustian, K.; Elliott, E.T. Grassland Management AND Conversion into Grassland: Effects on Soil Carbon. *Ecol. Appl.* **2001**, *11*, 343–355, doi:10.1890/1051-0761(2001)011[0343:GMACIG]2.0.CO;2.
 66. Conant, R.T.; Cerri, C.E.P.; Osborne, B.B.; Paustian, K. Grassland management impacts on soil carbon stocks: A new synthesis. *Ecol Appl* **2017**, *27*, 662–668, doi:10.1002/eap.1473.
 67. Woodworth-Jefcoats, P.A.; Polovina, J.J.; Drazen, J.C. Climate change is projected to reduce carrying capacity and redistribute species richness in North Pacific pelagic marine ecosystems. *Glob. Chang. Biol.* **2017**, *23*, 1000–1008, doi:10.1111/gcb.13471.
 68. Sawalhah, M.N.; Holechek, J.L.; Cibils, A.F.; Geli, H.M.E.; Zaied, A. Rangeland Livestock Production in Relation to Climate and Vegetation Trends in New Mexico. *Rangel. Ecol. Manag.* **2019**, *72*, 832–845.
 69. McIntosh, M.M.; Holechek, J.L.; Spiegel, S.A.; Cibils, A.F.; Estell, R.E. Long-Term Declining Trends in Chihuahuan Desert Forage Production in Relation to Precipitation and Ambient Temperature. *Rangel. Ecol. Manag.* **2019**, *72*, 976–987.
 70. Briske, D.D.; Joyce, L.A.; Polley, H.W.; Brown, J.R.; Wolter, K.; Morgan, J.A.; McCarl, B.A.; Bailey, D.W. Climate-change adaptation on rangelands: Linking regional exposure with diverse adaptive capacity. *Front. Ecol. Environ.* **2015**, *13*, 249–256.
 71. Havstad, K.M.; Brown, J.R.; Estell, R.; Elias, E.; Rango, A.; Steele, C. Vulnerabilities of southwestern US rangeland-based animal agriculture to climate change. *Clim. Chang.* **2018**, *148*, 371–386.
 72. Reeves, M.C.; Mitchell, J.E. Extent of coterminous US rangelands: Quantifying implications of differing agency perspectives. *Rangel. Ecol. Manag.* **2011**, *64*, 585–597.
 73. U.S. Forest Service Extent of U.S. Rangelands. Available online: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=44b569ae41204992a17c9712e86abd50> (accessed on 1 May 2020).
 74. Augustine, D.J.; Blumenthal, D.M.; Springer, T.L.; LeCain, D.R.; Gunter, S.A.; Derner, J.D. Elevated CO₂ induces substantial and persistent declines in forage quality irrespective of warming in mixed grass prairie. *Ecol. Appl.* **2018**, *28*, 721–735.
 75. Polley, H.W.; Bailey, D.W.; Nowak, R.S.; Stafford-Smith, M. Ecological Consequences of Climate Change on Rangelands. In *Rangeland Systems: Processes, Management and Challenges*; Briske,

- D.D., Ed.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2017; pp. 229–260.
76. Gherardi, L.A.; Sala, O.E. Enhanced precipitation variability decreases grass- and increases shrub-productivity. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2015**, *112*, 12735–12740.
 77. Reeves, M.C.; Bagne, K.E. *Vulnerability of Cattle Production to Climate Change on US Rangelands*; Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-343; US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station: Fort Collins, CO, USA, 2016; Volume 343, 39p.
 78. US Forest Service Heat Stress Index (Map Service). Available online: <https://enterprisecontentnewsfs.hub.arcgis.com/datasets/heat-stress-index-map-service> (accessed on 13 May 2020).
 79. USGCRP US Heat Waves Characteristics. Available online: <https://www.globalchange.gov/browse/indicators/us-heat-waves> (accessed on 13 May 2020).
 80. USGCRP US Heat Waves Indicator Data. 2019. Available online: <https://data.globalchange.gov/report/indicator-us-heat-waves-2019> (accessed on 13 May 2020).
 81. Morgan, J.A.; Mosier, A.R.; Milchunas, D.G.; LeCain, D.R.; Nelson, J.A. CO₂ enhances productivity, alters species composition, and reduces digestibility of shortgrass steppe vegetation. *Ecol. Appl.* **2004**, *14*, 208–219.
 82. Milchunas, D.G.; Mosier, A.R.; Morgan, J.A.; LeCain, D.R.; King, J.Y.; Nelson, J.A. Elevated CO₂ and defoliation effects on a shortgrass steppe: Forage quality versus quantity for ruminants. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2005**, *111*, 166–184.
 83. Holechek, J.L. Financial returns and range condition on southern New Mexico ranches. *Rangelands* **1996**, *18*, 52–56.
 84. Stoddart, L.A.; Smith, A.D. *Range Management*; McGraw-Hill Book, Company, Inc.: New York, NY, USA, 1943.
 85. US Forest Service Rangeland Productivity 1984–2018. Available online: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=ccbd5786940d430786487690c82ed71e> (accessed on 13 May 2020).
 86. US Forest Service USDA Forest Service FSGeodata Clearinghouse—Rangelands. Available online: <https://data.fs.usda.gov/geodata/rastergateway/rangelands/index.php> (accessed on 13 May 2020).
 87. Scifres, C.J. *Brush Management: Principles and Practices for Texas and the Southwest*; Texas A&M University Press: College Station, TX, USA, 1980.
 88. Vallentine, J.F. *Range Improvement and Development*, 3rd ed.; Academic Press: New York, NY, USA, 1989.
 89. Archer, S. Woody plant encroachment into southwestern grasslands and savannas: Rates, patterns and proximate causes. In *Ecological Implications of Livestock Herbivory in the West*; Vavra, M., Laycock, W.A., Pieper, R.D., Eds.; Society for Range Management: Denver, CO, USA, 1994; p. 297.
 90. Barger, N.N.; Archer, S.R.; Campbell, J.L.; Huang, C.; Morton, J.A.; Knapp, A.K. Woody plant proliferation in North America drylands: A synthesis of impacts on ecosystem carbon balance. *J. Geophys. Res.* **2011**, *116*, 17, doi:10.1029/2010JG001506.
 91. Archer, S.R.; Andersen, E.M.; Predick, K.I.; Schwinning, S.; Steidl, R.J.; Woods, S.R. Woody Plant Encroachment: Causes and Consequences. In *Rangeland Systems: Processes, Management and Challenges*; Briske, D.D., Ed.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2017; pp. 25–84.
 92. Anadon, J.D.; Sala, O.E.; Turner, B.L.; Bennett, E.M. Effect of woody-plant encroachment on livestock production in North and South America. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2014**, *111*, 12948–12953, doi:10.1073/pnas.1320585111.
 93. Van Auken, O.W. Shrub invasions of North American semiarid grasslands. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **2000**, *31*, 197–215.
 94. Morgan, J.A.; Milchunas, D.G.; LeCain, D.R.; West, M.; Mosier, A.R. Carbon dioxide enrichment alters plant community structure and accelerates shrub growth in the shortgrass steppe. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* **2007**, *104*, 14724–14729.
 95. Archer, S.; Boutton, T.W.; Hibbard, K.A. Trees in grasslands: Biogeochemical consequences of woody plant expansion. In *Global Biogeochemical Cycles in the Climate System*; Academic Press: San Diego, CA, USA, 2001; pp. 115–138.
 96. Thomas, M.C.; Mohamed, A.H.; Sawalhah, M.N.; Holechek, J.L.; Bailey, D.W.; Hawkes, J.M.; Luna-Nevariz, P.; Molinar, F.; Khumalo, G. Long-term forage and cow-calf performance and economic considerations of two stocking levels on Chihuahuan desert rangeland. *Rangel. Ecol. Manag.* **2015**, *68*, 158–165.
 97. Johnston, P.W.; Tannock, P.R.; Beale, I.F. Objective “safe” grazing capacities for south-west Queensland Australia: A model application and evaluation. *Rangel. J.* **1996**, *18*, 259–269.
 98. Lacey, J.; Williams, E.; Roller, J.; Marlow, C. A guide for planning, analyzing, and balancing forage supplies with livestock demand. *Mont. State Univ. Ext. Serv. Publ.* **1994**, *E13-101*, 8.

99. White, L.D.; McGinty, A. Stocking rate decisions: Key to successful ranching. *Tex. AM Univ. Res. Ext. Serv. Publ.* **1997**, B-5036, 14.
100. Galt, D.; Molinar, F.; Navarro, J.; Joseph, J.; Holechek, J. Grazing capacity and stocking rate. *Rangelands* **2000**, 22, 7–11.
101. Smart, A.J.; Derner, J.D.; Hendrickson, J. R.; Gillen, R.L.; Dunn, B.H.; Mousel, E.M.; Johnson, P.S.; Gates, R.N.; Sedivec, K.K.; Harmony, K.R.; et al. Effects of grazing pressure on efficiency of grazing on North American Great Plains rangeland. *Rangel. Ecol. Manag.* **2010**, 63, 397–406.
102. Torell, L.A.; Murugan, S.; Ramirez, O.A. Economics of Flexible Versus Conservative Stocking Strategies to Manage Climate Variability Risk. *Rangel. Ecol. Manag.* **2010**, 63, 415–425.
103. Ash, A.; Thornton, P.; Stokes, C.; Togtohyn, C. Is proactive adaptation to climate change necessary in grazed rangelands. *Rangel. Ecol. Manag.* **2012**, 65, 563–568.
104. Anderson, D.M.; Estell, R.E.; Gonzalez, A.L.; Cibils, A.F.; Torell, L.A. Criollo cattle: Heritage Genetics for Arid Landscapes. *Rangelands* **2015**, 37, 62–67, doi:10.1016/j.rala.2015.01.006.
105. Spiegel, S.; Estell, R.E.; Cibils, A.F.; James, D.K.; Peinetti, H.R.; Browning, D.M.; Romig, K.B.; Gonzalez, A.L.; Lyons, A.J.; Bestelmeyer, B.T. Seasonal Divergence of Landscape Use by Heritage and Conventional Cattle on Desert Rangeland. *Rangel. Ecol. Manag.* **2019**, 72, 590–601, doi:10.1016/j.rama.2019.02.008.
106. Nyamuryekung'e, S.; Cibils, A.F.; Estell, R.E.; VanLeeuwen, D.; Steele, C.; Estrada, O.R.; Almeida, F.R.; Gonzalez, A.; Spiegel, S. Do young calves influence movement patterns of nursing Raramuri Criollo cows on rangeland? *Rangel. Ecol. Manag.* **2020**, 73, 84–92.
107. Heady, H.F.; Child, R.D. *Rangeland Ecology & Management*, Westview Press: San Francisco, CA, USA, 1994.
108. Bolen, E.G.; Robinson, W.L. *Wildlife Ecology and Management*, 5th ed.; Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ, USA, 2003.
109. Baen, J.S. The growing importance and value implications of recreational hunting leases to agricultural land investors. *J. Real Estate Res.* **1997**, 14, 399–414.
110. Lindsey, P.A.; Alexander, R.; Frank, L.G.; Mathieson, A.; Romanach, S.S. Potential of trophy hunting to create incentives for wildlife conservation in Africa where alternative wildlife-based land uses may not be viable. *Anim. Conserv.* **2006**, 9, 283–291.
111. Wilcox, B.P.; Sorice, M.G.; Angerer, J.; Wright, C.L. Historical changes in stocking densities on Texas rangelands. *Rangel. Ecol. Manag.* **2012**, 65, 313–317.
112. Shrum, T.R.; Travis, W.R.; Williams, T.M.; Lih, E. Managing climate risks on the ranch with limited drought information. *Clim. Risk Manag.* **2018**, 20, 11–26.
113. Shaw, M.R.; Pendleton, L.; Cameron, D.R.; Morris, B.; Bachelet, D.; Klausmeyer, K. The impact of climate change on California's ecosystem services. *Clim. Chang.* **2011**, 109, 465–484.
114. Mungall, E.C. Exotics. In *Ecology and Management of Large Mammals in North America*; Demarais, S., Ed.; Prentice-Hall: Upper Saddle River, NJ, USA, 2000; pp. 736–765.
115. Gilbert, M.; Nicolas, G.; Cinardi, G.; Van Boeckel, T.P.; Vanwambeke, S.O.; Wint, G.R.W.; Robinson, T.P. Global distribution data for cattle, buffaloes, horses, sheep, goats, pigs, chickens and ducks in 2010. *Sci. Data* **2018**, 5, 180227, doi:10.1038/sdata.2018.227.
116. Robinson, T.P.; Wint, G.R.W.; Conchedda, G.; Boeckel, T.P.V.; Ercoli, V.; Palamara, E.; Cinardi, G.; D'Aiotti, L.; Hay, S.I.; Gilbert, M. Mapping the Global Distribution of Livestock. *PLoS ONE* **2014**, 9, e96084, doi:10.1371/journal.pone.0096084.
117. Robinson, T.P.; Thornton, P.K.; Franceschini, G.; Kruska, R.; Chiozza, F.; Notenbaert, A.M.O.; Cecchi, G.; Herrero, M.T.; Epprecht, M.; Fritz, S. *Global Livestock Production Systems*; FAO: Rome, Italy; ILRI: 2011; ISBN 92-5-107033-4.
118. Robinson, T.P.; Thornton, P.; Franceschini, G.; Kruska, R.; Chiozza, F.; Notenbaert, A.; Cecchi, G.; Herrero, M.; Epprecht, M.; Fritz, S.; et al. Global distribution of ruminant livestock production systems V5 (5 minutes of arc). In *Global Livestock Production Systems (GLPS)*; Université Libre de Bruxelles: Bruxelles, Belgium, Food and Agriculture Organization (FAO): Rome, Italy, 2018.
119. Holechek, J.L.; Hawkes, J.; Darden, T. Macro-economics and cattle ranching. *Rangelands* **1994**, 16, 118–123.
120. Boykin, C.C.; Gray, J.R.; Caton, D.P. *Ranch Production Adjustments in Drought in Eastern*; Bulletin.470; New Mexico Agricultural Experiment Station: Las Cruces, NM, USA, 1962; p. 41.
121. Haigh, T.R.; Schacht, W.; Knutson, C.L.; Smart, A.J.; Volesky, J.; Aetllen, C.; Hayes, M.; Burbach, M. Sociological determinants of drought impacts and coping strategies for ranching operations in the Great Plains. *Rangel. Ecol. Manag.* **2019**, 72, 561–571.
122. Gray, J.R. *Ranch Economics*; Iowa State University Press: Ames, IA, USA, 1968.
123. Thurow, T.L.; Taylor, C.A. Viewpoint: The role of drought in range management. *J. Range Manag.* **1999**, 52, 413–419.

124. Holechek, J.L. Drought and low cattle prices: Hardship for New Mexico ranchers. *Rangelands* **1996**, *18*, 11–13.
125. Garnett, T.; Appleby, M.C.; Balmford, A.; Bateman, I.J.; Benton, T.G.; Bloomer, P.; Burlingame, B.; Dawkins, M.; Dolan, L.; Fraser, D.; et al. Sustainable Intensification in Agriculture: Premises and Policies. *Science* **2013**, *341*, 33–34.
126. Pretty, J.; Bharucha, Z.P. Sustainable intensification in agricultural systems. *Ann. Bot.* **2014**, *114*, 1571–1596.
127. White, P.J.C.; Lee, M.A.; Roberts, D.J.; Cole, L.J. Routes to achieving sustainable intensification in simulated dairy farms: The importance of production efficiency and complementary land uses. *J. Appl. Ecol.* **2019**, *56*, 1128–1139.
128. Bluwstein, J.; Braun, M.; Henriksen, C.B. Sustainable Extensification as an Alternative Model for Reducing GHG Emissions from Agriculture. The Case of an Extensively Managed Organic Farm in Denmark. *Agroecol. Sustain. Food Syst.* **2015**, *39*, 551–579.
129. Van Grinsven, H.J.M.; Erisman, J.W.; Vries, W.; Westhoek, H. Potential of extensification of European agriculture for a more sustainable food system, focusing on nitrogen. *Environ. Res. Lett.* **2015**, *10*, 025002.
130. Dias, L.C.; Pimenta, F.M.; Santos, A.B.; Costa, M.H.; Ladle, R.J. Patterns of land use, extensification, and intensification of Brazilian agriculture. *Glob. Chang. Biol.* **2016**, *22*, 2887–2903.
131. Tilman, D.; Balzer, C.; Hill, J.; Befort, B.L. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2011**, *108*, 20260–20264.
132. Derner, J.D.; Hunt, L.; Filho, K.E.; Ritten, J.; Capper, J.; Han, G. Livestock Production Systems. In *Rangeland Systems: Processes, Management and Challenges*; Briske, D.D., Ed.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2017; pp. 347–372.
133. Huntsinger, L.; Sayre, N.F.; Macaulay, L. *Ranchers, Land Tenure, and Grassroots Governance*; Herrera, P.J.D., Manzano Baena, P., Eds.; Routledge: London, UK, 2014.
134. Reid, R.S.; Fernández-Giménez, M.E.; Galvin, K.A. Dynamics and Resilience of Rangelands and Pastoral Peoples around the Globe. *Annu. Rev. Environ. Resour.* **2014**, *39*, 217–242.
135. Estell, R.E.; Havstad, K.M.; Cibils, A.F.; Fredrickson, E.L.; Anderson, D.M.; Schrader, T.S.; James, D.K. Increasing shrub use by livestock in a world with less grass. *Rangel. Ecol. Manag.* **2012**, *65*, 553–562.
136. Bailey, D.W.; Moseley, J.C.; Estell, R.E.; Cibils, A.F.; Horney, M.; Hendrickson, J.R.; Walker, J.W.; Launchbaugh, K.L.; Burritt, B.A. Targeted Livestock Grazing: A Prescription for Healthy Rangelands. *Rangel. Ecol. Manag.* **2019**, *72*, 865–877.
137. Wolfert, S.; Ge, L.; Verdouw, C.; Bogaardt, M.-J. Big Data in Smart Farming—A review. *Agric. Syst.* **2017**, *153*, 69–80.
138. Tzounis, A.; Katsoulas, N.; Bartzanas, T.; Kittas, C. Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges. *Biosyst. Eng.* **2017**, *164*, 31–48.
139. Pham, X.; Stack, M. How data analytics is transforming agriculture. *Bus. Horiz.* **2018**, *61*, 125–133.

PRODUCCIÓN DE LECHE EN ZONAS DE ESTRÉS TÉRMICO AGUDO

Miguel Mellado

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Nutrición Animal, Saltillo, Coahuila, México

mmellbosq@yahoo.com

RESUMEN

Los productores de leche en zonas de estrés térmico agudo disponen de varias prácticas de manejo para asegurar la rentabilidad sus empresas lecheras. Algunas de estas prácticas son la inducción hormonal de la lactancia en vacas estériles. La producción de leche de las vacas inducidas es aproximadamente de 10 a 20% más baja que las vacas con lactancia posparto. Sin embargo, al combinar la inducción de la lactancia con la aplicación de somatotropina y la ordeña tres veces al día, las vacas pueden alcanzar los 9,000 kg de leche por lactancia en 305 días. Otra opción es la prolongación de la lactancia a más de 16 meses. Se ha documentado en establos lecheros de la zona de La Laguna, lactancias de hasta 1,400 días con producciones de leche acumuladas que rondan los 36,000 kg de leche. Cuando las vacas tienen más de una lactancia prolongada en su vida productiva la cantidad de leche acumulada en su vida productiva registrada es de 56,236, 63,308, 71,077, 80,561 y 88,685 kg para animales con 0, 1, 2, 3 o 4 lactancias prolongadas. El uso del semen sexado es particularmente atractivo en novillas en zonas de intenso calor debido a que las tasas de preñez tienen una menor disminución con semen sexado en las épocas de intenso calor, comparado con el uso de semen convencional. Aunque es indebido y reprobable, en establos intensivos de La Laguna se usan vacas positivas a brucelosis y tuberculosis, porque estas vacas presentan producciones de leche similares a las vacas negativas a estas enfermedades. Otra opción para mejorar la productividad de las vacas lecheras bajo estrés por calor es la doble inseminación por celo inducido. Con esta práctica se aumenta ~8 puntos porcentuales al adoptar esta práctica de inseminaciones dobles con 12 h de diferencia al final del protocolo Ovsynch con inseminación artificial a tiempo fijo.

Palabras clave: semen sexado, lactancias prolongadas, inducción a la lactancia, brucelosis, tuberculosis

ABSTRACT

Dairy farmers in areas of severe and prolonged heat stress may use several management practices to ensure the profitability of their dairy operations. Some of these practices are the hormonal induction of lactation in sterile cows. Milk production of induced cows is approximately 10 to 20% lower than cows with postpartum lactation. However, by combining lactation induction with somatotropin application and milking three times a day, cows can reach 9,000 kg of milk per lactation in 305 days. Another option is to prolong lactation beyond 16 months. It has been documented in dairy farms in La Laguna area, lactations of up to 1,400 days with accumulated milk production of around 36,000 kg of milk. When cows have more than one prolonged lactation in their productive life, the amount of milk accumulated in their productive life is 56,236, 63,308, 71,077, 80,561 and 88,685 kg for animals with 0, 1, 2, 3 or 4 prolonged lactations. The use of sexed semen is particularly attractive in heifers in areas of intense heat because pregnancy rates have a smaller decrease with sexed semen in times of intense heat, compared to the use of conventional semen. Although it is improper and reprehensible, cows positive for brucellosis and tuberculosis are used in intensive farms in La Laguna, because these cows have similar milk production to cows negative for these diseases. Another option to improve the productivity of dairy cows under heat stress is double insemination by induced estrus. With this practice, ~8 percentage points are increased by

adopting this practice of double inseminations 12 h apart at the end of the Ovsynch protocol with artificial insemination at a fixed time.

Keywords: sexed semen, prolonged lactation, lactation induction, brucellosis, tuberculosis

INTRODUCCIÓN

La selección continua para incrementar la producción de leche en ganado lechero ha resultado en una relación antagonista entre mayor producción de leche y menores tasas de fertilidad (Walsh et al., 2011; Rearte et al., 2018). La baja fertilidad se ha convertido en una de las principales causas para la eliminación involuntaria de ganado lechera en sistemas intensivos, particularmente en las cuencas lecheras del norte de México, donde las temperaturas ambientales extremadamente elevadas afectan marcadamente la eficiencia de producción (Correa-Calderón et al., 2009; Avendaño-Reyes et al., 2010; Mellado et al., 2013). De hecho, la tasa de preñez de vacas Holstein en sistemas intensivos en la Comarca Lagunera (zona localizada entre los márgenes del Río Nazas, conformada por una zona aledaña a las ciudades de Torreón, Coahuila y Gómez Palacio y Lerdo, Durango), es de sólo 33% (Mellado et al., 2012, 2013) y típicamente la tasa de preñez disminuye 10% en el verano comparado con otras estaciones del año (Mellado et al. 2013).

Este bajo comportamiento reproductivo es debido a la intensa carga de calor a que son sometidas las vacas durante la mayor parte del año, asociada con una alta producción de calor corporal derivado de los procesos metabólicos de vacas de >9,000 kg de producción de leche en 305 días (Wheelock et al. 2010; Sammad et al., 2020). El estrés térmico en las vacas Hosltein de estas zonas es exacerbado por la ordeña de las vacas durante 3 veces al día (incremento en la producción de leche y en consecuencia una mayor ingestión de alimento), intensa radiación solar, elevadas temperaturas ambientales, noches calurosas y viento en calma durante la mayor parte del año. Una tasa de desecho elevada en vacas lecheras con un alto potencial de producción de leche, debido a fallas reproductivas, reduce la rentabilidad de la explotación lechera, porque estas vacas son vendidas como ganado productor de carne (Hoischen-Taubner et al., 2021).

En zonas de intenso calor en las zonas áridas de México la tasa de desecho de vacas lecheras es de alrededor de 35% (Avendaño Reyes et al., 2007), y muchas de estas vacas lecheras son eliminadas prematuramente debido a su incapacidad para reproducirse. Lo anterior conduce a que muchos de los productores tengan que comprar becerras de reemplazo. Los productores que dependen de la incorporación a sus hatos de becerras importadas de Estados Unidos y Canadá tienen un costo elevado para el mantenimiento del hato (altos costos de animales importados y bajo precio de las vacas eliminadas). Los costos de vacas de reemplazo se reducirían si menos vacas lecheras se vendieran como ganado productor de carne y existiera un excedente de becerras de reemplazo producidas en la explotación lechera, con lo cual se sustituirían las vacas desechadas y se pudiera vender una parte de las becerras como pie de cría.

Los productores de leche en zonas de estrés térmico agudo disponen de varias prácticas de manejo para asegurar la rentabilidad sus empresas lecheras. Algunas de estas prácticas son la inducción hormonal de la lactancia en vacas estériles, la prolongación de la lactancia a más de 16 meses, con una declinación mensual en la producción de leche <5%, la utilización de semen sexado para reducir el gasto en la adquisición de becerras de reemplazo, la utilización de vacas híbridas las cuales son más tolerantes al calor y presentan mayores tasas de preñez, y el uso de doble inseminación por celo, entre otras opciones. En condiciones de estrés térmico crónico, otra práctica inaceptable que algunos productores de leche efectúan, es el acopio de vacas seropositivas a tuberculosis o brucelosis para destinarlas a la producción de

leche, situación reprobable y que debe erradicarse. Estas opciones se discuten a continuación.

INDUCCIÓN HORMONAL DE LA LACTANCIA

Aunque la inducción hormonal de la lactancia en explotaciones comerciales de leche en países industrializados es cuestionable por razones éticas (Croney and Anthony, 2010), esta tecnología puede ser utilizada en países donde el uso de la hormona del crecimiento y los esteroides son permitidos en la producción animal, como es el caso de México. La inducción de la lactancia puede ser utilizada selectivamente en vacas con problemas reproductivos, pero con un potencial lechero sobresaliente. La tecnología de inducción de la lactancia puede combinarse con el uso de la hormona del crecimiento a través de la lactancia lo que produciría no sólo un mayor número de vacas lactando, sino que la duración de la lactancia puede extenderse por 15 meses o más, lo cual representa ingresos importantes para el productor, y una menor dependencia de becerras de reemplazo. Adicionalmente, muchas de las vacas inducidas hormonalmente a la lactancia (todas ellas incapaces de quedar gestantes en su lactancia previa) se preñan durante la lactancia inducida, con lo cual algunas vacas alargan considerablemente su vida productiva.

Evolución de los protocolos para la inducción hormonal de la lactancia

Con la aparición de los estrógenos sintéticos como el dietilestilbestrol en los años 50's del siglo pasado, se empezó a investigar la inducción artificial de la lactancia, tanto en vacas lecheras como en cabras. Sin embargo, no fue sino hasta la década de los 70's del siglo pasado cuando se desarrollaron los primeros protocolos para la inducción de la lactancia, usando inyecciones diarias de 17β -estradiol y progesterona durante 7 días. La respuesta de las vacas fue variable, errática y con producciones de leche más bajas que las vacas cuya lactancia derivó de parto (Collier et al., 1975; Peel et al., 1978).

En estos primeros protocolos alrededor del 30% de las vacas no respondían al tratamiento hormonal y algunas presentaban celo pasajero durante el tratamiento, aunque algunas vacas mostraban signos de celo durante todo el periodo de la aplicación de las hormonas. Con el protocolo antes descrito algunas vacas presentaban producciones de leche y duración de las lactancias muy cercanas a las vacas con lactancia derivada de parto, pero otras producían leche escasa y se secaban al poco tiempo de iniciada ésta. Estas primeras experiencias mostraron también que los tratamientos hormonales no reñían con la fertilidad de las vacas sometidas a la aplicación de las hormonas sexuales. Posteriormente se añadieron a este protocolo los corticosteroides, ya que estos

son importantes para la lactogénesis y el desarrollo mamario (Reichardt et al., 2001; Lei et al., 2013), con lo cual se incrementó la respuesta de las vacas a la lactoinducción. Finalmente, con la aparición de la hormona sintética del crecimiento a principios de los años 80's del siglo pasado, los protocolos de inducción de la lactancia incluyeron a esta hormona, con lo cual se incrementó el grado de éxito para la inducción de la lactancia, además de reducir la variabilidad de la producción de leche de las vacas inducidas (Magliaro et al., 2004). Lo anterior se debe a que la hormona del crecimiento es un importante regulador del crecimiento mamario (Renaville et al., 2002; Akers, 2017) y de la síntesis de la leche (Trott et al., 2008; Rezaei et al., 2016). Uno de los tratamientos de inducción de la lactancia más utilizados recientemente es como sigue: el primer día de tratamiento las vacas reciben somatotropina intramuscularmente (500 mg im). Del día 2 al 8, las vacas reciben cipionato de estradiol (0.30 mg/kg peso por día, subcutáneamente) y progesterona (0.28 mg/kg de peso por día). El día 8 se aplica somatotropina nuevamente. Del día 9 al 15 se aplica sólo cipionato de estradiol. El día 15 se suministra somatotropina. El día 16 se aplica $\text{PGF}_{2\alpha}$ (Lutalyse; 25 mg im). No se

aplican hormonas los días 17 y 18. Finalmente, durante 3 días consecutivos (19 a 21) las vacas reciben flumetasona (15 mg im). El día 21 las vacas reciben somatotropina y empiezan a ser ordeñadas.

Con el tratamiento anterior la mayor parte de las vacas inician su lactancia, aunque la producción de leche de las vacas inducidas es aproximadamente de 10 a 20% más baja que las vacas con lactancia posparto. Sin embargo, al combinar la inducción de la lactancia con la aplicación de somatotropina y la ordeña tres veces al día, las vacas pueden alcanzar los 9,000 kg de leche por lactancia en 305 días, además de que la persistencia de ésta se incrementa notablemente, pudiéndose prolongar la lactancia a más de 15 meses.

Inducción de la lactancia en dos lactancias consecutivas

Las vacas infértiles que son inducidas a la lactancia y que no quedan preñadas, son desechadas. Algunas de estas vacas que no quedan preñadas y que son genéticamente sobresalientes para la producción de leche, pudieran tener una segunda lactancia inducida hormonalmente. Con esta práctica las vacas producirían alrededor del 90% de la leche de una vaca con lactancia derivada de parto (Mellado et al., 2011), y este nivel de producción de leche es lo suficientemente alto como para pagar los costos de mantenimiento, tratamiento hormonal y alimentación de estos animales, con obvios dividendos positivos para el productor.

Datos de Mellado et al. (2014a) indican que, para todos los rubros, la producción de leche de la segunda lactancia de vacas inducidas a la lactación no difiere de la primera lactancia inducida. Lo anterior revela que la práctica de inducción a la lactancia puede repetirse en las vacas lecheras que no queden preñadas, sin que exista una menor respuesta en cuanto a producción de leche en las vacas tratadas.

Fertilidad de las vacas inducidas a la lactancia

Un aspecto poco conocido de las vacas inducidas a la lactancia (infértiles en su lactancia previa) es que éstas pueden quedar gestantes durante la lactancia derivada del tratamiento hormonal. En vacas sometidas a un intenso estrés térmico la mayor parte del año, las vacas que se ordeñan tres veces por día y reciben la hormona del crecimiento a través de toda la lactancia, y que son inducidas a la lactancia requirieron un servicio adicional por preñez comparadas con las vacas no inducidas a la lactancia (Mellado et al. (2006). Sin embargo, tanto las vacas inducidas a la lactancia como las que tienen su lactancia de parto presentan un elevado número de servicios por preñez (>4), como resultado del estrés térmico a que están sujetos estos animales. Sin embargo, a pesar del intenso calor, el porcentaje de vacas preñadas es superior a 70% en ambos grupos de animales. Lo anterior corrobora que las vacas inducidas a la lactancia, que no quedan preñadas en su lactancia anterior después de repetidos servicios, pueden alcanzar tasas de preñez muy cercanas a las tasas observadas en las vacas no inducidas a la lactancia (Mellado et al., 2006). Los resultados anteriores muestran que una gran parte de las vacas infértiles, una vez que son inducidas a la lactancia, recuperan su fertilidad. No se tiene una explicación para este intrigante fenómeno.

LACTANCIAS PROLONGADAS (>15 MESES)

Otra alternativa para los productores de leche en zonas de intenso calor y con una baja eficiencia reproductiva, y consecuentemente con un bajo número de vacas de reemplazo, es prolongar la lactancia de las vacas que no quedan gestantes durante los 200 días postparto, más allá del tradicional periodo de 10 meses. Las lactancias prolongadas (>18 meses) no necesariamente significan una menor producción de leche (Osterman and Bertilsson, 2003; Rotz et al., 2005). De hecho, se ha demostrado que, al combinar intervalos entre partos prolongados con un incremento en la frecuencia de ordeña, la producción de leche por día

puede ser mayor comparado con lactancias de 10 meses. Datos de Mellado et al. (2021) muestran que las vacas Holstein con tres ordeñas por día son capaces de producir más de 30 kg de leche a los 10 meses de lactancia, por lo que no sería rentable “secar” las vacas con este nivel de producción de leche, a menos que las vacas tengan 7 meses de preñez.

Entonces, es perfectamente factible extender la lactancia de las vacas más allá de los tradicionales 10 meses, cuando las vacas no se preñan antes de los 150 días de lactancia. De hecho, en los establos lecheros de La Laguna una práctica factible sería iniciar la inseminación de las vacas hasta después de los 200 días de lactancia. Esta práctica, sin embargo, no se lleva a cabo actualmente, por lo que las lactancias prolongadas que se presentan comúnmente en las explotaciones lecheras de La Laguna, no son planeadas, éstas se dan como consecuencia de fallas reproductivas de las vacas.

La práctica de lactancias prolongadas también beneficia el comportamiento reproductivo de las vacas (Larsson and Berglund, 2008) y su bienestar en general (Knight, 2001; Osterman and Redbo, 2001; Rotz et al., 2005).

Además de prolongar las lactancias en los sistemas intensivos de producción de leche en el noreste de México, debido a fallas reproductivas, una práctica común entre los productores de leche es continuar inseminando a las vacas después de los 120 días posparto, prolongándose las inseminaciones hasta los 250 o 300 días postparto. Esta práctica es cuestionable porque aquellas vacas que no quedan preñadas con 5 servicios se consideran estériles. Así mismo, numerosas inseminaciones, en caso de que con alguna de ellas quedara preñada la vaca, sería algo indeseable para los productores, porque decrece la rentabilidad por vaca, debido a una vez que la vaca alcanza el punto de equilibrio (punto en que la producción de leche paga el costo de alimentación; aproximadamente 6-7 meses posparto en vacas con decrementos de leche de 10% mensual) el costo de producción de leche de las vacas es inferior al costo de alimentación.

Sin embargo, el punto anterior ha sido recientemente cuestionado por algunos investigadores quienes consideran que las lactancias prolongadas (>15 meses) son económicamente competitivas, siempre y cuando la persistencia de éstas se maximice (Knight, 2005). Lo anterior se ha confirmado en establos lecheros de la zona de La Laguna (25° N, México) donde se han documentado lactancias de hasta 1,400 días con producciones de leche acumuladas que rondan los 36,000 kg de leche (tanto para vacas primíparas como multíparas; datos del autor sin publicar). Entre las ventajas de las lactancias prolongadas están un uso más eficiente de la mano de obra y de las instalaciones, además de un flujo monetario más estable a través del año. Adicionalmente, algunas vacas que son consideradas como infértiles pueden quedar gestantes con más de 5 inseminaciones (hasta 15 inseminaciones; Mellado et al., 2016); consecuentemente la adquisición de animales de reemplazo se reduce. Con las lactancias prolongadas se reducen los riesgos de trastornos pospartos que típicamente se presentan en establos lecheros, tales como partos distócicos, retención de placenta, metritis, hipocalcemia, cetosis, quistes ováricos y desplazamiento del abomaso.

Cuando las vacas tienen más de una lactancia prolongada en su vida productiva la cantidad de leche acumulada en su vida productiva es asombrosamente alta. Por ejemplo, al comparar vacas con cinco lactancias, la producción de leche en animales con 0, 1, 2, 3 o 4 lactancias prolongadas es, en promedio, 56,236, 63,308, 71,077, 80,561 y 88,685 kg (Rodríguez-Godina et al., 2021).

Entonces, las lactancias prolongadas son una opción práctica en establos lecheros intensivos en zonas de intenso calor donde no es posible tener altas tasas de preñez. Una desventaja

de esta práctica es la limitada producción de becerras de reemplazo, pero este punto puede resolverse con el uso de semen sexado, como se discute a continuación.

UTILIZACIÓN DEL SEMEN SEXADO

El uso de semen sexado se ha extendido ampliamente en las explotaciones lecheras del norte de México. Con esta tecnología reproductiva se logra un 90% de hembras en las crías producidas (DeJarnette et al., 2009; Norman et al., 2010; Mellado et al., 2010), además de reducirse la incidencia de partos distócicos (los becerros machos incrementan las dificultades al parto, comparado con las hembras; Norman et al., 2010). Adicionalmente, los becerros procedentes del uso de semen sexado son normales, pues no se han reportado diferencias en las tasas de mortalidad neonatal, peso al nacer, peso al destete, duración de la gestación ni incremento en la incidencia de anomalías en los becerros (Tubman et al., 2004).

Esta práctica tiene un gran impacto para los productores de leche de La Laguna, en el norte de México, debido a que éstos, por décadas, han dependido de la importación masiva de becerras de reemplazo. La imposibilidad de los productores de leche para producir sus animales de reemplazo se debe a la baja tasa reproductiva de las vacas en zonas de intenso calor (Mellado et al., 2013), y por la alta tasa de mortalidad de las becerras en los establos de esta área (Mellado et al., 2014b).

Algunas ventajas importantes del uso del semen sexado son el hecho de que hace posible la expansión acelerada de la explotación sin necesidad de comprar becerras y se incrementa la bioseguridad del hato (Seidel, 2003; Weigel, 2004). Además, el uso del semen sexado es ventajoso para el productor de leche porque siempre hay un buen mercado para las becerras lecheras sobrantes, cosa que no ocurre con los becerros. Con el uso del semen sexado se tiene un progreso genético más acelerado, al permitir una tasa más alta de animales de desecho y así dejar a las vacas de mayor potencial genético en el hato (De Vries et al., 2008).

Dado que no resulta económicamente posible producir pajillas de espermatozoides sexados con los 20-30 millones de células espermáticas, característico de las pajillas de semen convencional, las pajillas de semen congelado sexado tienen de 1.5×10^6 a 3×10^6 espermatozoides. Lo anterior conduce a que la tasa de preñez de las vacas inseminadas con semen sexado sea >12% inferior a las tasas que se obtiene con semen convencional (Andersson et al., 2006; Schenk et al., 2009), sin importar que el semen se deposite en los cuernos o cuerpo uterino (Cortés, 2013).

La investigación del uso de semen sexado se ha enfocado hacia la inseminación de vaquillas, porque éstas presentan tasas de concepción de hasta 70%, (usando semen sin sexar, congelado y descongelado, en comparación con menos del 40% que se logra en las vacas pluríparas (Pryce et al., 2002). El uso del semen sexado es particularmente atractivo en zonas de intenso calor debido a que las tasas de preñez tienen una menor disminución con semen sexado en las épocas de intenso calor, comparado con el uso de semen convencional (Mellado et al., 2014c).

Los resultados anteriores son intrigantes porque el estrés térmico afecta la tasa de preñez en forma distinta, con un impacto marginal en las vaquillas inseminadas con semen sexado y un efecto marcado en los animales que se inseminan con semen convencional (Mellado et al., 2014c). Los mecanismos que hacen que las tasas de preñez tengan una depresión menor con estrés térmico extremo con el semen sexado son desconocidos. La reducción de la fertilidad de las vacas lecheras en el verano del norte de México es un problema multifactorial, y el estrés térmico puede actuar en diferentes procesos fisiológicos para entorpecer el establecimiento de la preñez: periodo anterior a la ovulación, día de la inseminación, desarrollo embrionario temprano, entre otros. La principal causa de la reducida fertilidad

durante severo estrés térmico es el desarrollo anormal del oocito (Gendelman et al., 2010; Payton et al., 2011) y el desarrollo embrionario (García-Ispuerto et al., 2007; Sakatani et al., 2012). El semen sexado no interfiere con la fertilización y con el desarrollo embrionario (Carvalho et al., 2010). Entonces, los embriones de bovino derivados de semen sexado retienen su capacidad de producir embriones viables in vitro.

Pudiera ser que los embriones de bovino producidos con semen sexado muestran una expresión diferente en la expresión de genes importantes para el desarrollo embrionario temprano en comparación con el semen convencional (Morton et al., 2007). Pudiera ser que el semen sexado promueve algunas moléculas termoprotectoras para el embrión o moléculas inhibitoras de la apoptosis, con lo cual no se estimula la proliferación celular del embrión, aún bajo condiciones de intenso calor. Datos de Stewart et al. (2011) soportan esta teoría porque la transferencia de embriones “frescos” producidos in vitro con semen sexado a vacas sometidas a estrés térmico presentaron una mayor sobrevivencia que embriones producidos con semen convencional y transferidos a vacas bajo estrés térmico.

Otra posibilidad es el hecho de que, durante el proceso de separación de los espermatozoides, las células espermáticas muertas o dañadas son eliminadas de la población que se envasa, y consecuentemente sólo espermatozoides vivos e íntegros son utilizados (Sharpe and Evans, 2009). Además, el semen sexado presenta una motilidad superior al semen convencional (Arruda et al., 2010). Todo lo anterior podría producir embriones de mayor calidad y con mejores posibilidades de supervivencia.

UTILIZACIÓN DE VACAS POSITIVAS A ENFERMEDADES CONTAGIOSAS

El uso de vacas seropositivas a enfermedades contagiosas es una opción totalmente inviable en los sistemas de producción de leche en cualquier parte del país, porque viola las normas oficiales mexicanas en el tema de sanidad animal. Sin embargo, dado que algunos productores de leche en zonas de intenso calor dependen en buena medida del uso de vacas seropositivas a brucelosis y tuberculosis para incrementar la rentabilidad de sus explotaciones lecheras, se abordará brevemente este tema.

En la zona de La Laguna, en particular, algunas explotaciones consiguen altos números de vacas seropositivas a las enfermedades antes mencionadas, las cuales las mantienen en producción mientras sostengan una adecuada producción de leche y no presenten fallas reproductivas. Esta costumbre parte de una mala práctica generalizada en la vacunación de las vacas contra brucelosis en esta zona. Las becerras son vacunadas contra brucelosis alrededor de los 3 meses de edad, pero, erróneamente, a muchas de las vaquillas se les aplica una segunda vacuna al año de edad. En algunos establos, incluso, se repite esta vacuna anualmente. Con este esquema de vacunación, cuando las vacas son examinadas para la presencia de anticuerpos contra *Brucella*, con las pruebas tradicionales (tarjeta y rivanol, principalmente) las vacas resultan positivas a la prueba, pero los anticuerpos detectados contra *Brucella* derivan principalmente de las reacciones a las vacunas, y por lo tanto no se puede discernir entre vacas sanas y afectadas por *Brucella*.

La situación anterior conduce a que una enorme cantidad de vacas examinadas se cataloguen como infectadas con brucelosis y sus dueños se vean forzados a deshacerse de ellas. Estas vacas son adquiridas, a muy bajo precio (consideradas como vacas de desecho) por algunos productores, quienes las siguen explotando, segregadas del resto de sus vacas sanas. Un estudio de Mellado et al. (2014d) aplicando la prueba de inmunodifusión radial (esta prueba permite distinguir entre vacas sanas pero seropositivas a *Brucella* y vacas que reaccionan a cepas de brucelosis de campo) indica que 89% de las vacas seropositivas a brucelosis están sanas en La Laguna. Al comparar la producción de leche a 305 días del grupo de vacas con

11% de vacas realmente seropositivas a *Brucella*, con las vacas sanas, no se detectaron diferencias entre grupos. La eficiencia reproductiva tampoco difirió entre grupos. Estos datos indican que, después del aborto debido a brucelosis, las vacas adquieren inmunidad contra *Brucella*, lo que les permite reproducirse adecuadamente y su producción de leche no se ve afectada. Esto explica el interés de ciertos productores por adquirir estas vacas con fines productivos.

Al igual que el caso antes descrito, algunos productores acopian vacas seropositivas a tuberculosis y las integran a su hato lechero (segregadas), explotándolas mientras mantengan una adecuada producción de leche y no presenten fallas en su reproducción. Esta práctica se da porque las vacas seropositivas a tuberculosis presentan una producción de leche prácticamente similar a la alcanzada por las vacas sanas, y su eficiencia reproductiva no difiere de las vacas sanas (Mellado et al., 2015).

USO DE DOBLE INSEMINACIÓN POR CELO

Durante más de siete décadas, los productores lecheros han seguido la regla AM-PM para la inseminación artificial (IA) de las vacas lecheras. Este esquema dicta que una vaca debe ser inseminada aproximadamente 12 horas después de haber sido observada en celo. Sin embargo, Graves et al. (1997) no observaron diferencias en la preñez por inseminación artificial (P/IA) de vacas y novillas Jersey inseminadas una vez al día o usando la regla AM-PM. Además, Pursley et al. (1998) observaron un efecto cuadrático del tiempo de IA en la P/IA con un aumento de P/AI de 0 a 16 h seguido de una disminución a las 24 h y una disminución adicional en las vacas inseminadas después de la ovulación esperada (32 horas). En el estudio de Pursley, la IA en cualquier momento entre 0 y 24 h después de la segunda GnRH dio como resultado tasas de parto similares, lo que sugiere que el momento óptimo de la IA es ~16 h después de la GnRH final, pero también sugiere una flexibilidad considerable en el momento de la IA en relación con la ovulación, si la IA se realiza antes de la ovulación. Esta flexibilidad ha sido demostrada por Roelofs et al. (2006), quienes no encontraron diferencias en la fertilidad de las vacas con un intervalo inseminación-ovulación de 36 a 12 h antes de la ovulación. Sin embargo, se han reportado disminuciones en P/AI en vacas inseminadas al inicio del celo en comparación con inseminación 12 o 24 h después (Dalton et al., 2001). En consecuencia, el deterioro de la viabilidad de los espermatozoides parece explicar las disminuciones en P/IA observadas en estudios con un momento no óptimo de la IA antes de la ovulación (Brusveen et al., 2008).

Existe abundante evidencia científica de que la vida útil de los ovocitos después de la ovulación es de menos de 8 a 12 horas después de la ovulación (Brackett et al., 1980), y el envejecimiento de los ovocitos después de este umbral reduce la calidad del embrión. Además, el transporte sostenido de espermatozoides en el tracto genital después de la IA después de la ovulación probablemente también conduce al deterioro de los ovocitos antes de la fertilización (Saacke et al., 2008). Por lo tanto, la IA realizada después de la ovulación produce embriones de mala calidad (Roelofs et al., 2006). Además, mientras que el intervalo desde el inicio del celo hasta la ovulación parece similar para vaquillas y vacas alrededor de las 28 h, existe una variación (desviaciones estándar de 5 a 6 h) para este intervalo (Diskin, 2018). Por lo tanto, el uso de la regla AM-PM tradicional puede no proporcionar una P/IA óptima porque algunas vacas probablemente se inseminarán demasiado tarde después del inicio del estro y la probabilidad de fertilización puede reducirse.

Por ejemplo, siguiendo la regla AM-PM, una vaca que comienza el estro a la 1 AM y es detectada en celo a las 7 AM, sería inseminada aproximadamente 17 a 18 horas después del inicio del estro. Este escenario se complica aún más por una expresión de estro reducida en vacas de alta producción (Rivera et al., 2010; Burnett et al., 2018), animales con cojera

(Walker et al., 2008), vacas con baja de condición corporal al momento del servicio (Bedere et al., 2018), y vacas sometidas a estrés térmico (Roth, 2020).

Dado que los espermatozoides incubados durante 4 h a 41 °C exhibieron una reducción en la motilidad, integridad de la membrana plasmática y potencial mitocondrial en comparación con los espermatozoides no incubados (Rahman et al., 2014), los espermatozoides depositados en el útero de vacas bajo estrés por calor (39.2 °C; Rejeb et al., 2016) también pueden reducir su capacidad e integridad de fertilización (Gong et al., 2017). Por lo tanto, dos IA durante el celo podrían mejorar la migración de espermatozoides al ovocito, mantener los espermatozoides activos durante el tiempo entre la IA y la ovulación, evitar las altas temperaturas en el útero y seleccionar los mejores espermatozoides para la fertilización.

Un estudio reciente de Mellado et al. (2022) indica que El P/IA de vacas lecheras pluríparas aumentó ~8 puntos porcentuales al adoptar la práctica de inseminaciones dobles con 12 h de diferencia al final del protocolo Ovsynch con IA a tiempo fijo. Sin embargo, en novillas, la doble IA solo aumentó la fertilidad cuando se usó semen sexado, pero no en animales que recibieron semen convencional. Esta P/IA mejorada con inseminación doble fue más evidente cuando las vacas se inseminaron bajo estrés por calor. Además, la P/IA mejoró cuando la primera inseminación comenzó en horas de la mañana. Por lo tanto, los productores lecheros deben considerar cuidadosamente el uso de Ovsynch con inseminación doble en vacas lecheras pluríparas de alto rendimiento y novillas inseminadas con semen sexado. Además, se debe considerar el precio del semen al adoptar la estrategia propuesta en zonas de intenso estrés por calor.

CONCLUSIONES

Existen algunas prácticas de manejo que ayudan a mejorar la productividad de las vacas lecheras en zonas de intenso calor la mayor parte del año. Debido a la baja tasa reproductiva de las vacas en estas zonas, la inducción hormonal de la lactancia en vacas que no quedan gestantes con varios servicios es una práctica que ayuda a prolongar la vida útil de las vacas, con producciones de leche cercanas a las vacas con parto natural. El uso de semen sexado es vital en zonas de intenso calor ya que se tiene un excedente de vaquillas de reemplazo, con lo cual no hay necesidad de comprar vaquillas debido a tasas de preñez subóptimas. El uso de la doble inseminación con un intervalo de 12 horas, incrementa la tasa de preñez ≈ 8%, particularmente en periodos de estrés térmico agudo. Finalmente, las vacas positivas a brucelosis o tuberculosis tienen una producción de leche, en promedio, similar a las vacas no positivas a estas enfermedades. Este hecho ha conducido a que algunos productores de leche de La Laguna, en forma anómala y en contra de las normas sanitarias, mantengan estos animales en el hato.

LITERATURA CITADA

Akers, R.M. 2017. A 100-Year Review: Mammary development and lactation. *J. Dairy Sci.* 100:10332-10352.

Andersson, M., Taponen, J., Kommeri, M., Dahlbom, M. 2006. Pregnancy rates in lactating Holstein–Friesian cows after artificial insemination with sexed sperm. *Reprod. Dom. Anim.* 41:95–97.

Arruda, R.P., Celeghini, E.C.C., Alonso, M.A., Carvalho, H.F., Lemes, K.M., Silva, D.F., Rodriguez, S.A.F., Affonso, F.J. 2010. Aspects related to the technique and the utilization of sexed semen in vivo and in vitro. *Anim. Reprod.* 9:345–353.

Avendaño-Reyes, L., Alvarez-Valenzuela, F.D., Correa-Calderon, A., Saucedo-Quintero, J.S., Rivera-Acuna, F., Verdugo-Zarate, F.J., Arechiga-Flores, C.F., Robinson, P.H. 2007.

Evaluation of a cooling system used in the dry period of dairy cattle in summer. *Tec. Pec. Mex.* 45:209–225.

Avendaño-Reyes, L., Fuquay, J.W., Moore, R.B., Liu, Z., Clark, B.L., Vierhout, C. 2010. [Relationship between accumulated heat stress during the dry period, body condition score, and reproduction parameters of Holstein cows in tropical conditions](#). *Trop. Anim. Health Prod.* 42:265-273.

Bedere, N., Cutullic, E., Delaby, L., Garcia-Launay, F., Disenhaus, C. 2018. Meta-analysis of the relationships between reproduction, milk yield and body condition score in dairy cows. *Livest. Sci.*210:73-84.

Brackett, B.G., Oh, Y.K., Evans J.F., Donawick, W.J. 1980. Fertilization and development of cow ova. *Biol. Reprod.* 23:189–205.

Brusveen, D.J., Cunha, A.P., Silva, C.D., Cunha, P.M., Sterry, R.A., Silva, E.P.B., Guenther, J.N., Wiltbank, M.C. 2008. Altering the time of the second gonadotropin-releasing hormone injection and artificial insemination AI during ovsynch affects pregnancies per ai in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91:1044-1052.

Carvalho, J.O., Sartori, R., Machado, G.M., Mourão, G.B., Dode, M.A.N. 2010. Quality assessment of bovine cryopreserved sperm after sexing by flow cytometry and their use in in vitro embryo production. *Theriogenology* 74:1521–1530.

Collier, R.J., Bauman, D.E., Hays, R.L. 1975. Milk production and reproductive performance of cows hormonally induced into lactation. *J. Dairy Sci.* 58:1524-1527.

Correa-Calderón, A., des Santos, G., Avendaño, L., Rivera, F., Alvarez, D., Ardon, F., Diaz, R., Collier, R. 2009. Cooling and conception rate in Holstein heifers with heat stress. *Arch. Zootec.* 58:231-239.

Cortés, S. 2013. Tasa de preñez de vacas Holstein inseminadas con semen sexado en el cuerpo o cuerno uterino. Tesis licenciatura. UAAAN, Saltillo, México.

Croney, C.C., Anthony, R. 2010. Engaging science in a climate of values: Tools for animal scientists tasked with addressing ethical problems. *J. Anim. Sci.* 88:E75–E81.

Dalton, J.C., Nadir, S., Bame, J.H., Noftsinger, M., Nebel, R.L., Saacke, R.G. 2001. Effect of time of insemination on number of accessory sperm, fertilization rate, and embryo quality in nonlactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 84:2413–2418.

De Vries, A., Overton, M., Fetrow, J., Leslie, K., Eicker, S., Rogers, G. 2008. Exploring the impact of sexed semen on the structure of the dairy industry. *J. Dairy Sci.* 91:847–856.

DeJarnette, J.M., McCleary, C.R., Leach, M.A., Moreno, J.F., Nebel, R.L., Marshall C.E. 2010. Effects of 2.1 and 3.5x10⁶ sex-sorted sperm dosages on conception rates of Holstein cows and heifers. *J. Dairy Sci.* 93:4079–4085.

Diskin, M. G., 2018. Review: Semen handling, time of insemination and insemination technique in cattle. *Animal* 12:s75-s84.

Flores, J., García, J.E., Mellado, J., Gaytán, L., De Santiago, Á., Mellado, M. 2019. Effect of growth hormone on milk yield and reproductive performance of subfertile Holstein cows during extended lactations. *Spanish J. Agric. Res.*17:e0403.

- García-Ispuerto, F.G., López-Gatius, P., Bech-Sabat, G., Santolaria, P., Yaniz, J.L., Nogareda, C., De Rensis, F., López-Bejar, M. 2007. Climate factors affecting pregnancy rate of high-producing dairy cows in northeastern Spain. *Theriogenology* 67:1379-1385.
- Gendelman, M., Aroyo, A., Yavin, S., Roth, Z. 2010. Seasonal effects on gene expression, cleavage timing, and developmental competence of bovine preimplantation embryos. *Reproduction* 140:73-82.
- Gong, Y., Guo, H., Zhang, Z., Zhou, H., Zhao, R., He, B. 2017. Heat stress reduces sperm motility via activation of glycogen synthase kinase-3 α and inhibition of mitochondrial protein import. *Front. Physiol.* 8:718.
- Graves, W.M., Dowlen, H.H., Lamar, K.C., Johnson, D.L., Saxton, A.M., Montgomery, M.J. 1997. The effect of artificial insemination once versus twice per day. *J. Dairy Sci.* 80:3068-3071.
- Hoischen-Taubner, S., Habel, J., Uhlig, V., Schwabenbauer, E.M., Rumphorst, T., Ebert, L., Möller, D., Sundrum, A. 2021. The whole and the parts—A new perspective on production diseases and economic sustainability in dairy farming. *Sustainability* 13:9044.
- Knight, C.H. 2001. Lactation and gestation in dairy cows: flexibility avoids nutritional extremes. *Proc. Nutr. Soc.* 60:527–537.
- Knight, C.H. 2005. Extended lactation: turning theory into reality. *Adv. Dairy Technol.* 17:113-123.
- Larsson, B., Berglund, B. 2000. Reproductive performance in cows with extended calving interval. *Reprod. Dom. Anim.* 35:277–279.
- Lei, J., Feng, D., Zhang, Y., [Dahanayaka, S.](#), [Li, X.](#), Yao, K., Wang, J., Wu, Z., Dai, Z., Wu, G. 2013. Hormonal regulation of leucine catabolism in mammary epithelial cells. *Amino acids* 43:531-541.
- Magliaro, A.L., Kensinger, R.S., Ford, S.A., O'Connor, M.L., Muller, L.D., Graboski, R. 2004. Induced lactation in nonpregnant cows: Profitability and response to bovine somatotropin. *J. Dairy Sci.* 87:3290–3297.
- Mellado, J., Flores J., Véliz, F.G., de Santiago, Á., García, J.E., Gutierrez H.L., Mellado, M. 2021. Impact of frequency of milking on milk yield and fertility of Holstein cows undergoing extended lactations due to failure to conceive. *Emirates J. Food Agric.* 33:113-119.
- Mellado, M., Flores J.M., de Santiago, A., Veliz, F.G., Macías-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., García, J.E. 2016. Extended lactation in high-yielding Holstein cows: Characterization of milk yield and risk factors for lactations >450 days. *Livest. Sci.* 189:50-55.
- Mellado, M., Reséndiz, D., Martínez, A.M., de Santiago, M.A., Véliz, F.G., García, J.E. 2015. Milk yield and reproductive performance of Holstein cows testing positive for bovine tuberculosis. *Trop. Anim. Health Prod.* 47:1061-1066.
- Mellado, M., García, A.M., Arellano-Reynoso, B., Diaz-Aparicio, E., Garcia, J.E. 2014d. Milk yield and reproductive performance of brucellosis-vaccinated but seropositive Holstein cows. *Trop. Anim. Health Prod.* 46:391-397.
- Mellado, J., Sepulveda, E., García, J.E., Rodríguez, A., De Santiago, M.A., Veliz, F.G., Mellado, M. 2014a. Milk yield of Holstein cows induced into lactation twice consecutively and lactation curve models fitted to artificial lactations. *J. Integr. Agric.* 13:1349–1354.

- Mellado, M., Coronel, F., Estrada, A., Ríos, F.G. 2010. Fertility in Holstein x Gyr cows in a subtropical environment after insemination with Gyr sex-sorted semen. *Trop. Anim. Health Prod.* 42:1493–1496.
- Mellado, M., Antonio-Chirino, E., Meza-Herrera, C., Veliz, F.G., Arevalo, J.R., Mellado, J., de Santiago, A. 2011. Effect of lactation number, year, and season of initiation of lactation on milk yield of cows hormonally induced into lactation and treated with recombinant bovine somatotropin. *J. Dairy Sci.* 94:4524–4530.
- Mellado, M., Nazarre, E., Olivares, L., Pastor, F., Estrada, A. 2006. Milk production and reproductive performance of cows induced into lactation and treated with bovine somatotropin. *Anim. Sci.* 82:555–559.
- Mellado, M., Treviño, L.M., Chavez, M.I., Véliz, F.G., Macías-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., García, J.E. 2022. Fertility of Holstein cows and heifers submitted to timed-artificial insemination and receiving one or two doses 12 h apart of semen. *Reprod. Dom. Anim.* In press.
- Mellado, M., Zuñiga, A., Veliz, F.G., de Santiago, A., Garcia J.E., Mellado, J. 2012. Factors influencing pregnancy per artificial insemination in repeat-breeder cows induced to ovulate with a CIDR-based protocol. *Anim. Reprod. Sci.* 134:105–111.
- Mellado, M., Lopez, E., Veliz, F.G., De Santiago, M.A., Macias-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., García, J.E. 2014b. Factors associated with neonatal dairy calf mortality in a hot-arid environment. *Livest. Sci.* 159:149-155.
- Mellado, M., Sepulveda, E., Macias-Cruz, U., Avendaño, L., Garcia J.E., Veliz, F.G., Rodríguez, A. 2014c. Effects of month of breeding on reproductive efficiency of Holstein cows and heifers inseminated with sex-sorted or conventional semen in a hot environment. *Trop. Anim. Health Prod.* 46:265-269.
- Mellado, M., Sepulveda, E., Meza-Herrera, C., Veliz, F.G., Arevalo J.R., Mellado, J., De Santiago, A. 2013. Effects of heat stress on reproductive efficiency of high yielding Holstein cows in a hot-arid environment. *Rev. Colomb. Cienc. Pecu.* 26:193-200.
- Morton, K.M., Herrmann, D., Sieg, B., Struckmann, C., Maxwell, W.M.C., Rath, D. 2007. Altered mRNA expression patterns in bovine blastocysts after fertilisation in vitro using flow-cytometrically sexsorted sperm. *Mol. Reprod. Dev.* 74:931–940.
- Norman, H.D., Hutchison, J.L., Miller, R.H. 2010. Use of sexed semen and its effect on conception rate, calf sex, dystocia, and stillbirth of Holsteins in the United States. *J. Dairy Sci.* 93:3880–3890.
- Osterman, S., Bertilsson, J. 2003. Extended calving interval in combination with milking two or three times per day: effects on milk production and milk composition. *Livest. Prod. Sci.* 82:139–149.
- Osterman, S., Redbo, I. 2001. Effects of milking frequency on lying down and getting up behaviour in dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 70:167–176.
- Payton, R.R., Rispoli, L.A., Saxton, A.M., Edwards, J.L. 2011. Impact of heat stress exposure during meiotic maturation on oocyte, surrounding cumulus cell, and embryo RNA populations. *J. Reprod. Dev.* 57:481–491.

- Peel, C.J., Taylor, J.W., Robinson, I.B., McGowan, A.A., Holley, R.D., Findlay, J.K. 1978. The importance of prolactin and the milking stimulus in the artificial induction of lactation in cows. *Austr. J. Biol. Sci.* 31:187-195.
- Pryce, J.E., Simm, G., Robinson, J. 2002. Effects of selection for production and maternal diet on maiden heifer fertility. *Anim. Sci.* 74:415–421.
- Pursley, J.R., Silcox, R.W., Wiltbank, M.C., 1998. Effect of time of artificial insemination on pregnancy rates, calving rates, pregnancy loss, and gender ratio after synchronization of ovulation in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81:2139–2144.
- Rahman, M.B., Vandaele, L., Rijsselaere, T., El-Deen, M.S., Maes, D., Shamsuddin, M., Van Soom, A. 2014. Bovine spermatozoa react to in vitro heat stress by activating the mitogen-activated protein kinase 14 signaling pathway. *Reproduction, Fertility and Development*, 262, 245.
- Rearte, R., LeBlanc, S.J., Corva, S.G., de la Sota, R.L., Lacau-Mengido, I.M., Giuliadori, M. J. 2018. Effect of milk production on reproductive performance in dairy herds. *J. Dairy Sci.* 101:7575-7584.
- Reichardt, H.M., Horsch, K., Grone, H.J., Kolbus A., Beug, H., Hynes, N., Schultz, G. 2001, Mammary gland development and lactation are controlled by different glucocorticoid receptor activities. *Eur. J. Endocrinol.* 145:519-527.
- Rejeb, M., Sadraoui, R., Najar, T., M'rad, M.B. 2016. A complex interrelationship between rectal temperature and dairy cows' performance under heat stress conditions. *Open J. Anim. Sci.* 601:24-30.
- Renaville, R., Hammadi, M., Portetelle, D. 2002. Role of the somatotropic axis in the mammalian metabolism. *Domest. Anim. Endocrinol.* 23:351-360.
- Rezaei, R., Wu, Z., Hou, Y., Bazer, F. W., Wu, G. 2016. Amino acids and mammary gland development: Nutritional implications for milk production and neonatal growth. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 71, 20.
- Rodríguez-Godina, I.J., García, J.E., Mellado, J., Morales-Cruz, J.L., Contreras, V., Macías-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., Mellado, M. 2021. Permanence time in the herd and milk production of Holstein cows with up to five successive extended lactations. *Trop. Anim. Health Prod.* 53:141.
- Rodríguez-Godina, I.J., García, J.E., Mellado, J., Morales-Cruz, J.L., Contreras, V., Macías-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., Mellado, M. 2021. Permanence time in the herd and milk production of Holstein cows with up to five successive extended lactations. *Trop. Anim. Health Prod.* 53:141.
- Roelofs, J.B., Graat, E.A.M., Mullaart, E., Soede, N.M., Voskamp-Harkema, W., Kemp, B. 2006. Effects of insemination–ovulation interval on fertilization rates and embryo characteristics in dairy cattle. *Theriogenology* 669:2173-2181.
- Roth, Z. 2020. Reproductive physiology and endocrinology responses of cows exposed to environmental heat stress—Experiences from the past and lessons for the present. *Theriogenology* 155:150-156.
- Rotz, C.A., Zartman, D.L., Crandall, K.L. 2005. Economic and environmental feasibility of a perennial cow dairy farm. *J. Dairy Sci.* 88:3009-3019.

- Saacke, R.G., 2008. Insemination factors related to timed AI in cattle. *Theriogenology* 703:479-484.
- Sakatani, M., Alvarez, N.V., Takahashi, M., Hansen, P.J. 2012. Consequences of physiological heat shock beginning at the zygote stage on embryonic development and expression of stress response genes in cattle. *J. Dairy Sci.* 95:3080–3091.
- Sammad, A., Wang, Y.J., Umer, S., Lirong, H., Khan, I., Khan, A., Ahmad, B., Wang, Y. 2020. Nutritional physiology and biochemistry of dairy cattle under the influence of heat stress: Consequences and opportunities. *Animals* 10:793.
- Schenk, J.L., Cran, D.G., Everett, R.W., Seidel Jr, G.E. 2009. Pregnancy rates in heifers and cows with cryopreserved sexed sperm: Effects of sperm numbers per inseminate, sorting pressure and sperm storage before sorting. *Theriogenology* 71:717–728.
- Seidel Jr, G.E. 2003. Economics of selecting for sex: The most important genetic trait. *Theriogenology* 59:585–598.
- Sharpe, J.C., Evans, K.M. 2009. Advances in flow cytometry for sperm sexing. *Theriogenology* 71:4–10.
- Stewart, B.M., Block, J., Morelli, P., Navarette, A.E., Amstalden, M., Bonilla, L., Hansen, P.J., Bilby, T.R. 2011. Efficacy of embryo transfer in lactating dairy cows during summer using fresh or vitrified embryos produced in vitro with sex-sorted semen. *J. Dairy Sci.* 94:3437–3445.
- Trott, J.F., Vonderhaar, B.K., Hovey, R.C. 2008. Historical perspectives of prolactin and growth hormone as mammogens, lactogens and galactagogues—Agog for the future. *J. Mammary Gland Biol. Neoplasia* 13:3–11.
- Tubman, L.M., Brink, Z., Suh, T.K., Seidel, G.E. 2004. Characteristics of calves produced with sperm sexed by flow cytometry/cell sorting. *J. Anim. Sci.* 82:1029-1036.
- Walker, S.L., Smith, R.F., Routly, J.E., Jones, D.N., Morris, M.J., Dobson, H. 2008. Lameness, activity time-budgets, and estrus expression in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 9112:4552-4559.
- Walsh, S.W., Williams E.J., Evans, A.C.O. 2011. A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. [Anim. Reprod. Sci.](#) 123:127–138.
- Weigel, K.A. 2004. Exploring the role of sexed semen in dairy production systems. *J. Dairy Sci.* 87(E-Suppl.):E120–E130.
- Wheelock, J.B., Rhoads, R.P., VanBaale, M.J., Sanders, S.R., Baumgard, L.H. 2010. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 93:644–655.

USO DE GONADOTROPINA CORIÓNICA HUMANA EN CABRAS ANOVULATORIAS DESPUÉS DE LA IATF SOBRE LA IMPLANTACIÓN EMBRIONARIA.

Bustamante-Andrade, Jorge Arturo¹; Esquivel-Romo, Amaury¹; López-Calderón, Magali Jeaneth¹ y Gutiérrez-Guzmán, Ulises Noel¹.

¹ Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, Venecia 35111, Durango, México.

jorge.bustamante@ujed.mx

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el posible efecto de dos dosis de hCG (100 y 300 UI) aplicadas en dos tiempos diferentes (7 y 14 d) después de un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) sobre algunas variables involucradas en la tasa de implantación embrionaria en cabras durante la temporada natural de anestro profundo (abril, 25° norte). Las unidades experimentales consideraron cabras mestizas, múltiparas, anovulatorias (n = 69, Alpina, Saanen, Nubia x Criolla), con peso corporal promedio (43.6 ± 5.7 kg) y condición corporal (1.86 ± 0.28 unidades) ubicadas en el semiárido norte de México. (25° N, 103° O). Una vez que se confirmó el estado de anestro de las cabras, las cabras se sometieron a un protocolo de inducción al celo. Tras la confirmación de la inducción del celo, las cabras (n = 61) se sometieron a un procedimiento IATF. Inmediatamente después del IATF, las cabras se distribuyeron aleatoriamente en cinco grupos experimentales: (1). G100-7 (n = 13) 100 UI, hCG 7 d post-FTAI, (2). G100-14 (n = 12) 100 UI hCG, 14 d post-IATF, (3). G300-7 (n = 12) 300 UI, hCG, 7 d post-FTAI, (4). G300-14 (n = 12) 300 UI hCG 14 d post-FTAI, y (5). Grupo control, CONT (n = 12) 0,5 mL de solución salina, 7 y 14 días post-IATF. Las variables de respuesta tasa de concepción (39,36 ± 0,23), tasa de fertilidad (27,96%), tasa de prolificidad (1,1 ± 0,29 cabritos), tasa de ovulación (0,74 ± 0,20 cuerpo lúteo), diámetro del cuerpo lúteo (10,15 ± 0,59 mm), número de embriones (1,58 ± 0,20), y la tasa de implantación embrionaria (48,96%), no difirió entre tratamientos. Sin embargo, mientras que las variables tasa de fecundidad (67%), índice de eficiencia embrionaria-1 (33,99 ± 0,20%) e índice de eficiencia embrionaria-2 (27,94 ± 0,30%) se vieron favorecidas por el tratamiento G300-14, el área del cuerpo lúteo fue favorecida (p < 0,05) por G300-7 (113,30 ± 0,19 mm²) y G300-14 (103,04 ± 0,17 mm²). Tal estrategia reproductiva surge como un enfoque interesante, no solo para mejorar los resultados reproductivos fuera de temporada, sino también para impulsar uno de los principales gobernantes que definen la eficiencia reproductiva global de un oído, a saber, la eficiencia de implantación embrionaria.

Palabras clave: cabras; IATF; eficiencia reproductiva; implantación embrionaria

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the possible effect of two doses of hCG (100 and 300 IU) applied at two different times (7 and 14 d) after a fixed-time artificial insemination protocol (FTAI) upon some variables involved in the embryonic implantation rate in goats during the natural deep anestrous season (April, 25° north). The experimental units considered crossbred, multiparous, anovulatory goats (n = 69, Alpine, Saanen, Nubian x Criollo), with average body weight (43.6 ± 5.7 kg) and body condition score (1.86 ± 0.28 units) located in northern-semiarid Mexico (25° N, 103° W). Once the goat's anestrus status was confirmed, goats were subjected to an estrus induction protocol. Upon estrus induction confirmation, goats (n = 61) were subjected to a FTAI procedure. Immediately after the FTAI, the goats were randomly distributed to five experimental groups: (1). G100-7 (n = 13) 100 IU, hCG 7 d post-FTAI, (2). G100-14 (n = 12) 100 IU hCG, 14 d post-FTAI, (3). G300-7 (n = 12) 300 IU, hCG, 7 d post-FTAI, (4). G300-14 (n = 12) 300 IU hCG 14 d post-FTAI, and (5). Control group, CONT (n = 12) 0.5 mL saline, 7 and 14 d post-FTAI. The response variables conception rate (39.36 ± 0.23), fertility rate (27.96%), prolificacy rate (1.1 ± 0.29 kids), ovulation rate (0.74 ± 0.20 corpus luteum) corpus luteum diameter (10.15 ± 0.59 mm), embryo number (1.58 ± 0.20), and embryo implantation rate (48.96%), did not differ between treatments. However, while the

variables fecundity rate (67%), embryo efficiency index-1 ($33.99 \pm 0.20\%$), and embryo efficiency index-2 ($27.94 \pm 0.30\%$) were favored by the G300-14 treatment, the corpus luteum area was favored ($p < 0.05$) by both G300-7 ($113.30 \pm 0.19 \text{ mm}^2$) and G300-14 ($103.04 \pm 0.17 \text{ mm}^2$). Such reproductive strategy emerges as an interesting approach, not only to enhance the out-of-season reproductive outcomes, but also to boost one of the main rulers defining the global reproductive efficiency of a heard, namely, the embryo implantation efficiency.

Keywords: goats; FTAI; reproductive efficiency; embryo implantation

INTRODUCCIÓN

México es un país con un alto potencial en los sistemas de producción caprinos; tiene alrededor 8,791,894 millones de cabras (SIAP 2021); mientras que la Comarca Lagunera, región en el norte árido de México destaca en producción caprina a nivel nacional, y posee un inventario de 393,035 cabezas (SIAP 2021) ocupa el primer lugar en producción de leche de cabra a nivel nacional (Escareño et al., 2013; Isidro-Requejo et al., 2019; Navarrete-Molina et al., 2020). En efecto, los caprinos son clasificados reproductivamente como poliéstricos estacionales; dicha reproducción estacional genera a su vez una estacionalidad en la producción de cabrito, carne, leche y sus derivados (Álvarez y Zarco, 2001). Las cabras locales en la Comarca Lagunera, muestran un periodo de anestro profundo de marzo a mayo y una estación sexual que inicia en agosto y termina en febrero. (Contreras-Villarreal et al., 2015; Alvarado-Espino et al., 2016). Para evitar dicho anestro estacional, se han empleado hormonas exógenas como la hCG (Alvarado-Espino et al; 2016; Rodríguez-Martínez et al., 2017; Alvarado-Espino et al., 2019a; Alvarado-Espino et al., 2019b). La administración de hCG estimula directamente los folículos ováricos en etapas avanzadas del desarrollo, desencadenando la ovulación y la formación del cuerpo lúteo en cabras en anestro (Kawate et al., 2002; Alvarado et al., 2016). La hCG se ha empleado para incrementar los niveles plasmáticos de progesterona, la prolificidad, el crecimiento fetal y el porcentaje de parición (Catalano et al., 2012). El periodo crítico de la gestación está ligado directamente con el proceso de reconocimiento temprano de la gestación en rumiantes, que ocurre a través de la presencia del concepto en el útero materno, que activa un mecanismo antiluteolítico destinado a mantener el estado progestacional necesario para el éxito de la preñez. La implantación embrionaria inicia con la implantación del blastocisto en el útero es un proceso evolutivo asociado con la viviparidad y es necesario para la nutrición eficiente sostenida y protección del concepto durante la gestación (Spencer et al., 2004b). En efecto, cerca del 20 % de la mortalidad embrionaria atribuida a una falla lútea, se concentra durante los 15 días posteriores a la fertilización (Khan et al. 2009). La función lútea inadecuada es una de las causas más relevantes de fracaso de la gestación en cabras (Mellado y Pastor 2006). Por lo tanto, en base a los hallazgos previos planteo el siguiente estudio cuyo objetivo es: determinar el efecto de dos dosis de hCG en diferentes tiempos después de la IATF sobre la implantación embrionaria en cabras anovulatorias.

MATERIALES Y METODOS

Descripción de la ubicación y condiciones ambientales.

El estudio se realizó en el Ejido Venecia, Municipio de Gómez Palacio Durango, México (Latitud $25^{\circ} 47' 09.48''$ N, Longitud $103^{\circ} 21' 08.64''$ O). Además, esta región posee un clima seco con una temperatura promedio anual de 21°C variando de 37°C (Mayo-Agosto) a 6°C . (INEGI, 2015).

Animales y su manejo.

Se emplearon 61 cabras encastadas de las razas Alpina, Saanen, y Nubia, multíparas y anovulatorias con un peso vivo (PV) de $43.6 \pm 5.7 \text{ kg}$ de peso y 1.86 ± 0.28 . La anovulación fue determinada en el mes de marzo por medio de un ultrasonido (Aloka 500, Richmond, Canadá) equipado con un transductor transrectal de 7.5 Mhz. A cada cabra se le realizó el ultrasonido los días 14 y 7 antes de la aplicación de la progesterona para lo cual, se observaron ambos ovarios. Las cabras del estudio se sometieron a un programa de inducción del estro este fue el día menos uno (-1 d) donde todas las hembras recibieron 20 mg de progesterona (Progesvit®, Brovel). Todas

las cabras se alimentaban bajo el sistema de pastoreo extensivo sedentario. Se utilizaron dos machos cabríos, de la raza granadino, la cual presenta excelencia a sus rasgos en productividad y adaptabilidad. Todas las cabras del estudio se sometieron a Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) en dos ocasiones.

Tratamientos

Las cabras (n=61) fueron distribuidas aleatoriamente en cinco tratamientos a los cuales se les aplicó diferentes dosis de hCG (100 y 300 UI) a diferentes tiempos (7d y 14d post Inseminación) más un grupo control. Siete días después de la IATF las cabras del grupo G300-7 (n = 12) se les administraron 300 UI de hCG (Chorulon®, Intervet), el grupo G100-7 (n = 13) recibió 100 UI de hCG; mientras que 14 días después de la IATF las cabras del grupo G300-14 (n = 12) recibieron 300 UI de hCG y el grupo G100-14 (n = 12) recibió 100 UI de hCG; mientras que, al GCONTROL GC (n=12) se le administraron 0.5 mL de solución salina a los 7 y a los 14 días después de la IATF.

Variables evaluadas:

Peso vivo, condición corporal.

El peso corporal, se determinó una báscula electrónica. La CC fue determinada en base a (Walkden-Brown *et al.*, 1997). La inducción del estro (%) fue a través de la respuesta del protocolo.

Porcentaje de cabras que ovularon, tasa ovulatoria y área lútea.

La tasa ovulatoria se evaluó mediante ecografía el día 10 posterior al IATF; el área lútea se determinó considerando el diámetro del cuerpo lúteo observado en la ecografía. Tasa de implantación embrionaria, concepción, fecundidad, fertilidad, prolificidad. Tasa de implantación embrionaria: (d 30 post-IATF) vía transrectal. Tasa de concepción: (d 45 post-IATF)= cabras preñadas / cabras inseminadas. Tasa de fecundidad: número de fetos por cabra inseminada. Tasa de fertilidad: número de hembras preñadas que parieron. Tasa de prolificidad: número de crías nacidas por hembra gestante.

Además, dos índices fueron desarrollados con el fin de ponderar el éxito de la tasa de implantación embrionaria con respecto a la tasa de concepción como a la tasa de fecundidad: Índice de eficiencia embrionaria 1: (tasa de implantación embrionaria)/(tasa de concepción / 100).

Índice de eficiencia embrionaria 2: (tasa de e implantación embrionaria)/(tasa de fecundidad / 100).

Análisis estadístico:

Se desarrolló un primer modelo lineal para evaluar la posible relación de la dosis de hCG y período de administración con respecto: (PC kg), (DCL mm), (ACL mm²). Y otro respecto al porcentaje y variables de: (CC unidades), (IE %), (TC %), (TFR %), (TP %), (TFC %), (TO unidades), (NE unidades), (TIE %), (IEE1 %) e (IEE2 %); ya que no se ajustaron a la distribución normal, se transformaron a través de log₁₀ antes del ANOVA para superar la asimetría. Medias de mínimos cuadrados y errores estándar se analizaron en cada tratamiento experimental; se realizaron comparaciones de medias a través de la opción Fisher's LSD – LSMEANS del PROC GLM de SAS. Dado que todos los tratamientos experimentales fueron evaluados individualmente, cada cabra dentro del grupo se definió como la unidad experimental. Se aceptaron diferencias de tratamiento si $p < 0.05$. Todos los análisis se calcularon mediante los procedimientos de SAS (SAS Inst. Inc. versión 9.4, Cary, Carolina del Norte, Estados Unidos).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El peso y la condición corporal fueron similares estadísticamente (Tabla 1) mientras que el 88,41% (61/69) hembras respondieron al protocolo (Bustamante *et al.*, 2021) Tal tendencia coincide con otros estudios que evalúan el uso de 20 mg de P4 y diversas dosis de hCG en diferentes sistemas de producción, concluyendo que este protocolo fue capaz de romper el anestro estacional en más del 90% de las cabras. (Kawate *et al.*, 2002; Alvarado-Espino *et al.*, 2016; Alvarado-Espino *et al.*, 2019; Catalano *et al.*, 2012).

Tabla 1. Medias de mínimos cuadrados \pm error estándar para peso corporal (PC), condición corporal (CC) e inducción de estro (IE) según el tratamiento experimental a ser expuesto luego al protocolo de Inseminación Artificial de Tiempo Fijo, en cabras anovulatorias, multirraciales, múltiparas. (Bustamante *et al.*, 2021).

Variables	G100-7 (n=13)	G100-14 (n=12)	G300-7 (n=12)	G300-14 (n=12)	CONT (n=12)	p value
PC (kg)	45.5 \pm 0.80 ^a	45.8 \pm 1.2 ^a	45.9 \pm 0.82 ^a	45.2 \pm 1.50 ^a	45.6 \pm 1.71 ^a	0.99
CC	1.9 \pm 0.09 ^a	2.0 \pm 0.07 ^a	1.8 \pm 0.07 ^a	1.9 \pm 0.11 ^a	1.8 \pm 0.07 ^a	0.62
IE (n, %)	13/14 (92.86) ^a	12/15 (80.00) ^a	12/13 (92.31) ^a	12/13 (92.31) ^a	(12/14) 85.71 ^a	0.64

No ocurrieron diferencias ($p > 0.05$) para ninguna variable entre los grupos experimentales.

Todos los grupos experimentales mostraron pérdidas embrionarias, coincidiendo con un estudio previo (Mellado *et al.*, 2004). La TFC fue mayor en el G300-14, (Tabla 2; Bustamante *et al.*, 2021) coincidiendo con un estudio que evaluó diferentes dosis de GnRH y hCG cuatro días después de la inseminación en ovejas merinas, en relación a la TFR (Fernandez *et al.*, 2019). Con respecto a las pérdidas gestacionales, una incidencia del 70% de se ha informado de abortos en cabras cruzadas en sistemas extensivos en el norte árido de México, afectando la prolificidad de los rebaños (Mellado y Meza-Herrera, 2002).

Tabla 2. Medias de mínimos cuadrados \pm error estándar para tasa de concepción (TC), tasa de fertilidad (TFR) tasa de prolificidad (TP) y tasa de fecundidad (TFC) según el tratamiento experimental considerando dos dosis de hCG (100 y 300 UI) y aplicado en dos momentos diferentes (7 y 14 d), y el grupo Control (CONT) después de un protocolo de Inseminación Artificial de Tiempo Fijo en cabras multirraciales, múltiparas y anovulatorias. (Bustamante *et al.*, 2021).

Variables	G100-7 (n=13)	G100-14 (n=12)	G300-7 (n=12)	G300-14 (n=12)	CONT (n=12)	p
TC (n, %)	5/13 (38.5 \pm 0.15) ^a	5/12 (41.7 \pm 0.28) ^a	3/12 (25 \pm 0.22) ^a	7/12 (58.3 \pm 0.20) ^a	4/12 (33.3 \pm 0.30) ^a	0.54
TFR (n,%)	3/13 (23.1) ^a	3/12 (25) ^a	3/12 (25) ^a	6/12 (50) ^a	2/12 (16.7) ^a	0.71
TP (n)	1.7 \pm 0.29 ^a	0.6 \pm 0.33 ^a	1.3 \pm 0.33 ^a	1.4 \pm 0.21 ^a	0.5 \pm 0.29 ^a	0.53
TFC (n, %)	5/13 (38) ^b	2/12 (17) ^b	4/12 (33) ^b	8/12 (67) ^a	2/12 (17) ^b	0.06

a, b Las variables de respuesta con diferentes superíndices dentro de las líneas difieren ($p > 0,05$).

La implantación embrionaria depende de una sinergia entre el ovario, útero y el concepto; este proceso es fundamental ya que la tasa más alta de pérdidas gestacionales ocurre durante el período de preimplantación del embrión (Meza-Herrera *et al.*, 2019). En las cabras, el CL es la única fuente de producción de P4 ya que la placenta no la produce durante la gestación (Raheem, 2015). En este proceso ocurren cambios en los niveles de hormonas que pueden comprometer la correcta implantación del embrión. (Bazer *et al.*, 2018). En el RMG el concepto indica su presencia a la madre con el fin de prolongar la vida del CL, (Bazer *et al.*, 2018). Para ponderar el éxito de la TIE, con respecto a la TC y la TFC, se obtuvieron dos índices de eficiencia embrionaria EEI1 y EEI2. Los valores generados para EEI1 favorecieron al grupo G300-14, y para EEI2 favorecieron al G300-7 y G300-14, aumentando el RMG (Tabla 3) En nuestro estudio, el área lútea más grande fue en el grupo G300-14, (Bustamante *et al.*, 2021) coincidiendo con un estudio previo que evaluó 300 UI de hCG 7d post-estro en cabras de Toggenburg bajo un sistema intensivo (21° Sur), observándose una relación positiva entre el área lútea y la dosis de hCG (Côrtes *et al.*, 2020).

Tabla 3. Medias de mínimos cuadrados \pm error estándar para la tasa de ovulación (TO), diámetro del cuerpo lúteo (DCL), área del cuerpo lúteo (ACL), número de embriones (NE), tasa de implantación de embriones (TIE), índice de eficiencia embrionaria- 1 (IEE-1) e índice de eficiencia embrionaria-2 (IEE-2) según el tratamiento experimental considerando dos dosis de hCG (100 y 300 UI) y aplicadas en dos momentos diferentes (7 y 14 d), y el Grupo control (CONT) después de un protocolo de Inseminación Artificial de Tiempo Fijo en cabras multirraciales, múltiparas. (Bustamante *et al.*, 2021).

Variables	G100-7 (n=13)	G100-14 (n=12)	G300-7 (n=12)	G300-14 (n=12)	CONT (n=12)	p
OR n	0.61 ± 0.17 ^a	0.75 ± 0.22 ^a	0.58 ± 0.19 ^a	1.27 ± 0.17 ^a	0.58 ± 0.23 ^a	0.3
CLD (mm)	9.54 ± 0.48 ^a	9.91 ± 0.77 ^a	11.88 ± 0.71 ^a	11.22 ± 0.47 ^a	8.21 ± 0.51 ^a	0.10
CLA (mm ²)	72.73 ± 0.18 ^b	79.37 ± 0.22 ^b	113.30 ± 0.19 ^a	103.04 ± 0.17 ^a	45.96 ± 0.19 ^b	0.02
EN n	1.75 ± 0.13 ^a	1.40 ± 0.24 ^a	1.67 ± 0.21 ^a	1.57 ± 0.20 ^a	1.50 ± 0.24 ^a	0.78
EIR n (%)	8/13 (61.5) ^a	5/12 (41.7) ^a	6/12 (50) ^a	7/12 (58.3) ^a	4/12 (33.3) ^a	0.61
EEI1 (%)	23.68 ± 0.12 ^b	17.39 ± 0.24 ^b	12.5 ± 0.21 ^b	33.99 ± 0.20 ^a	11.09 ± 0.24 ^b	0.02
EEI2 (%)	19.00 ± 0.37 ^b	9.91 ± 0.20 ^b	20.30 ± 0.25 ^a	27.94 ± 0.30 ^a	5.66 ± 0.18 ^b	0.02

Diferentes letras entre columnas muestran diferencia ($p > 0.05$). Los datos se presentan como media \pm error estándar de la media. 1 Índice de eficiencia embrionaria 1 = [Tasa de implantación] [Tasa de concepción / 100]. 2 Índice de eficiencia embrionaria 2 = [Tasa de implantación] [Tasa de fecundidad / 100].

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos concluimos que la dosis de 300 UI de hCG administrada 14 días después el protocolo de IATF mejoró la tasa de fecundidad, el área del CL así como el índice de eficiencia embrionaria 1, mientras que los valores del índice de eficiencia embrionaria 2 fueron favorecidos tanto por el G300-7 como por el G300 14. El presente estudio contribuye a una mejor comprensión del uso de hormonas exógenas que favorecen el desempeño reproductivo de hembras en anestro. Tal estrategia reproductiva surge como un enfoque interesante, para impulsar a uno de los principales procesos reproductivos como la tasa de implantación embrionaria. Estos resultados son de importancia fisiológica y reproductiva para el sector caprino.

REFERENCIAS

- Alvarado-Espino, A.S.; Menchaca, A.; Meza-Herrera, C.A.; Carrillo-Moreno, D.I.; Zúñiga-García, S.; Arellano-Rodríguez, F.; Mellado, M.; Véliz, F.G. 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. *Anim. Reprod. Sci.* 2019, 204, 60–65.
- Alvarado-Espino, A.S.; Menchaca, A.; Meza-Herrera, C.A.; Mellado, M.; Arellano, F.; Véliz, F. Use of injectable progesterone and hCG for fixed-time artificial insemination during the non-breeding season in goats. *Theriogenology* 2019, 127, 21–25.
- Alvarado-Espino, A.S.; Meza-Herrera, C.A.; Carrillo, E.; González-Álvarez, V.H.; Guillen-Muñoz, J.M.; Ángel-García, O.; Mellado, M.; Véliz-Deras, F.G. Reproductive outcomes of Alpine goats primed with progesterone and treated with human chorionic gonadotropin during the anestrus-to-estrus transition season. *Anim. Reprod. Sci.* 2016, 167, 133–138.
- Álvarez, L.; Zarco, L. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Vet Méx.* 2001, 32, 117–129.
- Bazer, F.W.; Burghardt, R.C.; Johnson, G.A.; Spencer, T.E.; Wu, G. Mechanisms for the establishment and maintenance of pregnancy: Synergies from scientific collaborations. *Biol. Reprod.* 2018, 99, 225–241.
- Bustamante-Andrade, J.A.; Meza-Herrera, C.A.; Rodríguez-Martínez, R.; Santos-Jimenez, Z.; Ángel-García, O.; Gaytán-Alemán, L.R.; Gutierrez-Guzman, U.N.; Esquivel-Romo, A.; Véliz-Deras, F.G. Luteogenesis and Embryo Implantation Are Enhanced by Exogenous hCG in Goats Subjected to an Out-of-Season Fixed-Time Artificial Insemination Protocol. *Biology* 2021, 10, 429. <https://doi.org/10.3390/biology10050429>.
- Catalano, R.; Teruel, M.; Gonzalez, C.; Williams, S.; Videla Dorna, I.; Callejas, S. The effect of hCG treatment on follicular characteristics and luteal function in seasonally anestrus ewes lambs. *J. Anim. Vet. Adv.* 2012, 11, 2091–2096.
- Contreras-Villarreal, V.; Meza-Herrera, C.A.; Rivas-Muñoz, R.; Angel-Garcia, O.; Luna-Orozco, J.R.; Carrillo, E.; Mellado, M.; Veliz-Deras, F.G. Reproductive performance of seasonally anovular mixed-bred dairy goats induced to ovulate with a combination of progesterone and eCG or estradiol. *Anim. Sci. J.* 2015, 87, 750–755.

- Côrtes, L.R.; Souza-Fabjan, J.M.G.; Dias, D.S.; Martins, B.B.; Maia, A.L.R.S.; Veiga, M.O.; Arashiro, E.K.N.; Brandão, F.Z.; Oliveira, M.E.F.; Bartlewski, P.M.; et al. Administration of a single dose of 300 IU of human chorionic gonadotropin seven days after the onset of estrus improves pregnancy rate in dairy goats by an unknown mechanism. *Dom. Anim. Endo.* 2020, 74, 106579.
- Escareño, L.; Wurzinger, M.; Iñiguez, L.; Soelkner, J.; Salinas, H.; Meza-Herrera, C.A. Dairy goat production systems in dry areas: Status-quo, perspectives and challenges. *Trop. Anim. Health Prod.* 2013, 45, 17–34.
- Fernandez, J.; Galarraga, M.M.B.; Soto, A.T.; Sota, R.L.; Cueto, M.I.; Lacau-Mengido, I.M. Effect of GnRH or hCG administration on Day 4 post insemination on reproductive performance in Merino sheep of North Patagonia. *Theriogenology* 2019, 126, 63–67.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Información Nacional por Entidad Federativa y Municipios. Available online: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx> (accessed on 19 February 2015).
- Isidro-Requejo, L.M.; Meza-Herrera, C.; Pastor-López, F.J.; Maldonado, J.A.; Salinas-Gonzalez, H. Physicochemical characterization of goat milk produced in the Comarca Lagunera, Mexico. *Anim. Sci. J.* 2019, 90, 563–573.
- Kawate, N.; Yamazaki, M.; Tamada, H.; Inaba, T.; Sawada, T. Effect of low dose of hCG on induction of fertile estrus in shiba goats pretreated intravaginally with progesterone during the early postpartum nursing period. *J. Reprod. Dev.* 2002, 48, 497–504.
- Khan, T.; Beck, N.; Khalid, M. The effect of hCG treatment on day 12 post-mating on ovarian function and reproductive performance of ewes and ewe lambs. *Anim. Reprod. Sci.* 2009, 116, 162–168.
- Mellado, M.; Valdez, R.; Lara, L.M.; García, J.E. Risk factors affecting conception, abortion and kidding rates of goats under extensive conditions. *Small Rum. Res.* 2004, 55, 191–198.
- 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. 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.* 2019, 228, 201–206.
- Meza-Herrera, C.A.; Serradilla, J.M.; Muñoz-Mejias, M.E.; Baena-Manzano, F.; Menendez-Buxadera, A. Effect of breed and some environmental factors on body weights till weaning and litter size in five goat breeds in Mexico. *Small Rum. Res.* 2014, 121, 215–219.
- Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C.; Herrera-Machuca, M.; Macias-Cruz, U.; Veliz-Deras, F. Not all ruminants were created equal: Environmental and socio-economic sustainability of goats under a marginalextensive production system. *J. Clean. Prod.* 2020, 255, 120237.
- Raheem, K.A. An insight into maternal recognition of pregnancy in mammalian species. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 2015, 16, 1–6.
- Rodríguez-Martínez, R.; Meza-Herrera, C.A.; Tapia-Robles, K.I.; Alvarado-Espino, A.S.; Luna-Orozco, J.R.; Leyva, C. Effect of two routes of administration of human chorionic gonadotropin upon oestrus induction and reproductive outcomes in adult acyclic mix-breed goats. *J. Appl. Anim. Res.* 2017, 46, 190–194.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). Resumen Nacional. Población Ganadera, Avícola Y Apícola. SAGARPA. 2021. Available online: www.siap.gob.mx/ganaderia (accessed on 15 April 2022).
- Spencer, T.E.; Burghardt, R.C.; Johnson, G.A.; Bazer, F.W. Conceptus signals for establishment and maintenance of pregnancy. *Anim. Reprod. Sci.* 2004, 82, 537–550.
- Walkden-Brown, S.; Restall, B.; Scaramuzzi, R.; Martin, G.; Blackberry, M. Seasonality in male Australian cashmere goats: Long term effects of castration and testosterone or oestradiol treatment on changes in LH, FSH and prolactin concentrations, and body growth. *Small Rumin. Res.* 1997, 26, 239–252.



***AGRICULTURA
ORGÁNICA***

BIOFERTILIZANTES COMO ALTERNATIVA DE PRODUCCIÓN EN DOS VARIETADES DE MAÍZ FORRAJERO

BIOFERTILIZERS AS A PRODUCTION ALTERNATIVE IN TWO VARIETIES OF FORAGE CORN.

Steven Avila Jara¹, Miguel Ángel Gallegos Robles¹ Uriel González Salas¹, José Luis García Hernández¹

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia, UJED. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 32, Venecia. 35000 Gómez Palacio, Durango, México. avila.jara07@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con la finalidad de evaluar biofertilizantes en maíz forrajero, el cual se estableció en el ciclo primavera – verano del 2021. Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial 2x6 con 3 repeticiones y 12 tratamientos producto del factor A variedades de maíz forrajero (San Lorenzo y Galáctico) y B fertilización y testigo. Los biofertilizantes utilizados fueron a base de *Bacillus amyloliquefaciens* (BA), *Bacillus amyloliquefaciens* + 50% de fertilización química (BA+Q) y Bactisoil (BC) con *Bacillus atrophaeus*, *Bacillus velezensis* y *Azospirillum brasilense*. Se evaluaron las variables rendimiento del forraje verde (RFV), altura de planta (AP) y número de hojas (NH). El mayor RFV se obtuvo con el tratamiento BA+Q (76.59 ton ha⁻¹) siendo estadísticamente igual a los tratamientos Q y E. En la altura de planta el tratamiento BA + Q presentó mayor altura que el resto (2.7 m). En el número de hojas no se encontraron diferencias significativas. Se concluye que la aplicación de un biofertilizante + fertilizante químico favorece el crecimiento de las plantas de maíz e incrementa el rendimiento del forraje verde.

Palabras clave: *Bacillus amyloliquefaciens*, biofertilizante, maíz, variable, rendimiento.

ABSTRACT

The present work was carried out with the purpose of evaluating biofertilizers in forage corn, which was established in the spring-summer cycle of 2021. A randomized block design was used with a 2x6 factorial arrangement with 3 replications where 12 treatments were obtained as a result of factor A: forage corn varieties (San Lorenzo and Galactico) and B: fertilization and control. The biofertilizers used were *Bacillus amyloliquefaciens* (BA), *Bacillus amyloliquefaciens* + 50% chemical fertilization (BA+Q) and Bactisoil (BC) with *Bacillus atrophaeus*, *Bacillus velezensis* and *Azospirillum brasilense*. The variables green forage yield (RFV), plant height (PA) and number of leaves (NH) were evaluated. The highest RFV was obtained with the BA+Q treatment (76.59 ton ha⁻¹) being statistically equal to treatments Q and E. In plant height, the BA + Q treatment presented greater height than

the rest (2.7 m). No significant differences were found in the number of leaves. It is concluded that the application of a biofertilizer + chemical fertilizer favors the growth of corn plants and increases the yield of green forage.

Key words: *Bacillus amyloliquefaciens*, biofertilizer, corn, variable, yield.

INTRODUCCIÓN

La Comarca Lagunera ocupa el primer lugar a nivel nacional en la producción de leche y forrajes ya que se cultivan aproximadamente 110 mil hectáreas de forrajes al año produciendo alrededor de 6 millones de toneladas de alta calidad y excelentes rendimientos (SAGARPA, 2016), sin embargo, la fertilización inorgánica que reciben estos cultivos están causando daños ambientales además de afectar directamente a la economía del productor debido al incremento de materias primas para fabricar estos productos de origen sintético (Ávila-Cisneros *et al.*, 2018; FIRA, 2020).

Los efectos negativos causados los fertilizantes químicos son diversos por ejemplo la pobre asimilación de sus nutrientes por las plantas ya que se estiman pérdidas por volatilización y lixiviación. La fertilidad del suelo se ve afectada con el uso continuo de estos productos generalmente en monocultivos ya que afecta a los microorganismos encargados de degradar la materia orgánica y minerales que aportan nutrientes al suelo (Guzmán, 2018). La alteración de los ciclos biogeoquímicos gracias a las elevadas concentraciones de las sustancias químicas contenidas en los fertilizantes en el agua, suelo y aire han traído consigo problemas agrícolas disminuyendo la producción en los cultivos (Mandal *et al.*, 2020).

Para satisfacer las necesidades alimenticias que el ganado lechero requiere, es necesario implementar estrategias sustentables que incrementen el rendimiento sin causar impactos negativos al medio ambiente.

Los beneficios que ofrecen los biofertilizantes los hacen una alternativa viable ya que en la actualidad son empleados con éxito en el sector agrícola (Grageda-Cabrera *et al.*, 2012).

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo comparar la eficiencia de biofertilizantes con respecto a la fenología en plantas de maíz forrajero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el ciclo primavera-verano 2021 en un predio del campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ-UJED), en Venecia, Dgo.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial 2 x 6, con 3 repeticiones. Las unidades experimentales se distribuyeron de manera aleatoria y midieron 3 metros de ancho por 4 de largo. Se establecieron 12 tratamientos resultantes de la combinación de dos factores, el factor A correspondió a las variedades de maíz utilizadas (San Lorenzo y Galáctico) y el factor B a la fertilización y al testigo (Cuadro 1).

La siembra se llevó a cabo el día 23 de abril de 2021 de manera manual, se delimitaron los surcos mediante la cinta métrica a 0.75 m teniendo 4 surcos por unidad experimental, donde se tuvo una densidad de población de 7 plantas por metro lineal. Los riegos se realizaron por gravedad, dando un riego de presembrado y auxilios con intervalos de 20 días durante el ciclo del cultivo.

Para los tratamientos con bacterias se aplicaron 10 ml de inóculo de *Bacillus amyloliquefaciens* a una concentración de 1×10^8 UFC/ml directamente a la zona radicular de la planta (55 dds) a los tratamientos correspondientes. La fertilización química del N se realizó en dos partes, se aplicaron 267.26 kg/ha de sulfato de amonio (primera aplicación, durante la siembra) y 439.02 kg ha⁻¹ (segunda aplicación a los 55 dds), de fosfato di amónico (DAP) fueron 195.65 kg ha⁻¹ (al momento de la siembra), esto para cubrir la demanda de N y P para una dosis de 180-90-00, para los tratamientos con 50% de fertilización química solo se redujeron estas cantidades a la mitad. Se utilizó estiércol bovino (45 ton ha⁻¹) tomando en cuenta que el estiércol contiene 1.5% de N, su mineralización en el primer ciclo es del 45% y la recuperación aparente de N por el cultivo es del 60% (Figueroa-Viramontes, 2010), aplicándose de manera manual previo al aniego. El biofertilizante comercial (Bactisoil) contiene: *Bacillus atrophaeus*, *Bacillus velezensis* y *Azospirillum brasilense* con 1×10^9 UFC/ml, se preparó el inóculo para semillas de los tratamientos correspondientes, el cual consistió en diluir 5 ml del biofertilizante en 500 ml de agua destilada, se dejaron reposar y se sembraron.

Se cosechó de manera manual cuando el grano se encontraba en una maduración aproximada en un tercio de avance de la línea de leche. Se colectaron 7 plantas por unidad experimental, tomando en cuenta solo los surcos centrales de las parcelas. Las variables evaluadas fueron: rendimiento del forraje verde (RFV), altura de planta (AP) y número de hojas (NH). Se midió la altura de las plantas, se contaron sus hojas y se pesaron para después promediar y sacar el RFV.

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza mediante el paquete estadístico SAS y la prueba de comparación de medias por el método de Tukey.

Cuadro 1. Tratamientos de biofertilizantes y variedades de maíz evaluadas.

Tratamientos	
San Lorenzo	1 San Lorenzo x <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>
	2 San Lorenzo x <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> + químico (50%)
	3 San Lorenzo x Químico
	4 San Lorenzo x Estiércol bovino
	5 San Lorenzo x Bactisoil
	6 San Lorenzo x Testigo
	7 Galáctico x <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>
	8 Galáctico x <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> + químico (50%)

Galáctico	9	Galáctico x Químico
	10	Galáctico x Estiércol bovino
	11	Galáctico x Bactisoil
	12	Galáctico x Testigo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento del forraje verde (RFV)

Mostró diferencias significativas entre los genotipos ($F=88.55$; $gl=1$; $p<0.0001$) así como entre tratamientos ($F=5.30$; $gl=5$; $p=0.0024$) pero para la interacción genotipos x tratamientos ($F=0.78$; $gl=5$; $p=0.57$) no hubo diferencias significativas (Cuadro 2).

Los tratamientos *Bacillus amyloliquefaciens* + 50% de fertilización química (BA+Q), Químico (Q) y Estiércol bovino (E) obtuvieron un mayor rendimiento en comparación a los demás, siendo el tratamiento BA + Q el mayor ($76.59 \text{ ton ha}^{-1}$), superando al testigo ($57.15 \text{ ton ha}^{-1}$) en un 25.39%. En los genotipos, el Galáctico superó al San Lorenzo con un 29.29%.

Estos datos difieren con los que obtuvieron Ávalos *et al.*, (2018) ya que aplicaron 40 l ha^{-1} de bioinoculantes al suelo en respuesta a la variable RFV en maíz forrajero y no obtuvieron diferencias significativas en sus tratamientos. Sin embargo, mostraron que el incorporar estiércol bovino (80 t ha^{-1}) se obtiene buen rendimiento verde en maíz forrajero, caso similar a este experimento, ya que el tratamiento con estiércol fue estadísticamente similar al químico, con lo que se comprueba que este abono puede sustituir al fertilizante inorgánico.

Cuadro 2. Promedios de los efectos de genotipos y tratamientos, así como de la interacción genotipos x tratamientos de la variable rendimiento de forraje verde (RFV) en ton ha^{-1}

Genotipo	Tratamientos						Promedio de genotipo
	BA	BA+Q	Q	E	BC	T	
San Lorenzo	56.95a	61.39a	59.6a	60.79a	60.07a	45.29a	57.35b
Galáctico	73.54a	91.78a	88.14a	85.74a	78.44a	69.02a	81.11a
Promedio de fertilizante	65.24ab	76.59a	73.87a	73.26a	69.25ab	57.15b	

**Bacillus amyloliquefaciens* (BA), *Bacillus amyloliquefaciens* + químico 50% (BA+Q), químico (Q), estiércol bovino (E), biofertilizante comercial (BC), testigo (T).

Altura de planta (AP)

Esta variable presentó diferencias significativas entre los genotipos ($F=5.68$; $gl=1$; $p=0.0262$) así como entre tratamientos ($F=7.06$; $gl=5$; $p=0.0004$) sin embargo, la interacción genotipos x tratamientos ($F=0.93$; $gl=5$; $p=0.4820$) no mostró diferencias significativas (Cuadro 3).

El mejor tratamiento fue el de *Bacillus amyloliquefaciens* + 50% de fertilización química (BA+Q) ya que presentó mayor altura que el resto, incluyendo el testigo (T) superándolo por 17.78%. El genotipo San Lorenzo fue mejor en comparación al galáctico (5.9%).

Martínez *et al.*, (2018) también obtuvieron buenos resultados ya que al combinar la mitad de la dosis de fertilizantes inorgánicos (80-23-15 NPK) y *Azospirillum brasilense* la altura de las plantas de maíz incrementó, pero en este caso el tratamiento químico por sí solo fue mejor.

Cuadro 3. Promedios de los efectos de genotipos y tratamientos, así como de la interacción genotipos x tratamientos de la variable altura de planta (AP) en m.

Genotipo	Tratamientos						Promedio del genotipo
	BA	BA+Q	Q	E	BC	T	
San Lorenzo	2.69a	2.66 a	2.24 a	2.65a	2.69a	2.30a	2.54a
Galáctico	2.37a	2.75a	2.19 a	2.39a	2.50a	2.13a	2.39b
Promedio del fertilizante	2.53ab	2.70a	2.22b	2.52ab	2.59a	2.22b	

**Bacillus amyloliquefaciens* (BA), *Bacillus amyloliquefaciens* + químico 50% (BA+Q), químico (Q), estiércol bovino (E), biofertilizante comercial (BC), testigo (T).

Número de hojas (NH)

En el número de hojas no se encontraron diferencias significativas en los efectos de los genotipos ($F=3.70$; $gl=1$; $p=0.0676$) y tratamientos ($F=3.29$; $gl=5$; $p=0.0229$), ni tampoco en la interacción genotipos x tratamientos ($F=0.74$; $gl=5$; $p=0.6040$) (Cuadro 4).

En contraparte, Ayvar-Serna *et al.*, (2020) donde evaluaron 3 híbridos y tratamientos biológicos con fertilizantes químicos donde reportaron diferencias significativas, destacó el híbrido DK357 con 14.33, el promedio que obtuvieron en el tratamiento biológico + químico fue de 13.9 superando el obtenido en este trabajo (12.73).

Cuadro 4. Promedios de los efectos de genotipos y tratamientos, así como de la interacción genotipos x tratamientos de la variable número de hojas (NH).

Genotipo	Tratamientos						Promedio de genotipos
	BA	BA+Q	Q	E	BC	T	
San Lorenzo	12.61a	13.04a	11.99a	12.57a	13.18a	12.09a	12.58a
Galáctico	12.99a	12.42a	11.56a	12.18a	12.18a	11.70a	12.19a

Promedio de fertilizante	12.80a	12.73a	11.78a	12.37a	12.73a	11.90a
--------------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

**Bacillus amyloliquefaciens* (BA), *Bacillus amyloliquefaciens* + químico 50% (BA+Q), químico (Q), estiércol bovino (E), biofertilizante comercial (BC), testigo (T).

CONCLUSIONES

El tratamiento *Bacillus amyloliquefaciens* + químico (50%) resultó ser efectivo en cuanto al desarrollo de la altura de las plantas de maíz y al incremento del rendimiento del forraje verde, por lo cual, es posible reducir las cantidades de fertilizante químico mediante este tratamiento e igualar la producción con respecto a la fertilización química convencional.

REFERENCIAS

- Ávalos de la Cruz, M. A., Figueroa Viramontes, U., García Hernández, J. L., Vázquez Vázquez, C., Gallegos Robles, M. A., & Orona Castillo, I. 2018. Bioinoculantes y abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero. *Nova scientia*, 10(20), 170-189. <https://doi.org/10.21640/ns.v10i20.1285>
- Ávila-Cisneros, J. L., Rocha-Valdez, A. González-Torres, A. R Ogaz, R González-Avalos. 2018. La fertilización orgánica: Un área de oportunidad sustentable para incrementar los rendimientos físicos y económicos de la producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Revista Mexicana de Agronegocios*, vol. 42, pp. 879-890.
- Ayvar-Serna, S., Díaz-Nájera, J. F., Vargas-Hernández, M., Mena-Bahena, A., Tejeda-Reyes, M. A., & Cuevas-Apresa, Z. 2020. Rentabilidad de sistemas de producción de grano y forraje de híbridos de maíz, con fertilización biológica y química en trópico seco. *Terra Latinoamericana*, 38(1), 9-16. Epub 20 de junio de 2020. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.507>
- Figueroa-Viramontes, U., Cueto-Wong, J. A., Delgado, J. A., Núñez-Hernández, G., Reta-Sánchez, D. G., Quiroga-Garza, H. M., Faz-Contreras, R., & Márquez-Rojas, J. L. 2010. Estiércol de bovino lechero sobre el rendimiento y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 361-369.
- FIRA. 2020. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Sistema de costos agrícolas: resumen de costos. 1-5 pp.
- Grageda-Cabrera, O. A.; Díaz-Franco, A.; Peña-Cabriales, J. y Vera-Nuñez, J. 2012. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(6):1261-1274.
- Guzmán Flores, J. 2018. Fertilizantes químicos y biofertilizantes en México. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Cámara de Diputados LXIII Legislatura. Palacio Legislativo de San Lázaro, México.
- Mandal, A., Sarkar, B., Mandal, S., Vithanage, M., Patra, A. K. and Manna, M. C. 2020. Impact

of agrochemicals on soil health. In: agrochemicals detection, treatment and remediation. (Ed.). Kuhl, M. and Butterworth-Hinemann, L. (Ed.). Oxford. 161-187. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-103017-2.00007-6>.

Martínez Reyes, L., Aguilar Jiménez, C. E., Carcaño Montiel, M. G., Galdámez Galdámez, J., Gutiérrez Martínez, A., Morales Cabrera, J. A., Martínez Aguilar, F. B., Llaven Martínez, J., & Gómez Padilla, E. (2018). Biofertilización y fertilización química en maíz (*Zea mays* L.) en Villaflores, Chiapas, México. *Siembra*, 5(1), 26-37. <https://doi.org/10.29166/siembra.v5i1.1425>

SAGARPA Delegación Región Lagunera. 2016. La Comarca Lagunera, primer lugar en producción de leche, carne de aves y forrajes: SAGARPA. Blog. En línea: <https://www.gob.mx/agricultura%7Cregionlagunera/articulos/la-comarca-lagunera-primer-lugar-en-produccion-de-leche-carne-de-ave-y-forrajes-sagarpa>

BIOFORTIFICACIÓN CON YODO Y SU EFECTO EN LA CALIDAD NUTRACÉUTICA DEL CULTIVO DE LECHUGA

Fortis-Hernández, Manuel¹; Acosta-Sánchez, Janet²; Preciado-Rangel, Pablo¹; Ruíz-Ortega, Francisco Javier¹

¹Tecnológico 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.

²Maestría en Ciencias en Suelos. Tecnológico Nacional de México – Campus Instituto Tecnológico de Torreón.

*Autor para correspondencia: fortismanuel@hotmail.com

RESUMEN

La biofortificación es un proceso en donde se incrementa la concentración de uno o varios nutrientes en la parte comestible de una planta, a través de diferentes métodos como las prácticas agronómicas a través de la fertilización vía foliar. La biofortificación agronómica es una intervención efectiva para corregir el déficit de micronutrientes, sin hacer un cambio en la dieta habitual de la población, aportando a su vez diferentes micronutrientes de manera sostenida sin efectos negativos. La aplicación foliar de yoduro de potasio (KI) se absorbe y se acumula de mejor manera en las hortalizas de hoja, es por ello que, para mitigar el problema del déficit de yodo en la población, es necesario implementar estrategias como la biofortificación en hortalizas de fácil acceso y tan consumidas en la dieta diaria, el cual pueda satisfacer la demanda de este oligoelemento de forma fácil y económica. El presente trabajo evalúa la aplicación de yodo en forma de yoduro de potasio (KI) vía foliar en el cultivo de lechuga, producida en un sistema hidropónico (NFT). Los resultados muestran que el yoduro de potasio (KI) incrementó el rendimiento, la calidad comercial y fitoquímica. Además, la concentración de 25 $\mu\text{mol L}^{-1}$ fue la que presentó el mayor contenido de yodo en las hojas.

Palabras clave: *Lactuca sativa* L., compuestos bioactivos.

ABSTRACT

Biofortification is a process where the concentration of one or several nutrients in the edible part of a plant is increased, through different methods such as agronomic practices through foliar fertilization. Agronomic biofortification is an effective intervention to correct the micronutrient deficit, without making a change in the population's usual diet, while providing different micronutrients in a sustained manner without negative effects. The foliar application of potassium iodide (KI) is better absorbed and accumulated in leafy vegetables, which is why, in order to mitigate the problem of iodine deficiency in the population, it is necessary to implement strategies such as biofortification in vegetables easily accessible and so consumed in the daily diet, which can meet the demand for this trace element easily and economically. The present work evaluates the application of iodine in the form of potassium iodide (KI) via foliar in the cultivation of lettuce, produced in a hydroponic system (NFT). The results show that potassium iodide (KI) increased yield, commercial quality and phytochemistry. In addition, the concentration of 25 $\mu\text{mol L}^{-1}$ was the one that presented the highest iodine content in the leaves.

Keywords: *Lactuca sativa* L., bioactive compounds.

INTRODUCCIÓN

En América Latina la deficiencia de micronutrientes es una forma de malnutrición ampliamente extendida y relevante para la salud pública. Esta deficiencia dificulta la formación del capital humano y la erradicación de la pobreza, representando una importante carga de enfermedad

en relación a la pérdida de años de vida saludable. En la mayoría de estos países existen elevados índices de desigualdad en el que intervienen factores biológicos, sociales, económicos y culturales lo que favorece el desarrollo de deficiencias nutricionales. Es por ello que actualmente es de suma importancia buscar estrategias efectivas para obtener alimentos funcionales (Hijar *et al.*, 2015). Una de estas tecnologías sería la biofortificación, la cual está definida como un proceso en donde se incrementa la concentración de uno o varios nutrientes en la parte comestible de la planta, a través de diferentes métodos como: biotecnología, mejoramiento genético y principalmente las prácticas agronómicas como la fertilización vía foliar (Gutiérrez, 2018). De acuerdo con Sida *et al.* (2015), la biofortificación agronómica es una intervención costo-efectiva para corregir el déficit de micronutrientes, sin hacer un cambio en la dieta habitual de la población, aportando a su vez diferentes micronutrientes de manera sostenida sin efectos negativos. En este sentido, la organización mundial de la salud (OMS) y diversos investigadores han reportado las deficiencias de hierro, vitamina A, yodo y zinc, entre las más frecuentes (OMS, 2017). Las cuales provocan gran daño en la salud humana como deterioro del desarrollo motor y cognitivo, anemia, discapacidad visual, daño cerebral en recién nacidos, bocio, sistema inmunitario debilitado, infecciones más frecuentes y retraso del crecimiento (Olmedo, 2020). En el caso del consumo de yodo, para la salud humana es esencial, por lo tanto, la deficiencia de este mineral afecta a millones de personas, provocando enfermedades degenerativas como, hígado e hipotiroidismo (Sularz *et al.*, 2020). La OMS recomienda una ingesta dietética de 150 µg al día en adultos, mientras que en niños entre 90-120 µg. Las principales fuentes de yodo están en algas, mariscos y sal de mesa, sin embargo, esta última suele ser perjudicial debido a que grandes cantidades provocan problemas de hipertensión (Kiferl *et al.*, 2019). A través de los años se ha demostrado que la yodación universal de la sal de mesa, es insuficiente, para asegurar el requerimiento total de yodo, debido a que es inestable y está sujeto a muchas pérdidas por volatilización. Es por ello que el consumo de yodo en formas orgánicas como algas marinas y alimentos biofortificados, se considera ser la alternativa más apropiada. (Kupper *et al.*, 2008). El yodo, se ha comprobado que induce en las plantas mayor presencia de antioxidantes y aumenta tolerancia a factores adversos provocando estrés oxidativo, aunque en dosis altas, puede llevar a un umbral de toxicidad, dependiendo de la especie vegetativa (Cortés *et al.*, 2016). El déficit o exceso de yodo en el tejido vegetal provoca en las plantas una respuesta fisiológica, debido a que, con una concentración adecuada de este elemento, promueve el crecimiento. Por lo que actualmente se ha considerado el yodo como un nutriente para las plantas (Kiferle *et al.*, 2020). Las formas disponibles de yodo (I) pueden ser sales inorgánicas como el yodato y yoduro de potasio (KIO_3 y KI). La aplicación foliar de yoduro de potasio (KI) se absorbe y se acumula de mejor manera en las hortalizas de hoja, es por ello que para mitigar este problema como lo es el déficit de yodo en la población, es necesario implementar estrategias como la biofortificación en hortalizas de fácil acceso y tan consumidas en la dieta diaria, el cual pueda satisfacer la demanda de este oligoelemento de forma fácil y económica (Dávila *et al.*, 2020). Uno de estos cultivos es la lechuga (*Lactuca sativa* L.), la cual es una hortaliza cosmopolita de gran importancia, es rica en fibra, antioxidantes, vitaminas, minerales y posee propiedades diuréticas, en el caso de México se produce en 21 estados, colocándose como el noveno productor de lechuga a nivel mundial, su principal destino de exportación en el periodo 2015-2020, fue Estados Unidos, con una participación de 98 % y una tasa media anual de crecimiento de 11.3 % (SIAP, 2021). Teniendo en cuenta lo anterior, en el presente trabajo se evaluó la aplicación de yodo en forma de yoduro de potasio (KI) vía foliar en el cultivo de lechuga, producida en un sistema hidropónico (NFT), donde se pretende mejorar el rendimiento y su calidad nutracéutica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó durante el ciclo otoño-invierno del 2020-2021, durante los meses de noviembre a febrero, en un sistema hidropónico NFT del Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), Municipio de Torreón, Coah., México. Se evaluaron seis concentraciones de yoduro de potasio (KI): 0, 5, 10, 15, 20 y 25 $\mu\text{mol L}^{-1}$, las cuales fueron aplicadas foliarmente al cultivo de lechuga. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con seis tratamientos y cinco repeticiones, resultando 30 unidades experimentales, se consideró a cada planta unidad experimental. Se utilizaron semillas de lechuga orejona (*Lactuca sativa L.*) de la empresa Rancho los Molinos®. Fueron sembradas el 22 de octubre de 2020, en placas de germinación hidropónica (Foami agrícola). Después de 15 días las plántulas fueron trasplantadas a un sistema hidropónico NFT (Nutrient Film Technique), elaborado con tubos de PVC hidráulico de cuatro pulgadas de diámetro y seis metros de largo, con una pendiente del 10% y con un espacio entre cavidades de 25 cm. Para la nutrición del cultivo se aplicó Solución Nutritiva Steiner (1984), manteniendo una conductividad eléctrica (CE) de 2.0 dS m^{-1} y un pH entre 5.5 a 6.0. Para su preparación se utilizaron fertilizantes comerciales altamente solubles y disponibles en la región (MKP, MgNO_3 , K_2SO_4 , NKS, CaNO_3 -) y micronutrientes de la marca Nutrisol®. En el caso del yodo, para preparar las concentraciones se utilizó el reactivo KI de la empresa Baker Analyzed® ACS. Cada concentración fue aplicada vía foliar por períodos de cada quince días, a partir del trasplante. Estas se realizaron por la mañana antes de las 8 am, utilizando atomizadores industriales y un adherente surfactante para asegurar su aplicación. La cosecha se realizó a los 70 dds, cuando las hojas habían alcanzado su madurez comercial. Se evaluaron variables agronómicas, fitoquímicas y la determinación de yodo en las hojas de lechuga. Los datos obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza y prueba de comparación de medias utilizando la prueba de Tukey ($P \leq 0.5$), del programa estadístico SAS versión 9.1 (Statistical Analysis System Institute).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables fenológicas

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la variable AP (altura de planta) muestran diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$), por efecto de las concentraciones aplicadas. Obteniendo el tratamiento de 20 $\mu\text{mol L}^{-1}$ KI el valor más alto de 32.50 cm, superando al tratamiento control en un 30% (Cuadro 1). Se observa que esta concentración fue la que obtuvo el valor más alto y posteriormente en el tratamiento de 25 $\mu\text{mol L}^{-1}$ su altura fue menor en términos estadísticos. Para la variable LH, también se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$), siendo la mejor concentración 20 $\mu\text{mol L}^{-1}$ KI, con largo de hoja de 30.50 cm, superando de nueva cuenta al testigo en un 36 %. Y con respecto al ancho de hoja, de igual forma el tratamiento de 20 $\mu\text{mol L}^{-1}$ KI, reportó el mayor valor, superando al testigo en un 31.21 %. Para las variables tamaño de corona y número de hojas, se obtuvo diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$), entre tratamientos, obteniendo como mejor concentración foliar la de 20 $\mu\text{mol L}^{-1}$ KI, ya que se obtuvieron valores de 20 cm y 75.5 hojas, respectivamente. Los resultados de análisis de varianza para las variables peso fresco (PF) y peso seco (PS), presentaron diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$). El rendimiento tuvo su mayor valor con la concentración de 20 $\mu\text{mol L}^{-1}$ KI, así como de materia seca (54.25 g). Cabe señalar que se obtuvieron lechugas por arriba del kilogramo, lo que puede ser atractivas para el consumidor (Cuadro 1).

Estos valores coinciden con lo reportado por Landini *et al.* (2011), quienes, al evaluar siete concentraciones de KI, observaron una disminución en el desarrollo de la planta al aplicar

concentraciones por arriba de 20 $\mu\text{mol L}^{-1}$, siendo más evidente en concentraciones de 40 $\mu\text{mol L}^{-1}$. Esto podría deberse a que el yodo si se aplica en concentraciones adecuadas, es benéfico para el crecimiento de la planta, puesto que las proteínas yodadas cumplen una función muy importante en el metabolismo del nitrógeno, la regulación de fitohormonas y la producción de energía tanto en las células de las raíces como de las hojas (Kiferle *et al.*, 2020). Sin embargo, a concentraciones altas provoca un efecto tóxico en el tejido vegetal (Caffagni *et al.*, 2011) probablemente esto se debe a que el exceso de yodo interfiere con el metabolismo y señalización celular de las ROS, inhibiendo el crecimiento y otros procesos de la planta.

Cuadro 1. Comparación de medias de las variables altura de planta (AP), largo de hoja (LH), ancho de hoja (AH), diámetro de corona (DC) y número de hojas (NH), peso fresco (PF) y peso seco (PS), por efecto de la aplicación foliar de yoduro de potasio (KI) en el cultivo de lechuga.

(KI) ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	AP (cm)	LH (cm)	AH (cm)	DC (cm)	NH	PF (g)	PS (g)
0	23.00d*	21.50d*	16.50d *	35.44d*	59.00b	663.0e	21.18
5	26.10c	25.25b,c	17.37c,d*	40.50b,c*	64.19b	980.6c	42.73
10	27.00c	26.50b,c	18.75b,c	41.25b,c	64.33b	1147.0b	50.20
15	28.75b	27.00b	20.15b	43.25a,b	71.25a	1148.0b	53.46
20	32.50a	30.50a	24.00a	46.00a	75.50a	1178.0a	54.25
25	26.00c	25.12c	17.12c,d	38.75c,d	60.25b	932.7d	30.07

*Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes (Tukey; $P \leq 0.05$).

Variables nutraceuticas

Los resultados del análisis de varianza para la variable de fenoles presento diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$). El valor más alto de este compuesto bioactivo se registró con la concentración de 15 y 20 $\mu\text{mol L}^{-1}$, estos valores superan en 56.5 y 48.1% al valor registrado en el tratamiento control (Figura 1a). Este resultado es contrario al que reportó por Blasco (2010) en un experimento con lechugas donde la dosis más alta de 160 μML^{-1} aumento este compuesto. Sin embargo, en otra investigación realizada por Medrano (2015) en cultivo de jitomate, aplicando concentraciones de I^- y IO_3^- no obtuvo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Este efecto obtenido del KI sobre los fenoles puede deberse a que este compuesto es muy sensible a agentes oxidantes, dando una función protectora contra estrés abiótico provocando el aumento de los ROS debido al exceso de luz, la salinidad y altas temperaturas entre otras. Es por ello que las estructuras fenólicas recuperan su estado reducido mediante un equilibrio redox, interactuando con estructuras química de otros grupos funcionales mediante distintos metabolitos. Con lo que una vez oxidadas, recuperan su grupo hidroxilo y así su capacidad antioxidante, evitando la oxidación de otros elementos como: proteínas, nutrientes, azúcares, etc. Y con respecto a capacidad antioxidante también se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$), siendo registrándose el valor más alto con la concentración de 15 $\mu\text{mol L}^{-1}$, superando en un 5.6 % al valor registrado en el tratamiento control (Figura 1.b). Este efecto es contrario

al que reporto Kiferle *et al.* (2013) utilizando aplicaciones semanales de 10 μM de KI y KIO_3 en el cultivo de tomate, observaron una disminución sistemática en la concentración de azúcares en los frutos de tomate junto con el aumento de la dosis de yodo; en mayor medida, se encontró que esta relación es más relevante para el KI que para el KIO_3 . Por otro lado, el efecto de este elemento sobre la capacidad antioxidante fue relativamente bajo. Blasco (2010), reporta que aplicando concentraciones de 10 a 40 mM causaron un claro incremento en la actividad antioxidante, debido principalmente a un aumento en los niveles de ácido ascórbico en su forma reducida y esta molécula tiene una capacidad alta para donar electrones y neutralizar directamente radicales libres. lo que sugiere que el yodo por encima de un cierto umbral podría desencadenar una respuesta antioxidante moderada en la fruta, probablemente contra el estrés leve causado por el propio yodo.

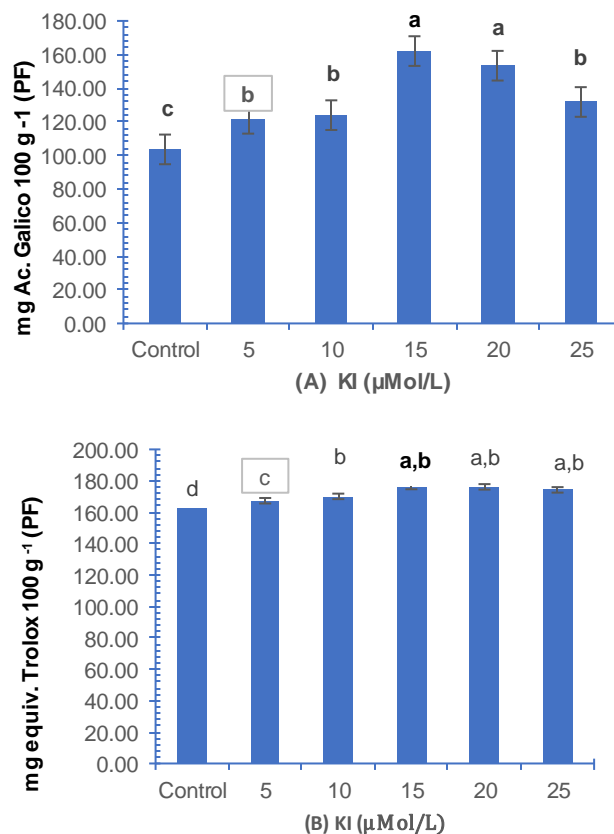


Figura 1. (A) Efecto de la aplicación foliar de KI en la capacidad antioxidante en plantas de lechuga producidas en un sistema NFT. (B) Efecto de la aplicación foliar de KI en el contenido de fenoles en plantas de lechuga producidas en un sistema NFT. Los datos se muestran como medias ($n=30$) \pm desviación estándar. Barras con letras distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba Tukey ($P \leq 0.05$).

Contenido de Yodo (I)

Los resultados indican que fue aumentando el contenido de I en las hojas de lechuga conforme fue aumentando la concentración de KI, siendo la concentración de 25 $\mu\text{mol L}^{-1}$ KI la de mayor valor (4.03 mg kg⁻¹ BS), superando en un 48.04 % al valor registrado en el tratamiento control

(Figura 2). Estos resultados son similares a los reportados por Cortes (2016), quién reporta que las plántulas fueron creciendo directamente proporcional a las dosis aplicadas (0,10, 15, 30, 45 y 50 $\mu\text{M L}^{-1}$ KI). Neves *et al.* (2021), reportan que conforme fueron aumentando las concentraciones de KI, aumentaba la cantidad de yodo presente en hojas de lechuga. El yodo es un elemento que es absorbido por la raíz o por las estructuras aéreas, a través de ceras cuticulares con alto grado de insaturación y gran capacidad de tomar yodo (Shaw *et al.*, 2007). Tanto en forma disuelta y en forma de gas como I_2 y CH_3I . Las ceras cuticulares que interactúan con el yodo pueden ser alternativas para la biofortificación pre y post-cosecha de frutos y semillas (Medrano *et al.*, 2016). Una vez que se absorbe el yodo, se transporta a través del xilema, encontrando su redistribución a través del floema que es baja por lo que se acumula en mayor cantidad en las hojas que en las frutas y semillas. Sin embargo, en plantas de lechuga tratadas con yodo vía foliar encontraron evidencia de transporte de yodo de las hojas a las raíces (Smoleń *et al.*, 2014).

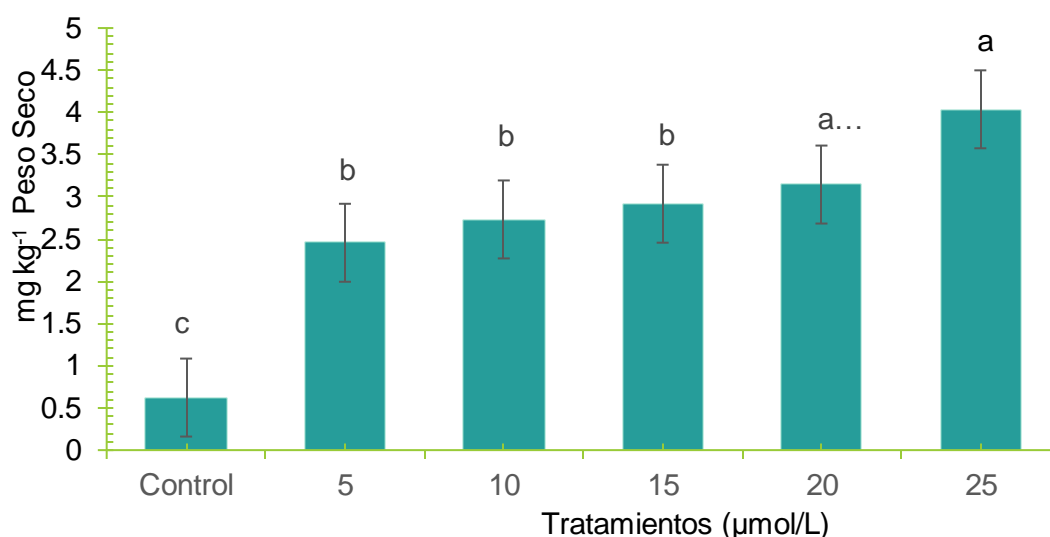


Figura 2. Efecto de la aplicación foliar de diferentes concentraciones de yoduro de potasio (KI) en el contenido total de yodo en hojas de lechuga producidas en un sistema NFT. Los datos se muestran como medias ($n=30$) \pm desviación estándar. Barras con letras distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba Tukey ($P \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

La biofortificación con KI incrementó el rendimiento, la calidad comercial y fitoquímica en el cultivo de lechuga. Los resultados indican que fue aumentando el contenido de yodo en las hojas de lechuga conforme fue aumentando la concentración de KI, siendo la concentración de 25 $\mu\text{mol L}^{-1}$ KI la de mayor valor.

REFERENCIAS

- Dávila Rangel, IE, Trejo Téllez, LI, Ortega Ortiz, H., Juárez Maldonado, A., González Morales, S., Companioni González, B., Cabrera De la Fuente, M., & Benavides Mendoza, A. (2020). Comparación de complejos de yoduro, yodato y yodo-quitosano para la biofortificación de lechuga. *Ciencias Aplicadas*, 10 (7), 2378. <https://doi.org/10.3390/app10072378>
- Gutiérrez Vilchez, P. P. (2018). Biofortificación agronómica del cultivo de papa mediante aplicación foliar y edáfica de Zinc y su interacción con Cadmio (Tesis para obtener el

- grado de Maestro Magister Scientiae en suelos, Universidad Nacional Agraria La Molina).
- Hijar G, Aramburu A, Hurtado Y, Suárez V. (2015). Fortificación del arroz para corregir la deficiencia de micronutrientes en niños de 6 a 59 meses de edad. *Rev Panam Salud Publica*. 2015;37(1):52–8.
- Kiferle C, Ascrizzi R, Martinelli M, Gonzali S, Mariotti L, Pistelli L, et al. (2020) Effect of Iodine treatments on *Ocimum basilicum* L.: Biofortification, phenolics production and essential oil composition. *PLoS ONE* 14(12): e0226559. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226559>
- Kupper, F. C., Carpenter, L., Mcfiggans, G., Palmere, G., Waiteh, T., Bonebergb, E., Woitsch, S., Weiller, M., Abela, R., Grolimund, D., Potin, P., Butler, A., Luther, G., Kroneck, P., Meyer-Klaucke, W. & Feiters, M.C. (2008). Iodide accumulation provides kelp with an inorganic antioxidant impacting atmospheric chemistry. *PNAS*. 105: 6954-6958.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2017). Guía para la fortificación de alimentos con micronutrientes. Allen, L; De Benoist B; Dary, O; Hurrell, R. (eds). Zúrich, Suiza. ISBN 978-92-4-359401-9
- Olmedo Regidor, L. (2020). Hambre oculta por deficiencia de micronutrientes: Estrategias agronómicas, biotecnológicas y farmacológicas para su erradicación. (Trabajo Fin de Grado Inédito). Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Sularz, Olga, Sylwester Smoleń, Aneta Koronowicz, Iwona Kowalska y Teresa Leszczyńska. (2020). "Composición química de lechuga (*Lactuca sativa* L.) biofortificada con yodo por ácido KIO₃, 5-yodo- y 3,5-diyodosalicílico en un cultivo hidropónico" *Agronomy* 10, no. 7: 1022. <https://doi.org/10.3390/agronomy1007102>.
- Sida-Arreola, J.P., E. Sánchez, G.D. Ávila-Quezada, C.H. Acosta-Muñiz y P. B. Zamudio-Flores. (2015). Biofortificación con micronutrientes en cultivos agrícolas y su impacto en la nutrición y salud humana. *Tecnociencia Chihuahua* 9(2): 67-74.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SIAP). (2021). <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/al-alza-produccion-y-exportacion-de-lechuga-mexicana?idiom=es>.
- SAS Institute. (2004). Statistical Analysis System. SAS Release 9.1.3. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- Steiner, A. A. (1984). The universal nutrient solution. In International Society for Soilless Culture. Proceedings of the Sixth International Congress on Soilless Culture, Lunteren (pp. 633-650). Wageningen, The Netherlands: Secretariat of ISOSC.

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL MÉTODO E INTENSIDAD DE COSECHA EN LA REGENERACIÓN DE *Euphorbia antispyhilitca* Zucc. EN UNA PLANTACIÓN FORESTAL COMERCIAL

¹Antonio Cano-Pineda, ¹Adrián Hernández-Ramos, ²Fátima López-López, ³Jonathan Hernández-Ramos y ³Xavier García-Cuevas.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Saltillo. Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 No. 9515, Col. Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila. ²Estudiante del Postgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados. ³INIFAP-Campo Experimental Chetumal. Correo: cano.antonio@inifap.gob.mx

RESUMEN

La candelilla es una de las especies forestales no maderables de importancia comercial y económica con una gran diversidad de aplicaciones y es actualmente utilizada en más de 20 industrias distintas en los Estados Unidos, la Unión Europea y Japón. El objetivo fue analizar si la intensidad y método de aprovechamiento de la candelilla tiene un efecto en la regeneración en una PFC. En una superficie de 200 ha de plantación, a partir de un diseño experimental en bloques completamente aleatorizados (DEBCA) se evaluaron cinco tratamientos de intensidades de cosecha y un testigo de referencia, a partir del peso verde de la regeneración emergida. El análisis estadístico consto de un análisis de varianza (ANAVA) con un modelo lineal simple para evaluar el efecto de los tratamientos y la comparación de medias a partir de la prueba de aditividad de Tukey en 2 pasos. Los tratamientos como de bloques fueron estadísticamente diferentes, se confirma que existen una diferente estimulación en la respuesta de la regeneración de candelilla causado por el método de cosecha empleado para la extracción de la especie en PFC. Siendo los tratamientos 3 (Extracción del 50 % de la planta con el método tradicional) y 2 (Extracción del 75 % de la planta con el método tradicional), superiores al presentar mayor regeneración, con respecto al resto de los tratamientos.

Palabras clave: manejo forestal, forestales no maderables, DEBCA, métodos de cosecha.

ABSTRACT

Candelilla is one of the non-timber forest species of commercial and economic importance with a great diversity of applications and is currently used in more than 20 different industries in the United States, the European Union and Japan. The objective was to analyze if the intensity and the method of use of the candelilla has an effect on the regeneration in a PFC. In an area of 200 ha of plantation, from an experimental design in completely randomized blocks (DEBCA), five treatments of harvest intensities and a reference control were evaluated, from the green weight of the emerged regeneration. The statistical analysis consisted of an analysis of variance (ANAVA) with a simple linear model to evaluate the effect of the treatments and the comparison of means from Tukey's additivity test in 2 steps. The block treatments were

statistically different, confirming that there is a different stimulation in the candelilla regeneration response caused by the harvest method used for the extraction of the species in PFC. Being the treatments 3 (Extraction of 50% of the plant with the traditional method) and 2 (Extraction of 75% of the plant with the traditional method), superior to presenting greater regeneration, with respect to the rest of the treatments.

Key words: forest management, non-timber forest, DEBCA, harvesting methods.

INTRODUCCION

En los ecosistemas áridos y semiáridos de México se encuentran cerca de 2,200 especies vegetales que proveen Productos Forestales No Maderables (PFNM) de las cuales 425 tienen algún uso doméstico-regional y 25 de ellas tienen un uso comercial, concentrando así el 32 % de la producción nacional de Recursos Forestales No Maderables (RFNM; Tapia *et al.*, 2008). La candelilla es una de las especies forestales no maderables de importancia comercial y económica que tiene una gran diversidad de aplicaciones y es actualmente utilizada en más de 20 industrias distintas de todo el mundo, principalmente en los Estados Unidos, la Unión Europea y Japón (Hernández-Ramos *et al.*, 2019; SEMARNAT, 1999). La mayor densidad de candelilla se concentra en el estado de Coahuila y es por lo tanto el principal productor de cera, aportando cerca del 80 % de la producción nacional (Padilla, 1959).

Ante la necesidad de contar con materia prima abundante y suficiente que sostenga la cadena productiva de la cera de candelilla, el aprovechamiento intensivo ha sido una opción desde hace varias décadas, sin embargo, esta práctica tiene un gran impacto en la conservación de sus poblaciones naturales, ya que su aprovechamiento implica la extracción total de la planta en grandes extensiones de terreno. Esta especie presenta una reproducción por rizomas y forma grupos de tallos en manchones, por lo que las raíces residuales que quedan después de su extracción pueden rebrotar, específicamente si la recolección se efectúa durante la temporada de secas. El periodo necesario para alcanzar su recuperación, si se conservan las raíces, es de 10 a 12 años (Foroughbakhch *et al.*, 2010).

En este sentido las Plantaciones Forestales Comerciales (PFC) de candelilla se presentan como una nueva opción productiva para el desarrollo de la población rural y un manejo sostenible de la especie. Sin embargo, los pocos esfuerzos hechos al respecto no han prosperado, debido a la falta de tecnología para un establecimiento exitoso en terrenos con aptitud (Cano *et al.* 2019) pero también debido a la inexistencia de prácticas apropiadas para el aprovechamiento de las plantaciones de candelilla ya

establecidas con apoyos federales. El objetivo del presente fue analizar si la intensidad y método de aprovechamiento de la candelilla tiene un efecto en la regeneración después de su aprovechamiento en PFC a partir del peso verde observado a un año de la aplicación de los tratamientos.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio. La PFC de candelilla bajo estudio está ubicada en el Ejido “El Ojito” en el municipio de Ramos Arizpe, dentro de la región semiárida al sur del estado de Coahuila (Figura 1). El sitio se encuentra a una elevación de 1049 m.s.m.n., bajo un clima seco, semicálido (BWhw), con lluvias escasas todo el año, un porcentaje de precipitación invernal del 18 %, temperatura media anual entre 20° y 22° C y una precipitación media anual que oscila entre 150 y 500 mm (González, 2012).

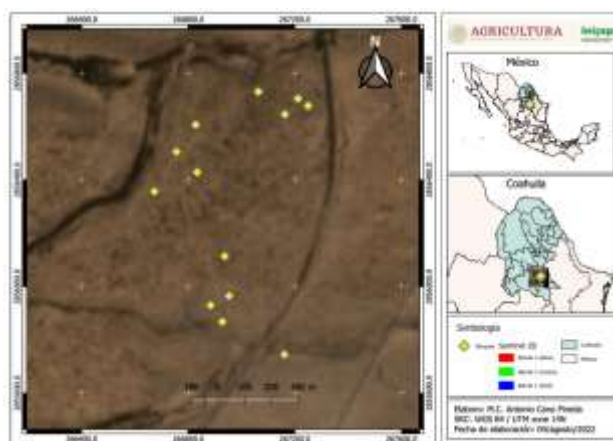


Figura 1. Ubicación geoespacial de las unidades experimentales de candelilla dentro de la PFC, en el Ejido El Ojito, Ramos Arizpe, Coahuila.

Diseño experimental. La superficie evaluada de la PFC de candelilla tiene una extensión de aproximadamente 200 ha, donde en 2020 mediante un diseño experimental en bloques completamente aleatorizados (DEBCA) se establecieron 15 bloques de 30 m x 10 m, distribuidos de manera aleatoria dentro del área de estudio. Cada bloque se dividió en 6 subparcelas de 5 m x 10 m a las que de manera aleatoria se les aplicó uno de los tratamientos por subparcela. Se determinaron cinco tratamientos correspondientes a diferentes intensidades de cosecha (Extracción de candelilla) y un testigo de referencia (Cuadros 1 y 2). Para evitar sesgo e independencia entre observaciones se realizó una aleatorización de los tratamientos dentro de cada bloque.

Cuadro 1. Intensidad de aprovechamiento y método de extracción de candelilla (descripción de los tratamientos).

CODIGO	ID	DESCRIPCIÓN
T_100	1	Extracción total de la planta con el método tradicional
T_75	2	Extracción del 75 % de la planta con el método tradicional
T_50	3	Extracción del 50 % de la planta con el método tradicional
T_25	4	Extracción del 25 % de la planta con el método tradicional
R_100	5	Extracción total de la planta con rozadera
Testigo	6	Sin extracción

Cuadro 2. Aleatorización de los tratamientos dentro de bloques.

		TRATAMIENTOS					
BLOQUES	1	R_100	Testigo	T_50	T_100	T_75	T_25
	2	T_75	T_25	Testigo	T_100	T_50	R_100
	3	R_100	T_25	T_75	T_100	Testigo	T_50
	4	Testigo	T_75	T_50	T_25	T_100	R_100
	5	Testigo	T_25	T_100	T_75	T_50	R_100
	6	T_75	R_100	T_100	T_25	Testigo	T_50
	7	R_100	T_25	Testigo	T_75	T_50	T_100
	8	T_75	Testigo	T_25	T_50	R_100	T_100
	9	T_50	Testigo	R_100	T_25	T_100	T_75
	10	T_50	T_25	Testigo	T_100	T_75	R_100
	11	T_75	T_25	R_100	Testigo	T_50	T_100
	12	T_50	T_25	R_100	Testigo	T_100	T_75
	13	R_100	T_25	T_50	T_100	Testigo	T_75
	14	T_25	T_75	Testigo	T_100	R_100	T_50
	15	T_50	T_100	T_75	R_100	T_25	Testigo

Toma de datos en campo. Al año del establecimiento del experimento (2021), se hizo la toma de datos referente al incremento en peso verde de la regeneración. Para esto se realizó el conteo de todos los individuos de regeneración incorporados por planta y se midió un diámetro y una altura promedio de toda la regeneración. La estimación del peso verde de forma individual se hizo de manera indirecta a partir del modelo alométrico propuesto por Cano *et. al.* (2020), la cual es $pv = 0.011184 * D^{1.471981} * At^{1.091052}$, donde *pv* es el peso verde (gr), *D* es el diámetro promedio de la cobertura

(cm) y At es la altura media de la planta (cm), posteriormente el pv de la regeneración por planta se obtuvo con la sumatoria de todos los individuos incorporados.

Análisis estadístico. Se realizó un análisis de varianza (ANAVA) con un modelo lineal simple para evaluar el efecto de los tratamientos entre bloques bajo $H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = \tau_6$ vs H_0 : al menos el efecto de un tratamiento es diferente (Fórmula 1). La estadística de prueba para H_0 se construyó con base en las medias de los tratamientos con un $\alpha = 0.05$.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \tau\beta_{ij} + \epsilon_{ij} \quad (1)$$

donde $i = 1, \dots, 6$ tratamientos y $j = 1, \dots, 15$ bloques, Y_{ij} : variable respuesta para el efecto de tratamiento i -ésimo y el bloque j -ésimo, μ : es la media general, τ_i : es el efecto del tratamiento i -ésimo, β_j : es el efecto del bloque j -ésimo, $\tau\beta_{ij}$ es la interacción bloque-tratamiento y $\epsilon_{ij} \sim NIID(0, \sigma^2)$ variables aleatorias no observables. Posterior al ANAVA, se hizo una comparación de medias a partir de la prueba de aditividad de Tukey en 2 pasos, además se realizó un análisis gráfico mediante Box-plot. El análisis se realizó en el paquete estadístico RStudio versión Build 554 (R Core Team, 2022).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del ANAVA indican que el efecto tanto de tratamientos como de bloques es estadísticamente significativo, debido a que el p – valor para tratamientos es $2.2e-16$ y el p – valor de bloques es 0.003878 , estos valores están por debajo del valor de $\alpha = 0.05$ (Cuadro 3), por lo que se confirma que se rechaza H_0 , esto significa que existen una diferente estimulación en la respuesta de la regeneración de candelilla causado por el método de cosecha empleado para la extracción de la especie en PFC.

Cuadro 3. ANAVA con el modelo lineal simple $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$.

Fuente de variación	G.L.	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	5	35.143	7.0286	48.9077	2.2e-16***
Bloque	14	5.314	0.3796	2.6413	0.003878**
Error	70	10.060	0.1437		

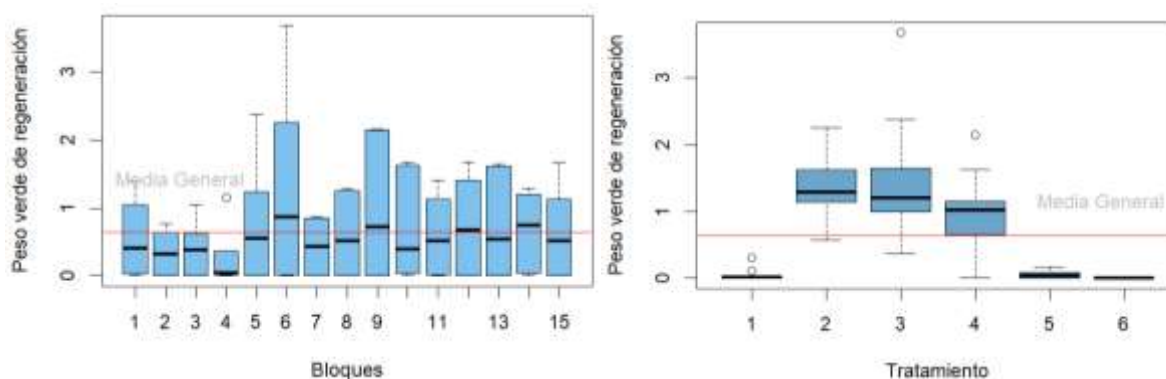


Figura 2. Gráficos de Box-plot de la comparación de medias por tratamiento y por bloque. En tratamientos: 1=T_100, 2=T_75, 3=T_50, 4=T_25, 5=R_100 y 6=Testigo.

Con la prueba de Tukey se encontró que la diferencia mínima significativa entre medias de los efectos de tratamientos es de 0.4056 gr de peso verde regenerado y la relación de medias queda estructurada en el cuadro 4, donde los tratamientos 3, 2 y 4 son estadísticamente diferentes de los tratamientos 1, 5 y 6, esto se corrobora en los gráficos Box-Ploty comparación de medias (Figura 2 y 3), los primeros tratamientos son superiores al presentar mayor media de peso verde de regeneración de candelilla. En el caso de los bloques, la diferencia mínima significativa es de 0.7694 gr de peso verde regenerado, además se observa que las medias se agrupan en dos categorías estadísticamente diferentes a y b (cuadro 4), siendo el bloque 6 el que presenta mayor regeneración de candelilla (Figura 2 y 3).

Cuadro 4. Diferencia de medias de los efectos de tratamientos y bloques en la regeneración de candelilla.

Tratamiento	Media de tratamiento	Grupo	Bloque	Medias por bloque	Grupo
3	1.41094356	a	6	1.2805196	a
2	1.34964349	ab	9	0.9554028	ab
4	1.00461647	b	5	0.7838418	ab
5	0.05646704	c	12	0.7357165	ab
1	0.03839110	c	13	0.7222447	ab
6	0.00000000	c	10	0.6865894	ab
			14	0.6661487	ab

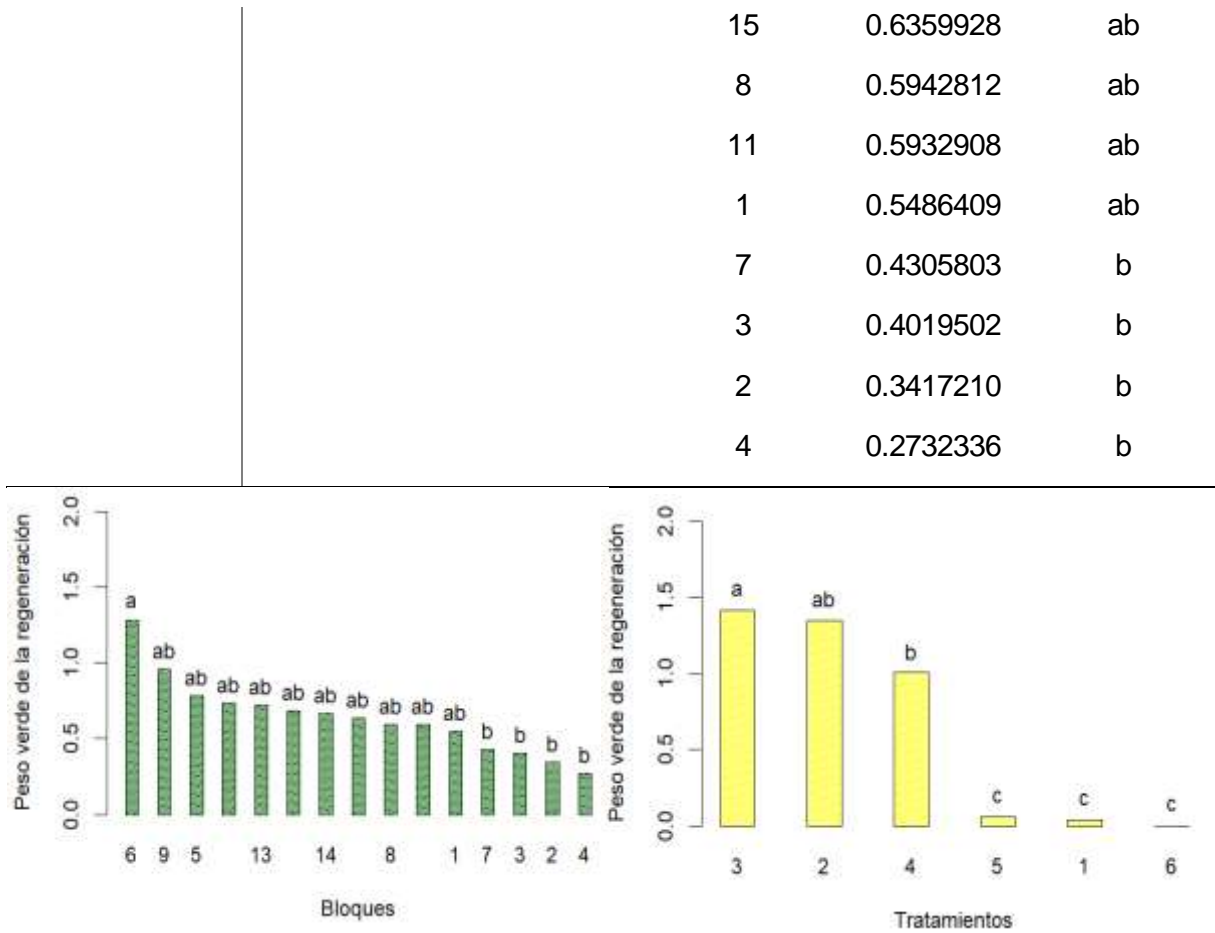


Figura 3. Gráfico de comparación de medias de regeneración de candelilla entre bloques y tratamientos.

De esto, los tratamientos 3 (Extracción del 50 % de la planta con el método tradicional) y 2 (Extracción del 75 % de la planta con el método tradicional), son estadísticamente similares (Figura 3), siendo superiores al presentar mayor regeneración, con respecto al resto de los tratamientos. Esto indica que, a mayores intensidades de corta, se tiene mayor incremento en regeneración de candelilla en plantaciones forestales comerciales. En cuanto a la interacción bloque-tratamiento indica que hay una interacción cruzada entre las fuentes de variación y el ANAVA que resulta de la prueba de aditividad de Tukey en 2 pasos corrobora esa información al presentar un p-valor del coeficiente $Z=0.7241e-14$ que es menor que $\alpha=0.05$ y por lo tanto se concluye que se obtiene mayor respuesta en la regeneración al aplicar el tratamiento 2 o 3 en sitios productivos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de la varianza de los datos ajustando un modelo lineal simple que considera interacción entre las fuentes de variación.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F	p-valor
Tratamiento	5	35.143	7.0286	109.1436	2.2e-16***
Bloque	14	5.314	0.3796	5.8943	2.058e-07***
Z	1	5.616	6.6164	87.2138	7.241e-14***
Error	69	4.443	0.0644		

CONCLUSIONES

Los datos parciales obtenidos a la fecha, indican que es factible utilizar el método de cosecha tradicional en candelilla limitando la intensidad de aprovechamiento (al 50 o 75% de cada individuo), para obtener mayor peso verde de la regeneración en PFC. La aplicación de los resultados obtenidos promoverá el aprovechamiento sostenible de PFC establecidas en el norte de México

REFERENCIAS

- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Cano P. A, Hernández R. A., Hernández R. J., García C.X., Flores L. C. 2020. Estimación del peso verde de la regeneración natural en plantaciones forestales comerciales de candelilla en Coahuila. Memoria de XXXII Semana Internacional de Agronomía. UJED. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Pp. 1206-1212.
- Cano P. A, Hernández R. A., Villavicencio G. E. E., García C. X. 2019. Definición de la aptitud de terreno para el establecimiento de plantaciones comerciales de candelilla en Coahuila. Memorias, X Reunión Nacional de investigación Forestal. pp 96-98.
- Padilla F., G. 1959. Determinación del contenido de cera en plantas de candelilla *Euphorbia* spp. En las seis zonas productoras del norte de México. Tesis de licenciatura, ESAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 38p.
- Foroughbakhch P., R., M. A. Alvarado V., J. L. Hernández P., J. P. Serna O. y Ma. de la L. Flores del A. 2010. Propagación vegetativa de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) en zonas áridas del estado de Coahuila. In: Memoria del VII Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas. Hermosillo, Son. México. pp. 26-47.
- González M., F. 2012. Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales -instituto Nacional de Ecología. 173 p.
- Ortiz, M., P. López S., R. Cepeda, R. González, M. Martínez S. 2022. Ecuaciones para estimar biomasa de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc) en Chihuahua, México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 13. 173-200. 10.29298/rmcf.v13i72.1231

HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN EL CRECIMIENTO INICIAL DE *CAPSICUM ANNUUM* Y *CAPSICUM CHINENSE*

(ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI ON THE INITIAL GROWTH OF *CAPSICUM ANNUUM* AND *CAPSICUM CHINENSE*)

E. Herrera-Parra¹, J. A. Ramos-Zapata², J. Cristóbal-Alejo³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 25 Carretera Antigua a Mérida-Motul, Mocochoá, CP. 97450, Yucatán, México

²Departamento de Ecología Tropical. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Universidad Autónoma de Yucatán. Km. 15.5 Carretera Mérida-Xmatkuil, CP. 97315 Mérida, Yucatán México.

³Instituto Tecnológico de Conkal, Km. 16.3 Antigua carretera Mérida-Motul, Conkal. CP. 97345 Yucatán, México. Email: elian.herrera09@gmail.com

RESUMEN

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) mejoran el crecimiento de *Capsicum* spp., con lo cual se obtienen plántulas resistentes al estrés biótico, como la reducción en la severidad del daño que inducen patógenos como nemátodos y hongos. Y al estrés abiótico inducido por sequía, salinidad y factores ambientales. En invernadero se estimó el efecto de la colonización de tres HMA nativos de selva baja caducifolia; *Funneliformis geosporum*, *Claroideoglossum claroideum* y *Glomus ambisporum*, a los 47 días después de su inoculación (ddi) en *Capsicum chinense* y *C. annuum*. Los HMA colonizaron las raíces *Capsicum* spp., presentando altos porcentajes de colonización total: *C. annuum* (94 a 99%) y *C. chinense* (76 a 98%), sin diferencias significativas entre las especies de HMA empleadas. Se presentaron diferencias significativas por efectos de especie de planta en la altura ($F=112.21$, $p\leq 0.0001$) y peso fresco de raíz ($F= 27.17$, $p\leq 0.0001$) y por efecto de la interacción de HMA y *Capsicum* spp en todas las variables de crecimiento. Los HMA nativos presentan potencial como promotores de crecimiento de plantas de *Capsicum*.

Palabras clave: Estrés biótico, nematodos, colonización.

ABSTRACT

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) improve the growth of *Capsicum* spp., with which seedlings resistant to biotic stress are obtained, such as the reduction in the severity of the damage caused by pathogens such as nematodes and fungi. And to abiotic stress induced by drought, salinity and environmental factors. In the greenhouse was estimated, the effect of the colonization of three native AMF of deciduous forest: *Funneliformis geosporum*, *Claroideoglossum claroideum* and *Glomus ambisporum*, 47 days after inoculation (dai) in *Capsicum chinense* and *C. annuum*. The AMF colonized the roots of *Capsicum* spp., with high

percentages of total colonization: *C. annuum* (94 to 99%) and *C. chinense* (76 to 98%), without significant differences among the AMF species. There were significant differences due to the effects of plants species on the height ($F = 112.21$, $p \leq 0.0001$) and fresh root weight ($F = 27.17$, $p \leq 0.0001$) and on the effect of the interaction of AMF and species of *Capsicum* in all growth variables. Native AMF present potential as growth promoters of *Capsicum* plants.

Key words: Biotic stress, nematodes, colonization

INTRODUCCIÓN

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) colonizan las raíces de las plantas y obtienen fotosintatos de estas para su nutrición. Forman una extensiva red de hifas extrarradicales que permiten una mayor exploración del suelo, promoviendo un incremento en la translocación de agua y nutrimentos poco móviles, favoreciendo el crecimiento, producción de los cultivos (Diagne *et al.*, 2020; Cristóbal-Alejo *et al.*, 2022) y adicionalmente confieren tolerancia, a condiciones de estrés inducido por factores bióticos y abióticos (Carreón-Abud *et al.*, 2013; Herrera *et al.*, 2021). Para la producción del cultivo de chile (*Capsicum* spp.), se requiere de una fase previa de crecimiento en vivero (Macías *et al.*, 2013), la inoculación con HMA pueden reducir el tiempo de crecimiento de las plántulas, conferir resistencia al estrés cuando éstas son trasplantadas a sus sitios definitivos para su cultivo y mejorar la absorción de nutrientes minerales (Jaizme-Vega *et al.*, 2002; Chitarra *et al.*, 2016), así como incrementar la tasa fotosintética y regular la conductancia estomática (Zayed *et al.*, 2017). A pesar de los reportes sobre el efecto positivo del uso de HMA en *Capsicum* spp; incremento en crecimiento, nutrición y producción de frutos (Castillo *et al.*, 2009; Gashua *et al.*, 2015), también puede provocar efectos negativos o bien los efectos pueden ser dependientes de las cepas de HMA que se empleen (Reyes *et al.*, 2014; Ortas y Ustuner, 2014; Gurumurthy *et al.*, 2014). En este estudio se diseñó un experimento para estimar el efecto de tres especies de HMA nativas en el crecimiento inicial de *Capsicum* spp. y evaluar i) si se presenta una colonización diferencial de los HMA dependiendo de las especies de *Capsicum* a la que se inocule, ii) si existe una respuesta diferencial en el crecimiento de las especies de *Capsicum* según el HMA con el que se inocule.

MATERIALES Y METODOS

Inoculación de HMA nativos en *C. chinense* y establecimiento de bioensayo. En la evaluación de HMA en el crecimiento inicial de *Capsicum* spp. Se aislaron y propagaron esporas de tres especies nativas de HMA (*Funneliformis geosporum*, *Claroideoglossum claroideum*, *Glomus geosporum*) (Herrera *et al.*, 2021). Se llenaron charolas de germinación con suelo estéril y en cada cavidad se depositaron 10 esporas de cada HMA nativos de suelo

de selva baja caducifolia y una semilla de *C. annuum* cv. Criollo y *C. chinense* cv. Calakmul, previamente desinfectada (hipoclorito de sodio al 1% p/v, seguido de dos lavados con agua destilada estéril). Las charolas se taparon hasta la germinación total de las plantas y se aplicaron riegos a capacidad de campo. Se dejaron transcurrir 47 días posteriores a la siembra (dps) para su evaluación. Se utilizó un diseño experimental con un arreglo factorial de 2 x 3=6 tratamientos; compuesto por dos especies de *Capsicum* (*C. annuum* cv. Criollo y *C. chinense* cv. Calakmul) y tres especies de HMA (*F. geosporum*, *C. claroideum* y *G. ambisporum*). Cada tratamiento consistió en 30 repeticiones distribuidas en un diseño experimental completamente al azar.

Variables estimadas. Después de 47 ddi se cosecharon las plántulas y se evaluaron los efectos de los HMA con la medición de variables asociadas al crecimiento de *Capsicum* spp: altura de plántula (cm), peso fresco de la raíz, biomasa seca de la parte aérea y de la raíz (g) (60 °C por 72 h). También, se estimó el porcentaje de colonización total y por vesículas de los HMA en las raíces de cinco plantas por tratamiento, las raíces se lavaron con agua de la llave, se transportaron al laboratorio y se tiñeron de acuerdo con la técnica de Phillips y Hayman (1970). Con las raíces teñidas se realizaron preparaciones permanentes para observar las estructuras de los HMA (micelio, esporas, vesículas y enrollamientos) y se cuantificó el porcentaje de colonización (McGonigle *et al.*, 1990).

Análisis de datos. Para estimar diferencias en el porcentaje de colonización total y por vesículas de los HMA se utilizó el modelo lineal generalizado mixto de distribución binominal y función de enlace logit de proporciones con errores binomiales; para estimar los efectos principales (HMA y especies) y su interacción en las variables de crecimiento entre especies de *Capsicum* se realizó un análisis mediante un modelo lineal generalizado mixto de distribución normal y función de enlace de identidad para datos continuos con errores normales. En ambos casos se utilizó el procedimiento GLIMMIX con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS), versión 9.3 Institute Inc.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Colonización de HMA en *Capsicum* spp. Las especies de HMA empleadas: *F. geosporum*, *G. ambisporum* y *C. claroideum*, colonizaron las raíces de las plántulas de *Capsicum* spp. Los porcentajes de colonización total se consideraron elevados; en *C. annuum* se estimaron valores entre 94 a 99% mientras que en *C. chinense* fueron de 76 a 98%. En el caso de la colonización por vesículas en *C. annuum* se estimó un 6.8% con *C. claroideum* y *G. ambisporum* y en *C. chinense* 14.83% con *G. ambisporum*. Tanto para el porcentaje de colonización total como para el de vesículas, no se observaron diferencias significativas entre

especies de *Capsicum* ($F= 0.12$, $p<0.7308$), por especie de HMA ($F= 0.37$, $p<0.6957$) y por la interacción de HMA x *Capsicum* ($F= 0.09$, $p<0.9112$). En el presente estudio los HMA tuvieron el mismo potencial para colonizar las raíces de los cultivares de *Capsicum* spp. este efecto está relacionado con la etapa inicial del crecimiento de la raíz de las plántulas, donde la interacción con los HMA facilita la toma de nutrientes, agua y permiten tolerar estrés abiótico y biótico en las etapas iniciales de crecimiento (Montaño-Arias *et al.*, 2001; Castañeda-Beltrán *et al.*, 2014).

Efecto de la inoculación de HMA en las variables de crecimiento de *Capsicum* spp. En las variables de crecimiento entre especies de *Capsicum* solo se presentaron diferencias significativas en la altura de plántula ($p<0.0001$) y en el peso fresco de raíz ($p<0.0001$). Mientras que el efecto de la colonización por los HMA y de su interacción con las especies de *Capsicum* mostraron efectos significativos ($p<0.0001$) en todas las variables de crecimiento evaluadas (Tabla 1).

Tabla 1. Efectos de los factores (especie de *Capsicum* y HMA) y de su interacción sobre las variables de crecimiento.

Factores	Variables de crecimiento			
	Altura de plántula (cm)	Biomasa aérea seca (g)	Peso fresco de raíz (g)	Peso seco de raíz (g)
	<i>P</i>	<i>P</i>	<i>P</i>	<i>P</i>
Especie	0.0001**	0.3518 ^{ns}	0.0001**	0.1172 ^{n.s.}
HMA	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0001**
HMA x Especie	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0001**

diferencias significativas $p\leq 0.01$ n.s.= no significativo $p\leq 0.10$

La respuesta de las plantas a la inoculación con las diferentes especies de HMA fue variable, en *C. annum* la mayor altura de las plántulas se registró con la especie *C. claroideum* (8.45 ± 0.55 cm) y en *C. chinense* se presentó al inocularse con *G. ambisporum* (6.2 ± 0.34 cm). En relación con la respuesta en el crecimiento de las especies de *Capsicum* inoculadas con el mismo HMA, *F. geosporum* o *C. claroideum* indujeron una altura significativamente diferente ($p<0.0001$) entre las especies de *Capsicum*; la inoculación con *G. ambisporum* no causó diferencias significativas ($p<0.7715$) en la altura entre ambas especies de *Capsicum* (Figura 1).

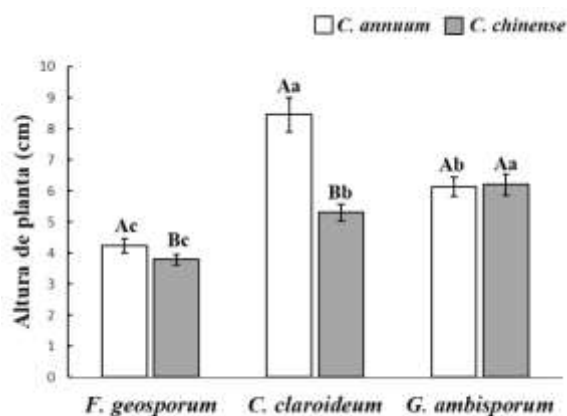


Figura 1. Efecto de la inoculación con HMA en la altura de las plántulas de *C. annuum* y *C. chinense* a los 47 días posteriores a la siembra. Las letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre HMA para la misma especie de *Capsicum*. Las letras mayúsculas muestran diferencias significativas entre especies de *Capsicum* inoculadas con la misma especie de HMA.

Se registró mayor producción de biomasa aérea seca en las plántulas de *C. annuum* cuando se inocularon con *C. claroideum* (0.17 ± 0.01 g) y *G. ambisporum* (0.05 ± 0.01 g) siendo significativamente diferentes ($p < 0.0001$) al compararse con la inoculación con *F. geosporum* donde se obtuvo la menor producción de ésta (0.01 ± 0.07 g). En el caso de *C. chinense* la mayor cantidad de biomasa aérea seca se obtuvo con *G. ambisporum* (0.09 ± 0.01 g) y su efecto fue estadísticamente diferente ($p < 0.0001$) a la inoculación con *F. geosporum* y *C. claroideum*. Al comparar la respuesta entre las especies de *Capsicum*, se observaron diferencias en el incremento de biomasa aérea seca, el mayor efecto se obtuvo en *C. annuum* al inocular con *C. claroideum* ($p < 0.0001$) y en *C. chinense* al inocular con *G. ambisporum* ($p < 0.0001$). No se presentaron diferencias significativas entre ambas especies de *Capsicum* al inocularse con *F. geosporum* ($p < 0.3205$) (Figura 2). La colonización total por HMA, en ambas especies de *Capsicum*, promovieron de manera diferencial el crecimiento en altura de planta y producción de biomasa, lo que sugiere que no todos los HMA causan el mismo efecto en las especies de *Capsicum*, aun cuando se presentan valores de colonización similar efectos observados en otros estudios (Jin *et al.*, 2017; Bazghaleh *et al.*, 2018). Donde la promoción decrecimiento que inducen los HMA en las plantas se asocia a la traslocación de nutrientes como fósforo, nitrógeno y potasio, que toman a través de sus hifas extrarradicales que funcionan como una extensión de las raíces y abarcan mayor área y espacios porosos del suelo donde la raíz no puede acceder (Vergara *et al.*, 2019).

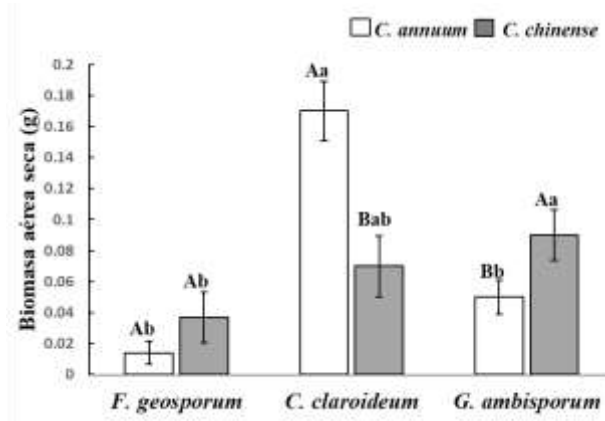


Figura 2. Efecto de HMA en la biomasa aérea seca de *C. annuum* y *C. chinense* a los 47 días posteriores a la siembra. Las letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre HMA para la misma especie de *Capsicum*. Las letras mayúsculas diferentes muestran diferencias significativas

Con relación al peso fresco de la raíz, con la inoculación de *C. claroideum* promovió los valores más altos (0.30 ± 0.03 g) en *C. annuum* en comparación con la inoculación con *F. geosporum* (0.02 ± 0.01 g) o con *G. ambisporum* (0.10 ± 0.02 g). Por otro lado, en *C. chinense*, la inoculación con *G. ambisporum* promovió la mayor producción de biomasa fresca radical (0.41 ± 0.05). La comparación entre las dos especies de *Capsicum*, mostró diferencias significativas con la inoculación de *C. claroideum* ($p < 0.0001$) y *G. ambisporum* ($p < 0.0001$), pero la inoculación con *F. geosporum* no causó una respuesta diferente entre las especies de *Capsicum* ($p < 0.4413$) (Figura 3).

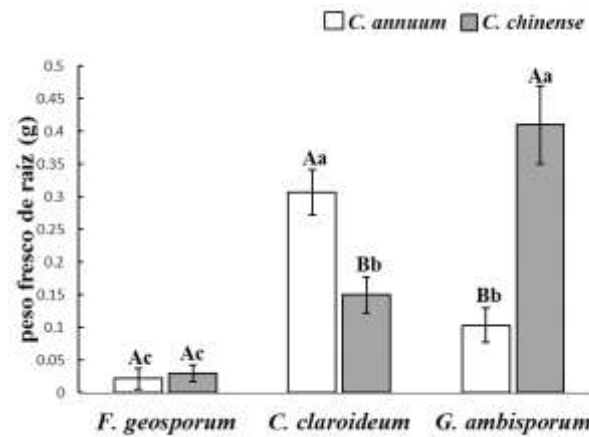


Figura 3. Efecto de HMA en el peso fresco de raíz de *C. annuum* y *C. chinense* a los 47 días posteriores a la siembra. Las letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre HMA para la misma especie de *Capsicum*. Las letras mayúsculas diferentes muestran diferencias significativas entre especie de *Capsicum* inoculadas con la misma especie de HMA.

Se observó un mayor peso seco de la raíz en *C. annuum* (0.03 ± 0.005 g) cuando se inoculó con *C. claroideum* y en *C. chinense* (0.03 ± 0.005 g) con *G. ambisporum*; los menores pesos secos de raíz se registraron al inocular con *F. geosporum* ambas especies. La comparación entre especies de *Capsicum* mostró diferencias significativas ($p < 0.001$) al comparar todos los

tratamientos de inoculación; *C. annuum* presentó mayor peso seco de raíces que *C. chinense* en el tratamiento de inoculación con *C. claroideum* mientras que *C. chinense* presentó mayor peso que *C. annuum* en los tratamientos de inoculación con *F. geosporum* y *G. ambisporum* (Figura 4).

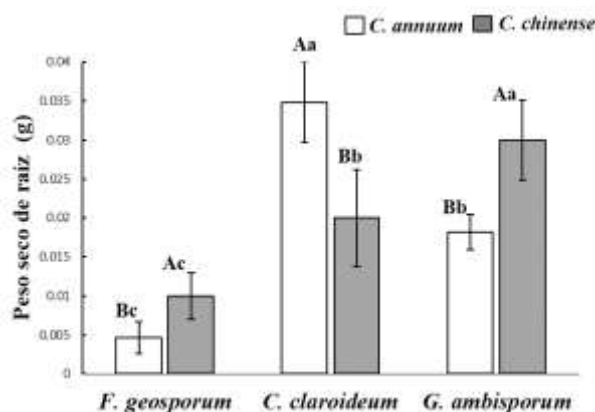


Figura 4. Efecto de HMA en el peso seco de raíz de *C. annuum* y *C. chinense* a los 47 días posteriores a la siembra. Las letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre HMA para la misma especie de *Capsicum*. Las letras mayúsculas diferentes muestran diferencias significativas entre especies de *Capsicum* inoculadas con la misma especie de HMA.

En general, *F. geosporum* promovió el menor crecimiento de las plántulas, lo cual sugiere que la interacción es menos funcional si se compara con las otras especies de HMA empleadas. Al respecto se sabe que los HMA pueden presentar diferente funcionalidad durante el crecimiento de sus hospederos que van de ser mutualista a parásitas, lo que depende de los cambios ambientales, así como de la disponibilidad P y N principalmente (Ju-Kyeong *et al.*, 2009; Hoeksema *et al.*, 2010). Por lo cual son factores que deberán considerarse en trabajos futuros en *Capsicum* spp con la finalidad de validar si la respuesta de *F. geosporum* se mantiene. Estos resultados resaltan la importancia de seleccionar cepas de HMA capaces de colonizar las raíces en un corto período de tiempo, pero que promuevan en sus hospederos un beneficio de esta asociación, en la etapa inicial de crecimiento, y se produzcan plantas sanas, vigorosas, de mayor tamaño y que toleren las condiciones de estrés cuando se trasplantan a los sitios definitivos para cultivo.

CONCLUSIONES

Todos los HMA evaluados en este estudio colonizaron las raíces de *Capsicum* spp. y promovieron en diferentes niveles el crecimiento de las plántulas. En *C. annuum* la inoculación con *C. claroideum* produjo el mayor crecimiento de las plántulas y en *C. chinense* se consiguió con la inoculación de *G. ambisporum*, el crecimiento diferencial observado se asocia con el genotipo de las especies de *Capsicum* y su compatibilidad con los HMA evaluados.

REFERENCIAS

- Bazghaleh, N., hamel, C., Gan, Y., Taran, B., and Knight, J. D. 2018. Genotypic variations in the responses of chickpea to arbuscular mycorrhizal and non-mycorrhizal fungal endophytes. *Canadian Journal of Microbiology*. 64: 256-275.
- Carreón-Abud, A. Y., Beltrán-Nambo, M. A., Martínez-Trujillo. M. 2013. Efecto protector de los hongos micorrízicos arbusculares en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum*) expuestas a Cr (VI). *Phyton*. 82:127-134.
- Castillo, R. C., Sotomayor, S. L., Ortíz, O. C., Leonelli, C. G., Borie, B. F. 2009. Efecto de arbuscular micorrizal gungi on an ecological crop or chili peppers (*Capsicum annuum* L.). *Chilean Journal of Agricultural Research*. 69 (19): 79-87.
- Castañeda-Beltrán, L. Y., Quiñones-Aguilar, E. E., Rincón-Enríquez, G. 2014. Determinación del tiempo de micorrización en plántulas de papayo en vivero. *Terra*. 1(3): 291-995.
- Cristóbal-Alejo, J. Lima-Burgos, A., Pinzón-López, L., Tun-Suarez, J. M. Herrera-Parra. E. 2022. hongos micorrízicos arbusculares aceleran el tiempo de crecimiento de portainjertos de guanábana (*Annona muricata* L.). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 9(1): e3326.
- Chitarra, W., Maserti, B., Gambino, G., Guerrieri, Balestrini, R. 2016. Arbuscular mycorrhizal symbiosis mediated tomato tolerance to drought. *Plant signaling & Behavior*. 11(7):1-3.
- Diagne, N., Ngom, M., Brahima D. P., Fall, D., Hocher, V., Svistoonoff, S. 2020. Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Plant Growth and Performance: Importance in Biotic and Abiotic Stressed Regulation. *Diversity*. 12:370.
- Gashua, I. B., Abb, A. M., Gwayo, G. A. 2015. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in chilli peppers (*Capsicum annuum* L.) grown in Sahelian soil. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 4(2): 419-425.
- Gurumurthy, S. B., Patil, S. V., Vidyavathi, K. B., Lokesh, M. S., Shankrappa, T. H., Bellakki, M. A. 2014. Performance of local isolates of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi on growth and yield of chili (*Capsicum annuum* L.) grown in black clayey soil. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*. 3(9): 404-408.
- Hoeksema, D. J., Chaudhary B. V., Gehring, A. C., Colling, J. N., Karst, J., Koide, T. R., Pringle, A., Zabinski, C., Bever, D. J., Moore, C. J., Wilson, T. W. G., Klironomos, N. J. Umbanhowar, J. 2010. A meta-analysis of context-dependency in plant response to inoculation with mycorrhizal fungi. *Ecology Letters*. Doi:10.1111/j.1461-0248.2009. 01430.x
- Herrera, P. E., Ramos-Zapata, J., Basto-Pool, C., Cristóbal-Alejo J. 2021. Sweet pepper (*Capsicum annuum*) response to the inoculation of native arbuscular mycorrhizal fungi and the parasitism of root-knot *Meloidogyne incognita*. *Revista Bio Ciencias* 8. e982.
- Jaizme-Vega, M., Esquivel-Delamo, M., Tenoury-Domínguez, P. Rodríguez-Romero, A. 2002. Effects of mycorrhization on the development of two cultivars of micropropagated banana. *Infomusa* 11(1): 25-28.
- Jin, L., Wang, Q., Wang, Q. Wang, X. and Gange, C. A. 2017. Mycorrhizal-induced growth depression in plants. *Symbiosis*, 72:81-88.
- Ju-Kyeong, E. and Ahn-Heum, E. 2009. Differential growth response of various crop species arbuscular mycorrhizal inoculation. *Mycobiology*. 31(1):72-76.
- Macías, R., H., Muños.V. J., Velázquez. M. A., Potisek, T. M del C., Villa, C. M. M. 2013. Chile habanero: descripción de su cultivo en la Península de Yucatán. *Revista Capingo Series Zonas Áridas*. 37-43
- Montaño-Arias, N. E., Quiroz-García, V., Cruz-Flores, G. 2001. Colonización micorrizica arbuscular y fertilización mineral de genotipos de maíz y trigo cultivados en un andisol. *Terra*. 19(4):337-344.
- McGonigle, T. P., Miller, M. H., Evans, D. G., Fairchild, G. L., Swan, J. A. 1990. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal. *New Phytol*. 115:495-501
- Ortas, I., and Ustuner, O. 2014. The effects of single species, dual species and indigenous mycorrhiza inoculation on citrus growth and nutrient uptake. *European Journal of Soil Biology*. 63:24-69.

- Phillips, G. M., and Hayman, D. S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions British Mycological Society. 55:158-161.
- Reyes, R., A., López, A., M., Ruiz, S. E., Latournerie, M. L., Pérez, G. A., Lozano, C. M. G., Zavala, L. M. J. 2014. Efectividad de inoculantes microbianos en el crecimiento y productividad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Agrociencia. 48: 285-294.
- Vergara, C., Campos-Araujo, K. E., De Souza, R., Schultz, N., Saggin-Júnior, O. J., Loss-Sperandio, M- V., Zilli, J. E. 2019. Planta-mycorrhizal fungi interactions and response to inoculation with different-promotion fungi. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 1-24.
- Zayed, M. S., El-Moneim, H. G. A., Mohammed, S. H., Salem, H. M., Ali, A. W. M. I. 2017. Role of endomycorrhizae and *Pseudomonas fluorescens* on the acclimation of micropropagated *Stevia rebaudiana* Bert. plantlets. African Journal of Plant Science. 11(3): 30-47.

EVALUACIÓN DE ALGODÓN ORGÁNICO EN DOS DENSIDADES DE SIEMBRA PARA EL SUR DE SONORA

José Luis Félix-Fuentes, Ivón Alejandra Rosas-Jáuregui, Juan Manuel Cortes-Jiménez, José Eliseo Ortiz-Enríquez, Alma Ortiz-Avalos, y Guillermo Fuentes-Dávila.

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora 85000. Correo: felix.joseluis@inifap.gob.mx

RESUMEN

En este trabajo se sembró algodónero convencional con dos densidades de 8 y 14 plantas/m lineal, con manejo orgánico sobre un terreno certificado para cultivos orgánicos, los resultados obtenidos estuvieron entre las 3.8 y 3.4 t/ha, con un promedio de 12.6 capullos con la densidad de 8 plantas/m lineal y 8.6 capullos con 14 plantas, durante el desarrollo del cultivo no se presentaron insectos plagas que afectaran al algodónero, sin embargo se realizaron dos aplicaciones preventivas de extractos naturales de Neem, canela e higuierilla. **Palabras clave:** convencional, rendimiento, producción

ABSTRACT

In this work, conventional cotton was planted with two densities of 8 and 14 plants/linear m, with organic management on certified land for organic crops, the results obtained were between 3.8 and 3.4 t/ha, with an average of 12.6 cocoons with a density of 8 plants/linear m and 8.6 cocoons with 14 plants, during the development of the crop there were no pest insects that affected the cotton, however two preventive applications of natural extracts of Neem.

Key words: conventional, yield, production.

INTRODUCCIÓN

El algodónero es una planta nativa de países tropicales, sin embargo, su cultivo se ha expandido por todo el mundo gracias a los avances en las técnicas de cultivo y a la aparición de nuevas variedades. Alrededor de 100 países destinan al cultivo del algodón el 2.5% de la tierra cultivable en todo el mundo. Las siembras de algodónero se basan en el uso de transgénico, los cuales iniciaron en 1996 y en 2010 las empresas productoras de los paquetes tecnológicos lograron los permisos para su cultivo comercial.

En los estados de Sonora y Baja California la totalidad de algodónero sembrado es con variedades transgénicas del tipo Bollgard II Solución Faena/Flex; lo cual indica que es resistente tanto a lepidópteros como al herbicida glifosato; sin embargo, en las áreas que son destinadas a ser "refugios" se establece algodónero con resistencia a herbicidas, debido a la dependencia que tiene el agricultor a estos productos a un con el daño que ocasionan al medio ambiente. Por lo que se han estado implementando nuevas alternativas como la agricultura orgánica para hacer frente a los problemas que se derivan del uso de transgénicos y con ello explorando nuevos mercados. Nahed et al. (2009) mencionan que la agricultura orgánica fundamenta sus principios en la agroecología y en la agroforestería. En términos generales se describen el impacto de carácter ambiental, así como la preocupación del hombre sobre la calidad de alimentos que consume, como resultados de la actividad agrícola convencional, lo cual ha dado pie a la implementación de sistemas de producción agrícolas ambientalmente amigables, cuya denominación genérica es agricultura orgánica Moreno et al., (2009)

El algodón orgánico está atrayendo en la actualidad mucha atención luego de su impresionante crecimiento en años recientes, Organic Exchange, (2008), principalmente como la de hallar la manera de garantizar la sostenibilidad del sistema en momentos de crecimiento Ferrigno, (2008), lo que a su vez implica identificar y analizar los componentes de un sistema sostenible de producción libre de agroquímicos.

Algunas de las razones por las que los cultivadores han adoptado el algodón orgánico son la eliminación del uso de plaguicidas peligrosos, menores costos de producción y la seguridad ambiental. Sin embargo, la producción de algodón orgánico tiene bajos rendimientos, pues la eliminación de los dos insumos principales, a saber, insecticidas y fertilizantes sintéticos, impide que la planta desarrolle todo su potencial Devine *et al.*, (2008). Sin embargo, el objetivo de este trabajo es observar el rendimiento del cultivo de algodón con manejo orgánico, como alternativa a buscar nuevos mercados que demandan la sustentabilidad del medio ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó durante el ciclo agrícola 2021-2022 en terrenos del 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, ubicado en las coordenadas: 27°22'16.43''N, 109°55'15.39''O. Su altura media sobre el nivel del mar es de 40 metros en un suelo de textura arcillosa y pH de 7.8. El clima de la región, de acuerdo con la clasificación de Koppen y modificada por Enriqueta García, corresponde al seco cálido (tipo BW) y al seco muy cálido semicálido (tipo BSo). La precipitación promedio en el año es de alrededor de 280 mm de los cuales el 75% se presenta en los meses de verano (junio a octubre) en forma de lluvias torrenciales y el 25% restante ocurre en los meses de invierno (noviembre a marzo) con lluvias pausadas (INIFAP, 2001). Este trabajo se realizó en un terreno certificado para cultivos orgánicos desde 2017 el material utilizado fue el convencional Sure Grow 105 de la compañía Delta and Pine land Company con fecha de siembra del 17 de marzo del ciclo agrícola 2021-2022, a densidades de 8 y 14 plantas/m lineal a una profundidad de 7 cm, en camas de 100 m de longitud a una separación entre surco de 1m. previo a la siembra se preparó el terreno con tres rastreos y nivelación. En este trabajo se realizaron cinco riegos, la fertilización se realizó con 2500 kg/ha previo a los tres primeros auxilios con el producto bida de la empresa DASA. El manejo de plagas y enfermedades se monitoreo con trampas amarillas pegajosas, para el control de insectos chupadores se realizaron dos aplicaciones preventivas con extractos de neem, canela y de higuera. Para el manejo de maleza se utilizó cultivadora y deshierbe manual con uso de jornal. Se evaluó el rendimiento de algodón en hueso y en pluma. El algodón en hueso está constituido por la semilla y la pluma. Y el rendimiento de pluma se obtiene después de separar la semilla. Se evaluaron componentes de rendimiento como el número de capullos por planta, peso de capullos, número de semillas por capullo, peso de 100 semillas y peso de fresco de planta. La unidad experimental fue de 10 m. se realizaron tres muestreos por densidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la evaluación de las dos densidades de siembra en cultivo de algodón con manejo orgánico, se identificó que en 8 plantas/m lineal se obtuvo un rendimiento superior lo que equivale a 11 % a la densidad de 14 plantas/m lineal. Al haber realizado tres aplicaciones de fertilizante previo a cada riego durante los tres primeros auxilios, consideramos que no hubo necesidad de aplicación de fósforo como lo requiere la planta en fechas de siembra tardías por el rendimiento considerado alto. Devine *et al.*, (2008) ellos mencionan que la siembra de algodón orgánico genera bajos rendimientos, debido a la falta de agroquímicos, por lo que es difícil cubrir las necesidades para un óptimo desarrollo de la planta, la cual se observa de bajo porte y falta de follaje con una altura promedio de un metro en ambas densidades, sin embargo el mayor número y peso de capullos se obtuvo con la densidad baja con un promedio de 12.6 capullos/planta, 4 capullos más que la densidad alta, lo cual se ve reflejado en un mayor rendimiento, debido a la retención de capullos, lo que representa mayor peso, como lo menciona Gil *et al.*, (2003). Sánchez *et al.*, (2007) coinciden con lo observado en este trabajo que al aumentar la densidad de población disminuye el número de flores y capullos, como se

observa en el cuadro 1. El peso de 100 semillas fue superior en la mayor densidad La baja densidad confirma lo recomendado a nivel comercial de 5 a 8 plantas/m lineal. Un punto a resaltar es que durante el desarrollo del cultivo no hubo presencia de plagas por lo que no afectaron el rendimiento. El uso de fertilizantes de tipo orgánicos acelera el desarrollo radicular y los procesos fisiológicos de brotación, floración, madurez y color. Al mejorar el estado general de las plantas aumenta su resistencia al ataque de plagas y patógenos

Cuadro 1. Promedio de las variables evaluadas en densidades bajas bajo manejo orgánico de algodónero.

Rep	Densidad	Hueso	Pluma	Altura de planta (cm)	Peso de planta (g)	Ncpp	Peso de capullo (g)	Nspp	Peso de 100 semillas (g)
1	8	3810	1449	102	698	12	76.88	32	9.56
2	8	3934	1484	105	684	11	74.75	38	9.07
3	8	3747	1482	94	556	15	100.65	33	9.75
Media		3830	1471	100.3	645.3	12.6	84.09	34.3	9.46
CV		0.0248	0.0133	0.0566	0.1212	0.1652	0.1709	0.0937	0.0370
1	14	3505	1340	105	314	8	72.1	35	9.4
2	14	3428	1389	93	422	9	70.65	29	9.62
3	14	3297	1442	96	346	9	71	32	9.93
Media		3410	1390	98	360.6	8.6	71.25	32	9.65
CV		0.0308	0.0367	0.0637	0.1538	0.0666	0.0106	0.0937	0.0275

CV: coeficiente de variación, ncpp: número de capullos por planta, nspp: número de semillas por planta.

CONCLUSIONES

Debido a los altos costos de los fertilizantes, se buscan otras alternativas que contribuyan a generar más beneficios económicos al productor, el implementar agricultura orgánica es un mercado potencial que está en crecimiento constante, los países considerados desarrollados son los que levantan la mano hacia este tipo de productos, debido al alto poder adquisitivo y a la búsqueda de un estilo de vida más saludable y en armonía con el medio ambiente.

REFERENCIAS

- Devine, Gregor J., Eza, Dominique, Ogusuku, Elena, & Furlong, Michael J. (2008). Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 25(1), 74-100.
- Ferrigno, S. "The worldwide development of organic cotton cultivation: progress and future challenges" paper presented at IFOAM Congress on Fiber and Textiles, 16th and 17th of June 2008, Carpi, Italy.
- Gil, A. P., Mascorro, A. G., & Ávila, S. G. (2003). Rendimiento, componentes del rendimiento y calidad de fibra del algodón en relación con la dosis de nitrógeno y la densidad poblacional. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26(3), 167-171.
- Moreno R. A., Cano R. P. y Rodríguez D. N. 2009. Producción orgánica de melón bajo condiciones de invernadero. En: Cano R. P., Orona C.I. y Reyes J. I. Simposio nacional sobre producción moderna de melón y tomate. XIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. 17 – 21 agosto. Torreón, Coah.. Mex.
- Nahed T. J., Calderón P. J., Aguilar J. R., Sánchez M. B., Ruiz R. J. L., Mena Y., Castel J. M., Ruiz F. A., Jiménez F. G., López M. J., Sánchez M. G. y Salvatierra I. B. 2009. Aproximación de los sistemas agrosilvopastoriles de tres microrregiones de Chiapas, México, al modelo de producción orgánica. *Avances en Investigación Agropecuaria* 13 (1): 45-58
- Sánchez, M. E., Castruita, M. A. S., Rangel, P. P., Vidal, J. A. O., Coronado, P. Y., & de Ávila Velázquez, C. (2007). Producción de algodón en doble y triple hilera con riego por goteo subsuperficial. *Terra Latinoamericana*, 25(2), 155-161.

Organic Exchange Farm and Fibre Report 2008 Organic Exchange: O'Donnell 2008.

EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE TRIGO DURO EN PRODUCCIÓN ORGÁNICA EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA.

Ortiz-Avalos Alma Angélica¹, Cortés-Jiménez Juan Manuel¹, Rosas-Jauregui Ivón Alejandra¹ y Félix-Fuentes José Luis¹

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

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

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

RESUMEN

En un sistema de producción orgánica en el CENEB-INIFAP, se establecieron las variedades comerciales DON LUPE C2020 y CIRNO C2008. La preparación del suelo consistió en tres rastreos, nivelación y surcado a 80 cm de separación. No se fertilizó, el terreno venía de garbanzo como cultivo anterior, el cual fue fertilizado con 5 t ha⁻¹ de gallinaza en el ciclo 2020-2021. La siembra se realizó el 2 de diciembre de 2021 con 120 kg ha⁻¹ de semilla y tres hileras de plantas por surco. No se presentaron problemas de plagas y enfermedades, por lo cual no fue necesario aplicar ningún producto. Para el control de maleza se realizaron dos deshierbes manuales. Se aplicó un riego de presiembra y tres riegos de auxilio. Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La unidad experimental fue de 2 surcos de 110 m de longitud. La parcela útil de un surco de tres metros de longitud. Los resultados de los componentes de rendimiento reportaron: granos/espiga 38 y 39 granos; granos/m² 8,435 y 8,978; espigas/m² 222 y 232 para las variedades DON LUPE C2020 y CIRNO C2008 respectivamente. El mayor rendimiento fue de 5.641 t ha⁻¹ reportado por CIRNO C2008; DON LUPE C2020 tuvo un rendimiento de 5.051 t ha⁻¹. El respectivo peso hectolítrico fue de 79.6 y 80.7 kg hL⁻¹ para DON LUPE C2020 y CIRNO C2008, en el mismo orden el peso de 100 granos fue de 5.95 y 6.23 gramos. Se concluyó que la variedad CIRNO C2008 reportó el mayor rendimiento y los valores más altos en el resto de variables evaluadas. La variedad DON LUPE C2020, así como la CIRNO C2008, son aptas para su uso en producción orgánica.

Palabras clave: Agricultura orgánica, fertilización, componentes de rendimiento.

ABSTRACT

In an organic production system at CENEB-INIFAP, the commercial varieties DON LUPE C2020 and CIRNO C2008 were established. Soil preparation consisted of three sweeps, leveling and furrowing 80 cm apart. It was not fertilized, the land came from chickpea as a previous crop, which was fertilized with 5 t ha⁻¹ of chicken manure in the 2020-2021 cycle. Sowing was carried out on December 2, 2021 with 120 kg ha⁻¹ of seed and three rows of plants per row. There were no pest and disease problems, so it was not necessary to apply any product. For weed control, two manual weeding were carried out. A pre-sowing irrigation and

three auxiliary irrigations were applied. A randomized block design with three replications was used. The experimental unit consisted of 2 furrows of 110 m in length. The useful plot of a furrow three meters long. The results of the yield components reported: grains/spike 38 and 39 grains; grains/m² 8,435 and 8,978; spikes/m² 222 and 232 for the DON LUPE C2020 and CIRNO C2008 varieties, respectively. The highest yield was 5,641 t ha⁻¹ reported by CIRNO C2008; DON LUPE C2020 had a yield of 5,051 t ha⁻¹. The respective test weight was 79.6 and 80.7 kg hL⁻¹ for DON LUPE C2020 and CIRNO C2008, in the same order the weight of 100 grains was 5.95 and 6.23 grams. It was concluded that the CIRNO C2008 variety reported the highest yield and the highest values in the rest of the evaluated variables. The DON LUPE C2020 variety, as well as the CIRNO C2008, are suitable for use in organic production.

Key words: Organic agriculture, fertilization, yield components.

INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum*) es muy importante para la dieta alimentaria mundial, se cultiva en todo el mundo bajo diversas condiciones climáticas. Ha sido el alimento básico de las principales civilizaciones de Europa, Asia y Norte de África durante más de 8, 000 años. El trigo junto con el maíz y el arroz son los cereales que más se producen y que más contribuyen a la alimentación de la humanidad (Espinoza, 2018). En México, es un cultivo importante por el consumo y recursos generados por su producción. Los estados de Sonora, Guanajuato, Sinaloa y Baja California destacan como principales productores de este cereal. En el año 2020 en Sonora fueron sembradas 230,087.29 hectáreas de trigo, de las cuales se obtuvieron 1,532,757.29 toneladas que generaron \$7,377,948.22 por su comercialización (SIAP, 2022). El trigo cristalino o duro que se produce en la región sur de Sonora tiene tres segmentos de venta primordiales: el mercado de alimentos balanceados para el ganado, la industria o exportación. Esta región contribuye con un 42% al total nacional de trigo que se exporta. Sin embargo, las condiciones para el ingreso al mercado de exportación implican cumplir con una determinada calidad, en caso de no tenerla hay una penalización en el costo, lo que implica grandes pérdidas monetarias (Garza y Bringas, 2016).

En el Valle del Yaqui, existe actividad orgánica certificada y se realiza investigación y transferencia de tecnología desde el año 2000 en los cultivos más importantes en la región (Cortés y Ortiz, 2018). Para el cultivo de trigo hay un sobre precio del 15% de su valor comercial. En esta región existe la infraestructura, el mercado y el interés de los agricultores para implementar agricultura orgánica certificada. La polémica sobre el tema ya se inició como en otras partes del mundo, donde diversos autores reportan resultados en donde la producción orgánica les ha dado menor rendimiento que la convencional (Bacenetti *et al.*, 2016; Kumar *et al.*, 2014); todos atribuyen la baja de su producción al uso de fertilizantes orgánicos con poca disponibilidad de nitrógeno o que este elemento no se encuentra

inmediatamente disponible en las fuentes de nitrógeno utilizadas. Sin embargo, estudios comparativos de siembra de maíz con manejo convencional y orgánico, reportaron rendimientos de 6.6 y 11.3 t ha⁻¹ respectivamente. El costo de producción del sistema orgánico reportó una reducción de costos del 3.5% e ingresos brutos que superan en un 71% a los ingresos que reporta el manejo convencional (Vidal *et al.*, 2016). En cualquier región agrícola, los criterios de mayor importancia para elegir el cultivo a establecer, se basan en el rendimiento obtenido y lo redituable de este. En el Valle del Yaqui, Sonora, se han realizado una serie de estudios en producción orgánica certificada en donde los resultados obtenidos en este sistema de producción han sido iguales a los obtenidos en la producción convencional (Cortes y Ortiz, 2017), sin embargo, la dinámica de liberación de variedades ha sido muy dinámica en los últimos años, por lo cual se necesitan evaluar las nuevas variedades en este sistema y siempre comparar su comportamiento contra un testigo que ya haya sido evaluado en producción orgánica. Es por eso que el objetivo del presente trabajo fue evaluar la nueva variedad de trigo duro DON LUPE C2020 en producción orgánica y a CIRNO C2008 como testigo.

MATERIALES Y METODOS

La evaluación se llevó a cabo durante el ciclo otoño-invierno 2021-2022 en el CENEB-INIFAP. En un lote que cuenta con certificación orgánica desde junio de 2017, se establecieron las variedades DON LUPE C2020 y CIRNO C2008. El terreno se preparó con tres rastreos, nivelación y surcado a 80 cm de separación. No se fertilizó, el terreno venía de garbanzo como cultivo anterior, el cual fue fertilizado con 5 t ha⁻¹ de gallinaza en el ciclo 2020-2021. La siembra se realizó el 2 de diciembre de 2021 con 120 kg ha⁻¹ de semilla y tres hileras de plantas por surco. No se presentaron problemas de plagas y enfermedades, por lo cual no fue necesario aplicar ningún producto. Para el control de maleza se realizaron dos deshierbes manuales. Se aplicó un riego de presembrado y tres riegos de auxilio. Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La unidad experimental fue de 2 surcos de 110 m de longitud. La parcela útil de un surco de tres metros de longitud. La cosecha se realizó de manera manual, las muestras recolectadas se desgranaron en trilladora estacionaria tipo Pullman, el trigo resultante se registró como peso de grano. Se extrajeron 100 granos de cada muestra limpia y se registró su peso.

Los componentes de rendimiento se obtuvieron por medio de las siguientes fórmulas: para la obtención del número de granos por espiga se utilizó la siguiente fórmula: $\text{granos/espiga} = ((\text{peso de grano en kg}) * 100) / ((\text{peso de 100 granos}/1000) / \# \text{espigas})$, la siguiente fórmula se utilizó para la obtención del número de espigas por metro cuadrado: $\# \text{espiga}/\text{m}^2 = (\# \text{espigas}) / (\text{área de parcela útil})$ y, para $\text{grano}/\text{m}^2 = (\text{granos por espiga}) * (\text{espigas por metro}^2)$. Finalmente, para la estimación del rendimiento por hectárea se utilizó como dato principal el peso del grano en kilogramos, utilizando la siguiente fórmula:

rendimiento/ha=[(peso grano)/(área de parcela útil)]*10,000. Los datos se analizaron en MSTAT version 2.10 (Russell D. Freed, MSTAT Director Crop and Soil Sciences Department Michigan State University). Las variables a evaluar fueron rendimiento de grano, peso de 100 granos, peso hectolítrico, panza blanca, grano por espiga, granos por metro cuadrado y espigas por metro cuadrado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico mostró diferencias significativas únicamente en las variables de panza blanca y peso hectolítrico (Cuadro 1). El mayor rendimiento lo reportó la variedad CIRNO C2008, esta variedad presentó un rango de rendimiento de 4.990 a 5.994 ton ha⁻¹, con un promedio de 5.641 ton ha⁻¹. El rango de rendimiento de DON LUPE C2020 fue de 4.571 a 5.822 t ha⁻¹ con un promedio de 5.051 t ha⁻¹. Los valores tan bajos de rendimiento se atribuyen a que no se fertilizó en el ciclo que se llevó a cabo esta evaluación. Estudios anteriores llevados a cabo en producción orgánica, con la dosis adecuada de fertilización, han logrado obtener rendimientos iguales e incluso superiores a la media regional en producción convencional (Ortiz *et al.*, 2020, Ortiz *et al.*, 2019). CIRNO C2008 presentó más alto peso hectolítrico en un rango de 80.4 a 81.2 kg hL⁻¹ con un promedio de 80.7 kg hL⁻¹. El peso del grano de CIRNO C2008 fue mayor que el de DON LUPE C2020 en un 4.7%.

Cuadro 1. Resultados de estimaciones de componentes de rendimiento de dos variedades de trigo duro bajo manejo orgánico. CENEB-INIFAP, ciclo 2021-2022.

Componente	Variedades		Prob.	C.V. %	DMS 0.05
	DON LUPE C2020	CIRNO C2008			
Rendimiento t ha ⁻¹	5.051 a [‡]	5.641 a	0.2934	9.57	1.798
Granos por espiga	38 a	39 a	0.2697	2.82	3.795
Granos por metro cuadrado	8,435 a	8,978 a	0.5697	11.33	3,464
Espigas por metro cuadrado	222 a	232 a	0.7167	13.78	110
Peso 100 granos g	5.95 a	6.23 a	0.1115	2.03	0.435
Peso hectolítrico kg hL ⁻¹	79.6 b	80.7 a	0.0153	0.20	0.574

[‡]Letras iguales significa que no hubo diferencias significativas.

A pesar que CIRNO C2008, perdió su resistencia a roya de la hoja en el 2017, aún sigue siendo la preferida de los productores. Datos de validación en el ciclo 2020-2021 reportados por INIFAP, CIRNO C2008 supera a DON LUPE C2020 con 230 kg ha⁻¹ (INIFAP, 2022). Se sugiere repetir la evaluación sin restricciones de fertilización.

CONCLUSIONES

La variedad CIRNO C2008 reportó el mayor rendimiento y los valores más altos en el resto de variables evaluadas. La variedad DON LUPE C2020, así como la CIRNO C2008, son aptas para su uso en producción orgánica.

REFERENCIAS

- Bacenetti, J., Fusi, A., Negri, M., Bocchi, S. and Fiala M. 2016. Organic production systems: Sustainability assessment of rice in Italy. Elsevier. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. (225):33-44. doi:10.1016/j.agee.2016.03.046
- Cortés, J.J.J. y Ortiz, A.A.A. 2018. Agricultura orgánica: resultados de investigación y transferencia de tecnología en el sur de Sonora. Libro Técnico No. 8. Centro de Investigación Regional del Noroeste-CENEB-INIFAP. Diciembre de 2018. Cd. Obregón, Sonora. 180 p.
- Cortés, J. J.M. y Ortiz, A.A.A. 2017. Agricultura orgánica: una nueva revolución verde para el Valle del Yaqui, Sonora. Trabajo presentado en el XIV Simposio Internacional y IX Congreso Nacional de Agricultura Sostenible, Cd. Obregón, Sonora.
- Espinoza VAL. 2018. Los cereales como fuente de alimentación primaria para la humanidad. Multi-Ensayos. Ciencia, Tecnología y Salud. 7(4):48-54. DOI: <https://doi.org/10.5377/multiensayos.v4i7.9493>
- Garza, L. M. C., y Bringas, C. T. (2016). Definición del mercado de trigo cristalino en el Valle del Yaqui, México. *Economía: teoría y práctica*, (44), 193-215. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-33802016000100193
- INIFAP. 2022. Don Lupe C2020, nueva variedad de trigo cristalino para el noroeste mexicano. Disponible en: <https://www.gob.mx/inifap/articulos/don-lupe-c2020-nueva-variedad-de-trigo-cristalino-para-el-noroeste-mexicano?idiom=es> Consultado agosto 03, 2022.
- Kumar, S., Baudh, K., Barman, S. C. and Patrap, S. R. 2014. Amendments of microbial biofertilizers and organic substances reduces requirement of urea and DAP with enhanced nutrient availability and productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.) *Elsevier. Ecological Engineering*. 71:432-437.
- Ortiz, A.A.A., Cortés, J.J.M., Fuentes, D.G., Félix, F.J.L. and Rosas, J.I.A. 2020. Durum wheat grain yield components under organic production in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico. *Annual Wheat Newsletter*, 66:54-57.
- Ortiz, A.A.A., Cortés, J.J.M., Félix, F.J.L. y Zazueta, E.G. 2019. Componentes de rendimiento y proteína en dos variedades de trigo duro en un sistema de producción orgánica. Memorias del XXII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Octubre 17 y 18, 2019. Mexicali, B.C., México. p 256-261.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2022. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> Consultado mayo 11, 2022.
- Valdés, V. C., Estrada, C. G., Martínez, R. C. G., y Domínguez, L. A. (2017). Rendimiento de grano en trigo modificado por cambios en la fuente durante el llenado de grano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8(1):79-90. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v8n1/2007-0934-remexca-8-01-79-en.pdf>
- Vidal, M. V., Camarena, O. E. y Coutiño, E. B. (2016). Manejo agronómico integral-orgánico y su impacto en la producción y productividad del maíz de riego en Nayarit. Trabajo presentado en el IV Foro Internacional de Agricultura Orgánica, Nuevo Vallarta, Nayarit.

EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE TRIGO HARINERO EN MANEJO ORGÁNICO. VALLE DEL YAQUI, SONORA.

Juan Manuel Cortés Jiménez¹, Alma Angélica Ortiz Avalos¹, José Luis Félix Fuentes¹, Ivón Alejandra Rosas Jauregui¹

¹Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP. Calle Norman E. Borlaug km 12, C.P. 85000, Cd. Obregón, Sonora, México, Tel. (55) 38718700 Ext. 81210.
Correo: cortes.juanmanuel@inifap.gob.mx

RESUMEN

Durante el ciclo otoño-invierno 2021-2022, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug del INIFAP, se evaluaron en manejo orgánico las variedades de trigo harinero Borlaug 100 y Yaqui 50. El suelo se preparó con tres pasos de rastra, nivelación y surcado a 80 cm de separación. Se fertilizó en banda con 500 kg ha⁻¹ de composta granulada. La siembra se realizó el 2 de diciembre de 2021 con 120 kg ha⁻¹ de semilla y tres hileras de plantas por surco. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. No se observaron diferencias significativas entre variedades para las variables rendimiento de grano y peso hectolítrico. El peso de 1000 granos fue significativamente mayor en la variedad Borlaug. En altura de planta, Yaqui 50 superó significativamente al testigo regional. El contenido de proteína en grano fue de 11.23 y 8.15 por ciento en las variedades Yaqui 50 y Borlaug 100 respectivamente. El rendimiento de grano fue de 3.366 y 4.040 t ha⁻¹ en el mismo orden. Se concluyó que la variedad Yaqui 50 es una buena opción para agricultura orgánica.

Palabras clave: variedades ancestrales, fertilizantes orgánicos

ABSTRACT

During the autumn-winter 2021-2022 season, in the Norman E. Borlaug Experimental Station of INIFAP, the Borlaug 100 and Yaqui 50 bread wheat varieties were evaluated in organic management. The soil was prepared with three steps of harrowing, leveling and furrowing, 80 cm apart. It was band fertilized with 500 kg ha⁻¹ of granulated compost. Sowing was carried out on December 2, 2021 with 120 kg ha⁻¹ of seed and three rows of plants per row. A randomized block design with four replications was used. No significant differences were observed between varieties for the grain yield and test weight variables. The 1000 grains weight was significantly higher in the Borlaug variety. In plant height, Yaqui 50 significantly exceeded the regional control. The grain protein content was 11.23 and 8.15 percent in the Yaqui 50 and Borlaug 100 varieties, respectively. Grain yield was 3.366 and 4.040 t ha⁻¹ in the same order. It was concluded that the Yaqui 50 variety is a good option for organic agriculture.

Key words: ancestral varieties, organic fertilizers

INTRODUCCION

Durante el ciclo otoño invierno 2020-2021, se cosecharon en el sur de Sonora 218,522 hectáreas de trigo. Se obtuvo una producción de 1,596,964 toneladas y un rendimiento de 7.308 t ha⁻¹. Los rendimientos por municipio fueron; BÁCUM 7.48, Cajeme 7.41, Etchojoa 7.39, Guaymas 6.93, Huatabampo 7.05, Navojoa 7.34, Benito Juárez 7.52 y San Ignacio Río Muerto 7.33 t ha⁻¹ (SIAP, 2021). En el Valle del Yaqui, existe actividad orgánica certificada y se realiza investigación y transferencia de tecnología desde el año 2000 en los cultivos más importantes en la región (Cortés y Ortiz, 2018). En el INIFAP, la selección y evaluación de variedades de trigo se realiza en manejo convencional. Según Costanzo (2021), el rendimiento de los cultivos en la agricultura orgánica está limitado en parte por el uso de variedades inapropiadas. La agricultura orgánica agrega más dificultades a la tarea por tres razones; las variedades se comportan de manera diferente si se cultivan de manera convencional u orgánica. Con un uso mínimo o nulo de insumos externos como herbicidas, fertilizantes minerales e insecticidas, los cultivos orgánicos tienden a diferir entre sí más que los convencionales. Además, las observaciones de parcelas experimentales pueden ser menos fiables en la agricultura orgánica que en la convencional para predecir el rendimiento de un cultivo a escala comercial. Ferguson (2020), indica que las líneas de trigo mejoradas para adaptarse a la agricultura orgánica no solo podrían ayudar a respaldar otros sistemas de producción de bajos insumos, sino que su genética podría potencialmente transferirse a la agricultura convencional. Los esfuerzos de los científicos canadienses para cultivar trigo específicamente para su uso en la agricultura orgánica podrían beneficiar potencialmente a la agricultura convencional al generar variedades que requieren menos productos químicos. La agricultura orgánica para el trigo, implica una biología del suelo y niveles de competencia diferentes a los de la agricultura que utiliza productos químicos, así como diferentes tiempos y disponibilidad de nutrientes del suelo.

La nueva regulación orgánica en la Unión Europea, prevé la eliminación gradual de excepciones para el uso de semillas convencionales sin tratar para 2035. Si bien no regula la semilla como tal, recomienda el uso de cultivares que sean adecuados para la agricultura orgánica. Por lo tanto, el reglamento implica que se debe abordar la escasez de semillas, no solo a través de una mayor multiplicación de semillas orgánicas, también a través de una mayor selección de semillas, donde todas las etapas de reproducción se lleven a cabo en condiciones orgánicas. En este sentido, una mayor inversión en mejoramiento orgánico aparece como un elemento prometedor en la estrategia para utilizar sistemas alimentarios resilientes y sostenibles (Grovermann *et al.*, 2022). Dado que la elección de la variedad es una decisión muy importante que deben tomar los agricultores orgánicos, el objetivo de la evaluación fue identificar variedades aptas para sistemas orgánicos de bajos insumos.

MATERIALES Y METODOS

La evaluación se realizó durante el ciclo otoño-invierno 2021-2022, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) del INIFAP. El campo se ubica en el block 910 del Valle del Yaqui, Sonora, México, a 27° 22' 06.12" de latitud norte y 109° 55' 18.59" de longitud oeste a 41 msnm. El clima es (BW (h)) de acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1988) y el suelo de textura arcillosa. Se evaluó el rendimiento de grano y algunos de sus componentes en las variedades de trigo harinero (*Triticum aestivum*) Borlaug 100, la cual fue inscrita en el catálogo nacional de variedades vegetales en el año 2016 y Yaqui 50, una de las variedades más antiguas de la región. La evaluación se realizó en un terreno que cuenta con certificación orgánica desde junio de 2017. El cultivo anterior fue cártamo. El suelo se preparó con tres pasos de rastra, nivelación y surcado a 80 cm de separación. Se fertilizó en banda con 500 kg ha⁻¹ de composta granulada, cantidad insuficiente para cubrir los requerimientos del cultivo. Sin embargo, por desconocimiento del efecto de este método de aplicación sobre la germinación de la semilla, se optó por aplicar dicha dosis 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). La siembra se realizó el 2 de diciembre de 2021 con 120 kg ha⁻¹ de semilla y tres hileras de plantas por surco. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de 8 surcos de 110 m de longitud. La parcela útil de un surco de tres metros de longitud. Las variables evaluadas fueron el rendimiento de grano al 12% de humedad, peso hectolítrico, peso de 1000 granos y altura de planta.

RESULTADOS Y DISCUSION

No se observaron diferencias significativas entre variedades para las variables rendimiento de grano y peso hectolítrico. El peso de 1000 granos fue significativamente mayor en la variedad Borlaug. En altura de planta, Yaqui 50 superó significativamente al testigo regional (Cuadro 1). La variedad Yaqui 50, a pesar de su mayor altura no presentó problemas de acame. El contenido de proteína en grano fue de 11.23 y 8.15 por ciento para las variedades Yaqui 50 y Borlaug 100 respectivamente. Dichos valores se obtuvieron de una muestra compuesta de las cuatro repeticiones. La diferencia en los valores de proteína, representó un incremento de 37.8 por ciento con respecto al testigo Borlaug 100. La mayor cantidad de proteína es uno de los aspectos más relevantes que se observaron en Yaqui 50.

Cuadro 1. Rendimiento de grano, peso hectolítrico, peso de 1000 granos, altura de planta, valor de probabilidad y coeficiente de variación de cada variable.

Variable	Yaqui 50	Borlaug 100	Probabilidad	Coeficiente de variación %
Rendimiento de grano t ha ⁻¹	3.366 a	4.040 a	0.0836 NS	10.08
Peso hectolítrico kg hL ⁻¹	78.00 a	77.30 a	0.3672 NS	1.20

Peso de 1000 granos g	43.67 a	49.37 b	0.0104 *	3.01
Altura de planta m	1.377 a	0.835 b	0.0000 *	1.21

^{NS} No significativo; * significativo

Si bien el rendimiento de la variedad Yaqui 50 representó el 83.32 por ciento del obtenido con el testigo, el incremento de 0.674 t ha⁻¹ de grano observado en Borlaug, no es tan grande si se considera que son variedades con seis décadas de diferencia en su liberación. Con un precio del trigo orgánico 15 por ciento superior al convencional, los ingresos con ambas variedades prácticamente se igualarían, independientemente de que el contenido de proteína de Yaqui 50 le da ventajas competitivas contra Borlaug 100. Los resultados obtenidos, se deben analizar desde la perspectiva de un sistema agrícola de bajos insumos, en ausencia de fertilizantes y pesticidas químicos. El aspecto del grano de Yaqui 50 y Borlaug 100, se puede observar en la Figura 1.



Figura 1. A: Grano de la variedad Yaqui 50. B: grano de la variedad Borlaug 100.

CONCLUSIONES

En un manejo orgánico con baja disponibilidad de nitrógeno, la variedad Yaqui 50 mostró un buen comportamiento agronómico y un mayor contenido de proteína que el testigo regional, por lo cual es una buena opción para su uso en agricultura orgánica.

REFERENCIAS

- Costanzo, A. 2021. Farm-based organic variety trials A collective experiment with an organic farmers network. ORC Factsheet No. 2. 4 p.
- Ferguson, D. 2020. New wheat varieties could target organic production. The Western producer. <https://www.producer.com/news/new-wheat-varieties-could-target-organic-production/>

- 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
- Cortés Jiménez J.M., y Ortiz Avalos, A.A. 2018. Agricultura orgánica: resultados de investigación y transferencia de tecnología en el sur de Sonora. Libro técnico No. 8. Campo Experimental Norman E. Borlaug. Cd. Obregón, Sonora. México. 180 p.
- 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.
- Grovermann, Ch., Weiner, M., Levy, L., Locher, M., Herrera, J.M. and Winter, E. 2022. Three decades of organic wheat improvement: Assessing the impact and returns on investment. *Q Open*, 2022, 2, 1–14. <https://orgprints.org/id/eprint/43993/1/grovermann-et-al-2022-QOpen-Vol2-Issue1-p1-14.pdf>
- SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP). 2021. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS FOLIARES EN AVENA FORRAJERA VARIEDAD CUAUHTÉMOC

Lugo-Palacios, Aarón David ¹; Castellanos-Pérez, Edmundo ^{1*}; Gallegos-Robles, Miguel Ángel ¹; Gutiérrez-Guzmán, Ulises Noel¹.

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango.
Carretera Gómez Palacio -Tlahualilo, Dgo. km 35 Ej. Venecia, Dgo. Mex.
[*ecastellmx@yahoo.com.mx](mailto:ecastellmx@yahoo.com.mx)

RESUMEN

Debido a que la avena forrajera es un importante ingrediente en la dieta del bovino para la producción de leche es necesario conocer el efecto de los fertilizantes orgánicos en este forraje, por lo cual se llevó a cabo este estudio el cual tuvo por objetivo aplicar dos biofertilizantes foliares en la avena forrajera variedad Cuauhtémoc. En el campo agrícola de la Facultad de Agricultura y Zootecnia fue llevado a cabo el experimento. Los biofertilizantes supermagro y biofish se aplicaron en concentraciones separadas de 150 y 300 cc por litro de agua. Tendencia cuadrática fue encontrada para el fertilizante orgánico supermagro ($P < 0.10$). En los tratamientos del fertilizante biofish no se encontró diferencia lineal ($P > 0.05$). Con la concentración del 13% del fertilizante supermagro se encontró la mejor producción de avena, mientras que con biofish a una concentración del 23% no fue posible encontrar diferencia estadística con el testigo.

Palabras clave: fertilizantes orgánicos, forrajes, avena.

ABSTRACT

Due to forage oat is an important ingredient in the dairy cattle diet, knowledge about the effect of organic fertilizers on this plant is necessary. The objective of this study was to measure the effect of two organic fertilizers on oat production. In the agricultural field of the Facultad de Agricultura y Zootecnia was carried out the research. The organic fertilizers named supermagro and biofish were applied 150 and 300 cc for each liter of water in separate ways. Quadratic trend was found when fertilizer supermagro was applied ($P < 0.10$). Treatments of the fertilizer biofish did not show significant difference ($P > 0.05$). Supermagro fertilizer with 13% of concentration showed the best oat forage production, and biofish fertilizer with 23% of concentration did not show significant difference with the zero application treatment.

Key words: organic fertilizers, forages, oat.

INTRODUCCIÓN

La avena es el forraje más importante de invierno (Dangi, 2021). Como forraje, es fundamental para la producción de leche de ganado bovino, esta actividad es sumamente valiosa en la zona (Rodríguez-Hernández et al., 2018). De acuerdo a SIAP (2022), a nivel nacional la región Laguna Durango ocupó el primer lugar en 2021 en la superficie cosechada de avena forrajera en la modalidad de riego con 8779.75 ha con una producción de 35.51 ton/ha, seguida por la región Laguna Coahuila con 6441.0 ha y una producción de 38.18 ton/ha.

En la Comarca Lagunera, la mayor cantidad de superficie cosechada en 2021 de avena forrajera la tuvo Gómez Palacio Dgo. con 4238 ha, seguido por Francisco I. Madero Coah. Con 2200 ha, Matamoros Coah. Con 2000 ha, Mapimí Dgo. Con 1258 ha, Lerdo Dgo con 1236 ha, Tlahualilo 1068 ha. Nazas, Rodeo, San Pedro, Torreón y Viesca con menos de 1000 ha, con una producción entre 30.73 y 40 ton/ha (SIAP 2022).

El conocimiento respecto a la respuesta de las plantas a la absorción foliar aún es insuficiente, por ello es importante realizar experimentación (Fernández et al., 2015). La aplicación de nutrientes vía foliar logra mayor eficiencia, ya que evita pérdidas por filtración y dispone los nutrientes directamente a la planta. En el caso de los forrajes, se ha encontrado un aumento del 7-19% más de materia seca, en proteína cruda 1.9-11% y 8-17% en digestibilidad (Adnan et al., 2020; Iqbal et al., 2019).

Según (Pérez, 2020) la aplicación de fertilizantes foliares comerciales logro incrementar la producción de materia seca. El objetivo de este trabajo fue medir el efecto de dos biofertilizantes foliares en la producción de avena forrajera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, ubicado en el ejido Venecia en el municipio de Gómez Palacio,

Durango con coordenadas geográficas 25.7839, -103.3509. Para analizar el efecto de los biofertilizantes foliares supermagro y biofish, en un diseño bloques al azar se distribuyeron los tratamientos de 150 cc de supermagro, 300 cc de supermagro, 150 cc de biofish, 300 cc de biofish, y el testigo. El área de siembra fue de 2373 m² la cual fue barbechada y rastreada. La avena se sembró al voleo el 30 de noviembre de 2021, y se tapó con un paso de rastra. La densidad de siembra fue de 210 kg/ha. Con una bordeadora se delimitaron los cinco bloques. Cada unidad experimental midió 8.1 m de ancho y 11.7 m de largo la cual fue identificada con su tratamiento y bloque correspondiente. Para aplicar los tratamientos se pusieron 150 ó 300 cc del biofertilizante correspondiente por cada litro de agua en una aspersora manual. La aplicación de los tratamientos fue en promedio cada nueve días, entre las 8:00 am y 10:00 am. La temperatura media durante la aspersión fue de 12.5°C con máxima de 20 y mínima de 7°C y se concretó en condiciones soleadas con poco o nulo viento. El 21 de diciembre de 2021, el 02, 05 y 26 de enero de 2022, el 11, 17 y 26 de febrero de 2022, y el 14 y 21 de marzo de 2022 fueron las fechas de aplicación de los biofertilizantes. El riego fue superficial, las fechas fueron el 01 y 02 de diciembre de 2021, el 31 de diciembre de 2021, el 02 de febrero de 2022 y el 08 de marzo de 2022. El corte fue 118 días después de la siembra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estadísticamente se encontró tendencia cuadrática ($P < 0.10$) en la aplicación del biofertilizante supermagro (Cuadro 1), las medias encontradas de materia seca fueron 632 g/m² para la aplicación de 0 cc, de 1008 g/m² para 150 cc, y de 852 g/m² para la aplicación de 300 cc. En la aplicación del biofertilizante biofish no se encontró diferencia estadística (Cuadro 2), ni cuadrática ni lineal, entre tratamientos donde las medias de materia seca fueron de 632 g/m², 692 g/m² y 880 g/m² para 0, 150 y 300 cc de biofertilizante.

En este estudio las dosis fueron 13 y 23% tanto de supermagro como de biofish las cuales fueron similares a lo reportado por González et al. (2015). El gasto promedio por tratamiento fue de 5.4 L por aplicación de un total de 11, acompañando durante todo el ciclo hasta 8 días antes de la cosecha de acuerdo a Bonillo et al. (2015).

Cuadro 1. Análisis de varianza de la aplicación del biofertilizante Supermagro en el campo experimental de la FAZ-UJED.

FV	GL	SC	CM	Fcalc	Ftab 0.05	Ftab .10
Bloques	4	1893.33	473.33	0.16	3.838	2.806
Tratamientos	2					
lineal	1	7562.5	7562.5	2.56	5.318	3.458
cuadrática	1	14740.83	14740.83	4.99	5.318	3.458
Error	8	23646.67	2955.83			
Total	14	47843.33				

Cuadro 2. Análisis de varianza de la aplicación del biofertilizante Biofish en el campo experimental de la FAZ-UJED.

FV	GL	SC	CM	Fcalc	Ftab .05	Ftab .10
Bloques	4	15906.67	3976.67	1.38	3.838	2.806
Tratamientos	2					
lineal	1	9610.0	9610.0	3.33	5.318	3.458
cuadrática	1	853.33	853.33	0.30	5.318	3.458
Error	8	23053.33	2881.67			
Total	14	49423.33				

En este trabajo la mejor concentración de supermagro en la producción de la avena fue la concentración del 13%, esto es 150 cc del biofertilizante más un litro de agua, y una producción a la baja con el 23% de concentración del biofertilizante, lo que de acuerdo a Araujo et al. (2008) quienes mencionan que la concentración idónea de supermagro en el cultivo de café fue de 14.6 a 16.2% ya que la disminución de algunas variables a mayor dosis puede ser debido al aumento de micronutrientes como Zn, Fe, Mn B y Cu, ocasionando una disposición inadecuada e induciendo en menor desarrollo vegetativo. Referente al fertilizante orgánico biofish no se encontró diferencia significativa ($p > 0.10$), sin embargo se encontró una tendencia lineal por lo que se recomienda otro estudio donde se separe más la cantidad de los tratamientos para poder llegar a encontrar una tendencia cuadrática, ya que hay estudios donde biofish aumento contenido de producción de otros vegetales (Abusaief et al. 2021).

CONCLUSIONES

En la aplicación del fertilizante orgánico supermagro se encontró una tendencia cuadrática por lo que la concentración del 13% fue la mejor. Con el fertilizante orgánico biofish no se encontró diferencia entre tratamientos pero se observó una tendencia lineal entre tratamientos por lo que las concentraciones 13 y 23% no fueron las adecuadas para encontrar al menos tendencia lineal.

REFERENCIAS

- Abusaief, H. M. A. A., Alhaddad, A., & Bulsod, N. B. (2021). Study on bio-fish extract and cultivation dates to improve production of flax (*Linum usitatissimum*) in Omar-Mukhtar area, Libya. *Research on Crops*, 22(3).
- Adnan, M., Abbas, B., Asif, M., Hayyat, M. S., Raza, A., Khan, B. H., and Khalid, M. (2020). Role of micro nutrients bio-fortification in agriculture: A review. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 24(4), 209-213.
- Bonillo, M. C., Filippini, M. F., e Lipinski, V. (2015). Efectos de abonos orgánicos foliares: té de compost, té de lombricompost y supermagro en la productividad en cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). In *V Congreso Latinoamericano de Agroecología-SOCLA (7 al 9 de octubre de 2015, La Plata)*.
- Dangi, S. (2021). Oat as green fodder and its intercropping benefits: A review. *Agricultural Reviews*, 42(1), 66-72.
- Fernández, V., Sotiropoulos, T., y Brown, P. (2015). *Fertilización Foliar: Principios Científicos y Práctica de Campo*. Primera Edición. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes. Paris, Francia. ISBN: 979-10-92366-03-7.
- González, J. D., Mosquera, J. D., e Trujillo, A. T. (2015). Efectos e impactos ambientales en la producción y aplicación del abono supermagro en el cultivo de sandía. *Ingeniería y Región*, 13, 103-111.
- Iqbal, M., Abdul, H., Muzammil, H., Imtiaz, H., Tanveer, A., Saira, I., e Anser, A. (2019). Uma Meta-Análise sobre o Impacto da Adubação Foliar com Micronutrientes na Produtividade e Geração de Receitas de Culturas Forrageiras. *Planta Daninha*, 37.
- Ochoa-Noriega, C. A., Velasco-Muñoz, J. F., Aznar-Sánchez, J. A., and Mesa-Vázquez, E. (2021). Overview of Research on Sustainable Agriculture in Developing Countries. The Case of Mexico. *Sustainability*, 13(15), 8563.
- Pérez, G. (2020). Avena: utilización de productos foliares en verdes de avena, en un año con condiciones ambientales desfavorables. AER Bolivar, INTA.
- Rodríguez-Hernández, K., Ochoa-Martínez, E., Sánchez-Duarte, J. I., Núñez-Hernández, G., y González-Avalos, R. (2018). Proceso de crianza de becerros y vaquillas de reemplazo en establos especializados de tamaño mediano de la región Lagunera, México. *Ciencia e Innovación*, 1(2), 335-348.
- SAGARPA. (2017). Avena Forrajera Mexicana. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256424/B_sico-Avena.pdf.
- SIAP. Sistema de Información Agroalimentario y Pesquero. 2022. SAGARPA, México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola>. Consulta 14 de Agosto 2022.

VARIABILIDAD DEL RENDIMIENTO DE TRIGO ORGANICO SIN FERTILIZACIÓN. VALLE DEL YAQUI, SONORA.

Juan Manuel Cortés Jiménez¹, Alma Angélica Ortiz Avalos¹, José Luis Félix Fuentes¹,
Ivón Alejandra Rosas Jauregui¹

¹Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP. Calle Norman E. Borlaug km 12, C.P. 85000,
Cd. Obregón, Sonora, México, Tel. (55) 38718700 Ext. 81210.
Correo: cortes.juanmanuel@inifap.gob.mx

RESUMEN

La estabilidad del rendimiento es una característica deseable en las variedades orgánicas, las cuales deben adaptarse a condiciones de baja fertilidad. El objetivo fue determinar la variación en el rendimiento de trigo de la nueva variedad Don Lupe C2020 sin fertilización. Se determinó el rendimiento de grano en 2 surcos de 110 metros de longitud separados a 80 cm. Se tomaron 35 repeticiones de 2.4 m². Para determinar la variabilidad, se obtuvo el rendimiento máximo y mínimo, el rango, el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación. Los coeficientes de variación de 18.1% en el surco uno y 12.1% en el dos, fueron elevados para un ensayo sin fuentes de variación añadidas. El rango de rendimientos fue de 2.683 y 2.0 t ha⁻¹ respectivamente. El promedio por surco fue de 4.046 y 3.908 t ha⁻¹ en el mismo orden. La variabilidad fue similar a la reportada en terrenos fertilizados.

Palabras clave: *Desviación estándar, coeficiente de variación*

ABSTRACT

Yield stability is a desirable characteristic in organic varieties, which must be adapted to low fertility conditions. The objective was to determine the variation in the wheat yield of the new variety Don Lupe C2020 without fertilization. Grain yield was determined in 2 furrows 110 meters long separated by 80 cm. 35 repetitions of 2.4 m² were taken. To determine the variability, the maximum and minimum yield, the range, the average, the standard deviation and the coefficient of variation were obtained. The coefficients of variation of 18.1% in row one and 12.1% in row two were high for a trial without added sources of variation. The range of yields was 2.683 and 2.0 t ha⁻¹ respectively. The average per furrow was 4.046 and 3.908 t ha⁻¹ in the same order. The variability was similar to that reported in fertilized land.

Keywords: *standard deviation, coefficient of variation*

INTRODUCCIÓN

En el sur de Sonora se cosecharon en el año 2021, 218,522 ha de trigo, lo cual representó el 45.4% de la superficie total sembrada en México (SIAP, 2021). El trigo duro, representa 59.79% de la producción total, lo que posiciona a nuestro país como el tercer exportador de este producto (SAGARPA, 2017). El trigo es el cultivo más estudiado en la región, durante

más de seis décadas se han realizado una gran cantidad de investigaciones, tanto de manejo agronómico como de mejoramiento genético. El traslape de cultivos y experimentos ha provocado efectos residuales que se traducen en una alta variabilidad en los suelos. Cortés y Ortiz (2021), determinaron que el rango de valores en una superficie de 1280 m² de trigo variedad Baroyeca Oro (16 surcos separados a 80 cm por 100 m de longitud), fluctuó entre 4.609 y 8.406 t ha⁻¹, según el método y ubicación de la unidad de muestreo. Se determinó una diferencia de 43.8% entre el valor máximo y mínimo en el surco uno. Mientras que en el surco 16, la diferencia correspondiente fue de 65.1%. En la evaluación de la variabilidad en franjas de dos surcos de 100 m de longitud, dicha diferencia fue de 25.5%, lo cual se asoció con un mayor tamaño de unidad experimental. El estudio de la variabilidad en agricultura orgánica es muy importante, ya que según Costanzo (2021), el rendimiento de los cultivos está limitado en parte por el uso de variedades inapropiadas. Con un uso mínimo o nulo de insumos externos como herbicidas, fertilizantes minerales e insecticidas, los cultivos orgánicos tienden a diferir entre sí más que los convencionales. Además, las observaciones de parcelas experimentales pueden ser menos fiables en la agricultura orgánica que en la convencional para predecir el rendimiento de un cultivo a escala comercial. La variabilidad del rendimiento, está asociada con la variabilidad del suelo la cual puede ser alterada por prácticas agrícolas. La comprensión de la estructura espacial y la variabilidad de las propiedades del suelo es vital para implementar prácticas agrícolas sostenibles (Ciarlo y Muschietti, 2020). El Programa de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal del CENEB, realiza la estimación de la variabilidad que existe en los lotes que se utilizan para experimentación. Con lo anterior se pretende definir el diseño experimental más apropiado y cuantificar la magnitud de la variabilidad para implementar sistemas de aplicación variable de abonos orgánicos. El objetivo de la evaluación, fue determinar la variación en el rendimiento de trigo orgánico con la nueva variedad Don Lupe C2020.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el ciclo otoño-invierno 2021–22, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug del INIFAP, se evaluó el rendimiento de grano de la variedad Don Lupe C2020. El CENEB, se encuentra ubicado en el Block 910 del Valle del Yaqui, Sonora, México (27°22'4.9"N latitud y 109°55'36.86"W longitud, 40 msnm). En esta región, el clima es cálido (BW (h)) y calor extremo de acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1988). El suelo es de textura arcillosa. La siembra se realizó el 2 de diciembre de 2021, con 120 kg ha⁻¹ de semilla, la cual no se trató con ningún tipo de fungicida orgánico. Para el estudio, se utilizaron 4 surcos de 110 metros de longitud separados a 80 cm, con tres hileras de plantas separadas a 15 cm. El lote experimental utilizado tiene certificación orgánica (AGRICERT MEXICO-SENASICA, 2019; BIOAGRICERT. 2019 a; b).

No se aplicaron fertilizantes orgánicos. El suelo se preparó con tres pasos de rastra, nivelación y surcado. El control de maleza se realizó con un cultivo mecánico y dos deshierbes manuales. Se aplicó un riego de presembrado y tres riegos de auxilio (Cortés y Ortiz, 2018). Durante el ciclo de cultivo, no se detectó presencia de roya ni de áfidos, por lo cual no fue necesaria la aplicación de fungicidas e insecticidas orgánicos. Para estimar la variabilidad del rendimiento de grano y su variación, en los surcos dos y tres se cosecharon manualmente 35 repeticiones de 2.4 m² (un surco de 3 metros de longitud). Los dos surcos restantes no se consideraron por tener efecto de orilla. El peso de grano se ajustó al 12% de humedad. La determinación de la variabilidad a la cosecha, se realizó en Microsoft Excel 2016. Se determinó el valor máximo y mínimo, el rango, el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó una diferencia de 11.57% en el valor máximo, 3.81 en el mínimo, y 3.53% en el promedio de rendimiento entre el surco 2 y 3. Sin embargo, las diferencias entre los valores obtenidos dentro del mismo surco fueron significativamente mayores (Cuadro 1). El rango de valores encontrados fue de 2.0 t ha⁻¹ en el surco tres y de 2.683 t ha⁻¹ en el surco dos. Los valores del surco dos y tres, tuvieron una correlación de 0.464. El coeficiente de variación por surco se considera alto, tomando en cuenta que es un ensayo sin fuentes de variación añadidas. En agricultura orgánica, se espera que las variedades sean más estables en su rendimiento a pesar de las variaciones en las propiedades del suelo y del clima. En el caso de la nueva variedad Don Lupe C2020, presentó una variación similar a la reportada en la variedad Baroyeca Oro (Cortés y Ortiz, 2021), con la ventaja de que la nueva variedad no se fertilizó, lo cual la hace más competitiva en el sistema orgánico.

Cuadro 1. Estadística descriptiva del rendimiento de grano de dos surcos adyacentes de trigo

Variables	Surco 2	Surco 3
	t ha ⁻¹	
Máximo	5.542	4.967
Mínimo	2.858	2.967
Promedio	4.046	3.908
Rango	2.683	2.000
Desviación estándar	0.731	0.474
Coeficiente variación %	18.1	12.1
Repeticiones	35	35

La variabilidad en la disponibilidad de macro y micro elementos, es la causa más probable de las diferencias encontradas. En un suelo representativo del sitio donde se realizó esta evaluación, se determinó que los coeficientes de variación más altos corresponden al sodio, fierro, fósforo, zinc y nitrógeno. La magnitud de la dicha variabilidad se puede observar en la Figura 1.

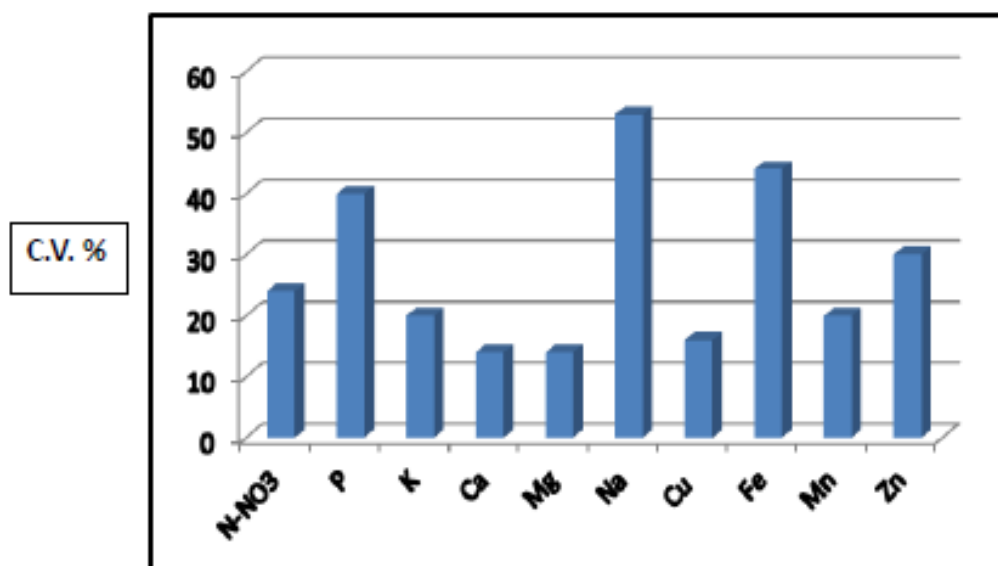


Figura 1. Coeficientes de variación de la disponibilidad de macro y micro elementos en un suelo arcilloso del Valle del Yaqui, Sonora.

Actualmente, para evitar la aplicación manual de insumos, se utilizan franjas de 4, 8, 12, o 16 surcos como unidad experimental y se toman muestras dentro de las franjas como repeticiones. Se debe considerar que la repetición de un experimento de campo en el tiempo y en el espacio permitirá aumentar la validez de las conclusiones que se obtengan del mismo. En muy pocas ocasiones los resultados procedentes de un único experimento de campo pueden ser concluyentes (Fernández *et al.*, 2010).

CONCLUSIONES

La variabilidad fue similar a la reportada en terrenos fertilizados, lo cual se consideró un aspecto favorable para la nueva variedad utilizada en el sistema orgánico. Existe mayor variabilidad a lo largo de los surcos que entre los dos surcos adyacentes.

REFERENCIAS

AGRICERT MEXICO-SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2019. Organic Certificate. Number OMK80KCC. Control code IS SENASICA-OCO-16-005-K80K.

- BIOAGRICERT. 2019a. Product certificate of organic operation according to BAC Equivalent Organic Standard (reg. 834/07 art. 33.3). Number EUK80KCC. Control code MX BIO 132 K80K.
- BIOAGRICERT. 2019b. Conformity Certificate. Organic operation is certified to the USDA National Organic Program Regulation 7 CFR part. 205. Number NPK80KCC. Control code MX BIO 132 K80K.
- Ciarlo, E. A. y Muschietti, M. P. 2020. Variabilidad espacial de propiedades del suelo. Efecto del uso y tipo. *Ciencia del suelo*, 38 (2), 262-273. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7767465>
- Costanzo, A. 2021. Farm-based organic variety trials A collective experiment with an organic farmers network. ORC Factsheet No. 2. 4 p.
- Cortés, J.J.M. y Ortiz, A.A.A. 2021. Estimación de la variabilidad en el rendimiento de trigo, mediante un índice de biomasa y muestreo de campo. Memorias del XXIV Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Octubre 28 y 29, Mexicali, Baja California, México. p 333-340.
- Cortés Jiménez J.M., y Ortiz Avalos, A.A. 2018. Agricultura orgánica: resultados de investigación y transferencia de tecnología en el sur de Sonora. Libro técnico No. 8. Campo Experimental Norman E. Borlaug. Cd. Obregón, Sonora. México. 180 p.
- Fernández, E. R., Trapero, A. y Domínguez, J. 2010. Experimentación en agricultura. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla, España. 355 p.
- 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 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2017. Trigo grano cristalino y harinero mexicano. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. 28 p. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256434/B_sico-Trigo_Cristalino_y_Harinero.pdf.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2021. Avance de siembras y cosechas. Resumen nacional por estado. Trigo grano. Ciclo otoño-invierno. Riego + temporal. Recuperado de https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/

GEOESTADISTICA APLICADA AL MODELADO ESPACIAL DE LA COBERTURA ARBUSTIVA DE *Agave lechuguilla* Torr.

¹Dora Alicia García-García, ¹Adrián Hernández-Ramos, ¹Antonio Cano Pineda, ²Enrique Buendía-Rodríguez, ³Juan Carlos Tamarit-Urias.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Saltillo. ²INIFAP-Campo Experimental Valle de México. ³INIFAP-Campo Experimental San Martinito. Correo: garcia.dora@inifap.gob.mx

RESUMEN

La importancia de variables de la vegetación como la cobertura arbustiva de especies forestales son de interés dentro de la gestión forestal y su conocimiento es indispensable para la toma de decisiones. El objetivo fue modelar de forma espacial la cobertura arbustiva de *Agave lechuguilla* torr. mediante técnicas geoestadísticas. Bajo la hipótesis de que la cobertura arbustiva presenta autocorrelación espacial que permite modelar estos patrones de distribución. En 73 sitios de muestreo georreferenciados se calculó la cobertura arbustiva de *A. lechuguilla* y se obtuvo la altitud de cada sitio. Para los datos georreferenciados se estimó el variograma empírico y el teórico ajustado los modelos Exponencial y Bessel. Para la interpolación se empleó el kriging ordinario y co-kriging empleando la variable altitud filtrada como covariable en la estimación. Los modelos Exponencial y Bessel, se ajustaron con valores de Sill= 800000, Range= 500 m y Nugget=610,000. Las interpolaciones kriging presentaron patrones similares de distribución de la cobertura arbustiva de *A. lechuguilla* en el área de estudio. Las estimaciones de Cokriging resultaron ser gráfica y estadísticamente mejores, a los demás modelos. Los patrones de distribución espacial de la cobertura arbustiva de especies forestales no maderables como *A. lechuguilla* son agregados en el espacio o área de crecimiento.

Palabras clave: Distribución espacial, interpolación, patrones de agregación, gestión forestal

ABSTRACT

The importance of vegetation variables such as the bush cover of forest species are of interest within forest management and their knowledge is essential for decision making. The objective was to spatially model the shrub cover of *Agave lechuguilla* torr. using geostatistical techniques. Under the hypothesis that the shrub cover presents spatial autocorrelation that allows modeling these distribution patterns. In 73 georeferenced sampling sites, the shrub cover of *A. lechuguilla* was calculated and the altitude of each site was obtained. For the georeferenced data, the empirical variogram and the theoretical adjusted the Exponential and Bessel models were estimated. Ordinary kriging and co-kriging were used for interpolation using the filtered altitude variable as a covariate in the estimation. The Exponential and Bessel

models were fitted with values of Sill= 800,000, Range= 500 m and Nugget=610,000. Kriging interpolations showed similar distribution patterns of *A. lechuguilla* shrub cover in the study area. The Cokriging estimates turned out to be graphically and statistically better than the other models. The spatial distribution patterns of the shrub cover of non-timber forest species such as *A. lechuguilla* are aggregated in the space or growth area.

Key words: Spatial distribution, interpolation, aggregation patterns, forest management

INTRODUCCION

Dentro de un ecosistema las condiciones ambientales, edáficas, topográficas, fisiográficas, entre otras, generan condiciones diferentes o microclimas que afectan o determinan el desarrollo de las plantas presentes en el sitio (Boege y Val, 2011; Aravena, 2018; Avalos, 2019). En los ecosistemas áridos y semiáridos el proceso de reclutamiento de individuos a la población es determinado por las condiciones climáticas extremas. Las especies presentes en estos ecosistemas, han desarrollado estrategias de colonización de espacios o micrositos en condiciones ambientales específicas que les permitan desarrollarse y reproducirse. Estos espacios llamados “islas de productividad”, generalmente están ocupados por varias especies que coexisten entre sí para poder sobrevivir y mantenerse dentro de la población. Dichas especies, comparten un hábitat esencial muy parecido y cada una presenta patrones de distribución específicas en el espacio disponible (Bañuelos, 2017). Por lo tanto, entender estos procesos resultan la base para la conservación y para aplicar prácticas silviculturales que llevarán a una condición de rodal deseado con un objetivo específico, tales como producción de bienes y servicios, permitiendo asegurar los objetivos planteados en su gestión forestal (Donoso *et al.*, 2014; Pequeño *et al.*, 2021).

En este sentido y a la importancia que representan los ecosistemas áridos y semiáridos del Norte de México, es necesario conocer estos patrones de regeneración y distribución específico de especies comerciales, que ayuden a llevar a un buen manejo forestal y sostenibilidad del recurso (Hernández-Ramos *et al.*, 2019). Una de estas especies es la que comúnmente denominada lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.), que es utilizada por los pobladores para extraer ixtle (fibra), que es la materia prima para generar cuerdas, tapetes, brochas, cepillos, además de ser su aprovechamiento la forma de obtener ingresos económicos de la población (Tapia-Tapia y Reyes-Chilpa, 2008).

La importancia de variables de la vegetación como la cobertura arbustiva de especies forestales son de interés dentro del manejo forestal y su conocimiento es indispensable para la toma de decisiones. Por lo tanto, realizar su modelado espacial de estas variables es una alternativa viable para su entendimiento. La introducción de tecnologías digitales, como los sensores remotos y los sistemas de información geográfica, han proporcionado nuevas

oportunidades para describir patrones y variables de la vegetación forestal; el mapeo es un enfoque para cuantificar y modelar espacialmente las variables de interés forestal (Pérez-Vázquez *et al.*, 2021). Este se puede realizar mediante la aplicación de modelos de regresión o a partir de interpolaciones Kriging basado en el análisis de la estructura geoestadística de variación de la variable, además, planteado de manera que nos da el mejor estimador lineal no sesgado con una varianza mínima (Porrás, 2017; Pérez-Vázquez *et al.*, 2021)

El objetivo del trabajo fue modelar de forma espacial la cobertura arbustiva de *A. lechuguilla* mediante técnicas geoestadísticas. Bajo la hipótesis de que la cobertura arbustiva presenta autocorrelación espacial que permite modelar estos patrones de distribución.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio. El estudio se desarrolló en una superficie de 183 ha localizadas dentro del Sitio Experimental La Sauceda del INIFAP, ubicado en el municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México; en las coordenadas extremas de 25° 51' 21.98" y 25° 51' 5.30" de latitud norte y 101° 23' 10.40" y 101° 24' 33.99" de longitud oeste (Figura 1), con una altitud promedio de 1245 m. La vegetación corresponde a un matorral desértico rosetófilo, el clima es de tipo BWhw(x') (muy seco semicálido) con una precipitación anual de 200 mm; el suelo es de tipo litosol en la parte alta y Xerosol para la parte baja del área de estudio (INEGI, 2016).

Toma de datos y variables forestales. En el área se establecieron 73 sitios cuadrados de 400 m², con un arreglo sistemático a una distancia de 150 m entre sitios y líneas, cada sitio fue georreferenciado espacialmente. En cada sitio, de todos los individuos de *A. lechuguilla* se midió la variable diámetro de la cobertura (DCP). Para el cálculo de la cobertura a nivel individuo (COB, m²), se utilizó la fórmula $\frac{(\pi * DCP)^2}{4}$ que corresponde al área de un círculo, posterior a ello, se sumaron los COB de todos los individuos para obtener valores por sitio y se extrapolaron por hectárea. De igual manera, para cada sitio se registró su altitud, variable empleada como predictora en la modelación.

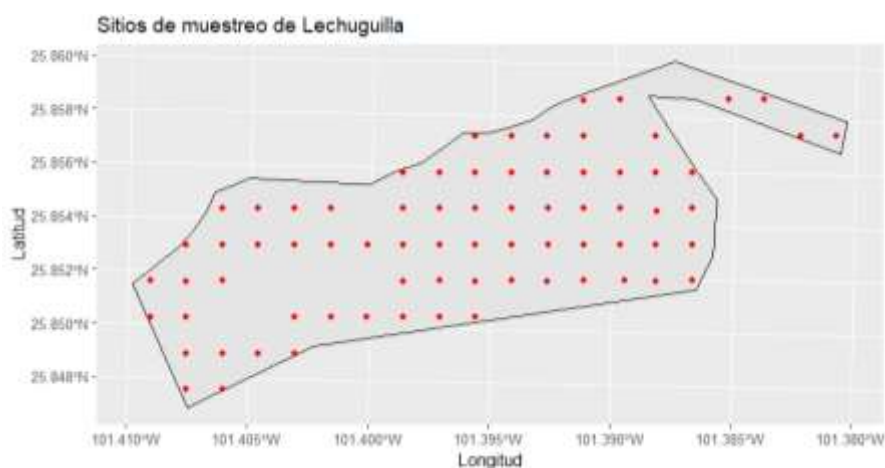


Figura 1. Mapa de la distribución geográfica de las unidades de muestreo para el inventario forestal.

Estadísticas básicas. Como análisis inicial se realizó el cálculo de las estadísticas básicas de localidad, variabilidad y forma para las variables COB y altitud, esto para observar la distribución de la muestra. La normalidad se probó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov bajo la *hipótesis nula de que las muestras pertenecen a una distribución normal*;

Análisis de la autocorrelación espacial. Para cada variable se evaluó su autocorrelación espacial a partir del Índice global de Moran para variables normales, bajo la *hipótesis nula de que todas las observaciones dentro de la muestra son independientes o presentan una distribución aleatoria*. Donde el valor "1" significa una autocorrelación espacial positiva perfecta (los valores altos o los valores bajos se agrupan juntos), mientras que "-1" sugiere una autocorrelación espacial negativa perfecta (un patrón de tablero de ajedrez) y "0" implica una aleatoriedad espacial perfecta (Fu *et al.*, 2014). La matriz de vecindad fue generada a partir de la técnica de "Vecino más cercano", tomando los ocho vecinos cercanos a cada punto de muestreo. Y para la construcción gráfica de las asociaciones de empleo el Índice Local de Moran (LISA) con una significancia de 0.05.

Análisis geoestadístico. Se necesitan estimaciones precisas de los variogramas para una predicción fiable mediante kriging (Oliver y Webster, 2015). En este sentido se estimó el variograma empírico a partir del modelado univariado de cada variable de interés (COB y Altitud), bajo el supuesto de que las variables presentan estacionariedad en media y varianza. La variable altitud (y) fue filtrada con la eliminación de la tendencia mediante un modelo lineal ($y = X\beta$) empleando la coordenada longitud como variable independiente, donde su variograma teórico corresponde a la variable filtrada. Posterior, se modeló un variograma teórico para cada variable empleando los modelos Exponencial y Bassel, con los valores de rango, nugget y sill, obtenidos en el variograma empírico (López-Bonilla *et al.*, 2011). Para la interpolación se empleó el kriging ordinario y co-kriging con la variable altitud filtrada como

covariable en la estimación. La comparación estadística de las interpolaciones krigianas se realizó con el promedio absoluto del error (PAE) y se seleccionó el que presentara el menor valor de error (Villatoro *et al.*, 2008).

$$PAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Z(x_i) - \hat{Z}(x_i)|$$

Donde $Z(x_i)$ es el valor observado, $\hat{Z}(x_i)$ es el valor estimado y n es el número de puntos utilizados. Cuando el PAE es pequeño, se asocia a un método con pocos errores.

Mapeo de la cobertura. La cobertura arbustiva se mapeo para toda el área de estudio mediante las diferentes interpolaciones kriging. Los análisis estadísticos y el mapeo se realizaron en el software RStudio versión Build 492, así mismo la información geoespacial fue analizada y transformada en este software.

RESULTADOS Y DISCUSION

La variable COB presentó una media de 1487.4 m² ha⁻¹ y una mediana de 1313.48 m² ha⁻¹, al ser menor que la media indica que los datos son asimétricos a la derecha; el coeficiente de variación (0.60), indican una alta variabilidad alrededor de la media de los valores de cobertura. Las medidas de forma skewness (0.87) y curtosis (1.44) indican que los datos presentan una distribución asimétrica positiva con cola larga a la derecha (Leptocúrtica). Mismo comportamiento presento la variable Altitud, con una media de 1202 m y una menor variación en su distribución. La prueba de Kolmogorov-Smirnov indico normalidad para COB y altitud con p-valores de 0.3993, y 0.06495, respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Estadísticas básicas de la variable cobertura arbustiva de lechuguilla y altitud del sitio.

Min.	Median	Mean	Max.	Var.	sd	cv	Skew	kurtosis
30.23	1313.48	1487.4	4322.34	797301.1	892.92	0.60	0.87	1.44
1157	1202	1217.9	1314.00	2198.77	46.89	0.038	0.51	1.90

El valor del Índice de Moran de 0.1562 y 0.9224 para COB y Altitud fueron significativos a un $\alpha = 0.05$ (p-valor=0.0004 y 0.000), lo que significa que tanto la COB (variable a modelar) y la Altitud (variable predictora) presentan autocorrelación espacial (Figura 3), esto indica que la cobertura arbustiva de *A. lechuguilla* se distribuye de forma agrupada en asociaciones pequeñas, como se puede constatar en los cluster generados por el índice LISA, donde, existen algunas agrupaciones significativas de valores altos rodeados con valores altos (High-High) y de la misma forma valores Low-Low, rodeados de valores bajos (Figura 3).

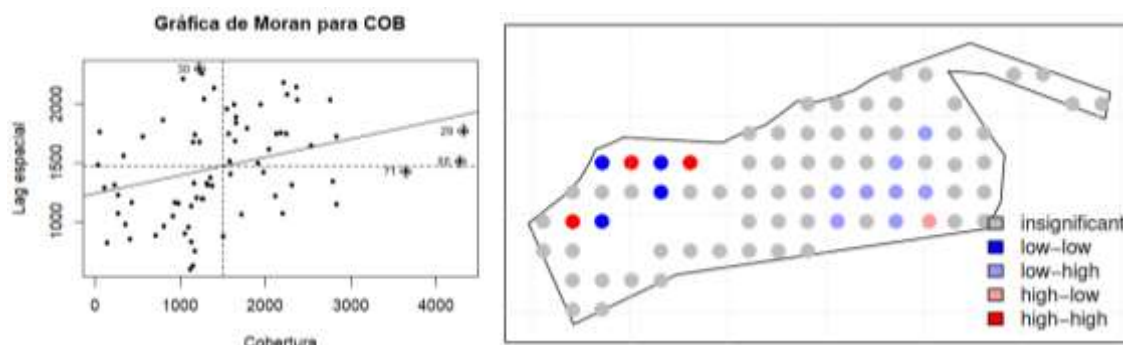


Figura 3. Diagrama de dispersión del Índice de Moran y cluster espacial de LISA.

Para kriging ordinario se obtuvo el variograma empírico con los valores de COB y su ubicación espacial, al cual se le ajustó un modelo exponencial y Bessel (Figuras 4 a y b), el cual indica que la distancia a la cual fueron ubicados los sitios es demasiado grande y no alcanza a representar microestructuras de la cobertura arbustiva, localizadas a distancias menores a 150 m. Los modelos Exponencial y Bessel, se ajustaron con valores de Sill= 800000, Range= 500 m y Nugget=610,000. Los resultados indicaron que ambos modelos, tienen semejante ajuste del variograma. Para el caso del Cokriging, el variograma de Altitud no fue acotado, por lo que se tuvo que eliminar la tendencia de esta variable y se emplearon los valores sin tendencia (o residuales del modelo lineal simple, con longitud como predictora), obteniendo así un variograma acotado (Figura 4 c).

Al realizar el kriging correspondiente para cada modelo, las interpolaciones presentaron patrones similares de distribución de la cobertura arbustiva de *A. lechuguilla* en el área de estudio. Las estimaciones de Cokriging resultaron ser gráficamente mejores, al presentar un mapeo de la incertidumbre con errores menores, esto se comprobó al estimar el promedio absoluto del error para interpolación, obteniendo valores de 751603.4, 753423.8, 742027.7 y 749515.2, para kriging ordinario Exponencial, kriging ordinario Bessel, Cokriging Exponencial y Cokriging Bessel, respectivamente (Figura 5). Con esto podemos decir que el mejor ajuste e interpolación se obtiene con el modelo Cokriging Exponencial, donde se empleó la variable Altitud filtrada como predictora, esto ayudó a mejorar las predicciones y con este modelo podemos hacer inferencia de las existencias totales a nivel predial.

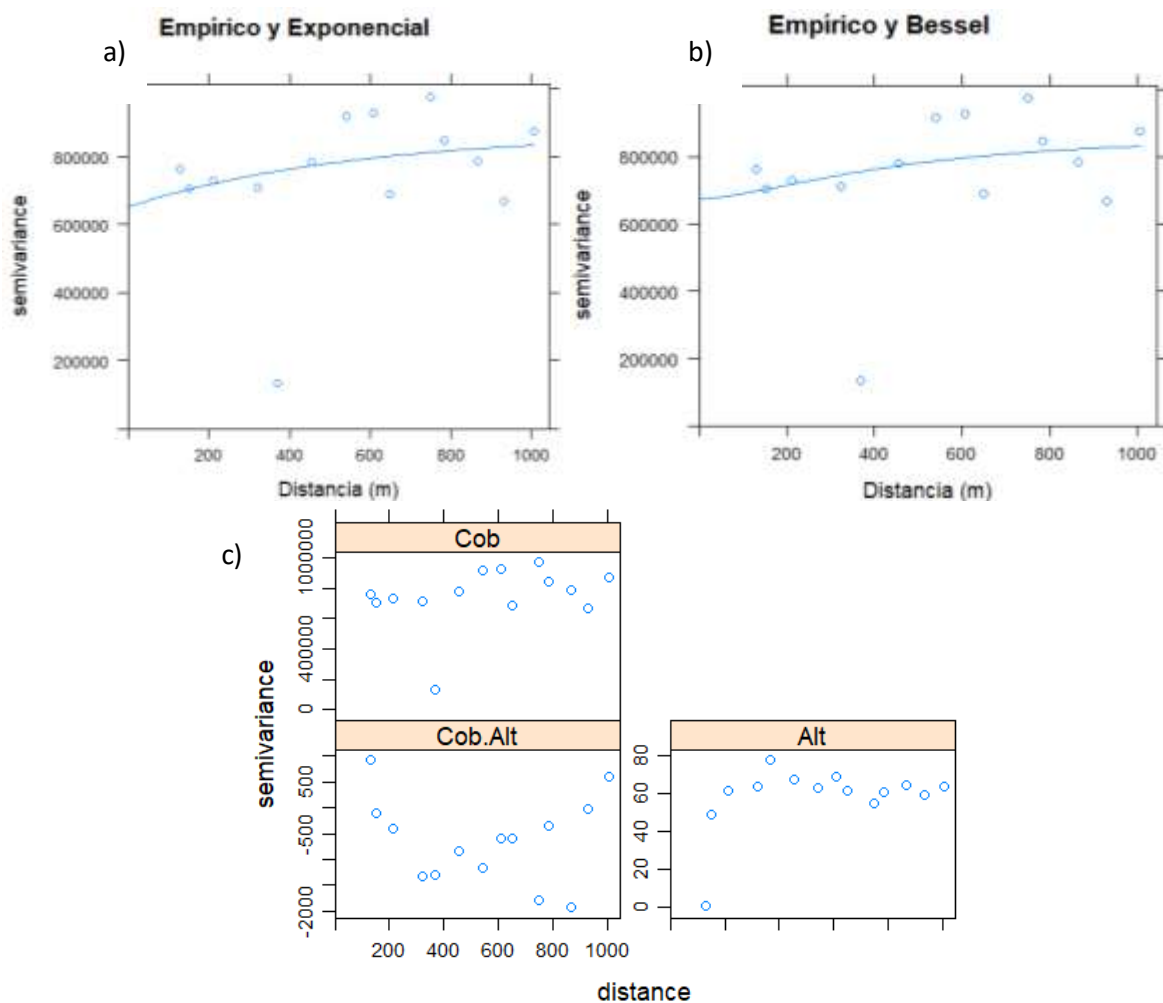


Figura 4. Semivariograma empírico y teórico para kriging ordinario con el modelo Exponencial (a) y Bessel (b), y para Cokriging (c).

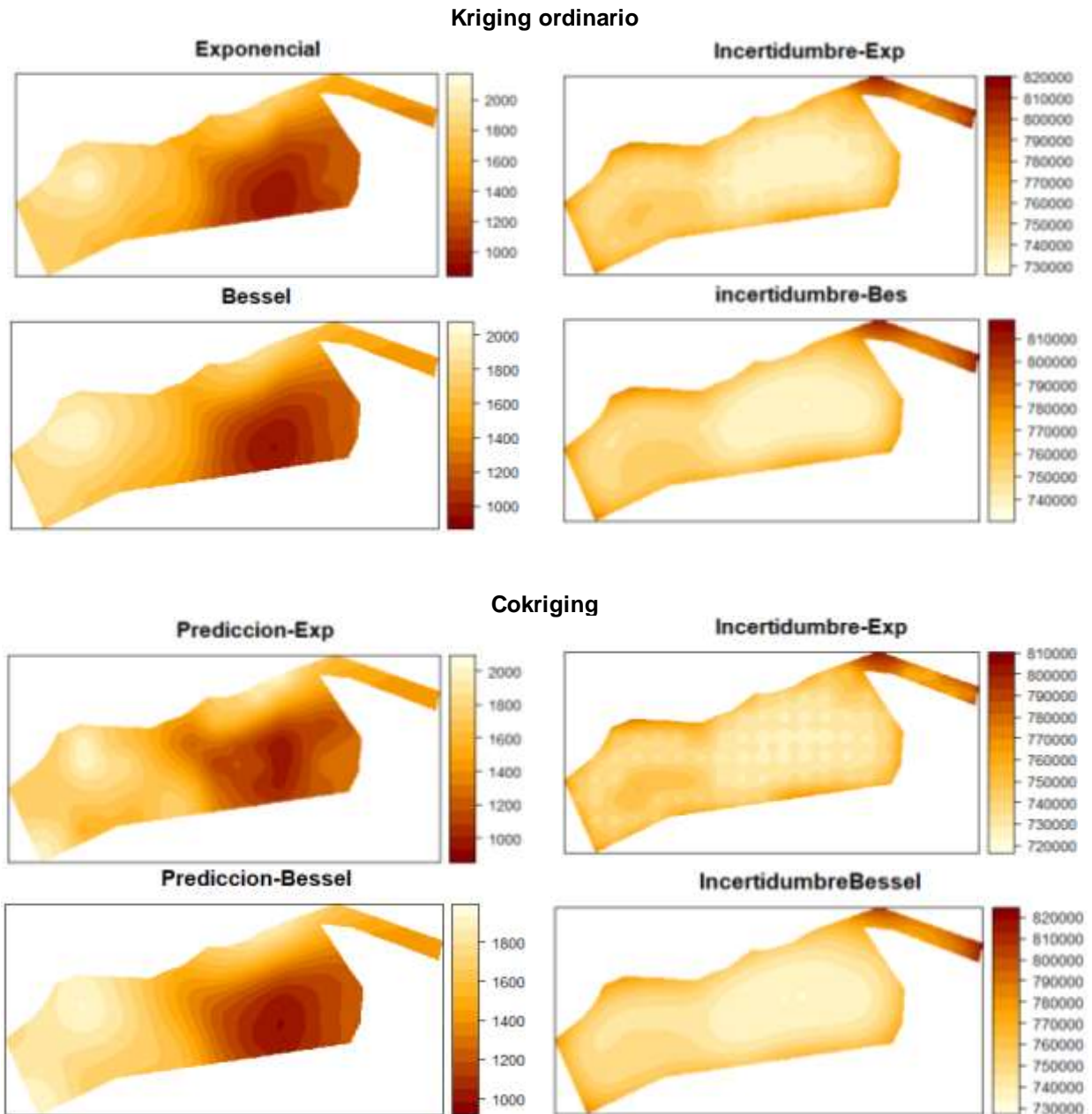


Figura 5. Mapas de predicciones e incertidumbre para cobertura arbustiva de *Agave lechuguilla* Torr, a partir de kriging ordinario y Cokriging.

La representación de la cobertura de acuerdo al modelo Cokriging Exponencial fue adecuada, donde concuerda con los valores de la variable en el terreno y va en relación directa a la Altitud del terreno, donde se observan valores altos a mayor altitud (coordenadas Oeste) y concentraciones bajas en la parte baja del área (coordenadas Este). Este comportamiento es de acuerdo a las condiciones de la especie, ya que prefiere suelos bien drenados y con pendiente ligera a alta, además presenta pocos desarrollos en suelos calcáreos o con altos contenidos de sales (inundables) (CONAFOR, 2012).

CONCLUSIONES

- i. Los patrones de distribución espacial de la cobertura arbustiva de especies forestales no maderables como *A. lechuguilla* son agregados en el espacio o área de crecimiento, que va en respuesta a condiciones ambientales exclusivas y reducidas que son formadas por la aglomeración de varias especies (islas de productividad) en coexistencia.
- ii. Las técnicas geoestadísticas Kriging y Cokriging modelaron adecuadamente los patrones de la distribución espacial de la cobertura arbustiva en el terreno, siendo adecuado el modelo Exponencial con covariables como la altura para predecir variables de interés.
- iii. La distancia de muestreo para el levantamiento de datos en un inventario forestal es clave para poder caracterizar de forma precisa un parámetro de interés forestal a mayor escala o nivel predial para la toma de decisiones en el manejo de las especies no maderables de zonas semiáridas de México.

REFERENCIAS

- Aravena T. C. E. 2018. Efectos del tamaño de los claros de dosel sobre variables microclimáticas en un bosque de *Notofagus antarica* (G. Forts) Oerst. En la Región de Aysen. Memoria de Tesis de Ingeniería forestal, Universidad de Chile. 54 pág.
- Avalos G. 2019. Shade tolerance within the context of the successional process in tropical rain forests. *Biología Tropical*, 67(2): 53-77.
- Bañuelos R. J. 2017. Distribución y abundancia de tres especies forestales no maderables en el norte de Zacatecas, México. Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Salinas de Hidalgo, S.L.P. 95 pág.
- Boege K. y Val E. 2011. Bichos vemos relaciones no sabemos. *Diversidad e importancia de las interacciones bióticas*. *Revista Ciencias*, 102: 5-11. Disponible en: <http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=64421308001>
- CONAFOR. 2012. Establecimiento y aprovechamiento de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.). Comisión Nacional Forestal, Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico, Gerencia de Desarrollo y Transferencia de Tecnología. Periférico Pte. 5360, Colonia San Juan de Ocotán, Zapopan, Jalisco C.P. 45019. 21 pág.
- Donoso C., Alarcón D., Donoso P., Escobar B. y Zuñiga A. 2013. *Laureliopsis philippiana*. In Donoso C eds. *Las Especies Arbóreas de los Bosques Templados de Chile y Argentina*. Autoecología. Valdivia, Chile. Marisa Cuneo Ediciones. 303-314.
- Fu W. J., Jiang P. K., Zhao K. L., Zhou G. M., Li Y. F., Wu J. S., and Du H. Q. 2014. The carbon storage in moso bamboo plantation and its spatial variation in Anji County of southeastern China, *J. Soil Sediment*, 14, 320–329.
- Hernández-Ramos A., Cano-Pineda A., Flores-López C., Hernández-Ramos J., García-Cuevas X. y Martínez-Salvador M. 2019. Modelos para estimar biomasa de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. en seis municipios de Coahuila. *Madera y Bosques*, 25(2): e2521806. Doi: 10.21829/myb.2019.2521806
- 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 8 de julio de 2022.
- López-Bonilla J. L., Ponce-Rojas Y., Vidal-Beltrán S. y Zamudio-Castro I. 2011. Aplicación del método de Krige para el análisis de cobertura de un nodo B. *Nova Scientia*, 3(6): 16-31.

- Oliver M. A. y Webster R. 2015. Basic Steps in Geostatistics: The Variogram and Kriging. SpringerBriefs in Agriculture, pringer Cham Heidelberg New York Dordrecht London. 106 pág. DOI 10.1007/978-3-319-15865-5
- Pequeño L. M. A., Alanís R. E., Molina G. V. M., Collantes C. C. A. y Mora O. A. 2021. Estructura y diversidad de un matorral dominado por *Helietta parvifolia* (A. Gray ex Hemsl.) Benth. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 12(63): 88-113. Doi: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i63.762>
- Pérez-Vázquez Z., Angeles-Pérez G., Chávez-Vergara B., Valdez-Lazalde J. R. y Ramírez-Guzmán M. E. Enfoque espacial para modelación de carbono en el mantillo de bosques bajo manejo forestal maderable. Madera y Bosques, 27(1): e2712122. Doi: 10.21829/myb.2021.271212
- Porras V. A. 2017. Método Kriging de inferencia espacial. entro de Investigación en Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo", A.C. Contoy 137 Esq. Chemax, Col. Lomas de Padierna, Delegación Tlalpan, CP 14240, México, CDMX. 7 pág.
- Tapia-Tapia E. C. y Reyes-Chilpa R. 2008. Productos forestales no maderables en México: Aspectos económicos para el desarrollo sustentable. Madera y Bosques, 14(3): 95-112.
- Villatoro M., Henríquez C. y Sancho F. 2008. Comparación de los interpoladores IDW y kriging en la variación espacial de ph, ca, cice y p del suelo. Agronomía Costarricense 32(1): 95-105.

SUELO MODIFICADO CON NANOPARTÍCULAS DE ZINC Y EL SULFATO DE ZINC AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS EN PLANTAS DE CILANTRO (*Coriandrum sativum*)

SOIL MODIFIED WITH ZINC NANOPARTICLES AND ZINC SULFATE AFFECT PHOTOSYNTHETIC PIGMENT PRODUCTION IN CORIANDER PLANTS (*Coriandrum sativum*)

Ruiz-Torres Norma¹, Flores-Naveda Antonio¹, Camposeco-Montejo Neymar¹, Álvarez-Vázquez Perpetuo² y García-López Josué I^{1,*}

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas, Saltillo, Coahuila 25315, México. ²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Recursos Naturales Renovables, Coahuila 25315, México
*Autor para correspondencia: g.lopezj90@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar las respuestas fisiológicas de plantas de cilantro (*Coriandrum sativum*) cultivadas durante 58 días en suelo modificado con nanopartículas de óxido de zinc (NPs ZnO) y sulfato de zinc (ZnSO₄) a concentraciones de 0, 100, 200, 300 y 400 mg de Zn/kg de suelo. Los resultados revelaron que todos los compuestos de Zn aumentaron el contenido de clorofila total (CHL_t), en al menos un 45%, en comparación con el control, sin embargo, a 400 mg/kg con ZnSO₄ disminuyó la acumulación de CHL_t en 34.6%.

Palabras clave: Nanofertilizantes; pigmentos fotosintéticos; zinc

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the physiological responses of coriander plants (*Coriandrum sativum*) grown for 58 days in soil modified with zinc oxide nanoparticles (ZnO NPs) and zinc sulfate (ZnSO₄) at concentrations of 0, 100, 200, 300, and 400 mg of Zn/kg of soil. The results revealed that all Zn compounds increased the total chlorophyll content (CHL_t) by at least 45%, compared to the control group; however, with 400 mg/kg of ZnSO₄, chlorophyll accumulation decreased by 34.6%.

Keywords: Nanofertilizer; photosynthetic pigments; zinc

INTRODUCCIÓN

La adición de fertilizantes para complementar la fertilidad natural del suelo es esencial para la producción de cultivos, y la gestión precisa de nutrientes es indispensable para una agricultura sostenible (Rossi *et al.*, 2019). La nanotecnología en la agricultura, ha mejorado los sistemas de producción de cultivos con el uso de nanopartículas metálicas para la nutrición de plantas (Faizan *et al.*, 2018). Los fertilizantes a escala nanométrica (1–100 nm), ayudan a mejorar la eficiencia del uso de nutrientes por parte de las plantas debido a su pequeño tamaño, mayor área de superficie y liberación gradual de sus formas iónicas (Rawat *et al.*, 2018).

Entre las nanopartículas de óxido metálico, las NPs ZnO han llamado la atención de investigadores, debido a su capacidad fotocatalítica y fotooxidante contra especies químicas y biológicas (Chikkanna *et al.*, 2019). Sin embargo, varios estudios han demostrado que las NPs ZnO tienen efectos tanto positivos como negativos sobre la modulación del crecimiento de los cultivos (Pullagurala *et al.*, 2018). Por ejemplo, la aplicación de NPs ZnO a semillas de trigo en baja concentración (10m g/L) mejoró la absorción de agua, lo que resultó en una actividad mejorada de la enzima α -amilasa y el contenido de pigmentos fotosintéticos como la clorofila a, clorofila b y el contenido total de clorofila (Li *et al.*, 2021). Por el contrario, se han

documentado efectos tóxicos de las NPs ZnO en diferentes especies, en plantas de *Arabidopsis thaliana*, la aplicación de NPs ZnO afectó la biosíntesis de clorofila y la eficiencia fotosintética al inhibir la expresión de genes asociados a la síntesis de clorofila (Wang *et al.*, 2016).

El zinc (Zn) es uno de los micronutrientes esenciales y está involucrado en muchos procesos celulares, incluidos biosíntesis de auxinas, la fotosíntesis y la síntesis de proteínas (Khanm *et al.*, 2018), a pesar de ello, la concentración de Zn en la solución del suelo es muy baja y se presenta en forma de varios tipos de sales, incluidas la esfalerita (ZnFe)S, zincita (ZnO) y smithsonita ZnCO₃, sin embargo, la absorción de este elemento por las plantas está determinada por la concentración de carbonatos (CaCO₃) y el pH del suelo, que son las principales causas que limitan la disponibilidad de este micronutriente (Zaeem *et al.*, 2020). Como consecuencia, existe un interés creciente en mejorar los métodos de fertilización de las fuentes de Zn para mejorar su eficiencia en la nutrición de cultivos.

Diversas investigaciones, han abordado el impacto de NPs ZnO en parámetros fisiológicos y de estrés en plantas (Gudkov *et al.*, 2019). No obstante, para comprobar la viabilidad del uso de NPs ZnO como fuente de fertilizante en la nutrición de plantas, es necesario llevar a cabo estudios comparativos simultáneos que determinen la eficiencia de nanofertilizantes (NPs ZnO) y fertilizantes convencionales (ZnSO₄) para determinar los impactos fisiológicos y de estrés, que pueden llegar a comprometer el desarrollo de las plantas. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de la exposición de ZnSO₄ y NPs ZnO en plantas de cilantro a concentraciones de 0, 100, 200, 300 y 400 mg de Zn/kg de suelo, para determinar el impacto en el contenido de pigmentos fotosintéticos, con el fin de comparar los efectos de NPs ZnO con los de otras especies de Zn (ZnSO₄).

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales a base de zinc y semillas de cilantro

Las NPs ZnO se adquirieron de Nanomateriales de Investigación Inc. (Houston, TX, USA). La morfología y microestructura de las muestras se examinaron mediante microscopía electrónica de transmisión convencional y de alta resolución (TEM y HRTEM) y difracción de electrones de área seleccionada (SAED) usando un microscopio FEI-TITAN 80– 300kV (Fisher Scientific, Hillsboro, OR, USA), operado a una tensión de aceleración de 300 kV. Las micrografías TEM y HRTEM se procesaron por medio del software de transformación rápida de Fourier (Digital Micrograph 3.7.0, Gatan Software, Pleasanton, CA, USA). El ZnSO₄ (ACS reagent ≥ 99.0% pureza) se adquirió de Sigma-Aldrich (San Luis, Mo, USA). Las semillas de cilantro se obtuvieron del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (Saltillo, Coah, Mex).

Preparación de soluciones/suspensiones a base de zinc y su aplicación al suelo

El ZnSO₄ y las NPs ZnO se prepararon a concentraciones de 100, 200, 300 y 400 mg/kg, con base en los estudios previos realizados por Pullagurala *et al.* 2018. Para asegurar una dispersión uniforme de los compuestos a base de Zn, las soluciones/suspensiones se prepararon en agua desionizada DI y se homogenizaron con un sonicador Autoscience AS2060B (Instrumentación Científica, Bs, As) durante 30 min a 110 voltios-3 amperios y 50 a 60 Ghz. Al finalizar el tiempo de sonicación, las suspensiones de los compuestos a base de Zn se añadieron y mezclaron manualmente con suelo inerte utilizando una mezcla de perlita y vermiculita (relación 1:1 volumen sustrato), material inerte de pH neutro y sin contenido de nutrientes minerales (Garza-Alonso *et al.*, 2020) para obtener concentraciones finales de 100, 200, 300 y 400 mg de Zn/kg de suelo.

Condiciones de crecimiento de las plantas

El experimento se realizó en condiciones controladas en un invernadero, con una temperatura media diaria de 24.7 °C y una humedad relativa del 68%. Las semillas de cilantro se sembraron en bolsas de plástico negro de uso general (4.5 × 4.5 × 3.5 pulgadas) que contenían 450 g de suelo modificado con los compuestos a base de Zn, se asignaron cinco repeticiones por tratamiento en un diseño completamente aleatorio, junto con el control (suelo

sin compuestos a base de Zn), colocando diez semillas de cilantro en cada maceta. Durante el desarrollo del cultivo (58 días después de la siembra), las plantas se regaron con 30 mL por día de solución nutritiva (sin Zn), utilizando una formulación comercial de macronutrientes (FertiDrip N11-P02-K42) en agua desionizada DI, con un pH 6.47 y conductividad eléctrica de $0.41 \mu\text{S cm}^{-1}$, en cantidades iguales para cada maceta, siguiendo la recomendación del fabricante (AGROformuladora Delta, Monterrey, NL, Mex).

Cosecha de las plantas

La cosecha se realizó el día 59 después de la siembra, para ello se retiraron del suelo las diez plantas/tratamiento, las cuales fueron utilizadas para la determinación de pigmentos fotosintéticos. Durante la cosecha, las plantas se separaron en raíces y brotes (tallos y hojas) y se enjuagaron con agua de la llave para eliminar el exceso de tierra, luego se enjuagaron por 20 s con HNO_3 0.01 M, posteriormente se volvieron a enjuagar tres veces con agua desionizada DI. Enseguida, los tejidos vegetales se almacenaron a -20°C hasta su análisis.

Contenido de pigmentos de clorofila y carotenoides

La evaluación cuantitativa de clorofila-a (CHLa), clorofila-b (CHLb) y clorofila total (CHLt) se llevó a cabo por el método de Rajput y Patil (2017). Para ello, se tomó 1 g de material de hojas frescas y se homogeneizó con 10 mL de acetona al 80%, enseguida el extracto se centrifugó a 5000 rpm durante 5 min. El sobrenadante se recuperó para ser analizado, y la absorbancia de la solución extraída se midió a 480, 510, 645 y 663 nm, a partir de estas lecturas, se determinaron las concentraciones de pigmento de clorofilas y carotenoides utilizando la siguiente fórmula/ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Chlorophyll - a } mg g^{-1} FW &= \frac{12.7 (A_{663}) - 2.69 (A_{645}) \times V}{1000} \times W \\ \text{Chlorophyll - b } mg g^{-1} FW &= \frac{22.9 (A_{645}) - 4.68 (A_{663}) \times V}{1000} \times W \\ \text{Total chlorophyll } mg g^{-1} FW &= \frac{20.2 (A_{645}) + 8.02 (A_{663}) \times V}{1000} \times W \\ \text{Carotenoid } mg g^{-1} FW &= \frac{7.6 (A_{480}) - 1.49 (A_{510}) \times V}{1000} \times W \end{aligned}$$

Donde,

A = Absorbancia a longitudes de onda específicas

V = Volumen final de extracto de clorofila en acetona al 80%

W = Peso fresco de tejido extraído

Análisis estadístico

El cultivo se estableció utilizando un diseño completamente aleatorio, con nueve tratamientos y cinco unidades experimentales para cada tratamiento (la unidad experimental consistió de una bolsa de plástico que contenían diez plantas de cilantro). Los resultados se informaron como media \pm desviación estándar, las diferencias estadísticamente significativas entre las muestras se analizaron con un ANOVA y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) utilizando el paquete estadístico SPSS versión 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de las NPs ZnO

Figura 1a Imagen típica de TEM, donde se ve la muestra de nanopartículas de NPs ZnO. En esta micrografía se pueden observar NPs de morfología irregular (cuasi-esféricas). La Figura 1b, muestra la distribución de tamaños de las NPs obtenidas al medir más de 300 partículas; muestran claramente que el 63% de los tamaños de las NPs están entre 60 y 140 nm, por lo tanto, tiene una distribución de tamaño relativamente amplia. Los espectros de espectroscopia dispersiva elemental (EDS) de la Figura 1c confirman que las nanopartículas están

constituidas por Zn y O aproximadamente en un 80 y 20% en peso, respectivamente, mientras que las señales de C y Cu se deben al carbono y al cobre de la red TEM.

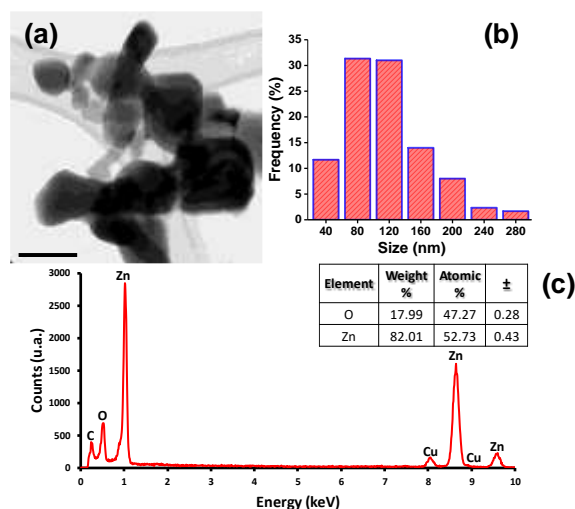


Figura 1. (a) La micrografía TEM corresponde a la morfología de las nanopartículas (NPs) ZnO de la muestra. (b) Histograma de la distribución de tamaños de las NPs, y (c) Muestra un espectrograma de la composición química de la muestra, que se realizó mediante análisis elemental (EDS).

Contenido de clorofila y carotenoides

Los resultados indican que los pigmentos fotosintéticos (CHLa, CHLb y CHLt) en las hojas de cilantro incrementaron significativamente ($p \leq 0.05$) en todas las concentraciones con la aplicación de compuestos basados en Zn (Figura 2). La mayor acumulación de CHLa, CHLb y CHLt se obtuvo a una concentración de 200 mg/kg en las dos fuentes de Zn (ZnSO_4 y NPs ZnO, (Figura 2A, B y C)); con ZnSO_4 a 200 mg/kg la acumulación de CHLa incrementó en 52.1%, CHLb en 44.4%, y CHLt 49.9%, mientras que las NPs ZnO a las mismas concentraciones presentaron incrementos similares del 50.6% para CHLa, 42.4% para CHLb y 48.3% en CHLt, respectivamente, en comparación con el control, aunque no se encontraron diferencias significativas entre el ZnSO_4 y NPs ZnO en términos de acumulación del contenido de clorofila y carotenoides a las concentraciones a 200 y 300 mg/kg (Figura 2).

Por el contrario, a 400 mg/kg con ZnSO_4 la acumulación de CHLa, CHLb y CHLt disminuyó en 33.1%, 38.4 % y 34.6%, respectivamente, en comparación con el tratamiento que presentó la mayor acumulación al aplicar esta fuente de Zn (200 mg/kg de ZnSO_4). En la Figura 2D, se puede observar que el contenido de carotenoides se incrementó para la mayoría de los tratamientos, sin embargo, el ZnSO_4 a 400 mg/kg tuvo una reducción, que también fue estadísticamente significativa en comparación con las diferentes concentraciones y fuentes de Zn ($p \leq 0.05$).

Nuestros resultados son consistentes con Pullagurala *et al.* (2018), quienes mencionaron que en hojas de cilantro el contenido relativo de clorofila y carotenoides incrementó en 41% y 37%, por la aplicación de compuestos de Zn (NPs ZnO y ZnCl_2) al suelo a concentraciones de 100 y 200 mg/kg, respectivamente. Según Samreen *et al.* (2017), el suministro de Zn mediante un sistema hidropónico en plantas de frijol (*Vigna radiata*) impactó positivamente el contenido de clorofila, proteínas y minerales.

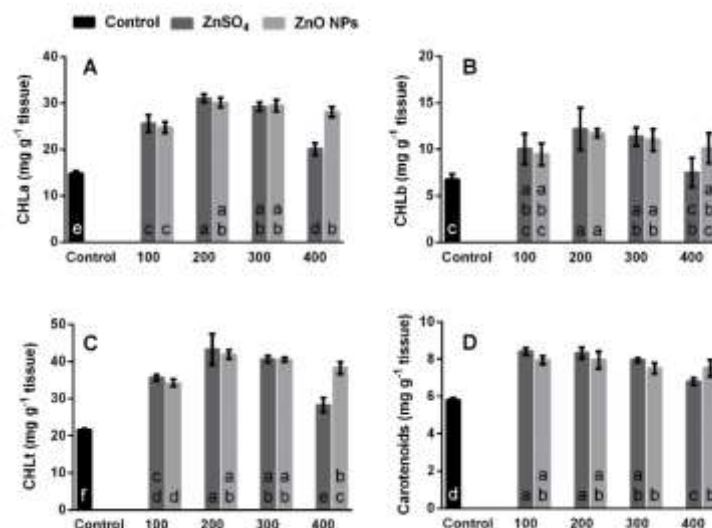


Figura 2. CHLa (A), CHLb (B), CHLt (C) y Carotenoides (D) de plantas de cilantro cultivadas durante 58 días en suelo inerte modificado con ZnSO₄ y NPs ZnO a concentraciones de 0, 100, 200, 300 y 400 mg de Zn/kg de suelo. Los valores son el promedio de cinco repeticiones. Medias (n = 5). Las barras representan la desviación estándar de la media. Letras diferentes en cada barra significan que los tratamientos fueron estadísticamente diferentes (Tukey, p≤0.05).

No obstante, otros estudios han reportado que el suministro de Zn al suelo con ZnSO₄ y NPs ZnO en altas concentraciones (400-800 mg/kg) ejerció efectos nocivos en la acumulación de clorofilas y carotenoides en plantas de arroz (*Oryza sativa*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y tomate (*Solanum lycopersicon*) (García-Gómez *et al.*, 2017), debido a la toxicidad generada por la alta absorción de iones de Zn²⁺ dentro de la planta (Wang *et al.*, 2018). En este estudio, las concentraciones en un rango de 100 a 300 mg/kg con ZnSO₄ y NPs ZnO provocaron un aumento de los pigmentos fotosintéticos y carotenoides, por el contrario, a 400 mg/kg con ZnSO₄ disminuyó la acumulación de CLHt y carotenoides (Figura 2). Si bien, el Zn es un microelemento esencial para el crecimiento de las plantas, y se requiere para la biosíntesis de clorofila al influir en la actividad de enzimas importantes como la anhidrasa carbónica que contiene un átomo de Zn que cataliza la hidratación del CO₂ que facilita la difusión del dióxido de carbono a los sitios de carboxilación en las plantas (Pullagurala *et al.*, 2018), en altas concentraciones, puede inducir la generación de H₂O₂ y peroxidación de lípidos y conducir a la reducción en la biosíntesis de pigmentos fotosintéticos (García-Gómez *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2018).

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio mostraron que a concentraciones que oscilan entre 100 y 300 mg/kg con NPs ZnO y ZnSO₄ se incrementó la acumulación de CHLa, CHLb y CHLt, mientras que a 400 mg/kg con ZnSO₄, se presentó una disminución de los pigmentos fotosintéticos.

REFERENCIAS

- Chikkanna, M.M., Neelagund, S.E., and Rajashekarappa, K.K. 2019. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles (ZnO NPs) and their biological activity. *SN Applied Sciences*, 1(1), 1-10.
- Faizan, M., Faraz, A., Yusuf, M., Khan, S.T., and Hayat, S. 2018. Zinc oxide nanoparticle-mediated changes in photosynthetic efficiency and antioxidant system of tomato plants. *Photosynthetica*, 56(2), 678-686.

- García-Gómez, C., Obrador, A., González, D., Babín, M., and Fernández, M.D. 2017. Comparative effect of ZnO NPs, ZnO bulk and ZnSO₄ in the antioxidant defences of two plant species growing in two agricultural soils under greenhouse conditions. *Science of the Total Environment*, 589, 11-24.
- Garza-Alonso, C.A., Guillermo, N.M., Gutierrez-Diez, A., García-López, J.I., Vazquez-Alvarado, R.E., Lopez-Jimenez, A., and Olivares-Saenz, E. 2020. Physicochemical characteristics, minerals, phenolic compounds, and antioxidant capacity in fig tree fruits with macronutrient deficiencies. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(3), 1585-1599.
- Gudkov, S.V., Grinberg, M.A., Sukhov, V., and Vodeneev, V. 2019. Effect of ionizing radiation on physiological and molecular processes in plants. *Journal of Environmental Radioactivity*, 202, 8-24.
- Khanm, H., Vaishnavi, B.A., and Shankar, A.G. 2018. Rise of nano-fertilizer era: Effect of nano scale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicum*). *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*, 7(5), 1861-1871.
- Li, S., Liu, J., Wang, Y., Gao, Y., Zhang, Z., Xu, J., and Xing, G. 2021. Comparative physiological and metabolomic analyses revealed that foliar spraying with zinc oxide and silica nanoparticles modulates metabolite profiles in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Food and Energy Security*, 10(1), e269.
- Pullagurala, V.L.R., Adisa, I.O., Rawat, S., Kalagara, S., Hernandez-Viezcas, J.A., Peralta-Videa, J.R., and Gardea-Torresdey, J.L. 2018. ZnO nanoparticles increase photosynthetic pigments and decrease lipid peroxidation in soil grown cilantro (*Coriandrum sativum*). *Plant physiology and biochemistry*, 132, 120-127.
- Rajput, R.D., and Patil, R.P. 2017. The comparative study on spectrophotometric analysis of chlorophyll and carotenoids pigments from non-leguminous fodder crops. *International Journal of Innovative Science, Engineering and Technology*, 4(7), 140-48.
- Rawat, P.S., Kumar, R., Ram, P., and Pandey, P. 2018. Effect of nanoparticles on wheat seed germination and seedling growth. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 12(1), 13-16.
- Rossi, L., Fedenia, L.N., Sharifan, H., Ma, X., and Lombardini, L. 2019. Effects of foliar application of zinc sulfate and zinc nanoparticles in coffee (*Coffea arabica* L.) plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 135, 160-166.
- Samreen, T., Shah, H.U., Ullah, S., and Javid, M. 2017. Zinc effect on growth rate, chlorophyll, protein and mineral contents of hydroponically grown mungbeans plant (*Vigna radiata*). *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S1802-S1807.
- Wang, X. P., Li, Q.Q., Pei, Z.M., and Wang, S.C. 2018. Effects of zinc oxide nanoparticles on the growth, photosynthetic traits, and antioxidative enzymes in tomato plants. *Biologia plantarum*, 62(4), 801-808.
- Wang, X., Yang, X., Chen, S., Li, Q., Wang, W., Hou, C., and Wang, S. 2016. Zinc oxide nanoparticles affect biomass accumulation and photosynthesis in Arabidopsis. *Frontiers in plant science*, 6, 1243.
- Zaeem, A., Drouet, S., Anjum, S., Khurshid, R., Younas, M., Blondeau, J.P., and Abbasi, B.H. 2020. Effects of biogenic zinc oxide nanoparticles on growth and oxidative stress response in flax seedlings vs. in vitro cultures: A comparative analysis. *Biomolecules*, 10(6), 918.

CUANTIFICACIÓN DE ALICINA EN AJO DE DOS LOCALIDADES EMPLEANDO CUATRO EXTRACTANTES

ALICIN QUANTIFICATION IN GARLIC FROM TWO PLACES USING FOUR EXTRACTANTS

Díaz Jiménez, Lourdes¹; Juan Manuel Covarrubias Ramírez^{1,2}, Salvador Carlos Hernández¹

¹Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, Cinvestav-Salttillo. Av. Industria Metalúrgica 1062, Ramos Arizpe, Coah., México. ²CE Saltillo-INIFAP, lourdes.diaz@cinvestav.edu.mx

RESUMEN

La alicina es un componente del ajo responsable de su efecto repelente y antifúngico; su concentración depende de la variedad y la zona de cultivo de la planta. El objetivo del estudio fue determinar la concentración de alicina en ajo de 2 localidades usando 4 extractantes diferentes. Las localidades fueron: Valle del Mezquital en Hidalgo y Rinconada en Nuevo León. Los extractantes usados fueron: agua a temperatura ambiente, vinagre al 10%, metanol al 10% y etanol al 10%. Para los ensayos se siguió un arreglo factorial 2x4 con 4 repeticiones. La concentración de alicina se determinó por HPLC. Se encontró una diferencia altamente significativa entre los extractantes usados, no así entre las localidades. El agua resultó ser el mejor extractante con el que se obtuvo la mayor concentración de alicina (4.32 mg kg⁻¹), seguido del metanol (3.91 mg kg⁻¹). El agua como extractante de alicina es la mejor opción para un producto biorracional.

Palabras clave: *Allium sativum*, antifúngico, extractantes, biorracional.

ABSTRACT

Allicin is a component of garlic responsible for its repellent and antifungal effect, its concentration depends on the variety and area where the plant grows. The objective of the study was to determine the concentration of allicin in garlic from 2 locations using 4 extractants. The locations were: Valle del Mezquital, Hidalgo and Rinconada, Nuevo León. The extractants were: water at room temperature, 10% vinegar, 10% methanol and 10% ethanol. For the assays, a 2x4 factorial arrangement with 4 repetitions was followed. Allicin was quantified by HPLC. A highly significant difference was found between the extractants used, but not between the locations. Water was the best extractant with the highest concentration of allicin with (4.32 mg kg⁻¹), followed by methanol with 3.91 mg kg⁻¹. Water as allicin extractant is the best option for a biorational product.

Key words: antifungal, extractant, biorational.

INTRODUCCIÓN

El ajo (*Allium sativum*) tiene en su composición el compuesto aliína (sulfóxido de S-alil-L-cisteína) que es considerado un antibiótico en una concentración promedio de 1% (Nieto-Garibay *et al.*, 2001). La aliína se encuentra en forma natural en el ajo fresco y es un derivado del aminoácido cisteína.

La alicina es el producto de la conversión de la aliína, por intermedio de la enzima alinasa. Para que la aliína se transforme a alicina, es necesario que el ajo sea masticado, machacado, triturado o cortado y al ponerlo en contacto con agua, actúe la enzima alinasa. El proceso de transformación de la aliína a alicina dura alrededor de 10 minutos (Loría *et al.*, 2021).

La alicina, sin embargo, es un compuesto inestable fácilmente oxidable, por lo cual, se recomienda usar medios ácidos (por ejemplo, ácido cítrico) para estabilizarlo y dejar que el método de extracción sea el que influya en la cuantificación (Córdova, 2010).

El efecto repelente y antifúngico de la alicina ha sido ampliamente documentado. Por ejemplo, se reportó que el extracto de ajo causa mortalidad, repelencia, toxicidad e inhibición de las larvas de *Tribolium castaneum*, también interfieren con la ovoposición, en los huevecillos y en el desarrollo de la plaga (Ali *et al.*, 2015).

La alicina inhibe la germinación de las esporas, la síntesis de proteínas y DNA, la producción de micotoxinas desnaturaliza la membrana y sus funciones, modifica las hifas y el micelio del hongo (Perello *et al.*, 2013). Productos a base de ajo en dosis de 20 mg kg⁻¹, controlan al acaró (*Aceria tulipae*) en un 19.8% (Janioniené *et al.*, 2020). Al respecto de su efecto repelente, el ajo macerado a dosis de 33 g L⁻¹, controla lepidópteros por 8 días, el daño a los 15 días es del 60%, por lo que las aplicaciones deben ser continuas (Bordones *et al.*, 2018).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajaron dos factores: A) Solvente de extracción y B) Localidad. Los solventes de extracción fueron 1) Agua a temperatura ambiente, 2) Vinagre al 10% en agua, 3) Metanol al 10% en agua y 4) Etanol al 10% en agua. Las localidades fueron a) Valle del mezquital, Estado de Hidalgo y b) Rinconada, Nuevo León. El material de Nuevo León fue un ajo del genotipo Cadereyta, de color morado jaspeado (Pinales y Arellano, 2000); mientras que, en el caso del Valle del Mezquital, el ajo es de color rosado a violáceo del tipo California. Así, los ensayos siguieron un diseño completamente al azar considerando 4 solventes de extracción y 2 localidades con 4 repeticiones.

Para determinar la concentración de alicina en HPLC, se utilizó el método de estándar interno para lo que se preparó una solución acuosa de Etilparabeno (0.53 g L⁻¹), esta reacción produce espuma, por lo que primero se afora a 0.5 L se agita en un equipo sónico y luego se afora a 1 L. También se prepara una solución de ácido cítrico a dosis de 0.019 g en 100 mL (Córdova, 2010).

La extracción se realizó pesando 20 g de ajo de cada localidad con sus repeticiones y se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 250 mL. A cada matraz se adicionó 100 mL del solvente correspondiente, posteriormente se agitó por un minuto y se homogeneizó en licuadora, la mezcla molida se pasó por un tamiz y el sobrenadante se dejó reposar 20 minutos. Transcurrido el tiempo, se tomaron 15 mL del extracto y 15 mL de la solución de etilparabeno, se colocaron en un matraz volumétrico de 50 mL y se aforó con agua (Varga *et al.*, 2019).

De la solución anterior se tomaron 4 mL y se colocaron en un matraz volumétrico de 10 mL y se aforó con ácido cítrico. De esta solución se tomó una alícuota, se filtró con un filtro de jeringa (agilent de 0.45 µm poro) y se transfirió a un vial de cromatografía para su análisis por HPLC (Espinoza *et al.*, 2020). Este proceso se realizó en un día para cada localidad.

El análisis cromatográfico se realizó en un HPLC marca Agilent 1200, como fase móvil se utilizó metanol al 55% en agua, con flujo de 0.8 mL/min y una presión máxima de 400 bar, la inyección fue de 10 µL y el tiempo de análisis fue de 15 minutos. La columna usada en el análisis fue Agilent SupelcoSil LC18, 150 x 4.6 mm y tamaño de partícula de 5 µm. El método en el HPLC fue Alicina_2021A.M y las secuencias para las dos localidades fue Alicina-covas.S. Este proceso se realizó en un día para cada localidad (Martins *et al.*, 2011).

La cuantificación de alicina se realizó usando la siguiente ecuación:

$$Alicina (\%) = \frac{Area Alicina (mAU * s) \times 6.825}{Peso de la muestra (g) \times Area Etilparabeno (mAU * s)}$$

El Análisis de varianza de los factores y su interacción se realizó con el programa SAS 9.2. (SAS, 2010), los resultados se presentan en mg kg⁻¹.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del análisis de los resultados pudo determinarse que entre el uso de los diferentes solventes de extracción existe una diferencia altamente significativa (Cuadro 1). El agua resultó el mejor solvente de extracción superando al metanol en 4.5%, pero siendo similares estadísticamente. El agua también fue superior en 12.7% a etanol y vinagre además de diferente significativamente (Bordones *et al.*, 2018).

Cuadro 1. Solvente de extracción de alicina en ajo.

Solvente	Alicina (mg kg ⁻¹)	
Agua	4.04	a
Metanol	3.86	ab
Etanol	3.53	b
Vinagre	3.53	b

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

En cuanto al efecto de las localidades de cultivo de la especie, se encontró que son similares estadísticamente (Cuadro 2), por lo que es indistinto utilizar el ajo de una u otra de las dos localidades evaluadas. Si bien el ajo del Valle del Mezquital contiene alicina en concentración superior en 5.9% al ajo de Rinconada, la diferencia no es estadísticamente significativa (Reveles *et al.*, 2009; Macías *et al.*, 2010; Zare *et al.*, 2020).

Cuadro 2. Efecto de localidades en el contenido de alicina.

Localidades	Alicina (mg kg ⁻¹)	
Valle del mezquital	3.85	a
Rinconada	3.63	a

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

En la interacción (Cuadro 3), el agua y metanol en las dos localidades tienen la mayor concentración de alicina (4.32 y 3.91 mg kg⁻¹), y el agua es el solvente universal, lo que sería la mejor opción para generar un producto biorracional. Solo faltaría verificar si este producto va asociado con otros ingredientes, cuyo mejor extractante sea el agua (FAO, 2016).

El etanol también resultó ser un buen extractante, como puede observarse en el caso del ajo de Rinconada (3.81 mg L⁻¹), por lo que puede considerarse como un solvente alternativo al agua (Bor *et al.*, 2012).

Cuadro 3. Interacción de solventes de extracción y localidades en la concentración de alicina.

Extracción	Alicina (mg kg ⁻¹)		\bar{x}
	Valle del Mezquital	Rinconada	
Agua	4.32 ax	3.77 az	4.04 a
Metanol	3.91 ax	3.82 ax	3.86 ab
Etanol	3.26 bz	3.81 ax	3.53 b
Vinagre	3.93 ax	3.13 bz	3.53 b
\bar{x}	3.85 x	3.63 x	

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

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

Se ha reportado el efecto en el control de enfermedades del hongo *Bipolaris sorokiniana* en trigo a una dosis 0.87 mg L⁻¹ de alicina en tres aplicaciones cada 8 días (Antoniazzi, y Deschamps, 2006). De acuerdo con los resultados del presente trabajo, es factible preparar un producto biorracional con concentración similar a la reportada que tenga efecto antifúngico. Por otra parte, Campa et al. (Campra et al. 2017) reportó el control (91%) de *Botrytis cinérea* en racimos de uva empleando dosis de 20 µL de alicina + 30 µL de glicerol como coadyuvante.

Se sabe que la alicina desnaturaliza los fosfolípidos de las proteínas transmembranales en los hongos patógenos; inhibe la formación de la enzima glutatión reductasa que reduce la oxidorreducción, incrementado los radicales libres y la muerte celular (Ledezma y Apitz-Castro, 2006). La alicina reacciona en el sulfidrilo de la cisteína presente en las proteínas transmembranales donde afecta los dominios de adhesión en la interacción parasito-hospedante, disminuyendo la patogenicidad al reducir los receptores y traductores en la superficie celular del vegetal. Todo esto ayuda a argumentar la idoneidad de este principio activo como parte de la formulación de un producto biorracional.

CONCLUSIONES

El agua y el metanol resultaron ser los mejores extractantes de alicina en ajo en forma individual y en la interacción con localidades. Para la elaboración del producto biorracional, el agua demostró ser la mejor opción.

Los valores de concentración de alicina en ajo por localidades fueron similares es este estudio.

REFERENCIAS

- Ail-Catzim. C. E.; A. M. García-López; R. Troncoso-Rojas; R. E. González-Rodríguez; Y. Sánchez-Segura. 2015. Efecto insecticida y repelente de extractos de *Pluchea sericea* (Nutt.) sobre adultos de *Bemisia tabaci* (Genn.). Revista Chapingo Serie Horticultura, 21(1): 33-41.
- Antoniazzi, N.; C. Deschamps. 2006. Análise de crescimento de duas cultivares de cevada após tratamentos com elicitores e fungicidas. Ciência Rural, Santa María. 36(4): 1065-1071.
- Bor, Z., R. Arslan, N. Bektaş, S. Pirildar, A. A Dönmez. 2012. Antinociceptive, antiinflammatory, and antioxidant activities of the ethanol extract of *Crataegus orientalis* leaves. Turk J Med Sci. 42 (2):315-324. doi:10.3906/sag-1011-1304.
- Bordones, A., N. De Gracia, D. Díaz, R. Rodríguez, A. Chen. 2018. Comparación de la efectividad en la protección de cultivos de tomates con insecticidas orgánicos a base de: ajo (*Allium sativum*) y Nim (*Azadirachta indica*). RIC 4:39-42.
- Campa-Siqueiros, P., S. Vallejo-Cohen, C. Corrales-Maldonado, M. Á. Martínez-Téllez, I. Vargas-Arispuro, G. Ávila-Quezada. 2017. Reduction in the incidence of grey mold in table grapes due to the volatile effect of a garlic extract. Revista Mexicana de Fitopatología 35(3):494-508. doi: 10.18781/R.MEX.FIT.1707-1.
- Córdova B., M. de los A. 2010. Extracción y purificación de alicina a partir de ajo (*Allium sativum* L.): Implicaciones analíticas. Tesis Maestría en Ciencias. IPN-CIIDIR-Oaxaca. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. 180 p.
- Food and Agricultural Organization (FAO). 2016. Manual on development and use of FAO and WHO specifications for pesticides. FAO plant production and protection paper 228, Rome, Italy. 290 p.
- Janionienė, O., I. Živatkauskienė, I. Tulabienė, 2020. Investigation of the influence of sulfur and nitrogen fertilizers on the prevalence of pests on onion vegetables. Optimization of ornamental and garden plant assortment, technologies and environment. 11 (16):72-77.
- Ledezma, E., y R. Apitz-Castro. 2006. Ajoene, el principal compuesto activo derivado del ajo (*Allium sativum*) un nuevo agente antifúngico. Rev Iberoam Micol. 23:75-80.

- Loría G., A.; J. Blanco B.; M. Porras N.; M. C. Ortega M.; M. J. Cerdas V.; G. L. Madrigal R. 2021. General aspects about *Allium sativum* – A review. *Ars Pharm.* 62(4):471-481. <http://doi.org/10.30827/ars.v62i4.20843>.
- Macías D., R.; R. L. Grijalva C., F. Robles C. 2010. Productividad y calidad de variedades de ajo (*Allium sativum* L.), bajo condiciones desérticas en Caborca, Sonora. *Biotecnia* 12(1):44-54.
- Martins, S., S. I. Mussatto, G. Martínez-Avila, J. Montañez-Saenz, C. N. Aguilar, J. A. Teixeira. 2011. Bioactive phenolic compounds: Production and extraction by solid-state fermentation. A review. *Biotechnology Advances* 29:365–373.
- Nieto-Garibay, A., Murillo-Amador, B., Troyo-Diéguez, E. 2001. Evaluación de variables ecofisiológicas en plantas de ají (*Capsicum frutescens*) bajo tratamiento de composta y fertilizante químico. *Phyton International Journal Experimental Botany*, 2001:25-34.
- Perelló A., Noll U., Slusarenko A. J. 2013. *In vitro* efficacy of garlic extract to control fungal pathogens of wheat. *Journal of Medicinal Plants Research*, 24: 1809-1817.
- Pinales Q., J. F. y M. A. Arellano G. 2000. Producción de ajo ferti-irrigado. SAGAR-INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Anáhuac. Folleto técnico No. 1, Cd. Anáhuac, N.L., México. 28 p.
- Reveles-Hernández, M.; Velásquez-Valle, R. y Bravo-Lozano, A. G. 2009. Tecnología para cultivar ajo en Zacatecas. Libro Técnico No. 11. Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP. 272 p.
- Statistical Analysis System (SAS). 2010. SAS/STAT® 9.22 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 8444 p.
- Varga-Visi, É., I. Jócsák, B. Ferenca, G. Végvári. 2019. Effect of crushing and heating on the formation of volatile organosulfur compounds in garlic. *CYTA – Journal of Food*. 17(1):796–803. <https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1656288>.
- Zare M., M., M. M. Farimani, J. Rezaei, H. Mastali. 2020. Allicin diversity in some wild population of six allium species from Iran. *Farmacía*. 68(2):335-339.

EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CAPSAICINA EN CUATRO VARIETADES DE CHILE ASSESSMENT OF CAPSAICIN CONCENTRATION IN FOUR CHILI VARIETIES

Díaz Jiménez, Lourdes¹; Juan Manuel Covarrubias Ramírez^{1,2}, Salvador Carlos Hernández¹

¹Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, Cinvestav-Salttillo. Av. Industria Metalúrgica 1062, Ramos Arizpe, Coah., México. ²CE Saltillo-INIFAP, lourdes.diaz@cinvestav.edu.mx

RESUMEN

La capsaicina es el ingrediente que produce el sabor característico de las variedades picantes de Chile. El objetivo del presente estudio fue determinar la concentración de capsaicina en cuatro variedades de Chile, considerando cinco solventes para su extracción. Las variedades fueron: piquín, habanero, árbol y manzano; por su parte, los extractantes fueron: agua a temperatura ambiente, agua a 50 ° C, vinagre al 10%, metanol al 10% y etanol al 10%. La extracción se realizó siguiendo un arreglo factorial 4x5 completamente aleatorio con 4 repeticiones. La capsaicina se cuantificó mediante HPLC. Se encontraron diferencias altamente significativas en variedades de Chile y medios de extracción; no obstante, la interacción solo fue significativa. El Chile piquín presentó la mayor concentración de capsaicina con 84.3 µg g⁻¹, seguido del habanero con 42.8 µg g⁻¹. Respecto a los medios de extracción, el etanol fue el mejor con 84.3 µg g⁻¹, seguido del metanol con 74.3 µg g⁻¹, representando las mejores interacciones. La alicina extraída de Chile piquín con los etanol o metanol constituye la mejor opción para el desarrollo de un producto biorracional.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., extractantes, alicina, biorracional.

ABSTRACT

Capsaicin is the ingredient that produces the characteristic flavor of hot chili varieties. The objective of this study was to determine the concentration of capsaicin in four varieties of chili (piquin, habanero, tree chili and apple chili) and five solvents for the extraction (water at room temperature, water at 50 ° C, vinegar at 10%, methanol at 10% and ethanol at 10%). The extraction was performed following a completely random 4x5 factorial arrangement with 4 repetitions. Capsaicin was quantified by HPLC. Highly significant differences were found in chili varieties and extraction media; however, interaction was only significant. Piquin chili presented the highest concentration of capsaicin with 84.3 µg g⁻¹, followed by habanero with 42.8 µg g⁻¹. Regarding the extraction media, ethanol was the best with 84.3 µg g⁻¹, followed by methanol with 74.3 µg g⁻¹, representing the best interactions. Allicin extracted from piquin chili with ethanol or methanol is the best option for the development of a biorational product.

Key words: *Capsicum annuum* L., extractants, allicin, biorational.

INTRODUCCIÓN

La capsaicina (CAP,N-[(4-hidroxi-3-metoxifenil) metil]-8-metil(-6-nonenamida) es uno de los metabolitos responsables del picor en los frutos del género *capsicum* (López, 2003; Cázares *et al.*, 2005).

Capsicum annuum L. es el cultivo de mayor importancia entre las especies de los chiles cultivados en México. Así, se puede encontrar una gran variedad de chiles: ancho, mulato, miahuateco, pasilla, dulce, de agua, jalapeño, rayado, serrano, bolita, piquín, güiña, manzano,

habanero de monte, zacapaleño, entre otros. Se sabe que en México se tienen alrededor de 1,300 colectas de esta especie (Aguilar *et al.*, 2010).

La capsaicina se sintetiza y acumula en el tejido adyacente a las semillas (Ben-Chaim *et al.*, 2006), y su contenido depende del genotipo, la madurez del fruto y de las condiciones de cultivo (Zewdie y Bosland, 2000). Se ha demostrado que la capsaicina tiene propiedades antimicrobianas, antioxidantes (Riquelme y Matiacevich, 2017) y antifúngicas (Moreno *et al.*, 2012), lo que lo hace un excelente elemento natural para el control de plagas en cultivos. Se han realizado estudios de repelencia para *Bemisia tabaci* usando extractos de chile habanero (*Capsicum chinense*); se observó una repelencia del 95% del insecto al aplicar una solución acuosa de capsaicina al 40%, en un periodo de 8 h. En el mismo estudio se observó que la mortalidad del insecto se dio en un lapso de menos de una hora y la repelencia tuvo hasta ocho horas de duración; a partir de ahí, se va perdiendo el efecto de repelencia (Castillo *et al.*, 2012).

Se ha reportado, por ejemplo, que el chile habanero (*Capsicum chinense*), tiene una concentración de 679.4 mg kg⁻¹ de capsaicina y de 514.1 mg kg⁻¹ de dihidrocapsaicina, para un total de capsaicinoides de 1,193.6 mg kg⁻¹. En estudios de la Sierra de Norte de Puebla, se encontraron chiles con concentración de capsaicina entre 21.54 y 556.78 µg g⁻¹ y de dihidrocapsaicina de 19.54 a 348.26 µg g⁻¹ (Morán *et al.*, 2008).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la evaluar la concentración de capsaicina se consideraron dos factores: medios de extracción y variedades de chile. Los medios de extracción fueron: agua a temperatura ambiente, agua a 50° C, vinagre al 10% en agua, metanol al 10% en agua y etanol al 10% en agua. Las variedades de chile fueron: chile piquín (*Capsicum annuum* var. *Glabriusculum*), chile habanero (*Capsicum chinense*), chile de árbol (*Capsicum annuum* L) y chile manzano (*Capsicum pubescens*). Se realizaron cuatro repeticiones de cada extracción en un arreglo completamente al azar.

La extracción de capsaicina de cada variedad de chile se realizó de la siguiente manera. Se pesaron 20 g de chile; esta cantidad se colocó en un matraz de Erlenmeyer de 250 mL, donde se agregaron 100 mL de la solución de extracción. El medio de reacción se agito por un minuto y se pasó a molienda en una licuadora; la mezcla molida se colocó en un embudo Büchner con un filtro No. 615 CMSLLC 3856 de 8 µm, la fracción líquida se hizo fluir con una bomba de vacío Chemker 300 hacia un matraz Kitasato de 500 mL. Se colectaron alrededor de 50 mL de fracción líquida. El material recolectado (Brown *et al.*, 2015) se diluyó con agua en una relación 1:10 en un matraz volumétrico de 10 mL; la solución diluida se transfirió a un vaso de precipitado y con una jeringa de 5 mL se tomaron 2 mL. Este líquido se filtró a través de un filtro de jeringa Agilent de 0.45 µm. La muestra filtrada se depositó en un vial Verex de 9 mm y 2 mL para su posterior análisis.

El análisis se realizó con un HPLC Agilent 1200; como fase móvil se utilizó acetonitrilo al 60%, con flujo de 1 mL/min y una presión máxima de 400 bar. Se utilizó una columna Agilent Sorbax SB C18. Se inyectaron de 10 µL de la muestra, el tiempo de análisis fue de 12 min. Este procedimiento se realizó en un día para cada variedad de chile (Martins *et al.*, 2011).

Cabe señalar que la curva de calibración se realizó inyectando muestras con concentración de 10, 20, 30, 50, 100 y 200 ppm del estándar de Capsaicina M2028 de Sigma Aldrich. Los datos obtenidos se ajustaron a un modelo de regresión lineal (Abdalla *et al.*, 2017).

El Análisis de varianza de los factores y su interacción se realizó con el programa SAS 9.2. (SAS, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tiempo de retención en el análisis de las muestras del estándar de capsaicina fue de 8.3 min. La curva de calibración y su ajuste se presentan en la Figura 1.

El modelo presenta un coeficiente de determinación R² de 0.99. La concentración en ppm se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$ppm = \frac{(\text{área} - \beta_0)}{\beta_1}$$

donde β_0 es la intersección en el eje vertical (área) y β_1 es la pendiente de la recta de ajuste.

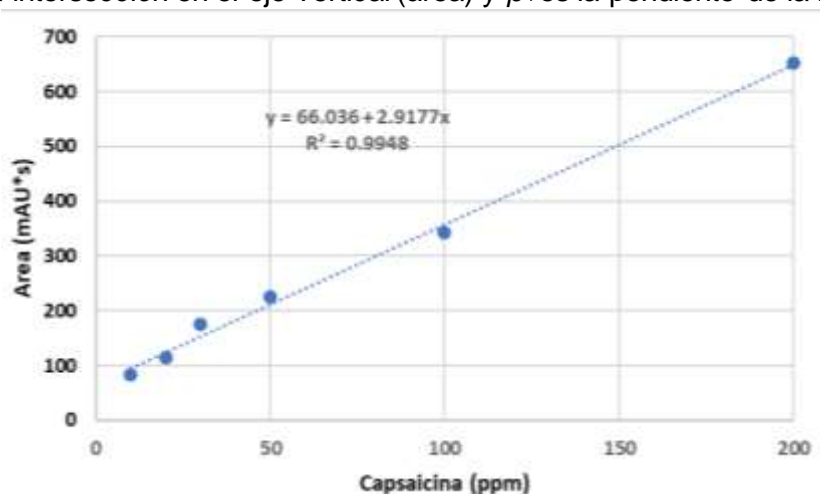


Figura 1. Curva de calibración de capsaicina

El análisis de los factores señala que el efecto de los medios de extracción es altamente significativo, al igual que el efecto de las variedades de chile. Por otro lado, la interacción medio de extracción con variedades de chile, solo presentó significancia. La concentración de capsaicina en función del medio de extracción (Cuadro 1) indica que el etanol es el mejor extractante (Arteaga, 2019); es similar estadísticamente al agua a 50° C, pero es superior al vinagre en 92 % y al agua caliente en 42%. Otro medio que puede considerarse adecuado, debido a su valor de extracción, es el metanol; el cual es superior al vinagre en 30%, aunque menor al etanol en 61%.

Cuadro 1. Método extracción de Capsaicina en chile.

Extracción	Capsaicina ($\mu\text{g g}^{-1}$)	
Agua	19.81	b
Agua 50° C	26.25	ab
Etanol	35.44	a
Metanol	24.06	b
Vinagre	18.44	b

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

El etanol tiene mayor efecto en la separación de la capsaicina del chile (Restrepo *et al.*, 2007); no obstante, si se pretende formular un producto biorracional, el agua a 50° C sería la mejor opción. Es importante remarcar que el etanol se utilizó al 10%; esta concentración cumple con los requisitos de COFEPRIS; por lo tanto, puede ser considerado un producto biorracional (Lugo *et al.*, 2017).

Por otro lado, el chile piquín tiene la mayor concentración de capsaicina y es superior significativamente a las demás variedades (Cuadro 2). Es superior en más del 1,000% a las variedades manzano y árbol, y 182% superior al chile habanero (Vera *et al.*, 2011). Esta superioridad puede deberse al ambiente de crecimiento de las plantas. El chile habanero fue obtenido del centro de Veracruz, algunos estudios indican que en las últimas etapas de corte

este chile tiene mayor concentración de capsaicina (Borges *et al.*, 2010). El chile de árbol de Puebla y el chile manzano de Morelos se desarrollaron en ambientes con temperatura y precipitaciones adecuadas para su crecimiento (Sánchez *et al.*, 2010). Por su parte, el chile piquín fue obtenido del monte en la zona central de Tamaulipas (Rodríguez *et al.*, 2004), es una planta semi perenne sujeta a una precipitación promedio de 400 mm por año en la región, lo que difiere de las otras regiones (Orellana *et al.*, 2013). Este ambiente adverso implica que la planta está sujeta a condiciones aptas para una mayor producción de capsaicina (Pardey *et al.*, 2009; Yáñez *et al.*, 2015).

Cuadro 2. Variedades de chile en el contenido de Capsaicina.

Variedades de chile	Capsaicina ($\mu\text{g g}^{-1}$)
Piquín	64.85 a
Habanero	22.95 b
árbol	9.2 c
Manzano	2.2 c

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

Sólo la concentración de capsaicina en el chile piquín y en el chile habanero está dentro de los valores descritos por Morán *et al.* (2008). El chile manzano y el chile de árbol presentaron una menor concentración de capsaicina, por lo que no se consideran adecuados para el desarrollo de un producto biorracional.

El valor de capsaicina obtenido es menor a lo reportado (Contreras *et al.*, 1998); esto puede deberse al medio de extracción y manejo de la muestra. Se han reportado valores mayores utilizando acetónitrilo como extractante y luego como agente diluyente (Collins *et al.*, 1995); en el presente trabajo, el acetónitrilo se utiliza solo como fase móvil en el HPLC, no en la extracción del metabolito ni en la preparación de la muestra.

La mejor interacción de la extracción y las variedades se obtuvo para el chile piquín, ya que presenta una mejor extracción con etanol y metanol. Respecto al efecto individual, es mejor que el agua caliente; no obstante, en la interacción, el metanol es más representativo (Cuadro 3). Estos dos alcoholes son adecuados como medios de extracción, por lo que pueden emplearse para formular un producto biorracional (Shen *et al.*, 2012; FAO 2016).

Cuadro 3. Interacción de métodos de extracción y variedades de chile en la concentración de capsaicina.

Extracción	Capsaicina ($\mu\text{g g}^{-1}$)				\bar{x}
	Manzano	árbol	Habanero	Piquín	
Agua	1.75 x	3.3 cx	17.8 by	56.5 cz	19.81b
Agua 50° C	2.0 z	16.3 ay	24.8 by	62.0 bcz	26.25ab
Etanol	2.5 w	12.3 abx	42.8 ay	84.3 az	35.44a
Metanol	1.75 z	9.5 abcy	10.8 cy	74.3 abz	24.06b
Vinagre	3.0 x	4.8 cx	18.8 by	47.3 cz	18.44b
\bar{x}	2.2z	9.2z	22.95y	64.85x	

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

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

Por su parte, el chile habanero solo tiene efecto con el etanol, que puede considerarse como una opción para la obtención de capsaicina (De la Cruz *et al.*, 2020). El chile manzano y árbol no tienen efecto, solo interactúan como métodos de extracción entre las variedades de chile, como se observa en el cuadro 3.

CONCLUSIONES

Para obtener la mayor concentración de capsaicina, se debe seleccionar el chile piquín y el etanol como extractante.

El chile habanero puede ser la segunda opción, solo en caso de que no se cuente con chile piquín, pero su efecto es menor.

REFERENCIAS

- Abdalla, A A., A. S. Afify, I. E. Hasaan, A. Mohamed. 2017. Studying the effect of household-type treatment and processing on the residues of ethion and profenofos pesticides and on the contents of capsaicinoids in green chili pepper using GC-MS/MS and HPLC. Food Anal. Methods. doi 10.1007/s12161-017-1009-9.
- Aguilar-Rincón, V. H., T. Corona Torres, P. López López, L. Latournerie Moreno, M. Ramírez Meraz, H. Villalón Mendoza y J. A. Aguilar Castillo. 2010. Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114 p.
- Arteaga Y. J., I., 2019. Efecto de la bencina de petróleo, etanol y acetato de etilo en extracción de capsaicina de *capsicums* naga y habanero. Rev. Tzhoecoen 11(2):113-123. <https://doi.org/10.26495/rtzh1911.231511>.
- Ben-Chaim, A.; Borovsky, Y.; Falise, M.; Mazourek, M.; Kang, B.; Paran, I.; Jahn, M. 2006. QTL Analysis for capsaicinoid content in *Capsicum*. Theoretical and Applied Genetics 113: 1481-1490.
- Borges G., L., L. Cervantes C., J. Ruiz N., M. Soria F., V. Reyes O. y E. Villanueva C. 2010. Capsaicinoides en chile habanero (*Capsicum chinense* jacq.) bajo diferentes condiciones de humedad y nutrición. Terra Latinoamericana 28: 35-41.
- Brown T. L.; LeMay Jr H. E.; Bursten B. E.; Murphy C. J.; Woodward P. M. and Stoltzfus. 2015. Chemistry. The Central Science. 13th Edition, AP® Edition. Pearson. USA. 1195 p.
- Castillo-Sánchez, L. E.; J. J. Jiménez-Osornio; M. A. Delgado-Herrera. 2012. Actividad biológica in vitro del extracto de *Capsicum chinense* Jacq contra *Bemisia tabaci* Genn. Revista Chapingo Serie Horticultura 18(3): 345-356.
- Cázares, S.; Ramírez, P.; Castillo, F.; Soto, R.; Rodríguez, M. y Chávez, J. 2005. Capsaicinoides y preferencia de uso en diferentes morfotipos de chile (*Capsicum annum* L.) del centro- oriente de Yucatán. Agrociencia 39: 627-638.
- Collins, M.; Wasmund, L.; Bosland, P. 1995. Improved method for quantifying capsaicinoids in *Capsicum* using high-performance liquid chromatography. Hortscience 30: 137-139.
- Contreras-Padilla, M. and E. M. Yahia. 1998. Changes in Capsaicinoids during development, maturation, and senescence of chile peppers and relation with peroxidase activity. J. Agric. Food Chem. 46:2075-2079.
- De la Cruz-Ricardez, D, C. F. Ortiz-García, L. del C. Lagunes-Espinoza, M. Torres-de la Cruz, E. Hernández-Nataren. 2020. Compuestos fenólicos, carotenoides y capsaicinoides en frutos de *Capsicum* spp. de Tabasco, México.
- Food and Agricultural Organization (FAO). 2016. Manual on development and use of FAO and WHO specifications for pesticides. FAO plant production and protection paper 228, Rome, Italy. 290 p.
- López, G. 2003. Chilli: La especia del Nuevo Mundo. Ciencias 69: 66-75.
- Lugo M., O Y., C. Alvarado O., E. L. Ramírez C. 2017. Inocuidad y trazabilidad en los alimentos mexicanos. CONACYT-CIATEJ. Guadalajara, Jal. 274 p.

- Martins, S., S. I. Mussatto, G. Martínez-Avila, J. Montañez-Saenz, C. N. Aguilar, J. A. Teixeira. 2011. Bioactive phenolic compounds: Production and extraction by solid-state fermentation. A review. *Biotechnology Advances* 29:365–373.
- Morán-Bañuelos, S. H., V. H. Aguilar-Rincón, T. Corona-Torres, F. Castillo-González, R. M. Soto-Hernández y R. San Miguel-Chávez. 2008. Capsaicinoides en chiles nativos de Puebla, México. *Agrociencia* 42: 807-816.
- Moreno-Limón, S., S.M. Salcedo-Martínez, M.L.Cárdenas-Ávila, J.L. Hernández-Piñero y M.A. Núñez-González. 2012. Efecto antifúngico de capsaicina y extractos de chile piquín (*Capsicum annuum* l. var. *aviculare*) sobre el crecimiento in vitro de *aspergillus flavus*. *Polibotanica* 34:191-204.
- Orellana-Escobedo L., L.E. Garcia-Amezquita, G.I. Olivas, J.J. Ornelas-Paz and D.R. Sepulveda. 2013. Capsaicinoids content and proximate composition of Mexican chili peppers (*Capsicum* spp.) cultivated in the State of Chihuahua. *CyTA – Journal of Food* 11(2):179- 184. <http://dx.doi.org/10.1080/19476337.2012.716082>.
- Pardey R., C.; García D, M. A.; Vallejo C., F. A. 2009. Evaluación agronómica de accesiones de *Capsicum* del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. *Acta Agronómica*, 58(1): 23-28
- Restrepo G. M., N. Llanos R., C. E. Fonseca E. 2007. Composición de las oleorresinas de dos variedades de ají picante (habanero y tabasco) obtenidas mediante lixiviación con solventes orgánicos. *Revista Lasallista de Investigación*. 4(1):14-19.
- Riquelme, N. and S. Matiacevich. 2017. Characterization and evaluation of some properties of oleoresin from *Capsicum annuum* var. cacho de cabra. *CyTA – Journal of Food* 15(3):344–351. <https://doi.org/10.1080/19476337.2016.1256913>.
- Rodríguez Del B., L. A., M. Ramírez M. y O. Pozo C. 2004. Tecnología de producción de chile piquín en el Noreste de México. INIFAP-CIRNE CE Río Bravo. Folleto técnico # 29. Tamaulipas, México. 33 p.
- Sánchez-Sánchez, H., V. A. González-Hernández, A. B. Cruz-Pérez, M. Pérez-Grajales, M. A. Gutiérrez-Espinosa, A. A. Gardea-Béjar, M. Á. Gómez-Lim. 2010. Herencia de capsaicinoides en chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.). *Agrociencia* 44: 655-665.
- Shen C., X. Yang, Y. Wang, J. Zhou, C. Chen. 2012. Complexation of capsaicin with b-cyclodextrins to improve pesticide formulations: effect on aqueous solubility, dissolution rate, stability and soil adsorption. *J. Incl. Phenom Macrocycl. Chem.* 72:263–274. doi 10.1007/s10847-011-9971-0.
- Statistical Analysis System (SAS). 2010. SAS/STAT® 9.22 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 8444 p.
- Vera-Guzmán A. M., J. L. Chávez-Servia, J. C. Carrillo-Rodríguez and M. G. López. 2011. Phytochemical evaluation of wild and cultivated pepper (*Capsicum annuum* L. and *C. pubescens* Ruiz & Pav.) from Oaxaca, México. *Chilean Jour. of Agric. Res.* 71(4):578-585.
- Yáñez, P.; Balseca, D.; Rivadeneira, L.; Larenas, C. 2015. Características morfológicas y de concentración de capsaicina en cinco especies nativas del género *capsicum* cultivadas en Ecuador la granja. *Revista de ciencias de la vida*, 22(2):12-32.
- Zewdie, Y and Bosland, P. 2000. Evaluation of genotype, environment, and genotype-by-environment interaction for capsaicinoids in *Capsicum annuum* L. *Euphytica* 111: 185-190.

COMPARACIÓN DE SOLVENTES PARA LA EXTRACCIÓN DE AZADIRACTINA DE HOJAS Y SEMILLAS DE NEEM

SOLVENTS COMPARISON FOR AZADIRACTIN EXTRACTION FROM NEEM LEAVES AND SEEDS

Díaz Jiménez, Lourdes¹; Juan Manuel Covarrubias Ramírez^{1,2}, Salvador Carlos Hernández¹

¹Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, Cinvestav-Salttillo. Av. Industria Metalúrgica 1062, Ramos Arizpe, Coah., México. ²CE Saltillo-INIFAP, lourdes.diaz@cinvestav.edu.mx

RESUMEN

La azadiractina es un fitoquímico con actividad antifúngica y repelente que se encuentra en el árbol de neem y su concentración depende de la parte de la planta donde se extrae. El objetivo de este estudio fue determinar la concentración de azadiractina en hojas y semillas de neem provenientes de 2 localidades usando 4 solventes para su extracción. Las localidades fueron: Abasolo, Tamaulipas y La Región Lagunera en Coahuila, los medios de extracción empleados fueron: agua a temperatura ambiente, vinagre al 10%, metanol al 10% y etanol al 10%. La extracción de azadiractina se realizó siguiendo un arreglo factorial 2x4 con 4 repeticiones completamente aleatorizado. La cuantificación de azadiractina se realizó por HPLC. No se encontró diferencia significativa en el solvente de extracción, pero sí en las localidades; la interacción solo fue significativa. Las hojas de Tamaulipas presentaron la mayor concentración de azadiractina con 1.97 mg kg⁻¹, el metanol con 1.05 mg kg⁻¹, en la interacción con 2.04 mg kg⁻¹, siendo estas las mejores respuestas. El metanol como extractante y las hojas de neem de Tamaulipas son la mejor opción para la elaboración de un producto biorracional.

Palabras clave: *Azadirachta indica* A. Juss, fitoquímico, antifúngica, biorracional.

ABSTRACT

Azadirachtin is a phytochemical compound which shows antifungal and repellent activity. It is found in the neem tree in concentrations depending on the part of the tree where azadirachtin is extracted. The objective of this study was to determine the concentration of azadirachtin in neem leaves and seeds from two locations using four solvents for the extraction. The locations were: Abasolo, Tamaulipas and La Región Lagunera in Coahuila. The considered extraction media were: water at room temperature, vinegar at 10%, methanol at 10% and ethanol at 10%. Azadirachtin extraction was performed following a 2x4 factorial arrangement with 4 completely randomized repetitions. The quantification of the phytochemical was performed by HPLC. No significant difference was found regarding the extraction solvent, but it was found for the localities; the interaction was only significant. Tamaulipas neem leaves presented the highest concentration of azadirachtin with 1.97 mg kg⁻¹, methanol with 1.05 mg kg⁻¹, in the interaction with 2.04 mg kg⁻¹, these being the best responses. Methanol as an extractant and neem leaves from Tamaulipas are the best option to formulate a biorational product.

Key words: *Azadirachta indica* A. Juss, phytochemical, antifungal, biorational.

INTRODUCCION

El árbol de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) es una planta perenne arbórea originaria de India que se adapta y crece bien en zonas de clima tropical y subtropical (Cruz y Del Ángel, 2004). Los triterpenos de neem tiene propiedades insecticidas para el control de plagas en

campo y almacén, además de uso medicinal y farmacológico; en algunos países se utilizan como insecticidas botánicos (NRC, 1992). Los fitoquímicos del neem con frecuencia tienen bajos riesgos ambientales, debido a su menor potencial bioacumulativo y su acción biológica específica, por estos beneficios fue introducido a México.

El compuesto responsable de la capacidad repelente del neem es la azadiractina, su concentración promedio, como extracto acuoso, es de 150 ± 52 mg/L y $2,478 \pm 81.7$ mg/L en aceite (Gahucar, 2014). Las hojas y las semillas de neem son las que se utilizan como repelente (Del villar *et al.*, 2006). El extracto de semilla tiene mayor efecto en la repelencia a una concentración del 4% (González *et al.*, 2006).

El extracto de azadiractina con etanol se ha reportado eficiente como repelente de plagas (Coria *et al.*, 2008). La azadiractina en aceite a una concentración de 1 mg/mL, tiene el mayor efecto en control de mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Aleyrodidae) West, con una repelencia del 100% hasta 3 días (Muñiz-Reyes *et al.*, 2016).

La azadiractina, no tiene efecto de insecticida en concentración de 4.5%, pero a una concentración del 20% tiene efecto repelente, mientras que presenta efecto insecticida al 80% sobre la plaga *Stephanitis pyrioides* (Shimat, 2020).

La aplicación de neem a concentración del 80% para el control de *Diaphania hyalinata* (L.) en melón tuvo un control de 96% a los 7 días en la primera aplicación y de 100% en la segunda al mismo tiempo. Para el control de *Thrips palmi* en el cultivo del pepino de 89% a los 7 días en la primera aplicación y de 96% en la segunda al mismo tiempo; para el control de *Bemisia tabaci* en el cultivo del tomate de 97% a los 3 días en una sola aplicación (López y Estrada, 2005).

MATERIALES Y METODOS

Se siguió un diseño experimental con dos factores: A) solvente de extracción y B) localidad de colecta del material vegetativo. Los solventes de extracción fueron 1) Agua a temperatura ambiente, 2) Vinagre al 10% en agua, 3) Metanol al 10% en agua y 4) Etanol al 10% en agua. Las localidades fueron a) Abasolo, Tamaulipas de donde se colectaron hojas de un árbol de más de 50 años de edad, ubicado en la plaza pública de Abasolo y b) Torreón, Coahuila (La Laguna) donde se colectaron hojas y semillas de un árbol de 6 años en producción comercial. Así, el arreglo experimental fue de 4 solventes de extracción y 2 localidades con 4 repeticiones para un diseño completamente al azar con dos factores.

La extracción se realizó pesando 20 g de hojas y semilla de neem de cada localidad con sus repeticiones, los cuales se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 250 mL. A cada matraz se agregaron 100 mL del solvente de extracción y se mantuvo en agitación por 24 h a temperatura ambiente. Transcurrido el tiempo, la mezcla se pasó a molienda en una licuadora seguida de filtración al vacío usando un embudo Büchner con un filtro No. 615 CMSLLC 3856 de 8 μ m y con una bomba de vacío Chemker 300. Del filtrado se tomaron 50 mL y se diluyeron con el solvente en una relación 1:10. Finalmente, de la solución final se tomó una alícuota y se filtró a través de un filtro de jeringa y la muestra fue analizada por HPLC (Silva *et al.*, 2007). La cuantificación de azadiractina se realizó en un equipo Agilent Technologies 1200, usando como fase móvil acetonitrilo (A) y agua (B) en gradiente: 0-5 min 70% B, 30% A; 5-12 min. 10% B, 90% A; 12-18 min. 70% B, 30% A. La columna usada fue Agilent SupelcoSil LC 18, 5 micrones de interior y 150 x 4.6 mm. La separación analítica se realizó termostatazando la columna a 30 °C (Thermasphere TS-130) (Chaudharya *et al.*, 2020).

La cuantificación de azadiractina se obtuvo usando la siguiente ecuación:

$$\text{Azadiractina (mg kg}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Area Azadiractina (mAU * s)}}{156,123}$$

El valor obtenido se ajustó a la dilución 1:10 y al peso de la muestra a 20 g. El Análisis de varianza de los factores y su interacción se realizó con el programa SAS 9.4. (SAS, 2021), los resultados se presentan en mg kg⁻¹.

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis estadístico de los resultados mostró que la diferencia en la concentración de azadiractina extraída con los cuatro solventes no es diferente estadísticamente. Si bien, el metanol supera al vinagre en 3.7%, al agua en 12.8% y al etanol en 15.3%, los valores son similares estadísticamente (Cuadro 1). De estudios reportados, se sabe que el metanol es considerado el mejor extractante para azadiractina (Akihisa *et al.*, 2021); sin embargo, en este estudio no se encontró diferencia en el uso de uno u otro solvente, aunque se haya observado un efecto positivo (Boursier *et al.*, 2011; Shah *et al.*, 2021).

Cuadro 1. Método extracción de azadiractina en neem.

Extracción	Azadiractina (mg kg ⁻¹)	
Metanol	1.05	a
Vinagre	1.01	a
Agua	0.91	a
Etanol	0.89	a

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

El contenido de azadiractina en las hojas del neem de Tamaulipas supera estadísticamente a la semilla y las hojas del árbol de la Región Lagunera (Cuadro 2), las hojas del árbol de Tamaulipas, son 75 y 78% superiores, respectivamente. Este resultado puede deberse a la edad del árbol, ya que se ha reportado que, a mayor edad del árbol, mayor es la concentración de azadiractina en sus tejidos (Yakkundi *et al.*, 1995); aunque la concentración también se ve afectada por la temperatura y la humedad donde desarrolla el árbol (Sidhu *et al.*, 2003).

La concentración de azadiractina en la semilla en extracto acuoso como con los extractantes, varía de 10 a 200 mg kg⁻¹ (Dubhashi *et al.*, 2013), pero los resultados indican que es menor el contenido en la semilla de neem de la Laguna.

Cuadro 2. Efecto de partes vegetativas en el contenido de azadiractina.

Partes Vegetativas	Azadiractina (mg kg ⁻¹)	
Hoja Tamaulipas	1.97	a
Semilla Laguna	0.49	b
Hojas Laguna	0.44	b

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

La concentración de azadiractina en hojas fue el mayor valor encontrado en este estudio, sin embargo, es menor al contenido encontrado por otros autores que ha sido de 73.62 mg kg⁻¹ (Himesh *et al.*, 2012).

Las concentraciones de azadiractina obtenidas en el presente estudio varían de 0.44 a 1.97 mg kg⁻¹, lo que es adecuado para lograr un efecto antialimentario en insectos plaga, que de acuerdo con reportes previos deben de ser entre 0.01 a 1000 mg kg⁻¹, dependiendo del insecto (Mordue y Blackwell, 1993).

En la interacción, solo el vinagre y el metanol en hojas de Tamaulipas son estadísticamente superiores al resto de las interacciones (Cuadro 3), pero el metanol es considerado como el mejor extractante de azadiractina (Morgan, 2009; Boursier *et al.*, 2011).

La azadiractina es fotosensible, por lo que se degrada rápidamente y solo tiene 8 días de efectividad (Kumar *et al.*, 2022); esta característica hace necesario el uso de un surfactante para aumentar su eficacia y cobertura (Ghosh, *et al.*, 2021; Iqba *et al.*, 2022); aunque existen

productos de nanoemulsiones con azadiractina que tienen un efecto de más de 20 días, pero tienen un elevado costo (Ahmad *et al.*, 2015).

La azadiractina cumple como repelente, antialimentaria y antihormonal de insectos plaga y antipatogena contra enfermedades, es de doble propósito (Pijoan, 2004); además reduce el daño oxidativo por el estrés hídrico en cultivos (Naz *et al.*, 2022).

Cuadro 3. Interacción de métodos de extracción y partes vegetativas en la concentración de azadiractina.

Extracción	Azadiractina (mg kg ⁻¹)			\bar{x}
	Hoja Tamaulipas	Hoja Laguna	Semilla Laguna	
Vinagre	2.15 az	0.42 ay	0.46 ay	1.01 a
Metanol	2.04 az	0.57 ay	0.53 ay	1.05 a
Agua	1.99 bz	0.26 ay	0.48 ay	0.91 a
Etanol	1.68 bz	0.50 ay	0.48 ay	0.89 a
\bar{x}	1.97 x	0.44 y	0.49 y	

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

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

CONCLUSIONES

El metanol al igual que el vinagre, resultaron los mejores extractantes de azadiractina.

Las hojas de neem colectadas en Tamaulipas tuvieron la mayor concentración de azadiractina, superando a la semilla y hojas de la Laguna.

REFERENCIAS

- Ahmad, S., M. Shafiq A., M. Muslim. 2015. Toxic effects of neem-based insecticides on the fitness of *Helicoverpa armigera* (Hübner). *Crop Protection*. 68:72-78.
- Akihisa, T., J. Zhang, A. Manosroi, T. Kikuchi, J. Manosroi, and M. Abe. 2021. Limonoids and other secondary metabolites of *Azadirachta indica* (neem) and *Azadirachta indica* var. *siamensis* (Siamese neem), and their bioactivities. *Studies in Natural Products Chemistry*. 68:29-65.
- Boursier C. M., D. Bosco, A. Coulibaly, M. Negre. 2011. Are traditional neem extract preparations as efficient as a commercial formulation of azadirachtin A?. *Crop Protection* 30:318-322.
- Coria, C.; Almirón, W.; Valladares, G.; Carpinella, C.; Ludueña, F.; Defago, M. and Palacios, S. 2008. Larvicidae and oviposition deterrent effects of fruit and leaf ext from *Melia azedarach* (L.) on *Aedes aegypti* (L) (Diptera: Culicidae) *Bioresour. Technol.* 99:3066-3070.
- Cruz F., M. y R. Del Ángel S. 2004. El árbol de nim, aprovechamiento y establecimiento en la huasteca potosina. INIFAP-CIRNE. C. E. Huichiuayán y Campo Experimental Ebano, Folleto Técnico Núm. 3. San Luis Potosí, México.
- Del Villar-González, D.; J. A. Villanueva-Jiménez, C. Martínez-Becerril. 2006. Repelencia alimenticia de extractos de éter etílico de nim (*Azadirachta indica*) en arroz palay, para el control del tordo ojirrojo (*Molothrus aeneus*). *Agrociencia* 40: 197-203.
- Dubhashi, S., V. Pranay, M. Singaiah, J. Satwik, V. V. L. N. Prasad, P. V Diwan. 2013. Studies on extraction and HPLC Analysis of Azadirachtin from Kernels of Neem Seeds. *J. Adv. Pharm. Edu. & Res.* 3(1): 27-30.
- Chaudharya, M. F., A. Ashraf, M. Waseema, S. Hayata, H. U. Nadeemd, M. H. Siddiqued, A. Muzammild, M. Afzald, and S. Muzammila. 2020. Neem oil. Chapter 5. *In: Green Sustainable Process for Chemical and Environmental Engineering and Science*. Editors:

- Dr. Inamuddin, R. Boddula, A. Asiri. eBook ISBN: 9780128219003. Paperback ISBN: 9780128218860. Elsevier.
- Gahucar, R. T. 2014. Factors affecting content and bioefficacy of neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) phytochemicals used in agricultural pest control. *Crop Prot.* 62:93-99.
- Ghosh, S., S. N. Mali, D.N. Bhowmick, A.P. Pratap. 2021. Neem oil as natural pesticide: Pseudo ternary diagram and computational study. *Journal of the Indian Chemical Society.* 98. 100088. <https://doi.org/10.1016/j.jics.2021.100088>.
- González-Gómez, R.; G. Otero-Colina, J. A. Villanueva-Jiménez, J. A. Pérez-Amaro y R. M. Soto-Hernández. 2006. Toxicidad y repelencia de *Azadirachta indica* contra *Varroa destructor* (acarí: varroidae). *Agrociencia* 40:741-751.
- Himesh S.; Mishra, K.; Sarvesh S.; Singhai, A. K. 2012. Characterization of Azadirachtin from ethanolic extract of leaves of *Azadirachta indica*. *Journal of Pharmacy Research.* 5(1):199-201.
- Iqbal N., D. K. Hazra, A. Purkait, A. Agrawal, J. Kumar. 2022. Bioengineering of neem nano-formulation with adjuvant for better adhesion over applied surface to give long term insect control. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces.* 209. 112176. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2021.112176>.
- Kumar, S., N. Singh, L. S. Devi, S. Kumar, M. Kamle, P. Kumar, A. Mukherjee. 2022. Neem oil and its nanoemulsion in sustainable food preservation and packaging: Current status and future prospects. *Journal of Agriculture and Food Research.* 7:100254. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100254>.
- López Díaz, M. T. y Estrada Ortiz, J. 2005. Los bioinsecticidas de nim en el control de plagas de insectos en cultivos económicos. La Habana (cuba). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias.* 37(2): 41-50.
- Mordue A. J., A. Blackwell. 1993. Azadirachtin: An Update. *J. Insect Physiol.* 39 (11):903-924.
- Morgan, E. D. 2009. Azadirachtin, a scientific gold mine. *Bioorganic & Medicinal Chemistry.* 17:4096–4105.
- Muñiz-Reyes; E.; C. A. Ramos Barreto; C. Rodríguez-Hernández y L. D. Ortega-Arenas. 2016. Actividad biológica de nim en adultos de mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Aleyrodidae) West. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 7(6):1283-1295.
- National Research Council (NRC). 1992. *Neem: A Tree for Solving Global Problems.* Report of an Ad Hoc Panel of the Board of Science and Technology for International Development, National Research Council. Washington, D. C. 152 p.
- Naz H., N. A. Akram, M. Ashraf, D. I. Hefft, B. L. Jan. 2022. Leaf extract of neem (*Azadirachta indica*) alleviates adverse effects of drought in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants through alterations in biochemical attributes and antioxidants. *Saudi Journal of Biological Sciences* 29:1367–1374. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.01.038>.
- Pijoan. M. 2004. El neem. La “farmacia de la aldea”. *O F F A R M.* 23(5):128-133.
- Shah, M. D., B. A. Venmathi M., J. Kit T., Y. Soon Y., C. Fui F., S. R. Muhamad S., R. Shapawi. 2021. The anti-leech potential of the solvent extract of Bornean neem leaves and ultra-high-performance liquid chromatography-high-resolution mass spectrometry profiling. *Journal of King Saud University – Science.* 33: 101541. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101541>.
- Shimat V., Joseph. 2020. Repellent effects of insecticides on *Stephanitis pyrioides* Scott (*Hemiptera:Tingidae*) under laboratory conditions. *Crop Protection* 127:1-9. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104985>.
- Sidhu, O. P., V. Kumar, and H. M. Behl. 2003. Variability in Neem (*Azadirachta indica*) with Respect to Azadirachtin Content. *J. Agric. Food Chem.* 51:910-915.
- Silva T., J. C., G. N. Jham, R. D. L. Oliveira, L. Brown. 2007. Purification of the seven tetranortriterpenoids in neem (*Azadirachta indica*) seed by counter-current

- chromatography sequentially followed by isocratic preparative reversed-phase high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1151:203–210.
- Statistical Analysis System (SAS). 2021. SAS/STAT® 9.4 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 8444 p.
- Tan W. H. and B. G. Song. 2006. Research on Effect of Four Natural Ultraviolet Light Absorbers on Photostabilization of Azadirachtin-A. *Agricultural Sciences in China*. 5(11): 855-858.
- Yakkundi, S. R., R. Thejavathi, and B. Ravindranath. 1995. Variation of Azadirachtin Content during Growth and Storage of Neem (*Azadirachta indica*) Seeds. *J. Agric. Food Chem.* 43:2517-2519.

DETERMINACIÓN DE CINAMALDEHIDO EN CANELA DE DOS LOCALIDADES MEDIANTE HPLC

DETERMINATION OF CINAMALDHYDE IN CINNAMON FROM TWO LOCATIONS BY HPLC

Covarrubias Ramírez, Juan Manuel; Díaz Jiménez, Lourdes; García Garza, Sergio Javier

CE Saltillo-INIFAP, CINVESTAV – Saltillo, Peniel Agro, S.A. covarrubias.juan@inifap.gob.mx

RESUMEN

El cinamaldehído es el ingrediente que contiene la canela con efectos repelentes y antifúngicos. El objetivo del estudio fue determinar la concentración de cinamaldehído en canela de dos localidades usando cuatro solventes de extracción y su implicación en la agricultura sustentable. Las localidades fueron: Veracruz y Chiapas, los solventes fueron: agua a temperatura ambiente, vinagre al 10%, metanol al 10% y etanol al 10%. Se analizó el cinamaldehído con los solventes ácido acético y acetonitrilo con ácido acético en HPLC y se tuvo una factorial 2x4 con 4 repeticiones con arreglo completamente al azar para su análisis. Se tuvo diferencia altamente significativa en el solvente y en las localidades, además de la interacción. El metanol presentó la mayor concentración de cinamaldehído con 313 mg kg⁻¹, seguido del etanol con 307 mg kg⁻¹, en las localidades Veracruz presentó la mayor concentración con 469 mg kg⁻¹, y en la interacción la localidad de Veracruz con la extracción de metanol 542 mg kg⁻¹ fue la mejor respuesta. El metanol como extractante de cinamaldehído es la mejor opción para un producto biorracional.

Palabras clave: Antifúngico, producto biorracional

ABSTRACT

Cinnamaldehyde is the ingredient contained in cinnamon with repellent and antifungal effects. The objective of the study was to determine the concentration of cinnamaldehyde in cinnamon from two localities using four extraction solvents and their involvement in sustainable agriculture. The localities were: Veracruz and Chiapas, the solvents were: water at room temperature, vinegar at 10%, methanol at 10% and ethanol at 10%. Cinnamaldehyde was analyzed with the solvent's acetic acid and acetonitrile with acetic acid in HPLC and a 2x4 factorial with 4 repeats was completely random for analysis. There was a highly significant difference in the solvent and in the localities, in addition to the interaction. Methanol presented the highest concentration of cinnamaldehyde with 313 mg kg⁻¹, followed by ethanol with 307 mg kg⁻¹, in the localities Veracruz presented the highest concentration with 469 mg kg⁻¹, and in the interaction the locality of Veracruz with the extraction of methanol 542 mg kg⁻¹ was the

best response. Methanol as a cinnamaldehyde extractant is the best choice for a biorational product.

Key words: Antifungal, biorational product

INTRODUCCION

La canela es originaria de Ceylan (actualmente Sri Lanka) y pertenece al género *Cinnamomum*, *Cinnamomum verum* fue descrita por el químico, botánico, zoólogo, geólogo, mineralogista y palentólogo checo Jan Svatopluk Presl en 1825 (INECOL, 2020), donde se encuentran las especies *verum*, *camphora*, *cassia*, y *zeylanicum*. El nombre genérico *Cinnamomum* proviene del griego Kinnamon o Kinnamomon, que significa madera dulce. El epíteto específico *verum* se deriva del latino “verus, vera, verum” que quiere decir verdadero, para distinguirlo de otras especies de *Cinnamomum* de las cuales se obtiene un producto parecido, pero de menor calidad. La concentración de cinamaldehído como ingrediente activo de la canela se utiliza como repelente, está en la forma de aldehído cinámico y tiene una concentración promedio 500 a 750 mg kg⁻¹; por lo que se considera una planta aromática y tiene hasta un 90% de repelencia de insectos plaga por un periodo de 8 h (Omolo *et al.*, 2004; Amer y Mehlhorn, 2006; Chang *et al.*, 2006).

Evaluaciones de *Cinnamomum zeylanicum* y *Cinnamomum cassia* han demostrado estas especies son fuertes repelentes de los trips (*Megalurothrips sjostedti*) (Abteu *et. al.*, 2015). Aceites esenciales de canela a una concentración del 1% mostraron repelencia del 91% sobre adultos de mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* West) en frijol durante 6 h (Santiago *et al.*, 2009).

En el control de *Colletotrichum acutatum* por cinamaldehído a 400 mg L⁻¹, se tiene el mayor control del 90% a las 96 h y a las 264 h del 70%, el proceso para el control es porque el cinamaldehído se transforma en menos de una hora en alcohol cinámico para seguir la ruta de oxidación como 3-fenil-oxiranometanol y si se reduce como 3-fenil-1-propanol (Correa *et al.*, 2009).

El objetivo del estudio fue determinar la concentración de cinamaldehído en canela de 2 localidades usando 4 solventes de extracción y su implicación en la agricultura sustentable.

MATERIALES Y METODOS

Se trabajaron dos factores: A) solventes de extracción y B) Localidades. Los solventes de extracción fueron 1) Agua a temperatura ambiente, 2) Vinagre al 10% en agua, 3) Metanol al 10% en agua y 4) Etanol al 10% en agua. Las localidades fueron a) Veracruz y b) Chiapas, ambas muestras se obtuvieron del centro de abastos de la Ciudad de México. Para tener 4

solventes de extracción y 2 localidades de canela con 4 repeticiones para un diseño completamente al azar con dos factores.

Para obtener la concentración de cinamaldehído en HPLC, se utiliza una solución coadyuvante de Eugenol del cual se obtiene la curva de calibración y esta se realizó con 1, 20, 40, 60, 80 y 100 ppm empleando un estándar de Eugenol 98% de Sigma Aldrich, y su cuantificación con el HPLC con el método CINAMALDEHIDO.M y la secuencia Cuantificación-Canela.S, para obtener la cromatografía en mili-Unidades de Absorbancia por segundo (mAU*s) y así ajustarla con el valor de ppm a un modelo de regresión lineal.

La extracción se realizó pesando 20 g de canela de cada localidad con sus repeticiones, y se colocó en un matraz de Erlenmeyer de 250 mL, donde se les añadió las soluciones de extracción de 100 mL; se agitó por 60 minutos a 30°C y se pasó a molienda en una licuadora, la mezcla molida se pasa por un colador y se agitó por 30 minutos a 30°C. Transcurrido el tiempo se realiza una dilución 10:1 del filtrado.

De la muestra de 10 mL se toman 3 mL, con jeringa de 5 mL después se cambia de aguja y se coloca un filtro agilent de 0.45 µm en la jeringa y se pasa la muestra a un vial verex de 9 mm y 2 mL, para su análisis en HPLC (Espinoza *et al.*, 2020). Este proceso se realizó en dos días para cada localidad por la agitación y el molido.

El análisis se realizó con un HPLC marca Agilent 1200, como solvente se utilizó ácido acético al 2.5% en agua como 1^{er} solvente, y acetonitrilo al 80% con 4% de ácido acético en agua como 2^o solvente con flujo de 0.5 mL/min y una presión máxima de 400 bar inyectando el 60% del 1^{er} solvente y 40% del 2^o solvente, la inyección del vial fue de 10 µL y el tiempo de análisis fue de 25 minutos. La cuantificación del cinamaldehído de la canela con el HPLC se realizó con la columna Agilent SupelcoSil LC 18,5 micrones de interior y 150 x 4.6 mm.

Los valores de integración de la cromatografía por HPLC fueron en mili-Unidades de Absorbancia por segundo (mAU*s), El tiempo de retención para el cinamaldehído fue de 8.4 minutos y del eugenol fue de 8.7 minutos en la cromatografía. La concentración obtenida se ajustó al peso de 20 g y el cálculo se realiza mediante la ley de Lambert-Beer (Pérez, 2019).

$$\text{Cinamaldehído (mg kg}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Eugenol (mg kg}^{-1}\text{)} \times \text{Area Cinamaldehído (mAU * s)}}{\text{Area Eugenol (mAU * s)}}$$

La regresión y el Análisis de varianza de los factores con su interacción se realizó con el programa SAS 9.2. (SAS, 2010), los resultados se presentan en mg kg⁻¹.

RESULTADOS Y DISCUSION

La calibración y ajuste del eugenol, se muestra en la Figura 1, el modelo es altamente significativo y representa la relación mili-Unidades de Absorbancia por segundo con la

concentración de eugenol, así tenemos las variables para cuantificar cinamaldehído, solo cambiando las unidades de ppm a mg kg^{-1} , para ajustar al modelo de Lambert-Beer.

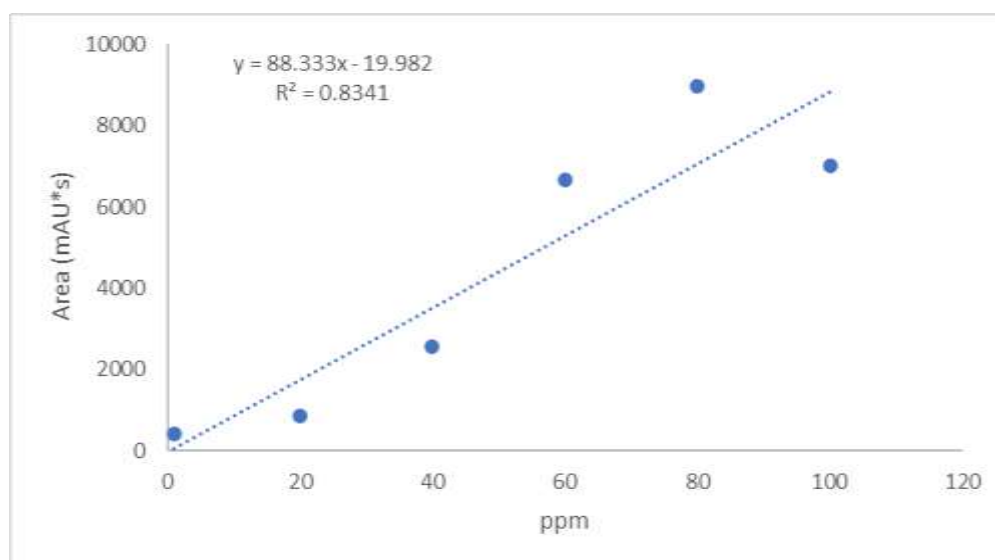


Figura 1. Calibración de eugenol mediante un reactivo para cuantificar cinamaldehído

Como la cuantificación de eugenol y cinamaldehído en el HPLC se realiza a 221 nm, el tiempo de retención para el cinamaldehído fue de 8.4 minutos y del eugenol fue de 8.7 en la cromatografía (Gursale *et al.*, 2010). Los métodos de extracción (Cuadro 1), fueron diferentes de forma altamente significativa, el metanol resultó el mejor solvente de extracción superando al etanol en 2.9%, pero siendo similares estadísticamente. El metanol también fue superior en 13.9% al agua y 25.5% al vinagre además de diferente significativamente (Mathew y Abraham, 2006).

Cuadro 1. Método extracción de cinamaldehído en canela.

Solvente	Cinamaldehído (mg kg^{-1})	
Metanol	313	a
Etanol	307	a
Agua	270	ab
Vinagre	233	b

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

Los alcoholes metanol y etanol son eficientes en la extracción de cinamaldehído (Mazimba *et al.*, 2015), pero siempre es mejor el metanol.

Las localidades son diferentes en forma altamente significativa (Cuadro 2), por lo que, la canela obtenida de Chiapas es superior en 80.3% a la canela de Veracruz; si existe diferencia entre localidades, y esta es muy marcada en este estudio.

Cuadro 2. Efecto de localidades en el contenido de cinamaldehído.

Localidades	Cinamaldehído (mg kg ⁻¹)	
Chiapas	469	a
Veracruz	92	b

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

La concentración de cinamaldehído en la interacción (Cuadro 3), solo el extractante metanol y etanol en la localidad de Chiapas, superan la concentración de 500 mg kg⁻¹, que es la mínima reportada (Amer y Mehlhorn, 2006).

Cuadro 3. Interacción de métodos de extracción y localidades en la concentración de cinamaldehído.

Solvente	Cinamaldehído (mg kg ⁻¹)		
	Chiapas	Veracruz	\bar{x}
Metanol	542 az	84 ay	313 a
Etanol	509 az	104 ay	307 a
Agua	443 abz	97 ay	270 ab
Vinagre	383 bz	84 ay	233 b
\bar{x}	469 z	92 y	

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

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

Como el mayor valor obtenido de cinamaldehído fue 542 mg kg⁻¹, su implicación en la agricultura sustentable si lo comparamos con una dosis de 5,250 mg L⁻¹, induce la resistencia y control de *Penicillium digitatum* y *Geotrichum citri-aurantii* en cítricos a más del 90% en un periodo de 24 h, porque induce la actividad de phenylalanina ammonia-lyasa (PAL), peroxidasa (POD), polyphenol oxidasa (PPO), β -1, 3-glucanasa (GLU) y chitinasa (CHT) y simultáneamente induce un incremento de fenoles totales, flavanona, dihidroflavonol, flavona, flavonol, y lignina (Duan *et al.*, 2021), con lo que se demuestra que el cinamaldehído además de ejercer un control, activa mecanismos de defensa contra plagas y enfermedades.

El Cinamaldehído ha resultado eficaz en el control de *Colletotrichum gloeosporioides*, *Glioccephalotrichum microchlamydosporum* y *Botryodiplodia theobromae*, en aplicación de 30 mg kg⁻¹, cubriendo el cultivo con la solución (Sivakumar *et al.*, 2002).

La canela *Cinnamomum cassia* tiene una dosis letal de LC₅₀ = 25.43 ± 1.0423 µg/cm³ causando una mortalidad del 96% del *Dermanyssus gallinae* en larva y huevecillos, pero sin afectar al hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Bordín *et al.*, 2021), por lo que es un control sustentable el uso de la canela.

El eugenol contenido en la canela no tiene el mejor control de insectos y ácaros, pero es sustentable porque tiene una dosis letal de 60.8 mg kg⁻¹, y actúa como complemento del cinamaldehído en la canela, para incrementar su efecto (Isman, 2000).

CONCLUSIONES

La canela de Chiapas y los solventes metanol y etanol, resultaron los mejores métodos de extracción y localidad para la obtención de cinamaldehído.

Las implicaciones del cinamaldehído en la agricultura sustentable es que tiene efecto de repelencia y control en insectos plaga, tiene control en enfermedades y activa los mecanismos de defensa inducida contra los patógenos, pero muestra su bondad con los insectos benéficos y hongos entomopatógenos.

REFERENCIAS

- Abteu A., Sevgan S., Cheseto X., Serge K., Giovanna T. G., Thibaud M. 2015. Repellency of plant extracts against the legume flower thrips *Megalurothrips sjostedti* (Thysanoptera: Thripidae). *Insects*, 6: 608-625.
- Amer, A. and Mehlhorn, H., 2006. Repellency effect of forty-one essential oils against *Aedes*, *Anopheles*, and *Culex* mosquitoes. *Parasitol. Res.* 99, 478–490. <https://doi.org/10.1007/s00436-006-0184-1>.
- Bordin, C., D. Santos A., L. F. Angeli A., M. Silva O., J. Ascari, D. Riva S. 2021. Fumigant activity of essential oils from *Cinnamomum* and *Citrus* spp. and pure compounds against *Dermanyssus gallinae* (De Geer) (Acari: Dermanyssidae) and toxicity toward the nontarget organism *Beauveria bassiana* (Vuill.). *Veterinary Parasitology* 290, 109341. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2021.109341>.
- Chang, K., Tak, J., Kim, S., Lee, W., Ahn, Y., 2006. Repellency of *Cinnamomum cassia* bark compounds and cream containing cassia oil to *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) under laboratory and indoor conditions, *Pest. Manag. Sci.* 62, 1032–1038. doi: 10.1002/ps.1268.
- Correa N., Y. M., D. L. Durango R., C. M. García P. 2009. Transformación microbiana del arilpropanoide cinamaldehído con el hongo fitopatógeno. *VITAE* 16(1): 83-91.
- Duan, B. Z. Gao, O. Oketch R., Q. Ouyang, Y. Chen, Ch. Long, B. Yang, N. Tao. 2021. Cinnamaldehyde promotes the defense response in postharvest citrus fruit inoculated with *Penicillium digitatum* and *Geotrichum citri-aurantii*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 179, 104976. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2021.104976>.

- Espinoza T., T. M.; E. S. Valencia A.; M. T. Albarrán R.; D. O. Díaz G.; R. Quevedo; O. Díaz; J. M. Bastías M. 2020. Garlic (*Allium sativum* L) and Its beneficial properties for health: A Review. *Agroind. sci.* 10(1):103 – 115.
- Gursale, A., V. Dighe, G. Parekh. 2010. Simultaneous quantitative determination of cinnamaldehyde and methyl eugenol from stem bark of *Cinnamomum zeylanicum* Blume using RP-HPLC. *Journal of Chromatographic Science*, 48:59-62.
- Instituto de Ecología, A. C. (INECOL). 2022. Canela *Cinnamomum verum* Consultado en: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/planta-del-mes/37-planta-del-mes/>
- Isman, M. I. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection* 19: 603-608.
- Mathew, S. and T. E. Abraham. 2006. In vitro antioxidant activity and scavenging effects of *Cinnamomum verum* leaf extract assayed by different methodologies. *Food and Chemical Toxicology* 44:198–206.
- Mazimba, O., K. Wale, T. E. Kwape, S. O. Mihigo, B. M. Kokengo. 2015. *Cinnamomum verum*: Ethylacetate and methanol extracts antioxidant and antimicrobial activity. *Journal of Medicinal Plants Studies* 3(3): 28-32.
- Omolo, M.O., Okinyo, D., Ndiege, I.O., Lwande, W., Hassanali, A., 2004. Repellency of essential oils of some Kenyan plants against *Anopheles gambiae*. *Phytochemistry* 65,2797–2802. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.08.035>.
- Pérez Ch. C. B. 2019. Desarrollo de goma de mascar medicada con aceite esencial de *Cinnamomum zeylanicum* con actividad frente a *Streptococcus pyogenes*. Tesis Licenciatura, Fac, Ciencias Químicas, Universidad Central de Ecuador, Quito Ecu. 75 p.
- Santiago Santiago, V., C. Rodríguez Hernández, L. D. Ortega Arenas, D. Ochoa Martínez y S. Infante Gil. 2009. Repelencia de adultos de mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* west.) con aceites esenciales. *FITOSANIDAD* 13(1):11-14.
- Sivakumar, D., R.S. Wilson W., R.L.C. Wijesundera, M. Abeyesekere. 2002. Control of postharvest diseases of rambutan using cinnamaldehyde. *Crop Protection* 21:847–852.
- Statistical Analysis System (SAS). 2010. SAS/STAT® 9.22 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 8444 p.

EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE *BAUVERIA BASSIANA* Y *PAECILOMYCES FUMOSOROSEUS* EN EL CONTROL DE *BEMISIA TABACI* EN CULTIVO DE TOMATE

Graciano-Obeso Adalid^{1*}, García-Gutiérrez, Cipriano², Rodríguez-Apodaca Jesús Ramón³ y Olmedo-Cabrera Luis Eduardo⁴

[1] Profesor Investigador de la carrera de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. Tecnológico Nacional de México. Campus Guasave.

[2] Profesor Investigador del Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Unidad Sinaloa. Departamento de Biotecnología Agrícola. Laboratorio de Bioinsecticidas.

[3] Profesor Investigador de la Universidad Autónoma Indígena de México. Programa de Doctorado en Estudios para la Sostenibilidad y Medio Ambiente. Unidad Los Mochis.

[4] 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

La mosca blanca *Bemisia tabaci* es una plaga que causa pérdidas significativas en los cultivos de campo e invernadero a nivel mundial. Las infestaciones de *B. tabaci* en cultivos hortícolas pueden causar hasta 100 % de pérdidas de rendimiento cuando la transmisión de Begomovirus se da durante la primera fase de crecimiento de los cultivos. El objetivo de la presente investigación es evaluar la efectividad biológica de *bauveria bassiana* y *paecilomyces fumosoroseus* combinados con extractos de plantas de nim en el control de *bemisia tabaci* en cultivo de tomate en Guasave, Sinaloa. Para lograr el objetivo se estableció un diseño completamente al azar con tres repeticiones, como variable de respuesta fue el efecto insecticida sobre la densidad de población de adultos de *B. Tabaci* en cada uno de los tratamientos del experimento, los cuales se establecieron con base a la alternativa para el control de la mosca blanca. En cuanto a los resultados se tiene que a las 48 y 72 horas después de las aplicaciones, los conteos de adultos de mosca blanca muestran que el tratamiento más eficiente para el control de adultos de mosca blanca es donde se aplicó una combinación de *Beauveria bassiana* y extracto de planta de nim, con un total de 32.12 y 23.98 en promedio de cada conteo respectivamente. Por tanto se puede concluir que los hongos entomopatógenos combinados con extractos de plantas de nim son una opción viable en el control de mosca blanca.

Palabras clave: control, hongos entomopatógenos, mosca blanca, tomate.

ABSTRACT

Worldwide, the whitefly (*Bemisia tabaci*) is a pest that causes serious problems in field and greenhouse crops. The proliferation of *B. tabaci* in horticulture can cause up to 100% yield losses, when the transmission of *Begomovirus* is in the first stage of plant

growth. This research aims to evaluate the biological effectiveness of *bauveria bassiana* and *paecilomyces fumosoroseus* with neem extracts as control of *bemisia tabaci* in tomato crops located in Guasave, Sinaloa. This was achieved by establishing a random design with 3 repetitions, the variable is the response of the insecticide effect on the density of the adult population of B. Tabaci in each treatment of the experiment, an alternative for the control of the whitefly. The results, 48 and 72 hours after the applications, the counts of whitefly adults showed that the most efficient treatment for the control of whitefly adults is where a combination of *Beauveria bassiana* and neem extract was applied, obtaining averages of 32.12 and 23.98 in each count. In conclusion, the combination of entomopathogenic fungi with neem extracts is a viable option for whitefly control.

Keywords: pest control, entomopathogenic fungi, whitefly, tomato.

INTRODUCCION

Los sistemas de producción en los cultivos de hortalizas varían en cuanto a variedades, sustratos de crecimiento, dosis de nutrimentos y técnicas de control de plagas, entre otros factores (García-Gutiérrez & González-Maldonado, 2010; Luna *et al.*, 2016). Estos cultivos regularmente se ven afectados por insectos plaga, dentro de los que destaca la mosca blanca (Pacheco-Covarrubias *et al.*, 2016). La mosca blanca *Bemisia tabaci* es una plaga que causa pérdidas significativas en los cultivos de campo e invernadero a nivel mundial (Perring *et al.*, 2017). Las infestaciones de *B. tabaci* en cultivos hortícolas pueden causar hasta 100 % de pérdidas de rendimiento cuando la transmisión de Begomovirus se da durante la primera fase de crecimiento de los cultivos (Ruiz-Sánchez *et al.*, 2019).

En el presente proyecto se evaluaron distintas dosis de hongos entomopatógenos combinados con extractos de plantas de nim, los cuales producen enfermedades y causan la muerte de insectos y otros artrópodos. Se conocen alrededor de 750 especies de estos hongos, la mayor parte de ellas incluidas en los grupos *Hypocreales* (Ascomycota) y *Entomophthorales* (Zygomycota), El ciclo vital de estos hongos se divide en una fase parasítica, que va desde la infección hasta la muerte del hospedero y una saprofítica, que transcurre después de la muerte del insecto. Este aspecto de su biología, permite a los hongos entomopatógenos actuar como patógenos facultativos, es decir, son capaces de sobrevivir a expensas de la materia orgánica del suelo u otro sustrato, mientras no haya insectos disponibles para infectar, a fin de evitar, combatir y eliminar como la mosca blanca.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

La presente investigación se desarrolló en el campo experimental del Tecnológico Nacional de México, Campus Guasave ubicado en el ejido Burrioncito, Guasave, Sinaloa, entre las coordenadas 25° a 26° N, y 108° a 109° O (Fig. 1). 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 fue el efecto insecticida sobre la densidad de población de adultos de *B. tabaci* en cada uno de los tratamientos del experimento, los cuales se establecieron con base a la alternativa para el control de la mosca blanca (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos evaluados en la presente investigación

Tratamiento	Alternativa para control de mosca blanca
T1	Testigo (sin aplicación)
T2	<i>Paecilomyces Fumoso roseus</i>
T3	<i>Beauveria bassiana</i>
T4	Extractos de plantas de nim
T5	<i>Beauveria bassiana</i> + Extractos de plantas de nim
T6	<i>Paecilomyces Fumoso roseus</i> + Extractos de plantas de nim

Manejo de tratamientos

Los tratamientos fueron aplicados con ayuda de una bomba manual previamente calibrada (Fig. 2), en una sola aplicación y se llevó un monitoreo diario durante siete días y al día séptimo se realizó el conteo total.



Figura 2. Manejo de tratamientos en cultivo de tomate.

Variable de densidad poblacional de *B. tabaci*.

Se tomaron muestras de las densidades poblacionales de *B. tabaci* previo a la aplicación, a las 24, 48 y 72 horas posteriores a la aplicación de los distintos tratamientos, para lo cual se seleccionarán al azar diez plantas por tratamiento, para un total de 60 plantas de los seis tratamientos establecidos. Se eligieron de las filas centrales de cada tratamiento para las diferentes evaluaciones. Las muestras se tomaron mediante la selección aleatoria de tres hojas: uno de la parte superior, uno del centro y una del tercio inferior de la planta. Los adultos se contaron girando cuidadosamente la hoja y observando el lado abaxial. Los datos se reportaron como número de individuos por cm^{-2} (Reddy y Miller, 2014).

RESULTADOS Y DISCUSION

Tabla 2. Valores promedio de adultos de mosca blanca en distintos conteos en el Tecnológico Nacional de México, Campus Guasave.

TRATAMIENTOS	PREVIO	24 h	48 h	72 h
Testigo	42.23	45.32	48.52	49.97
<i>Paecilomyces Fumoso roseus</i>	41.37	39.21	38.64	35.89
<i>Beauveria bassiana</i>	38.67	37.34	33.56	29.23
Extracto de nim	44.87	34.23	33.01	34.45
<i>Beauveria bassiana</i> + Extracto de nim	46.21	41.42	32.12	23.98
<i>Paecilomyces Fumoso roseus</i> + Extracto de nim	40.74	39.12	38.04	27.23

En la tabla 2 se muestran los valores del efecto de distintas dosis de hongos entomopatógenos combinado con extracto de plantas de nim sobre la densidad poblacional de adultos de mosca blanca, donde se tiene que en el conteo previo a la aplicación, el tratamiento con menos adultos de mosca blanca fue donde se aplicó *Beauveria bassiana* con 38.67 adultos de mosca blanca en promedio por planta de tomate, mientras que el tratamiento donde se tuvo un mayor número de adultos de mosca blanca fue donde se aplicó una combinación de *Beauveria bassiana* y extracto de planta de nim con 46.21 moscas blancas en promedio por planta de tomate.

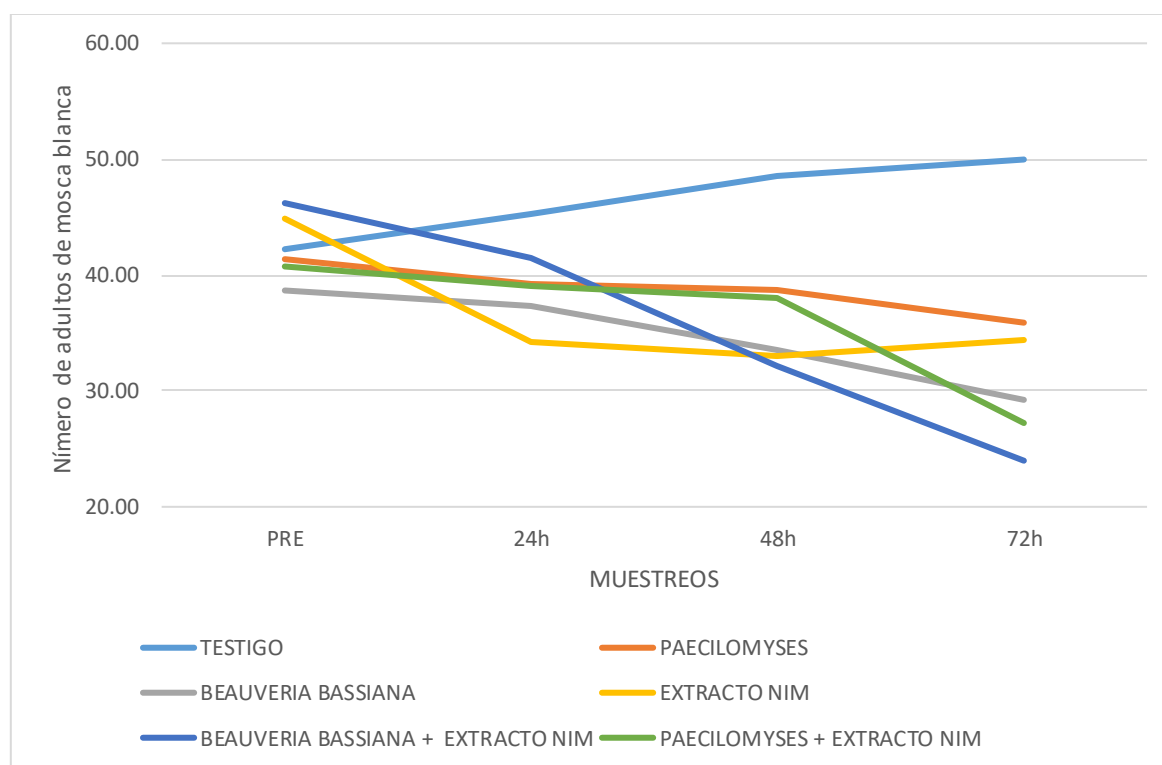


Figura 3. Efecto de tratamientos sobre densidad poblacional de adultos de mosca blanca en cultivo de tomate instalado en el Instituto Tecnológico Superior de Guasave.

Se puede observar en la tendencia de la figura 3, que en el tratamiento testigo, donde no se aplicaron productos para el control de mosca blanca, el número de adultos se incrementa a conforme pasan las horas. Para las 24 horas después de la aplicación, el tratamiento con extracto de planta de nim fue el más eficiente en el control de mosca blanca. A las 48 y 72 horas después de las aplicaciones, los conteos de adultos de mosca blanca muestran que el tratamiento más eficiente para el control de adultos de mosca blanca es donde se aplicó una combinación de *Beauveria bassiana* y extracto de planta de nim, con un total de 32.12 y 23.98 en promedio de cada conteo respectivamente.

CONCLUSIONES

- Antes de aplicar los tratamientos en el cultivo de tomate se tenía un promedio de 43.64 moscas blancas por planta antes de aplicar las distintas dosis de hongos entomopatógenos para el control de la plaga después que realizó la primera aplicación, hubo una disminución de densidad de adultos de mosca blanca en cada uno de los 5 tratamientos.
- Después de aplicar a los tratamientos, el mejor fue donde se aplicó *Beauveria bassiana* combinado con extracto de planta de nim, donde se tuvo una disminución del 56.14% de la densidad de mosca blanca, siendo este tratamiento donde más disminuyó la densidad en la primera aplicación.
- Se pudo observar que en todos los tratamientos se tuvo un rango de 40 a 46 moscas blancas por planta antes de aplicar las distintas dosis de los tratamientos, en el primer conteo de hojas la densidad estaba entre 34 y 41 moscas blancas por hoja.

REFERENCIAS

- García-Gutiérrez, C. & González-Maldonado, M.B. (2010). Uso de bioinsecticidas para el control de plagas de hortalizas en comunidades rurales. Ra Ximhai. 1: 17-22.
- Luna, M.R.A., Reyes, P.J.J., Espinosa, C.K.A., Luna, M.M.V., Luna, Q.F.V., Celi, M.M.V., Espinoza, C.A.L., Rivero, H.M., Cabrera, B.D.A., Alvarado, M.A.F. y González, R.J.C. (2016). Efecto de diferentes abonos orgánicos en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum*, L). Biotecnia. 3: 33-36.
- Pacheco-Covarrubias, J.J., Soto, N.J. y Valenzuela, V.J.M. (2016). Densidad poblacional de mosca blanca *Bemisia spp.* (Hemiptera: Aleyroididae) en el valle de Guaymas-Empalme, Sonora, México. Biotecnia. 3: 9-13.

- Perring, T. M., Stanly, P. A., Liu, T. X., Smith, H. A., Andreason, S. A. (2017). Whiteflies: biology, ecology, and management. En: Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato. Wakil, W., Brust, G. E., Perring, T. (Eds.). Academic Press.
- Reddy, G., Miller, R. (2014). Biorational versus conventional insecticides—Comparative field study for managing red spider mite and fruit borer on tomato. *Crop Protection*. 64: 88-92.
- Ruiz-Sánchez, E., García-Ramírez, A., Reyes-Ramírez, A., Gamboa-Angulo, M., Tun-Suárez, J. M., Cristóbal-Alejo, J. (2019). Biological activity of *Bacillus thuringiensis* culture supernatant on *Bemisia tabaci* and its parasitoid *Eretmocerus eremicus*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 22: 213-218.

DETECCIÓN ELECTROQUÍMICA DE CIPROFLOXACINA EN AGUAS RESIDUALES SIMULADAS USANDO UN ELECTRODO A BASE DE $Ce_{0.8}Y_{0.2}O_{2-δ}$

Delgado-Calderón, Janis¹; Pérez-Carreón, Andrea¹; González-Quijano, Diego²; Padmasree-Karinjilottu, P.³; Verduzco-Grajeda, Lidia E.^{2*}.

¹Universidad Tecnológica Metropolitana de Aguascalientes, Ave. Gerónimo de la Cueva s/n, Villas del Río, 20126, Aguascalientes, Ags. MX. ²Centro de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Autónoma de Aguascalientes, campus Sur. Av. Prol. Mahatma Gandhi 6601, El Gigante, 20340, Aguascalientes, Ags. MX. ³Centro de Investigación y de Estudios Avanzados Unidad Saltillo, Ave. Industria Metalúrgica, Parque Industrial Saltillo-Ramos Arizpe, 25900, Ramos Arizpe, Coahuila. MX.

*Autor de correspondencia: elizabeth.verduzco@edu.uaa.mx

RESUMEN

La detección temprana de antibióticos en aguas residuales es hoy en día uno de los principales retos para contrarrestar la contaminación ambiental; debido a la necesidad de utilizar estas aguas en áreas como la agricultura. Lo anterior, derivado de la acumulación de estos contaminantes en suelos y recursos hídricos lo que disminuye la calidad del agua y afecta a los cultivos donde son utilizadas. El presente trabajo muestra los resultados preliminares del estudio electroquímico de la voltametría cíclica y de diferencial de pulso utilizando un electrodo de carbón vítreo modificado con cerio dopado con itrio para la detección de ciprofloxacina. Este novedoso sensor se utilizará para detectar uno de los antibióticos con mayor índice de toxicidad; el cual se encuentra en altas concentraciones en aguas residuales. Los primeros análisis muestran la capacidad del sensor de detectar al antibiótico en un rango de concentraciones de 2 a 50 mM y pH de 2 a 9; arrojando una respuesta positiva en aguas residuales simuladas. Esto, proveerá de información para la evaluación de estos materiales, en áreas de interés como el agua de uso en riego.

Palabras clave: Ciprofloxacina, electroquímica, aguas residuales, agricultura.

ABSTRACT

Nowadays, the early detection of antibiotics in wastewater is one of the main challenges to prevent environmental contamination, due to the need to use these waters in agriculture lands. Therefore, the accumulation of these pollutants in the soil and water resources decreases the quality of water and soil for cultivation and affects the crops where they are used. The present study shows the preliminary results of the electrochemical analysis through cyclic and differential pulse voltammetry using a modified glassy carbon electrode with yttria doped cerium oxide for the detection of ciprofloxacin. This novel sensor will be used to detect the ciprofloxacin, which is one of the highest toxicity index antibiotics, which is found in high concentration in the wastewaters. The first analysis shows the ability of the sensor to detect the antibiotic in a range of concentrations (3mM-50mM) and pH (2-9) yielding a positive response in simulated wastewater. This will provide information about the use of these materials in areas of interest such as water for the irrigation of agricultural crops.

Key words: Ciprofloxacin, electrochemistry, wastewater, agriculture.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la escasez de los recursos hídricos se ha convertido en una preocupación a nivel mundial. En México, la declaratoria de proteger, bajo seguridad nacional, este recurso ha sido un parteaguas para proponer alternativas que permitan mitigar este problema, cada vez más crítico. De manera particular, la presencia de contaminantes emergentes como lo son los antibióticos en aguas se incrementa de manera potencial cada día, provocando la aparición de bacterias resistentes y afectando de manera directa los ecosistemas y a los organismos que las habitan (Chen y col., (2019); Islam y col., (2020)).

Lo anterior, derivado del alto consumo tanto humano como veterinario de estos y los cuales terminan en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, los tratamientos existentes en el país no logran eliminarlos totalmente; este problema incrementa cuando su descarga es usada directamente en el riego de cultivos o enviados a los mantos acuíferos donde el riesgo ecotoxicológico es inminente (Martínez y col., (2020)).

Uno de los antibióticos que más ha llamado la atención por su alto consumo es el ciprofloxacino (CIP) el cual, es un compuesto de amplio espectro y que pertenece a la segunda generación de fluoroquinolonas, lo que le confiere una gran actividad bacterial, mínimos efectos secundarios entre otras características (Chen y col., (2019)). Sin embargo, el CIP ha sido detectado frecuentemente en una gran variedad de aguas medioambientales las cuales, son comúnmente utilizadas en riego de cultivos, hidratación de animales de pastoreo y/o por los mismos humanos; causando serios problemas de contaminación ambiental (Xiao y col., (2022)).

La detección de CIP en aguas es llevada a cabo por métodos principalmente espectroscópicos y cromatográficos debido a su alta sensibilidad y límite de detección. Sin embargo, son costosos, difíciles de operar y con alto consumo de tiempo. Es aquí, donde los métodos de detección mediante sensores electroquímicos presentan ventajas como facilidad de operación, portabilidad, alta sensibilidad, y bajo costo (Sriram y col., (2021)). El óxido de cerio es un material del tipo conductor iónico capaz de transportar cargas a través de su estructura lo que le permite incrementar su capacidad oxidativa, por lo que, al doparlo con un metal, estas propiedades son atractivas para su uso en electroquímica como sensor gracias a sus habilidades de transferencia de carga (Ahmad y col., (2020)).

En este trabajo, se presentan los resultados preliminares de la evaluación electroquímica del material $Ce_{0.8}Y_{0.2}O_{2-\delta}$ soportado sobre un electrodo de carbón vitreo como un nuevo sensor en la detección de CIP en aguas residuales simuladas, parámetros como concentración y pH son llevados a condiciones similares a las presentes en aguas residuales de tipo doméstica, industrial y farmacéutica, las cuales son tratadas en plantas de tratamiento y depuradas para su reúso en agricultura o vertidas en mantos acuíferos, con el objetivo de determinar si éste material es capaz de ser utilizado directamente en plantas como tratamiento terciario.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio, ciprofloxacina (Sigma-Aldrich $\geq 99\%$), cloruro de potasio (KCl, J.T. Baker), y agua desionizada (J.T. Baker), se utilizaron sin purificación previa. $Ce_{0.8}Y_{0.2}O_{2-\delta}$ fue sintetizado por el método de Pechini (Verduzco y col, 2020). La preparación del electrodo modificado se realizó utilizando el método reportado por González y col., (2019). 15 mg de $Ce_{0.8}Y_{0.2}O_{2-\delta}$ fue dispersado en 10 μ L de Nafion® y 200 μ L de alcohol isopropílico, la tinta se sonificó durante

20 min, posteriormente 3 capas de 3 μ L de tinta fueron depositadas sobre el EGC, la cantidad de material fue estimada en 0.639 mg de Ce_{0.8}Y_{0.2}O_{2- δ} . Para la caracterización electroquímica se utilizó un potenciostato GAMRY3000 y una celda de vidrio compuesta de tres electrodos. El electrodo de trabajo fue Ce_{0.8}Y_{0.2}O_{2- δ} /GCE (cerio dopado con itrio depositado sobre un electrodo de carbón vítreo), un contraelectrodo de platino, y un electrodo de referencia de Ag/AgCl (sat). El electrolito de soporte fue 0.1 M de KCl a una ventana de potencial de 0 a 1.8 V vs Ag/AgCl. Las mediciones de concentración y pH se realizaron a una velocidad de barrido de 50 mV/s con adiciones sucesivas de CIP y 0.1 M HCl o 0.2 M de NaOH.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación de ciprofloxacina a través de electroquímica y utilizando un electrodo de Ce_{0.8}Y_{0.2}O_{2- δ} /GCE se muestra en la **Figura 1**. En la Figura 1a, se puede observar que el electrodo en presencia del electrolito alcanzó un pico anódico (E_{pa}) de corriente máxima de 0.89 mA y un pico catódico (E_{pc}) intenso (-0.25 mA) indicando un proceso de reducción. sin embargo, al adicionar el CIP (2x10⁻⁵ M, pH 4), la intensidad de corriente del E_{pa} disminuyó a 0.23 mA. Esto, puede ser atribuido a un incremento de las especies electroactivas derivadas del proceso de oxidación del CIP (Asieh y col., (2019); Chen y col., (2019); Sriram y col., (2021)). Para corroborar esto, en la **Figura 1b**, se muestra la voltametría cíclica de la ciprofloxacina a diferentes velocidades de escaneo (50-100 mV/s), dónde se puede observar como la intensidad de corriente está en función de las velocidades de escaneo, dónde el pico de potencial (1.31 V) permanece lineal al incrementar dicha velocidad (Figura 1b, inset), esto podría sugerir un proceso de adsorción del CIP sobre la superficie del electrodo [Ma y col., (2022); Islam y col., (2020), et al.], así como una reacción de oxidación irreversible entre el CIP y el electrodo (Asieh y col., (2019)).

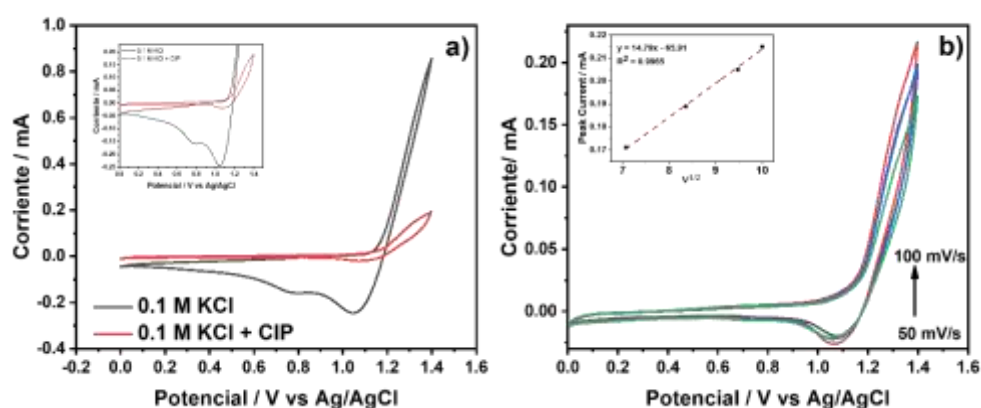


Figura 1. Voltametría cíclica del proceso de oxidación. (A) voltametría cíclica del electrodo Ce_{0.8}Y_{0.2}O_{2- δ} /GCE y de CIP en 0.1 M de KCl y (B) de CIP (2x10⁻⁵ M) a diferentes velocidades de escaneo (50 – 100 mV/s), inset muestra los picos de corriente como una función de la velocidad de escaneo.

Para determinar el comportamiento voltamétrico de CIP y la respuesta del electrodo a diferentes concentraciones y pH se realizó el estudio de voltametría diferencial de pulso (DPV). Esta técnica ha resultado ser útil para evaluar la adsorción de especies sobre la superficie de materiales catalíticos y el mecanismo de transferencia de electrones. En la **Figura 2a**, se muestra el análisis de DPV a diferentes valores de pH (2-9) a una solución de CIP (2 x 10⁻⁵ M). Lo anterior, para determinar la factibilidad de detección de CIP en condiciones

medioambientales, dónde el rango de aguas residuales oscila desde ácidas (pH 2) a alcalinas (pH 9). Como se puede observar, CIP arrojó un pico de corriente a 1.31 V, el cual se vio ligeramente influenciado por el pH, arrojando el pico máximo de corriente a pH 2, sin embargo, conforme aumentaba el pH, una disminución en el pico de corriente fue observada, así como un ligero desplazamiento hacia menores potenciales. La **Figura 2b**, muestra como dicho cambio no es significativo con relación a la posición del pico de potencial, lo que podría indicar que la electro-oxidación del CIP en presencia del sensor no se ve afectada fuertemente por el pH (Faria y col., (2019); Chen y col., (2021)).

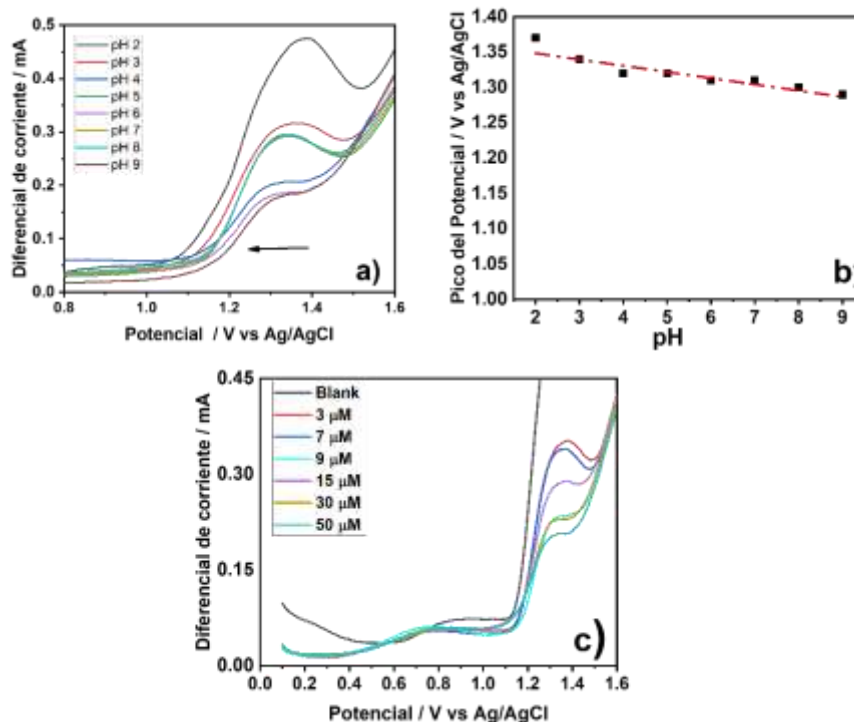


Figura 2. Evaluación mediante Voltametría Diferencial de Pulso de CIP a diferentes concentraciones y pH, a una velocidad de 50 mV/s.

La **Figura 2c** muestra la variación de la concentración en la respuesta a DPV del CIP. Dónde, el comportamiento se evaluó con sucesivas adiciones de CIP, lo anterior permite determinar los límites mínimos de detección del contaminante sobre la superficie del electrodo; lo cual permitiría su aplicación en un rango de concentraciones. El rango evaluado fue de 3 a 50 μM , arrojando una buena señal con relación al blanco, indicando una buena sensibilidad del electrodo.

CONCLUSIONES

La detección de ciprofloxacina utilizando un electrodo a base de $\text{Ce}_{0.8}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{2-\delta}/\text{GCE}$ a través de voltametría cíclica y voltametría diferencial de pulso arrojó resultados positivos bajo las condiciones evaluadas. Los resultados preliminares también mostraron que a diferentes concentraciones de CIP y pH el electrodo podría presentar una viabilidad electroquímica y habilidad de transferencia electrónica, la sensibilidad presentada por el electrodo en la detección a bajas concentraciones (3 μM) se vio potencializada a pH 4, lo cual podría ser benéfico, ya que la mayoría de las aguas residuales utilizadas para riego se encuentran dentro

de ese pH. Los autores agradecen al Fondo Estatal de Innovación Tecnológica en Aguascalientes por el apoyo otorgado a través del acuerdo 2021/SO-06/54, así como al Centro de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, y al Sistema Nacional de Investigadores por el estímulo dado.

REFERENCIAS

- Asieh H., Esmail S., Maryam G., Ali S. N., Seyed A. M., Electrochemical Determination of Ciprofloxacin Using Glassy Carbon Electrode Modified with CoFe₂O₄-MWCNT, *Anal. Bioanal. Electrochem.*, (2019) Vol. 11, No. 8, 996-1008
- Chen, T., Liu, Y., Lu, J., Xing, J., Li, J., Liu, T., Xue, Q., Highly efficient detection of ciprofloxacin in water using a nitrogen-doped carbon electrode fabricated through plasma modification *New J. Chem.*, (2019), DOI: 10.1039/C9NJ03511G.
- Faria, L. V., Pereira, J. F. S., Azevedo, G. C., Matos, M. A. C., Munoz, R. A.A, Matos, R. C. Square-Wave Voltammetry Determination of Ciprofloxacin in Pharmaceutical Formulations and Milk Using a Reduced Graphene Oxide Sensor, *J. Braz. Chem. Soc.*, (2019) Vol. 30, No. 9, 1947-1954 , <http://dx.doi.org/10.21577/0103-5053.20190108>.
- González-Quijano, D., Pech-Rodríguez, W. J., Verduzco, L. E., Escalante-García, J. I., Vargas-Gutiérrez, G., Rodríguez-Varela, F. J. Application of the Electrophoretic Deposition Technique for the Development of Electrodes Containing a Catalyst Layer of Nanostructured Pt-Sn/C for DAFCs, *MRS Advances* (2020), **5**, 2991–3002. <https://doi.org/10.1557/adv.2020.379>
- Irshad, A., Muhammad S. A., Mian F. M., Muhammad W., Muhammad N., Ejaz A., Mukhtar A., Waheed Q. K., Anwar M. R. Synthesis of yttrium and cerium doped ZnO nanoparticles as highly inexpensive and stable photocatalysts for hydrogen evolution, *J. Rare Earths* (2022) xxx (xxx) xxx
- Islam, R., Singh, V., Ammeter, D., Schweizer, F., Kuss, S., Electrochemical characterization of the antibiotic hybrid ciprofloxacin-tobramycin, *Electrochem. Commun.* (2020) 119 106825
- Ma, X. Wang, Z. Removal of Ciprofloxacin from Wastewater by Ultrasound/Electric Field/Sodium Persulfate (US/E/PS). *Processes* (2022),10,124. <https://doi.org/10.3390/pr10010124>.
- Martínez-Alcalá, I., Soto, J, Lahora, A., Antibióticos como contaminantes emergentes. Riesgo ecotoxicológico y control en aguas residuales y depuradas, *Ecosistemas* (2020) 29(3):2070, <https://doi.org/10.7818/ECOS.2070>
- Sriram, B., N. Baby, J., Hsu, Y.F., Wang, S. F., George, M., Veerakumar, P., Lin, K. C., Electrochemical sensor-based barium zirconate on sulphur-doped graphitic carbon nitride for the simultaneous determination of nitrofurantoin (antibacterial agent) and nilutamide (anticancer drug), *J. Electroanal. Chem.* 901 (2021) 115782.
- Verduzco, L.E. García-Díaz, R., Martínez, A.I., Almanza Salgado, R., Méndez-Arriaga, F., Lozano-Morales, S. A., Avendaño-Alejo, M, Padmasree, K.P. Degradation efficiency of methyl orange dye by La_{0.5}Sr_{0.5}CoO₃ perovskite oxide under dark and UV irradiated conditions, *Dyes and Pigments* (2020), 183, 108743.

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR EN LA VARIABILIDAD DE LAS SEQUÍAS DE UNA CUENCA PRODUCTORA DE AGUA ENTRE CHIHUAHUA Y SONORA

Aldo Rafael Martínez-Sifuentes^{1*}, José Villanueva-Díaz¹, Juan Estrada-Ávalos¹, Julián Cerano-Paredes¹, Ramón Trucíos-Caciano¹, Enrique Miguel-Valle¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, suelo, Planta, Atmósfera.
im_aldo09@hotmail.com

RESUMEN

Las sequías son un fenómeno que compromete la seguridad a nivel mundial; actualmente existe una demanda del recurso hídrico para satisfacer las necesidades de la población, sin embargo, este recurso ha presentado variabilidad debido al cambio climático. El objetivo del presente estudio fue analizar la precipitación y determinar la influencia de la temperatura superficial del mar en la variabilidad de las sequías a través del índice SPI en la cuenca alta del río Mayo en Chihuahua. Se descargó información de precipitación de 1901 a 2019, se analizó la variabilidad mediante histograma, diagrama de cajas y se calculó el SPI. Se analizó la influencia de la temperatura de la superficie del mar en el SPI mediante correlación espacial. se detectaron cinco periodos extremadamente húmedos ($SPI > 2.0$) y cuatro periodos extremadamente secos ($SPI < -2.0$). Los meses de abril, mayo, noviembre y diciembre tuvieron una fuerte influencia de las condiciones oceánicas en la variabilidad ambiental del SPI para la cuenca en estudio.

Palabras clave: Análisis espacial, Índice estandarizado de precipitación, variabilidad.

ABSTRACT

Droughts are a phenomenon that compromises security worldwide; there is currently a demand for water resources to satisfy the needs of the population; however, this resource has presented variability due to climate change. The objective of this study was to analyze precipitation and determine the influence of sea surface temperature on drought variability through the SPI index in the upper Mayo river basin in Chihuahua. Precipitation data from 1901 to 2019 was downloaded, variability was analyzed using histogram, box plot and SPI was calculated. The influence of sea surface temperature on SPI was analyzed by spatial correlation. Five extremely wet periods ($SPI > 2.0$) and

four extremely dry periods ($SPI < -2.0$) were detected. The months of April, May, November and December had a strong influence of oceanic conditions on the environmental variability of SPI for the basin under study.

Key words: Spatial analysis, Standardized Precipitation Index, variability.

INTRODUCCION

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 y 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 (Vicente-Serrano *et al.*, 2010). Actualmente existen diversos índices de sequías, sin embargo, los más comunes son el Índice de Sequía de Severidad de Palmer (PDSI, 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 PDSI 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). El objetivo del presente estudio fue analizar la precipitación y determinar la influencia de la temperatura superficial del mar en la variabilidad de las sequías a través del índice SPI en la cuenca alta del río Mayo en Chihuahua.

MATERIALES Y METODOS

La cueca en estudio se localiza entre los estados de Chihuahua y Sonora (Figura 1), entre las coordenadas extremas $27^{\circ}10'0''$ a $28^{\circ}25'0''$ de latitud norte y de $108^{\circ}5'0''$ a $109^{\circ}10'0''$ de longitud oeste, con una superficie de $7,835.36 \text{ km}^2$. La temperatura media anual presenta un gradiente de 10°C a 21°C y la precipitación anual varía de 800 a 1200 mm.

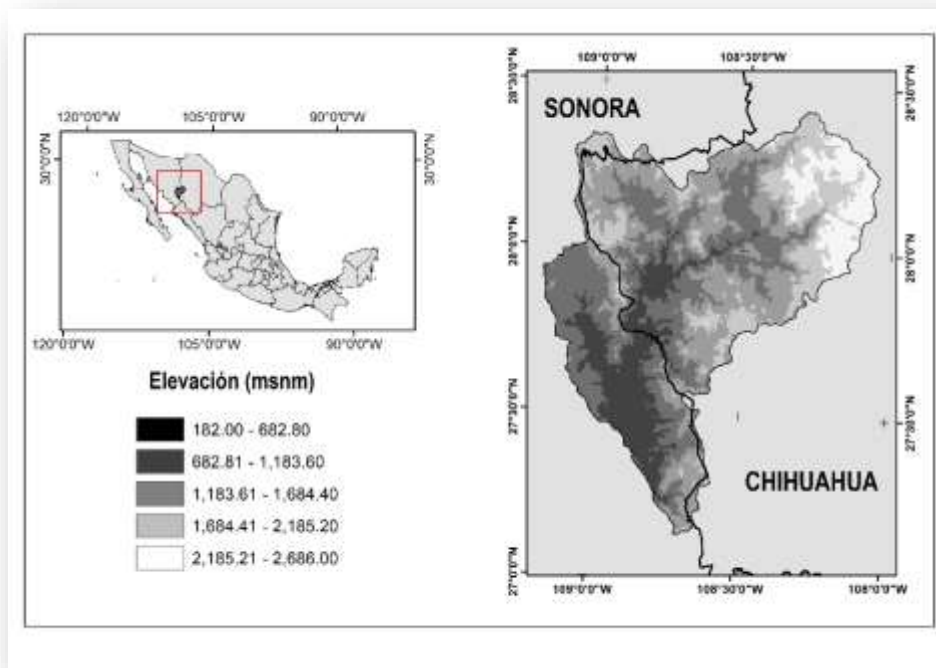


Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca alta río Mayo.

La información climática mensual de precipitación, 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
1.5 – 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 influencia entre la temperatura superficial del mar y el SPI se desarrolló a través de correlación espacial mediante el explorador climático KNMI (Royal Netherlands Meteorological Institute, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSION

La precipitación media anual acumulada para la cuenca alta del río Mayo fue de 880 mm desde 1901 hasta el año 2019, en donde el año de 1998 fue el más seco con una precipitación acumulada anual de 486 mm y en 2015 se encontró la precipitación máxima acumulada de 1274 mm (Figura 2).

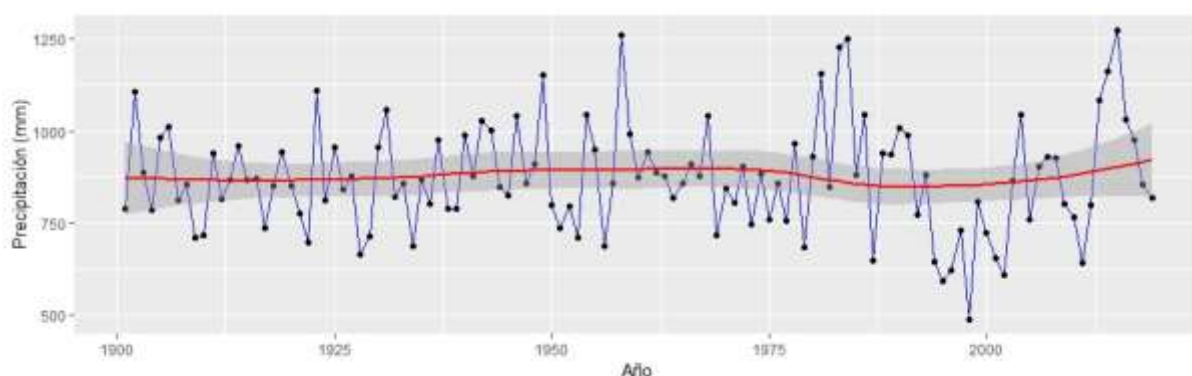
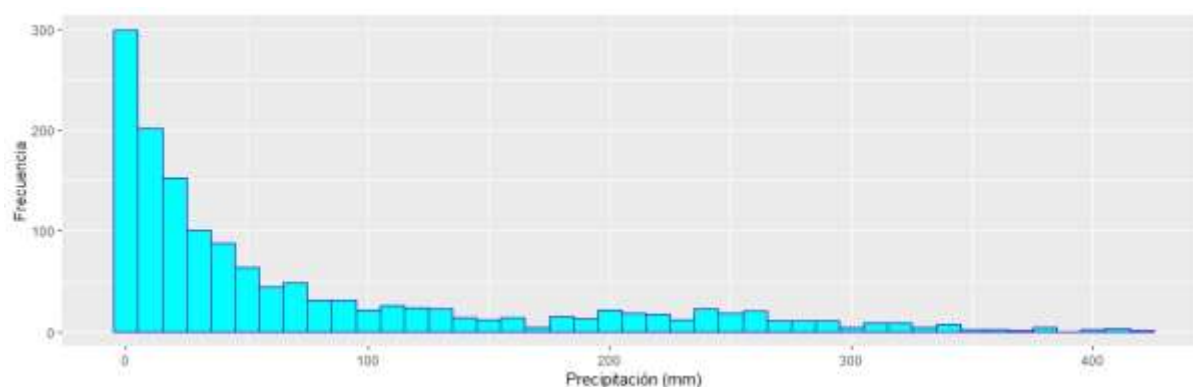


Figura 2. Variabilidad histórica (1901-2019) de la precipitación para la cuenca alta del río Mayo.

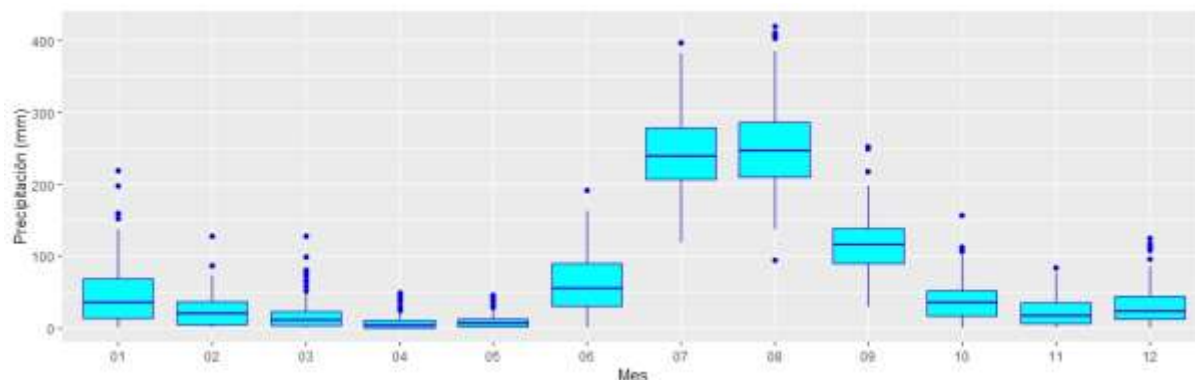
La precipitación mensual para la zona de estudio, a través del histograma indicó que existe un déficit en precipitación, ya que es muy poca la frecuencia de precipitación >



300 mm mensuales (Figura 3).

Figura 3. Histograma de frecuencias de la precipitación mensual.

El diagrama de cajas muestra el comportamiento mensual de la precipitación, con variabilidad en los meses de junio a agosto, y valores fuera del promedio en meses



de enero, marzo y diciembre (Figura 4).

Figura 4. Diagrama de cajas de la precipitación mensual.

La variabilidad del índice SPI (Figura 5) mostró diversos eventos catalogados como extremadamente húmedos y secos. Los periodos extremadamente húmedos se encuentran en julio 1949 a enero 1950, agosto 1958 a mayo 1959, marzo 1981 a marzo 1982, junio 1983 a agosto 1985 y abril 2013 a agosto 2018. Los eventos extremadamente secos de febrero a agosto de 1980, mayo 1987 a agosto 1988, febrero 1994 a agosto 2003 y enero 2011 a agosto 2012.

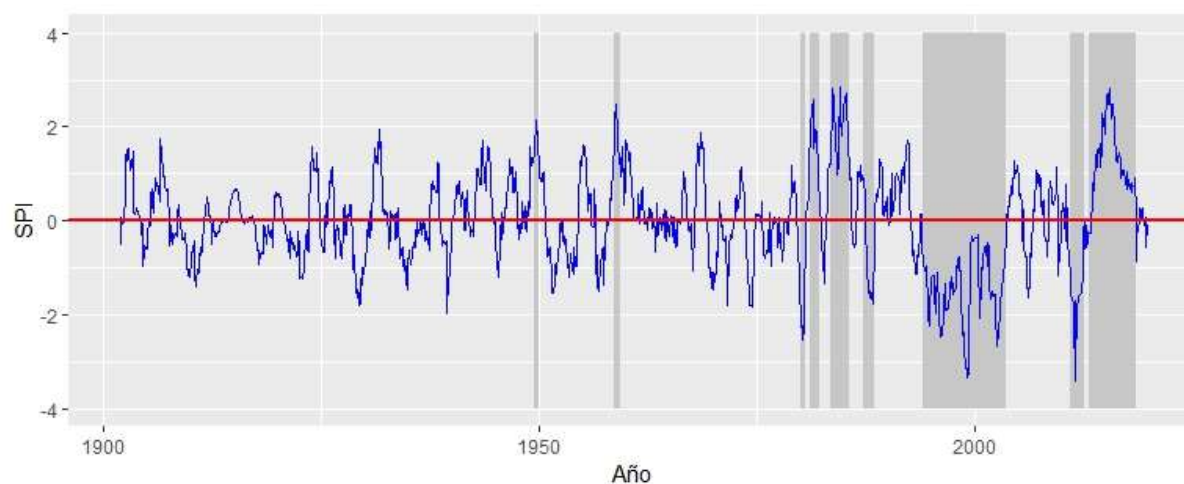
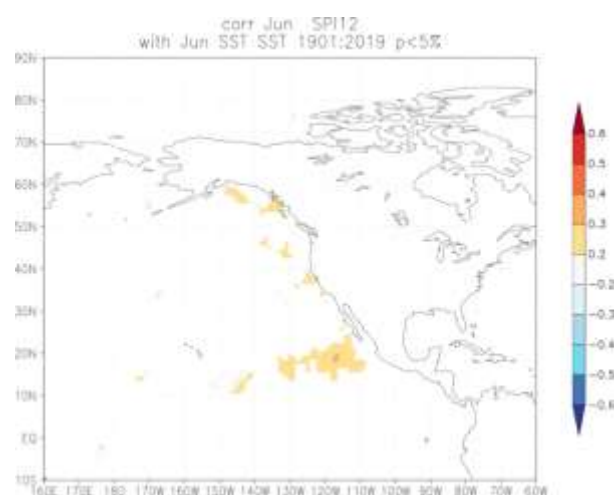
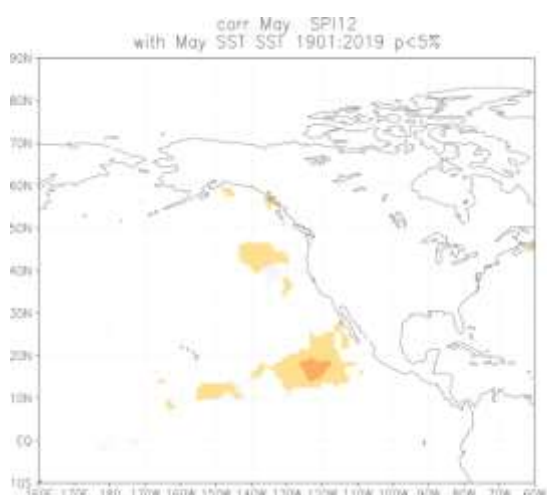
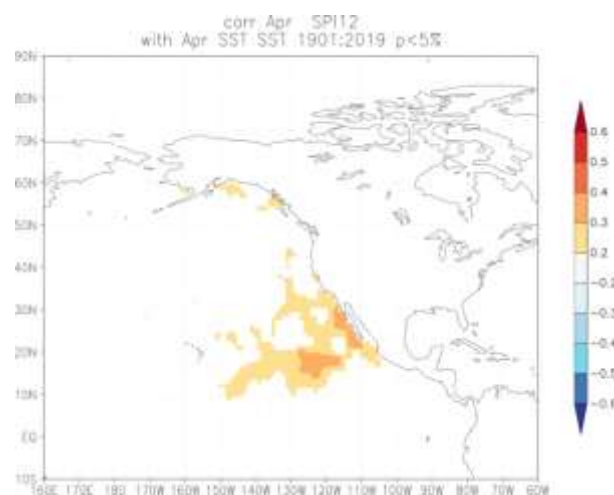
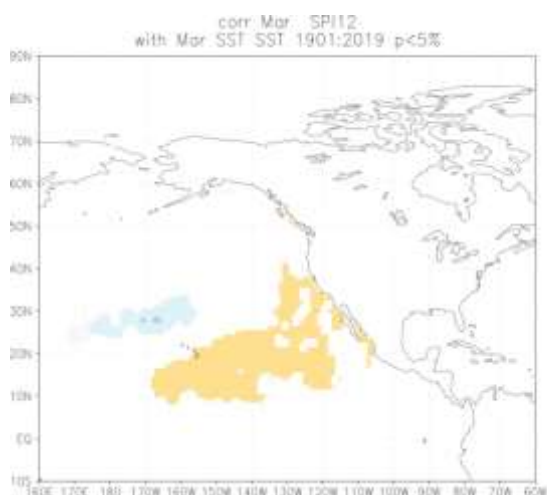
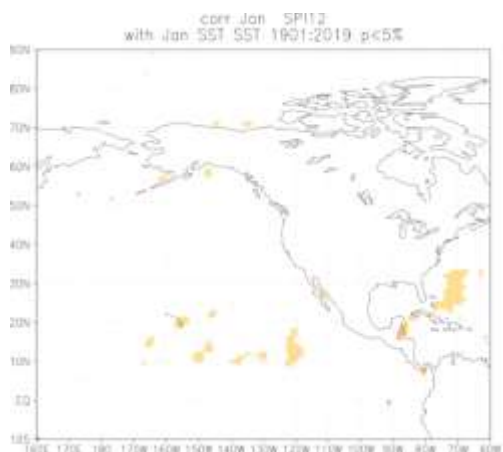


Figura 5. Variabilidad del índice SPI de 1901 a 2019, los periodos resaltados en color gris, son eventos extremadamente húmedos y secos.

La Figura 6 presenta la influencia de la temperatura superficial del mar en la variabilidad del SPI para la cuenca alta del río Mayo, se encontraron correlaciones

significativas ($p < 0.05$) en los meses de febrero, marzo, abril, mayo, julio, noviembre y diciembre, pero las correlaciones más altas en los meses de abril, mayo, noviembre y diciembre. Es de notar que dicha región significativa es la conocida como ENSO 3.4.



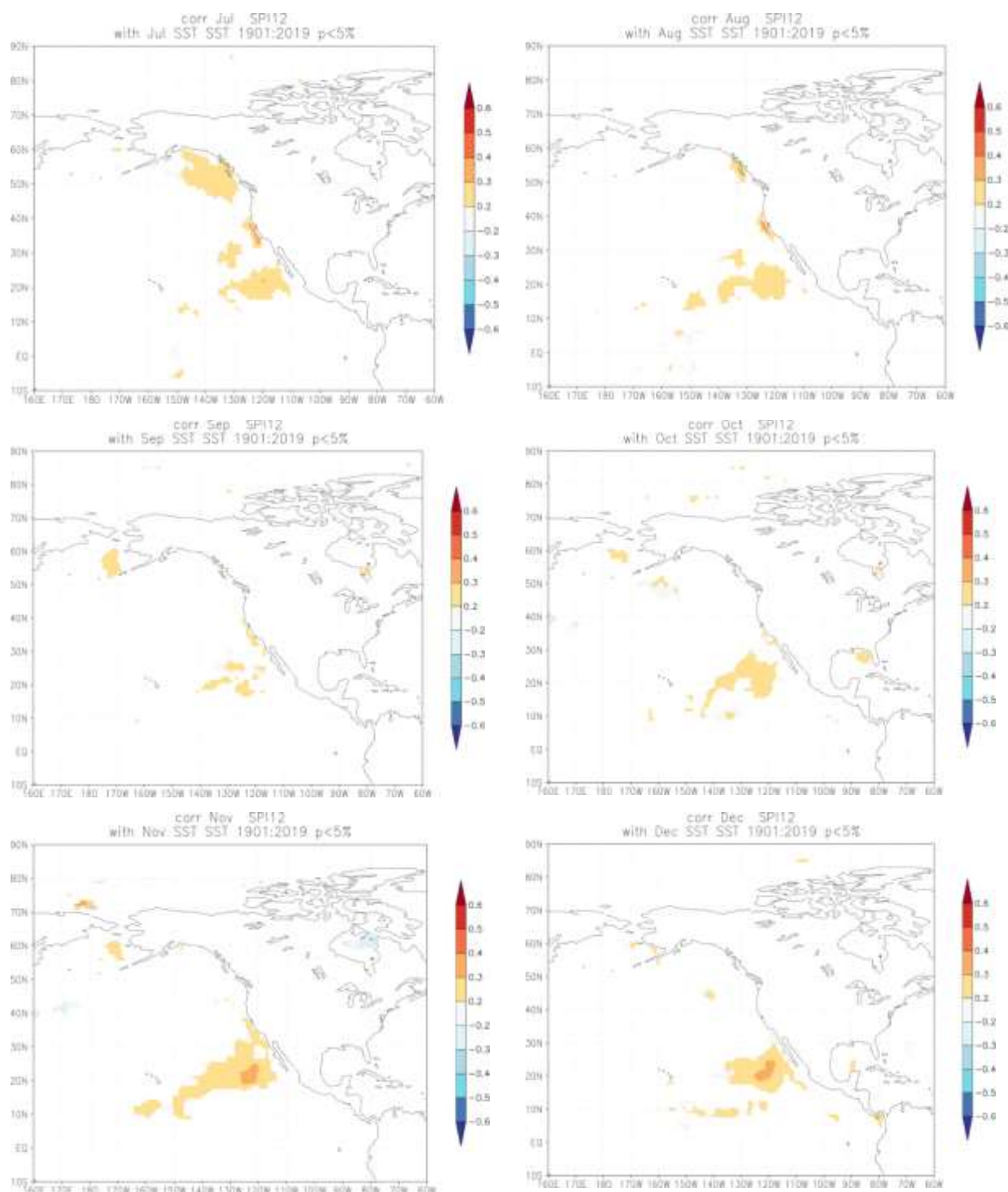


Figura 6. Asociación entre temperatura superficial del mar e índice SPI.

CONCLUSIONES

La precipitación es un referente en las condiciones ambientales de una región a través del índice de sequía SPI. El presente estudio permitió analizar la variabilidad de la precipitación e índice SPI para caracterizar climáticamente la cuenca alta del río Mayo

entre el estado de chihuahua y Sonora. A través del índice SPI se detectaron cinco periodos extremadamente húmedos ($SPI > 2.0$) y cuatro periodos extremadamente secos ($SPI < -2.0$), cabe mencionar que el periodo de febrero 1994 a agosto 2003, fue el más seco, con valores de hasta $SPI < -3.0$ en 1998. Se determinó la influencia de la temperatura superficial del mar en el índice SPI, donde los meses de abril, mayo, noviembre y diciembre tuvieron una fuerte influencia de las condiciones oceánicas en la variabilidad ambiental del SPI para la cuenca en estudio.

REFERENCIAS

- Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P. et al. (2020). Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Sci Data* 7, 109. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0453-3>
- 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.
- Ortega, G. D. (2012). Sequía en Nuevo León: vulnerabilidad, impactos y estrategias de mitigación. Apodaca, México: Instituto del Agua del Estado de Nuevo León
- Palmer WC (1968) Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: the Crop Moisture Index. *Weatherwise* 21: 156-161. <https://doi.org/10.1080/00431672.1968.9932814>
- Quiring SM, Papakryiakou TN (2003) An evaluation of agricultural drought indices for the Canadian prairies. *Agricultural and Forest Meteorology* 118: 49-62. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(03\)00072-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(03)00072-8).
- Royal Netherlands Meteorological Institute (2015) KNMI climate explorer.
- RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA
- Vicente-Serrano SM, Beguería S, Lópezmoreno JI (2010a) A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate* 23: 1696–1718. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>

EFFECTO DE ESTIÉRCOL POLLINAZA COMO FERTILIZANTE ORGÁNICO EN EL CRECIMIENTO DEL MELÓN (*Cucumis Melo*)

Torres-Macias, Sergio¹; González-Mancilla, Apolinar^{2*}; Ríos-Vega, María Esther²; Esquivel-Romo, Amaury²; González-Mancillas, Rigoberto³

¹Estudiante, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango.

²Departamento de Fitotecnia, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo Km 32. Venecia, Gómez Palacio Durango, México. ³Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan (ITCP), Av. Tecnológico No. 21, CP. 68446, San Bartolo Tuxtepec, Oaxaca.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes dosis de pollinaza utilizado como fertilizante orgánico en el crecimiento del melón cultivado en invernadero. El experimento fue completamente al azar probando cinco tratamientos con diferentes dosis de nitrógeno, cuatro de ellas (160, 144, 120 y 96 kg N ha⁻¹) proveniente de la pollinaza y uno más para comparar con una fertilización química (150 kg N ha, urea). La altura y el largo de guía fue mejor cuando se agregó la dosis de 144 y 96 kg N ha; mientras que la producción de biomasa seca fue mejor con la dosis 144 kg N ha. Se encontró que la fertilización química puede ser sustituida con la fertilización orgánica como lo es la pollinaza.

Palabras claves: Crecimiento, pollinaza, melón, fertilizante orgánico.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of different doses of poultry manure used as organic fertilizer on the growth of greenhouse-grown melon. The experiment was completely randomized, testing five treatments with different doses of nitrogen, four of them (160, 144, 120 and 96 kg N ha⁻¹) from poultry manure and one more to compare with a chemical fertilization (150 kg N ha⁻¹, urea). The height and length of the guide were better when the dose of 144 and 96 kg N ha was added; while dry biomass production was better with the 144 kg N ha dose. It was found that chemical fertilization can be replaced with organic fertilization such as poultry manure.

Key words: Growth, chicken manure, melon, organic fertilizer.

INTRODUCCIÓN

El melón (*Cucumis melo*) es uno de las hortalizas con mayor importancia económica y social en México, debido a que su fruto se utiliza para elaborar aguas y mermeladas, además de su consumo en fresco. China es el primer productor del melón con 13 865 368 t producidas en 2020, México ocupó el doceavo lugar con 612 940 t producidas en ese mismo año (FAOSTAT, 2022).

A nivel nacional, el estado de Coahuila ocupa el primer lugar con más de 140 mil toneladas producidas en 2020, cosechadas en 4 249 ha (SIAP-SAGARPA, 2022), La Comarca Lagunera, formada por 10 municipios del estado de Durango y cinco del estado de Coahuila, destaca como la región melonera más importante del país (Espinoza-Arellano *et al.*, 2011).

La producción hortícola depende principalmente del uso de fertilizantes químicos, los cuales contribuyen en la contaminación de los ecosistemas agua-suelo-atmosfera. Se estima que los cultivos sólo aprovechan entre el 20 y 50 % del fertilizante aplicado (Cassman *et al.*, 2002,

Cameron *et al.*, 2013), el resto puede perderse por lixiviación y contaminar cuerpos de agua y mantos acuíferos (Smith y Schindler 2009). Una alternativa para reducir los fertilizantes sintéticos, es el uso de fertilizantes orgánicos. Los fertilizantes orgánicos elaborados con pollinaza han sido utilizados en diferentes cultivos y se ha comprobado que su incorporación puede mejorar el crecimiento de las plantas e incrementar los nutrientes en el suelo (Rivera-Cruz *et al.*, 2008; González-Mancilla *et al.*, 2013; Rivera-Cruz *et al.*, 2020). Por lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes dosis de pollinaza como fertilizante orgánico sobre el crecimiento del cultivo de melón.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Facultad de Agricultura y Zootecnia, de la Universidad Juárez del Estado de Durango, localizado en el km 32 de la Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, del ejido Venecia, municipio de Gómez Palacio, Durango, México, con coordenadas geográficas 25° 78' 60" latitud norte y 103° 35' 07" longitud oeste, altitud de 1 110 msnm. Se estableció un experimento en invernadero bajo un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos, aplicando diferentes dosis de nitrógeno (160, 144, 120 y 96 kg N ha⁻¹) proveniente del fertilizante orgánico pollinaza (FO) comparado con una fertilización química con urea (150FQ) (Cuadro 1).

En el experimento se utilizaron macetas tipo bolsas negras de plásticos de 15 x 30 cm, previamente llenadas con 5 kg de suelo, más la dosis de pollinaza según el cuadro 1. Las características físico-químicas del suelo fueron analizados según la norma oficial mexicana (NOM-021-RECNAT-2000), presentando un pH medianamente alcalino (8.4) (relación suelo, agua 1:2), materia orgánica de 2.2 % (Walkley y Black), nitrógeno total de 0.09 % (micro Kjeldhal), N inorgánico de 61.5 mg kg⁻¹, fósforo disponible de 20.2 mg kg⁻¹ (Bray y Kurtz), potasio y calcio extraíble de 12 404 y 375 mg kg⁻¹ (extracto de saturación), la textura fue Franco arcillosa (Bouyoucos). El contenido de nitrógeno en la pollinaza fue de 2 %, respectivamente.

Cuadro 1. Dosis del fertilizante orgánico pollinaza implementados como tratamientos.

Tratamiento	Dosis (N ha ⁻¹)	Dosis (g FO por maceta)	Dosis (t FO ha ⁻¹)
1	160	20	8
2	144	18	7.2
3	120	15	6
4	96	12	4.8
5	150	11 (g urea)	No aplica (urea)

La siembra de semillas de melón se realizó en charolas germinadoras de 200 cavidades, previamente desinfectadas y llenándolas con sustrato de germinación tipo peat moss. El trasplante se realizó 43 días después de la siembra, tiempo en que las plántulas contaban con 2 a 3 hojas verdaderas, esta actividad se realizó sobre las macetas con el suelo húmedo 24 horas después del aniego. Se evaluaron variables agronómicas a los 15, 30, 60, 90 y 105 días después del trasplante (DDT), en este trabajo se consideraron únicamente las variables altura, largo de guía y producción de biomasa seca según los efectos de los tratamientos. La altura se midió únicamente a los 15 y 30 DDT (posteriormente se consideró como guía de la planta), utilizando una regla graduada en cm, desde el cuello radical hasta el ápice de la planta; el

largo de guía se consideró a los 60, 90 y 105 DDT utilizando la misma técnica en la altura; la producción de biomasa seca en hojas y guía se obtuvo al separar las partes indicadas y fueron puestos en papel estraza, posteriormente, se sometió en un horno de secado a 70 °C por 72 h; el peso seco se midió con una balanza analítica AdventurePro. Los datos obtenidos de las variables estudiadas fueron sometidos a un análisis de varianza y una comparación de medias según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Todos los datos se analizaron con la ayuda del paquete estadístico SAS 2002, recomendado para Windows versión 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectos de la pollinaza como fertilizante orgánico en altura y largo de guía en plantas de melón

La altura de las plantas de melón, evaluados a los 15 y 30 DDT, mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$) según el efecto de las diferentes dosis del fertilizante orgánico pollinaza, el mejor valor a los 15 DDT fue encontrado en el tratamiento cuatro (96FO) con 7.2 cm de altura y el valor más bajo, con 7 cm fue localizado en las plantas fertilizadas químicamente (150FQ). A los 30 DDT sobresalieron las plantas tratadas con 160 y 144 FO, al presentar 9.2 cm de altura, respectivamente (Figura 1). El tamaño de guía se midió a los 60, 90 y 105 DDT, los datos analizados mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$) (Figura 2). A los 60 DDT, se encontró que el mejor tratamiento fue cuando se fertilizó con 144 de fertilizante orgánico pollinaza (144FO) al presentar 65 cm de guía, el valor más bajo fue localizado en las plantas fertilizados con urea (150FQ) con 43 cm de guía. A los 90 y 105 DDT, sobresalieron los tratamientos 120FO y 96FO quienes presentaron 126-150cm (120FO) y 122-156 cm (96FO). Estos dos tratamientos mostraron incrementos en tamaño de guía, con valores de 13 y 17 % más comparado con el tamaño de guía obtenido en la fertilización química (150FQ, 133 cm).

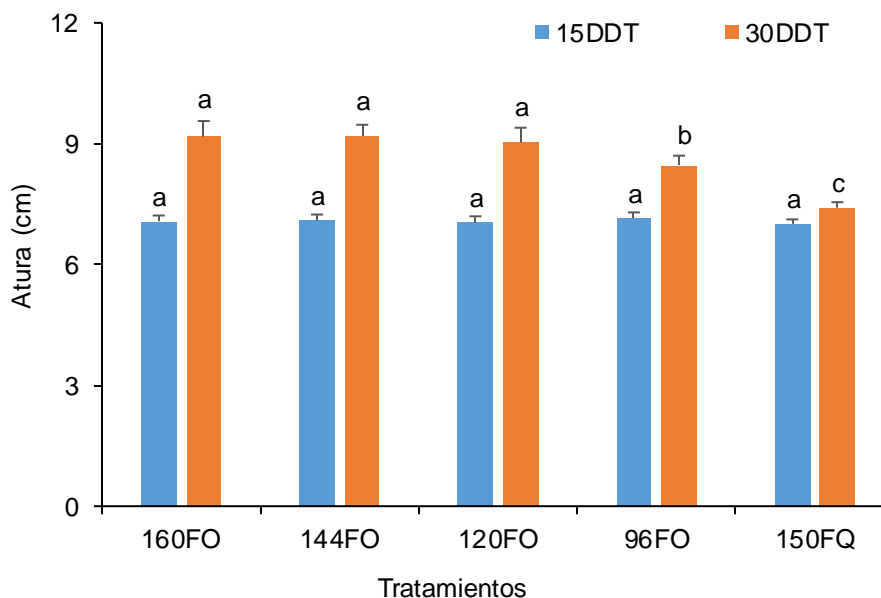


Figura 1. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno proveniente del fertilizante orgánico pollinaza (FO) en altura de plantas de melón. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$). $n = 12$, \pm EE.

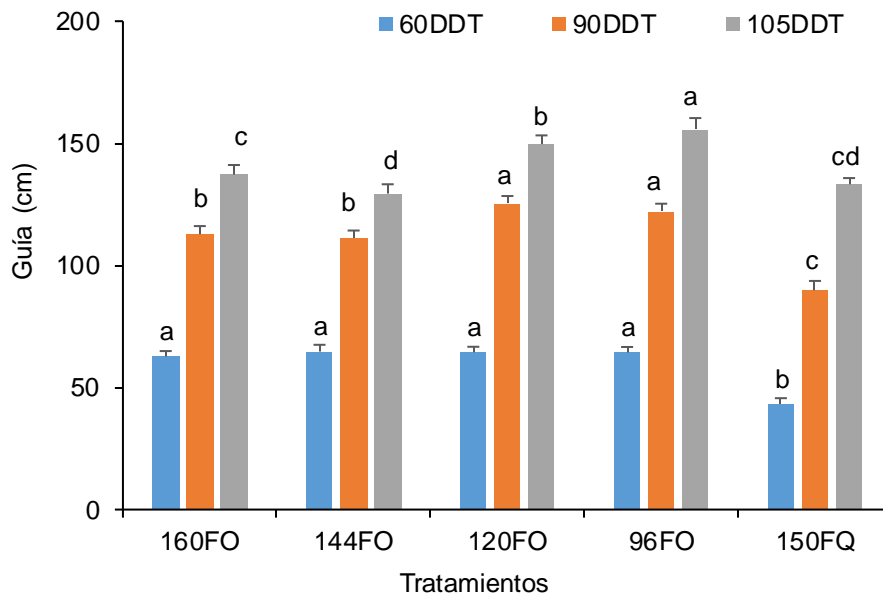


Figura 2. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno proveniente del fertilizante orgánico pollinaza (FO) en el largo de guía de plantas de melón. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$). $n = 12$, $\pm EE$.

La producción de biomasa seca al final del experimento (105 DDT) según los efectos de las diferentes dosis de N proveniente de la pollinaza, mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$) (Figura 3).

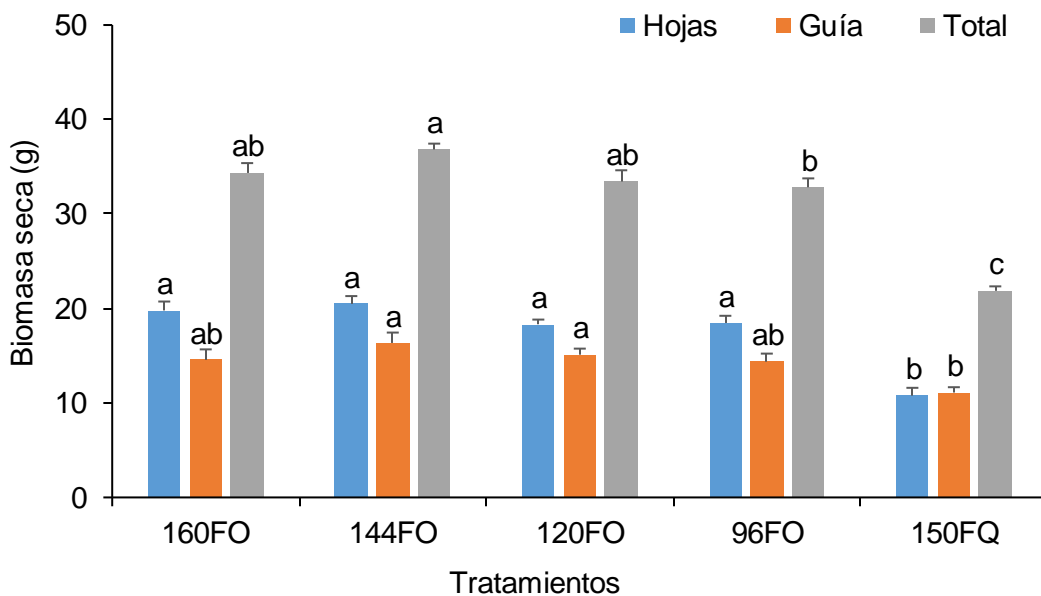


Figura 3. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno proveniente del fertilizante orgánico pollinaza (FO) en la producción de biomasa seca en plantas de melón, 105 DDT. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$). $n = 12$, $\pm EE$.

La biomasa seca fue mejor en las plantas fertilizadas con la pollinaza, el valor más alto se encontró con la fertilización orgánica a una dosis de 144 kg N ha (tratamiento 144FO), lo cual permitió mayor producción de biomasa seca, con valores de 20.5 g (en hojas), 16.3 g (en guía) y 36.8 g (en biomasa seca total); la biomasa seca más baja se localizó en las plantas fertilizadas químicamente con 150 kg N ha (150FQ). Los incrementos en la producción de biomasa encontrada en el tratamiento 144FO fueron de 90, 47 y 68 % más en la acumulación de biomasa seca en hojas, guías y el total respecto al tratamiento 150FQ, quien presentó 10.8, 11.1 y 21.9 g, respectivamente.

CONCLUSIONES

Los mejores resultados en el crecimiento del melón, fueron encontrados cuando se fertilizó con pollinaza a dosis de 96 y 144 kg N ha; por lo que se concluye que es posible sustituir la fertilización química con la pollinaza, al demostrar los mejores resultados con este fertilizante orgánico.

REFERENCIAS

- Cameron K. C., Di H. J., Moir J. L. 2013. Nitrogen losses from the soil/plant system: a review. *Ann. Appl. Biol.* 162 (2), 145-173.
- Cassman K. G., Dobermann A. R., Walters D. T. 2002. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. *Ambio* 31(2): 132-140.
- Espinoza-Arellano J. J., Lozada-Cota M., Leyva-Nájera S. 2011. Posibilidades y restricciones para la exportación de melón cantaloupe producido en el municipio de Mapimí, Dgo., México al mercado de los Estados Unidos. *Revista Mexicana de Agronegocios* 15: 593-604.
- FAOSTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2022. Datos. Cultivos y productos de ganadería. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL> (Consultado, agosto 2022).
- González-Mancilla, A., M. C. Rivera-Cruz, C. F. Ortiz-García, J. J. Almaraz-Suárez, A. Trujillo-Narcía y G. Cruz-Navarro. 2013. Uso de fertilizantes orgánicos para la mejora de propiedades químicas y microbiológicas del suelo y del crecimiento del cítrico Citrange troyer. *Univ. Cienc.* 28: 123-139.
- Rivera-Cruz, M. C., A. Trujillo-Narcía, G. Córdova-Ballona, J. Kohler, F. Caravaca, and A. Roldán. 2008. Poultry manure and banana waste are effective biofertilizer carrier for promoting plant growth and soil sustainable in banana crops. *Soil Biol. Biochem.* 40: 3092-3095.
- Rivera-Cruz M. C., González-Mancilla A., Almaraz-Suárez J. J., Ortiz-García C. F., Trujillo-Narcía A., Vázquez-López P., Cruz-Navarro G. 2020. Crecimiento de Citrange troyer y atributos químicos-microbiológicos del suelo en respuesta a diferentes fertilizantes orgánicos. *Terra Latinoamericana* 38: 519-528.
- SIAP-SAGARPA (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Smith V. H. y Schindler V. W. 2009. Eutrophication science: Where do we go from here? *Trends Ecol. Evol.* 24(4): 201-207.

EFFECTO DE EXTRACTOS DE PLANTAS DE NIM SOBRE EL CONTROL DE ADULTOS DE MOSCA BLANCA EN CULTIVO DE TOMATE

Graciano-Obeso Adalid^{1*}, Pollorena-López Gregorio², Beltrán-Burboa Cruz Enrique¹ y Bojórquez-Olivas Kelvin Dariel³

[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 en Industrias Alimentarias. 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 una de las principales hortalizas que se cultivan en Sinaloa. Éste cultivo, se ve afectado por insectos plaga, como la mosca blanca (*Bemisia tabaci*). El objetivo fue evaluar el efecto de distintas dosis de insecticida biorracional a base de nim sobre la densidad poblacional de mosca blanca. Se estableció un diseño completamente al azar, para evaluar la densidad de población de adultos de mosca blanca. Los tratamientos evaluados fueron distintas dosis de extractos acuosos de hojas de nim: (T1) testigo, (T2) 200 gr biomasa•L-1, (T3) 300 gr biomasa•L-1, (T4) 400 gr biomasa•L-1 y (T5) 500 gr biomasa•L-1. A los datos obtenidos se les aplicó un análisis de covarianza y la diferencia entre los promedios se evaluó utilizando la prueba de Tukey con un $\alpha=0.05$. Los extractos de nim presentaron efecto sobre la densidad poblacional ($p\leq 0.05$), al reducir la población conforme aumenta la concentración de los extractos. El T5, presentó la reducción más elevada con $43.56\pm 1.6\%$, mientras que el T4 presentó una reducción del $39.27\pm 1.7\%$, respecto al control. Sin embargo, la aplicación de T5 ocasiona daño a la planta, por lo que, se puede considerar que el T4 es más apto para su aplicación. Por lo tanto, los extractos de nim tuvieron efecto para controlar la población de mosca blanca.

Palabras clave: bioinsecticida, extracto acuoso, hortaliza, insectos, plaga

ABSTRACT

Tomato (*Solanum lycopersicum*) is one of the main vegetables grown in Sinaloa. This crop is affected by pest insects, such as the whitefly (*Bemisia tabaci*). The objective was to evaluate the effect of different doses of neem-based biorational insecticide on the population density of whitefly. A completely randomized design was established to evaluate the population density of adult whitefly. The evaluated treatments were different doses of aqueous extracts of neem leaves: (T1) control, (T2) 200 gr biomass • L-1, (T3) 300 gr biomass • L-1, (T4) 400 gr biomass • L-1 and (T5) 500 gr biomass • L-1. An analysis of covariance was applied to the data obtained

and the difference between the means was evaluated using the Tukey test with $\alpha = 0.05$. Neem extracts showed an effect on population density ($p \leq 0.05$), by reducing the population as the concentration of the extracts increased. T5 presented the highest reduction with $43.56 \pm 1.6\%$, while T4 presented a reduction of $39.27 \pm 1.7\%$, compared to the control. However, the application of T5 causes damage to the plant, therefore, it can be considered that T4 is more suitable for its application. Therefore, neem extracts had an effect to control the whitefly population.

Key words: bioinsecticide, aqueous extract, vegetable, insects, pest

INTRODUCCION

La mosca blanca (*Bemisia tabaci*), es un insecto que perfora el tejido de la hoja con su aparato bucal y se alimenta del floema. Esto debilita a la planta y crea su marchitamiento temprano, reduciendo la tasa de crecimiento y rendimiento de la planta. Es considerada una de las plagas más importantes del tomate en la zona tropical y subtropical, donde provoca grandes pérdidas en el cultivo por la alimentación directa y transmite geminivirus (Mansour *et al.*, 2012). Para mitigar la pérdida debida a la infestación, muchos agricultores utilizan insecticidas químicos sintéticos. Sin embargo, el control químico de la mosca blanca es caro y no siempre eficaz (Dimetry *et al.*, 1996). Además, el control de la mosca blanca con plaguicidas químicos es a menudo difícil debido a la amplia aparición de resistencia en las moscas blancas a estos plaguicidas, además del efecto negativo de los plaguicidas sobre los enemigos naturales de la mosca blanca. Aunado a lo anterior, el uso de estos deja residuos en los alimentos y el agua, generando consecuencias perjudiciales para la salud (Paragas *et al.*, 2018). El nim tiene un efecto letal sobre los insectos que chupan la savia de las plantas y los que mastican las partes de las plantas. Su ingrediente activo es la azadiractina, la cual actúa como regulador del crecimiento y disuasivo de la alimentación y la oviposición (Tulashie *et al.*, 2021). También, como un regulador del crecimiento al reducir el nivel de ecdisona, una hormona que interrumpe el proceso de muda de los insectos y, por lo tanto, evita que las larvas se conviertan en adultos (Shannag *et al.*, 2013). La azadiractina es una mezcla de siete compuestos isométricos que van desde la Azadiractina-A hasta la -G, con Azadiractina-A como dominante y Azadiractina-E como regulador de crecimiento más eficaz (Rosell *et al.*, 2008). Debido a lo mencionado anteriormente, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de extracto de plantas de nim sobre la densidad poblacional de mosca blanca en cultivo de tomate bajo condiciones de campo abierto en Guasave, Sinaloa.

MATERIALES Y METODOS

Localización del estudio y recolección de biomasa de nim

El estudio se realizó en el campo experimental del Tecnológico Nacional de México campus Guasave, el cuál se localiza en el estado de Sinaloa en el municipio de Guasave. La ciudad de Guasave es la cabecera del municipio, el cual se localiza al Noroeste del estado de Sinaloa entre los meridianos 108°10'00" y 109°06'50" longitud Oeste de Greenwich y los paralelos 25°10'03" al 25°46'19" latitud Norte. Limita al Norte con los municipios de Ahome, El Fuerte y Sinaloa; al Este con Salvador Alvarado y Angostura; al Sur y al Oeste con el Golfo de California y al Noroeste con el municipio de Ahome.

El material para la elaboración de los extractos consistió en hojas de nim, donde los folíolos fueron separados del raquis de la hoja manualmente. Una vez separadas, se lavaron y desinfectaron con agua clorada 50 ppm para su posterior secado. El secado tuvo lugar en un deshidratador solar tipo túnel durante dos días, hasta alcanzar una humedad aproximada de 13%. Una vez que las hojas se secaron, se sometieron a un proceso de molienda en un molino forrajero Estrella Blanca® #8, para reducir el tamaño de partícula y aumentar la superficie de contacto al momento de realizar los extractos.

Preparación de los extractos

La preparación de extractos se llevó a cabo mediante un método de extracción sólido-líquido manteniendo una relación diferente de peso/volumen para cada tratamiento. El T1 consistió en la aplicación de un insecticida comercial (Gorplus®), el T2, T3, T4 y T5 consistieron en una relación 20, 30, 40 y 50 % m/v de hoja deshidratada y agua destilada, respectivamente. Se colocó el agua en un recipiente y se mantuvo en una placa de calentamiento hasta llegar a una temperatura de 95 °C y posteriormente se sumergieron las hojas de nim por un lapso de 5 min. El extracto fue filtrado a través de papel filtro Whatman número 1, posteriormente se depositó en un frasco ámbar y se almacenó en refrigeración hasta su utilización.

Establecimiento del cultivo de tomate

Para este estudio se utilizaron plántulas del híbrido Sweet Hearts del grupo SAKATA, obtenidas de un productor local. Las plántulas fueron transferidas a los surcos designados para cada tratamiento, con una distancia entre plantas de 0.4 m a campo abierto. Previo al trasplante se aplicó una solución antifúngica por inmersión al cepellón de la planta. Posteriormente, se realizaron prácticas culturales tradicionales para el cultivo de tomate a campo abierto. Se permitió la infestación natural de mosquita hasta el día 30 después del trasplante y posteriormente se aplicaron los tratamientos. Una vez aplicados los tratamientos

se esperó un tiempo de tres días para realizar el conteo de los adultos muertos. Todos los tratamientos se realizaron por triplicado de muestra.

Variables evaluadas

Las variables evaluadas en el experimento fueron el número de adultos vivos en diferentes partes de la planta como el tallo, en hojas basales y en hojas apicales, así como el porcentaje de reducción. El porcentaje de reducción (%R) se calculó utilizando la ecuación propuesta por Henderson y Tilton's (1995):

$$\%R = \left(1 - \frac{Ta \times Cb}{Tb \times Ca}\right) \times 100$$

Donde: Tb es el número de insectos registrados antes del tratamiento, Ta es el número de insectos registrados después del tratamiento, Cb es el número de insectos registrados en el control antes del tratamiento y Ca es el número de insectos registrados en el control después del tratamiento.

Comparación de extractos contra marcas registradas

Por último se realizó una comparación entre el extracto que resultó más efectivo para combatir la mosca blanca y dos marcas de insecticidas comerciales utilizados para combatir dicha plaga. El procedimiento de preparación de los tratamientos, siembra del cultivo de tomate, aplicación y conteo de adultos para esta etapa, se realizó de la misma forma descrita anteriormente

Diseño experimental

Los datos generados fueron analizados mediante un análisis de covarianza tomando como covariable el conteo inicial de adultos antes de aplicar los tratamientos. Las diferencias entre los valores promedios se establecieron mediante la prueba de Tukey con un $\alpha=0.05$, en un paquete estadístico Minitab® 17. Adicionalmente se realizó un análisis de regresión entre las variables.

RESULTADOS Y DISCUSION

Densidad poblacional

La figura 1., muestra el comportamiento de los diferentes extractos de nim sobre la densidad poblacional de mosca blanca. Se detectó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. En T1 se obtuvo el conteo más elevado que los demás tratamientos con un promedio de 38 ± 3 adultos vivos/planta, el cuál resultó diferente que todos los demás tratamientos. Los dos extractos más efectivos para contrarrestar la plaga fueron el T4 y T5.

En T4 se presentó un conteo de 25 ± 2 adultos vivos/planta, mientras que el T5 un promedio de 21 ± 2 adultos vivos/planta. De manera general, conforme aumenta la concentración de

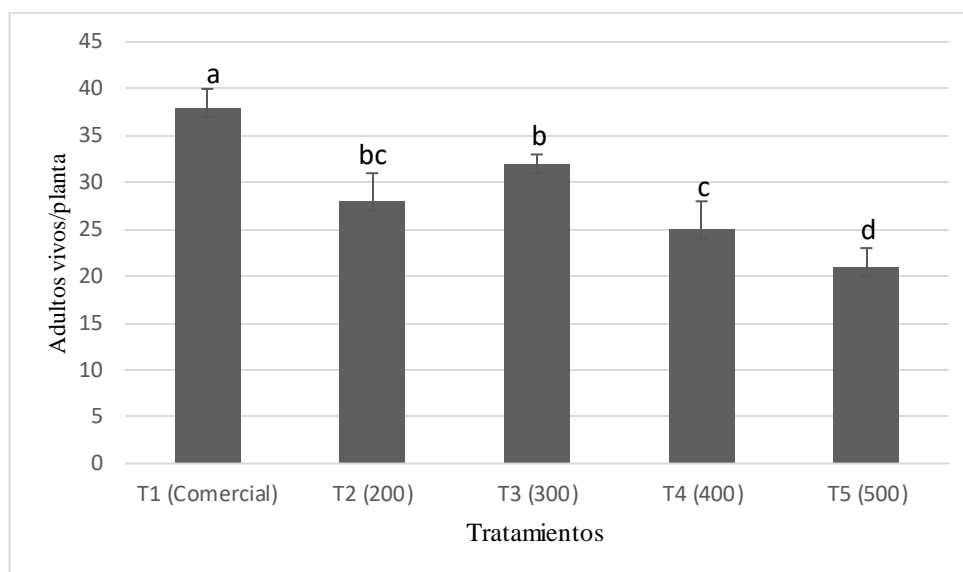


Figura 1. Efecto de extractos de nim sobre la densidad poblacional de mosca blanca en cultivo de tomate a campo abierto.

^{abcd}Diferente literal dentro de cada barra, indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos.

biomasa en los tratamientos, aumenta la capacidad de los extractos para combatir la mosca blanca. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Muñoz-Reyes et al., (2016), quienes probaron diferentes concentraciones de azadiractina (1, 0.5, 0.2 mg/mL), sobre el porcentaje de repelencia contra adultos de mosca blanca. Los resultados mostraron que conforme aumenta la concentración de los extractos, el porcentaje de repelencia es más elevado. Además, los resultados mostraron que dicho porcentaje disminuye conforme aumenta el tiempo de aplicación de los tratamientos.

Tabla 1. Efecto de extractos de nim sobre el porcentaje de reducción de la densidad poblacional de *B. tabaci* en cultivo de tomate.

Tratamiento	Conteo inicial por planta	Conteo final por planta	% Reducción
Control	48 ± 2	38 ± 3	0 ^d
T1	41 ± 3	28 ± 1	13.73 ± 1.5^c
T2	46 ± 4	32 ± 2	12.13 ± 1.8^c

T3	52±3	25±2	39.27±1.7 ^b
T4	47±2	21±2	43.56±1.6 ^a

^{abcd}Diferente literal dentro de la columna, indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos.

En la Tabla 1., se observan los porcentajes de reducción de los extractos respecto al control. Todos los extractos presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$). En lo que respecta al T1 (13.73±1.5 %R) y T2 (12.13±1.8 %R), presentaron diferencia respecto al control, sin embargo, entre ellos los porcentajes de reducción no presentaron diferencia significativa ($p \geq 0.05$). Los extractos que presentaron los %R más elevados fueron los de T4 y T5 con un promedio de 39.27±1.7 y 43.56±1.6 respecto al Control. Los resultados muestran el mismo comportamiento que en la variable antes mencionada, ya que existe relación inversa entre la concentración del extracto y el número de adultos vivos por planta ($R^2=0.84$), así como una correlación lineal directa con el porcentaje de reducción ($R^2=0.864$).

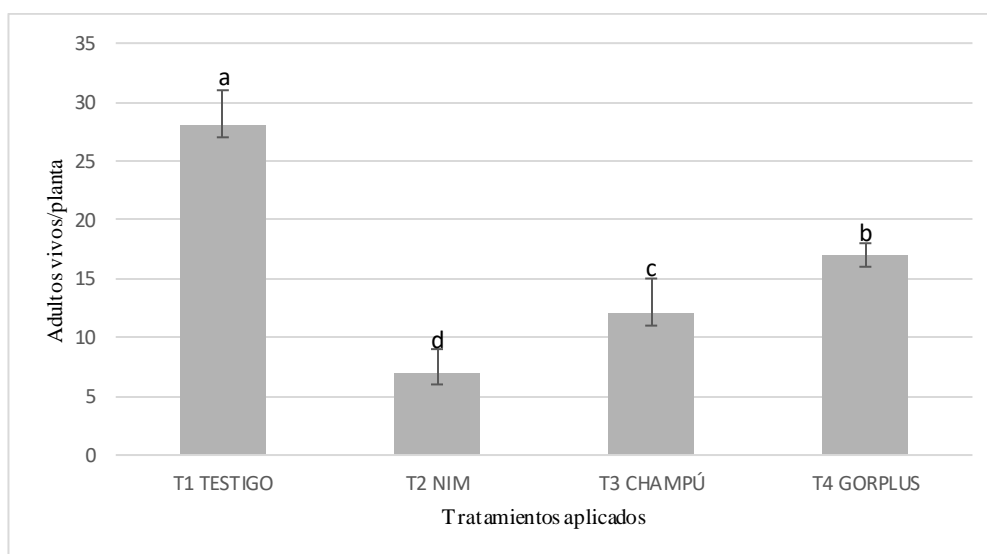


Figura 2. Comparación de la efectividad del extracto de nim (40% m/v) contra diferentes marcas comerciales de insecticidas.

^{abcd}Diferente literal dentro de cada barra, indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos.

En la Figura 2., se observa la comparación de la efectividad del extracto 40% m/v, el cuál presentó las mejores características para reducir la población de mosca blanca en el primer experimento contra diferentes marcas comerciales de insecticidas utilizados para reducir la plaga. Se presentó diferencia significativa entre los tratamientos ($p \leq 0.05$) y el extracto probado resultó con el conteo más bajo (7±1 adultos vivos/planta), mientras que los demás

tratamientos Champú (12 ± 2 adultos vivos/planta) y Gorplus (17 ± 2 adultos vivos/planta) presentaron valores más elevados. Los resultados presentados anteriormente indican la efectividad de los extractos acuosos de hojas de nim para combatir la mosca blanca en cultivo de tomate.

CONCLUSIONES

Los extractos de nim resultaron efectivos para combatir la mosca blanca (*B. tabaci*) en cultivo de tomate a campo abierto. En el primer experimento, los extractos T4 (40% m/v) y T5 (50% m/v) fueron los más efectivos para combatir la plaga, ya que presentaron el menor número de adultos vivos por planta y los más elevados porcentajes de reducción. En el segundo experimento, el extracto seleccionado (40% m/v) presentó el menor número de adultos vivos por planta respecto a las marcas comerciales probadas. Debido a que reducen la densidad poblacional pueden utilizarse exitosamente como alternativa del manejo integrado de plagas.

REFERENCIAS

- Dimetry, N.Z., Gomaa, A.A., Salen, A.A., & Abd-El-Moniem, A.S.H. (1996). Bioactivity of some formulations of neem seed extracts against the whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.). *Azn Schädlingskot, Pflanzenschutz, Umweltschutz* 69:140-141.
- Henderson, C.F., & Tilton, E.W. (1955). Tests with acaricides against the brown wheat mite. *J. Econ. Ent.* 48 (2): 157-161.
- Mansour, S.A.A., Mohamad, R.M.N., Khalid, A.S., Ismail, A., & Idris, A.B. (2012). Responses of Whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae) Population on Tomato *Lycopersicon esculentnm* Mixed with Other Crops under Glasshouse Conditions. *APCBEE Procedia* 4: 48-52.
- Muñiz-Reyes, E., Ramos-Barreto, C.A., Rodríguez-Hernández, C., & Ortega-Arenas, L.D. (2016). Actividad biológica de nim en adultos de mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Aleyrodidae) West. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol. 7 Núm. 6. p. 1283-1295.
- Paragas, D.S., Fiegalan, K.D., & Cruz, K.D. (2018). Assessment of Green Solvents and Extraction Methods for Biopesticide Preparation from Neem *Azadirachta indica* Leaves against Oriental Fruit Fly *Bactrocera Dorsalis* (Hendel). <https://doi.org/10.20944/preprints201805.0179.v1>.
- Rosell, G., Quero, C., Coll, J., & Guerrero, A. (2008). Biorational insecticides in pest management. *J. Pestic. Sci.*, 33(2), 103–121.
- Shannag, H.K., Capinera, J.L., & Freihat, N.M. (2013). Use of neem-based insecticides against southern armyworm, *Spodoptera eridania* (Stoll) (Lepidoptera: Noctuidae). *Trends in Entomology* 9: 45-53.
- Tulashie, S.K., Adjei, F., Abraham, J., & Addo, E. (2021). Potential of neem extracts as natural insecticide against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering* 4: 100130.

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ LÍQUIDO SOBRE LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLAS Y PLÁNTULAS DE MELÓN

Neymar Camposeco Montejo*¹, Perpetuo Álvarez Vásquez², Antonio Flores Naveda¹,
Josué Israel García López¹ Xóchitl Ruelas Chacon³

¹Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de semillas, ²Departamento de Recursos Naturales Renovables, ³Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, C.P. 25315 Saltillo, Coahuila, México.

* Autor principal y de correspondencia, e-mail: neym_33k@hotmail.com

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México en el laboratorio de ensayo de semillas del departamento de Fitomejoramiento. El objetivo del fue evaluar el comportamiento fisiológico y calidad de semillas y plántulas de melón tratadas con humus líquido de lombriz. El diseño experimental que se utilizó, fue completamente al azar. Los tratamientos se conformaron por seis diferentes dosis de un producto comercial llamado AEROBIOT®, (Tratamiento 1= 0 ml L⁻¹), (Tratamiento 2= 2 ml L⁻¹), (Tratamiento 3= 4 ml L⁻¹), (Tratamiento 4= 6 ml L⁻¹), (Tratamiento 5= 8 ml L⁻¹), (Tratamiento 6= 10 ml L⁻¹), con 4 repeticiones cada uno, cada repetición con veinticinco semillas, siendo estas la unidad experimental. El análisis estadístico (ANOVA $p \leq 0.05$) se utilizó el sistema de análisis estadístico INFOSTAT® 2020, y para la comparación de medias se utilizó la prueba Tukey con un nivel de significancia de (Tukey ≤ 0.05), para todas las variables evaluadas. Los resultados indicaron diferencias significativas que genero el humus líquido de lombriz en las variables de plántulas normales, plántulas anormales, peso fresco y seco de plántulas. De manera general donde aplicaron 6 ml L⁻¹, se obtuvieron mejores resultados con respecto control. La calidad fisiológica de semillas y de plántulas de melón, se vieron beneficiadas positivamente con la aplicación de humus de lombriz líquido en particular con la aplicación de 6 ml L⁻¹.

Palabras clave: germinación, plántulas normales, *Cucumis melo* L.

ABSTRACT

The present research work was carried out at the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, Mexico. in the seed testing laboratory of the Plant Breeding department. The objective of the study was to evaluate the physiological behavior and the quality of melon seeds and seedlings treated with liquid earthworm humus. The experimental design that was drawn was completely random. The treatments were made up of six different doses of a commercial product called AEROBIOT®, (Treatment 1= 0 ml L⁻¹), (Treatment 2= 2 ml L⁻¹), (Treatment 3= 4 ml L⁻¹), (Treatment 4= 6 ml L⁻¹), (Treatment 5= 8 ml L⁻¹), (Treatment 6= 10 ml L⁻¹), with 4 repetitions each, each repetition with twenty-five seeds, these being the experimental unit. Statistical analysis (ANOVA $p \leq 0.05$) was obtained using the INFOSTAT® 2020 statistical analysis system, and for the comparison of means, the Tukey test was obtained with a significance level of (Tukey ≤ 0.05), for all variables evaluated. The results indicated significant differences generated by the liquid earthworm humus in the variables of normal seedlings, abnormal seedlings, fresh and dry weight of seedlings. In general, where 6 ml L⁻¹ were applied, better results were obtained with respect to the control. The physiological quality of melon seeds and seedlings benefited positively from the application of liquid worm humus, particularly with the application of 6 ml L⁻¹.

Key words: germination, normal seedlings, *Cucumis melo* L.

INTRODUCCION

En México el melón es uno de los cultivos de mayor importancia económica y social, la comarca lagunera ubicada al norte del país es el mayor productor, siendo Coahuila el productor número uno, teniendo una cosecha de más de 117, 250 toneladas de las 550 mil toneladas producidas a nivel nacional, seguido por Guerrero con 98,155 toneladas y Sonora con 88,900 toneladas, por lo que estas 3 entidades representaron el 55 % de la producción nacional (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2021.) En 2020 Viesca, Coahuila se convirtió en el municipio con mayor superficie sembrada con 1,710 hectáreas, 62,530 toneladas y un precio de 3,143 \$/t, mientras que Mapimí bajo a una superficie de 939 ha con una producción de 36,665 toneladas (Axayacatl, 2021).

Sabiendo la importancia de este cultivo y de muchos más, lleva al tema de la calidad de semillas y plántulas que se necesitan para la producción, y el cómo se puede optimizar el buen desarrollo de estas, uno de los principales factores es el uso adecuado de tratamiento de la semilla ya que dependiendo de qué tipo de tratamiento se use se verá el resultado un resultado deseable. La industria de tratamientos de semilla si bien es amplio, la mayor parte de estos son químicos muy potentes muchas veces nocivos para el suelo y su microfauna. Si bien, el uso de tratamientos químicos aplicados a las semillas es de gran beneficio para la producción de alimentos, también implica riegos para el ser humano y/o animal, ya que muchos de estos productos químicos pueden ser nocivos para el operador tanto a corto como a largo plazo (CRODA, 2021), y poco el uso de sustancias orgánicas para dicho fin. Aunque, el uso de tratamientos de semillas es una herramienta que permite proteger y mejorar las condiciones para un cultivo saludable, también se sabe que, como consecuencia de los cambios climáticos, el uso de sustancias orgánicas se ha convertido en una necesidad para un cultivo saludable (International Seed Federation, 2020). esto da pie al interés para la investigación de alternativas que den resultados positivos y sean amigables con el medio ambiente, así como para el ser humano. Por otro lado, existen alternativas orgánicas para el tratamiento de semillas, algunas de ellas como el humus líquido de lombriz. Esta alternativa ayudara a la semilla a tener una germinación más rápida, ayudara a promover el desarrollo de la plántula, así como la absorción de nutrientes entre otros beneficios (Jardin, 2015; Piccolo *et al.*, 1993), ya que También pueden actuar como fitohormonas, ya que presentan sustancias que estimulan el crecimiento celular y que su bioactividad está relacionada con un mayor contenido de grupos nitrogenados en su estructura (Pasqualoto *et al.*, 2002). Por lo ya mencionado anteriormente, el presente trabajo de investigación se ha realizado para evaluar el efecto que ejerce el humus líquido de lombriz sobre la calidad fisiológica de las semillas y plántulas.

MATERIALES Y METODOS

Localización de las áreas de estudios

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Ensayo de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Se encuentra geográficamente en las coordenadas 25°21'17.3" latitud norte 101°02'00.9" longitud oeste, a una latitud de 1812 msnm (Google Earth, 2019), con un clima seco BsoKW (e), con un verano cálido, presencia de lluvias y temperaturas extremosas.

Material genético y preparación de las semillas

El presente trabajo de investigación se realizó el 23 de marzo del 2021. Se usaron 600 semillas de melón (*Cucumis melo* L.) de la variedad Top Mark, con origen de Estados Unidos, las cuales se separaron en seis tratamientos de 100 semillas cada uno, y cada tratamiento se dividió en cuatro repeticiones de 25 semillas. El producto probado fue a base de humus líquido de lombriz (AEROBIOT®), en dosis de 0, 2, 4, 6, 8 y 10 ml L⁻¹ de agua destilada. Las semillas se colocaron en cajas Petri que contenían la solución con los tratamientos y se dejaron imbibir durante 24 horas.

Establecimiento de los tratamientos.

Una vez pasado el tiempo de imbibición, las semillas se sembraron y colocaron en charolas de germinación con sustrato Peat Moss y perlita en proporción 70/30, al momento de sembrarlas se les agrego Captan 50, en una concentración de 10 g en 1L de agua, para evitar algún tipo de contaminación en el sustrato y contagiar a las plántulas. Para esta actividad, se utilizaron charolas de poliestireno de 200 cavidades cada una, por lo cual se utilizó una charola para dos tratamientos, cada charola se dividió a la mitad y se etiqueto debidamente para identificar los tratamientos.

Desarrollo de la plántula

Las charolas de germinación se dejaron en una cámara de germinación, las cuales se monitoreaban cada tercer día para regular la humedad del sustrato en el que se sembraron, procurando mantener siempre a capacidad de campo. Pasado dos semanas las plántulas estaban listas para ser evaluadas. Con mucho cuidado se sacaron las plántulas de la cavidad de las charolas para su evaluación y separadas nuevamente en las cajas Petri ya etiquetadas respectivamente con el número de tratamiento y repetición.

Variables evaluadas

El desarrollo y crecimiento de la plántula se determinó a los 16 días posteriores a la siembra, para tomar datos de las siguientes variables: para semillas sin germinar, se contabilizó el número total de semillas sin germinar de cada una de las repeticiones de los tratamientos. En plántulas anormales, se realizó un conteo de las plántulas que mostraban algún tipo de anomalía, tales como presencia de plúmula, pero sin radícula o una radícula sin desarrollar, plúmula sin desarrollo y radícula completa, plúmula con deformidad. Plántulas anormales, se contaron las plántulas con un desarrollo normal en plúmula y radícula. La longitud de plúmula y radícula, la cual se realizó con una cinta métrica graduada en centímetros.

El peso fresco de la plántula se determinó tomando el peso fresco de todas las plantas que componía la repetición, esto con una balanza analítica de precisión, posteriormente se dividió entre el número de plántulas totales. Posteriormente, las muestras se llevaron a una estufa de secado, a una temperatura de 60 C° durante 48 h, para extraer el contenido de agua de las plántulas, y así obtener el peso seco en una balanza analítica de precisión, el peso total de cada repetición, se dividió entre el número total de plántulas de dicha repetición.

Diseño experimental

Para el presente trabajo, se utilizó el diseño experimental y modelo estadístico completamente al azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones cada uno, cada repetición con 25 semillas. Para el análisis de los datos (ANOVA $p \leq 0.05$) se utilizó el sistema de análisis estadístico INFOSTAT 2020, y para la comparación de medias se utilizó la prueba Tukey con un nivel de significancia de (Tukey ≤ 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias significativas en las variables de, plántulas normales, plántulas anormales, peso fresco de plántula y peso seco de plántula, en tanto que, en longitud de plúmula, longitud de radícula y semillas sin germinar, no se detectaron diferencias estadísticas significativas.

Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables de calidad fisiológica de semillas y plántulas de melón.

Fuentes de variación	GL	SSG	PN	PA	LP	LR	PFP	PSP
Tratamiento	5	8.0	114.67	101.87	3.98	0.49	1901.14	2768.95
Error	18	2.0	2.89	26.0	1.79	0.24	405.93	439.61
Total	23							
ANOVA $p \leq$		0.129	0.0001	0.0001	0.096	0.125	0.0065	0.0015
C. V. (%)		70.71	1.90	14.42	20.03	12.97	16.26	21.55
DMS		3.17	3.81	3.17	3.00	1.10	45.27	47.11

GL= Grados de libertad, SSG= Semillas sin germinar, PN= Plántulas normales, PA= Plántulas anormales, LP= Longitud de plúmula, LR= Longitud de radícula, PFP= Peso fresco de plántulas, PSP= Peso seco de plántulas. CV= Coeficiente de variación, DMS= Diferencia mínima significativa.

El análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$) y prueba de medias de Tukey ≤ 0.05 , no mostró diferencias significativas entre los seis tratamientos en la variable de semillas sin germinar, no obstante, es necesario resaltar que en el tratamiento con 10 ml L^{-1} , fue el que tuvo la menor cantidad de semillas sin germinar (Figura 1A). Además, se observa una tendencia en la que se aprecia que, a medida que se incrementa la dosis del producto comercial, disminuye el número de semillas sin germinar a excepción del tratamiento con 4 ml L^{-1} . Mientras tanto en la variable de plántulas anormales, las diferencias estadísticas encontradas, permiten observar que, el tratamiento control (0 ml L^{-1}), obtuvo el mayor porcentaje de plántulas anormales, seguido del tratamiento con 2 ml L^{-1} (Figura 1A). En plántulas normales (porcentaje de germinación), las diferencias estadísticas permiten observar que, el tratamiento con mayor porcentaje de plántulas normales es el tratamiento con 10 ml L^{-1} (Figura 1C)., sin embargo, hubo una constante entre los tratamientos con 4 y 6 ml L^{-1} , lo que significa que el producto ejerció una respuesta positiva sobre las semillas en el porcentaje de plántulas normales o de germinación, tal como se observa en la tendencia general.

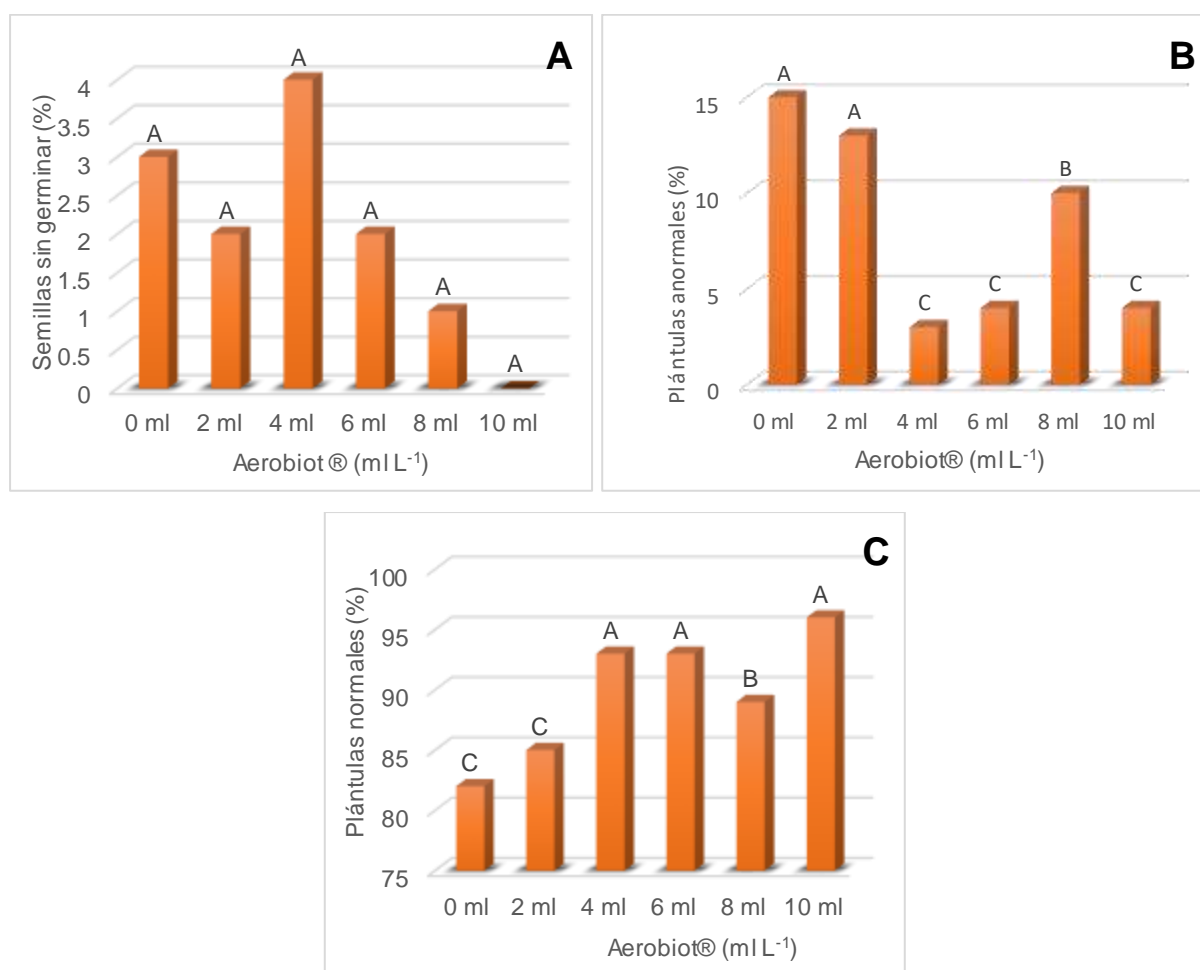


Figura 1. Análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$) y comparación de medias (Tukey ≤ 0.05) para las variables de semillas sin germinar (1A), plántulas anormales (1B) y plántulas normales (1C), de seis tratamientos pregerminativos a base de humus de lombriz líquido aplicados a las semillas de melón.

El análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$) y prueba de medias de Tukey ≤ 0.05 de la variable longitud de plúmula, no mostró diferencias estadísticas significativas, aunque se pudo

observar una tendencia de incremento de este carácter a medida que se incrementó la dosis del producto AEROBIOT® aplicados a las semillas, pero un decremento con la dosis más alta (Figura 2A), una respuesta y tendencia similar se observó en longitud de radícula (Figura 2B), ya que la dosis con una respuesta favorable en el crecimiento de plúmula y radícula fue con el tratamiento de 6 ml L⁻¹ con un incremento de 40 y 25 % respectivamente en referencia al control, seguido del tratamiento número con 8 ml L⁻¹. Los resultados en cuanto a peso fresco de plántula, mostraron una respuesta estadística significativa ya que se puede observar que, a medida que incremente la dosis del producto AEROBIOT®, también se incrementa el peso fresco de las plántulas (Figura 2C), por tanto, se evidencia una respuesta positiva de los tratamientos sobre este carácter, en consecuencia, las plántulas tuvieron una respuesta favorable en la acumulación de agua y materia verde, siendo esto de importancia para el transporte de nutrientes, fotosíntesis e intercambio de gaseoso. En peso seco de plántula, también se detectó una respuesta estadística diferencial, en donde el tratamiento que acumuló mayor peso seco en la plántula fue el tratamiento con 8 ml L⁻¹, seguido por el tratamiento con 6 ml L⁻¹ (Figura 2D). De esta manera se demuestra que el producto ejerció una respuesta positiva sobre dicha variable, lo que es bueno ya que mayor acumulación de materia seca normalmente se asocia a una mayor acumulación de nutrientes.

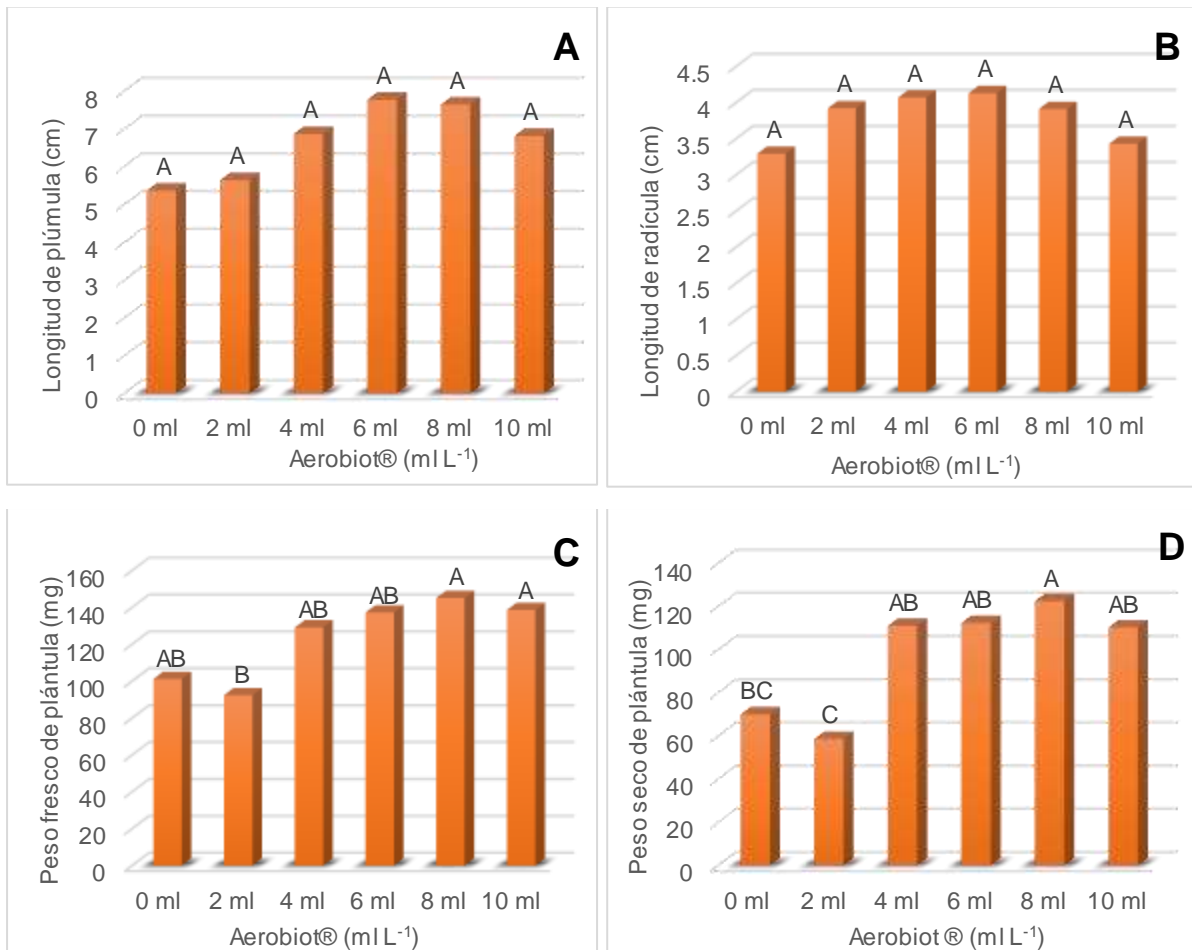


Figura 2. Análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$) y comparación de medias (Tukey ≤ 0.05) para las variables de Longitud de plúmula (2A), longitud de radícula (2B), peso fresco de plántula (2C) y peso seco de plántula (2D), de seis tratamientos pregerminativos a base de humus de lombriz líquido aplicados a las semillas de melón.

CONCLUSIONES

La calidad fisiológica de semillas y de plántulas de melón, se vio beneficiada positivamente con la aplicación de humus de lombriz líquido.

De las dosis probadas, la que ejerció mejor respuesta fue al aplicar 6 ml L⁻¹, por lo tanto un efecto positivo en el desarrollo fisiológico de las semillas y plántulas de melón.

El uso de productos orgánicos como los lixiviados de lombriz para el tratamiento de semillas, pudiera ser una alternativa ya que promueve una respuesta positiva en la calidad de plántulas de melón.

REFERENCIAS

- Axayacatl, O. 2021. Países Productores de Melón. Blog Agricultura. Fecha de consulta: 13 de junio del 2022. En: <https://blogagricultura.com/paises-productores-melon/>.
- CRODA, 2021. Smart science to improve lives™. Tratamiento de Semillas. Fecha de consulta: 14 de mayo del 2022. Consulta en: <https://www.crodacropcare.com/es-mx/market-areas/seed-treatment>.
- International Seed Federation, 2020. Los tratamientos de semillas son los agentes y técnicas biológicas, físicas y químicas aplicadas a las semillas para brindar protección y mejorar el establecimiento de cultivos saludables. Fecha de consulta: 15 de junio del 2022. Consulte en: <https://worldseed.org/our-work/seed-treatment/>
- Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*. 196, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Piccolo, A. Celano G. Pitramellara G. 1993. Effects of fractions of coal-derived humic substances on seed germination and growth of seedlings. *Biology and Fertility of Soils*. Fecha de consulta 16 de junio del 2022. Consulta en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00336508>
- Pasqualoto, C., Lopes, O., Okorokova F. A. and Rocha, F. (2002). Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots. *Plant Physiology*. 130 (4), 1951–1957. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC166705/>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2021. Fecha de consulta: 15 de julio del 2022. En: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

CONTROL DE NEMATODOS EN VID DE MESA CON TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS

Martínez, Gerardo¹, Miranda, José Luis¹

¹Investigadores del INIFAP en el Campo Experimental Costa de Hermosillo. E-mail: martinez.gerardo@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los nematodos son importantes organismos que infestan los viñedos de Sonora, México. Normalmente estos patógenos han sido controlados mediante métodos químicos. Las restricciones en la utilización de estos productos ha conducido a la necesidad de buscar otros métodos de control. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de métodos alternativos para el control de los nematodos que atacan a la vid en la región. Los tratamientos fueron: Silicato de potasio + extractos vegetales (1.35 + 12.3 y 1.8 + 16.4 Kg/ha), silicato de potasio + extractos vegetales + oxamil (0.9 + 8.2 + 0.48 Kg/ha), *Myrothecium verrucaria* (1.8 Kg/ha) y *Phaecilomyces lilacinus* (0.48 Kg/ha). Todos los tratamientos redujeron la población total de nematodos. El control de nematodos *Meloidogyne* fue de 80 y 75% con la mezcla de silicato de potasio + extractos vegetales + oxamil y los nematocidas biológicos, respectivamente.

Palabras clave: Vid de mesa, silicato de potasio, nematodo agallador, *Xiphinema*.

ABSTRACT

Nematodes are important organisms that infest vineyards in Sonora México. Control of these pathogens has been by chemical methods. Restrains to the use of pesticides have conducted to search novel control methods. The aim of this research was to evaluate the effect of alternative methods of nematode control in grapes. Treatments were potassium silicate + plant extracts (1.35 + 12.3 y 1.8 + 16.4 Kg/ha), Potassium silicate + plant extracts + oxamyl (0.9 + 8.2 + 0.48 Kg/ha), *Myrothecium verrucaria* (1.8 Kg/ha) and *Phaecilomyces lilacinus* (0.48 Kg/ha). All treatments reduced the total nematode population. *Meloidogyne spp.* control was 80 and 75% by potassium silicate + plant extracts + oxamyl and the biological nematicides, respectively.

Palabras clave: Vid de mesa, silicato de potasio, nematodo agallador, *Xiphinema*.

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas fitosanitarios de la viticultura es el ataque de nematodos donde el más común y dañino es el agallador de la raíz (*Meloidogyne incognita*) aunque también está presente *Xiphinema spp* y *Pratylenchus spp*. El daño más común de *Meloidogyne* es la reducción en el vigor de la planta que queda expuesta a mayores daños por sequía, falta de nutrimentos y otros efectos de estrés, lo cual se traduce en una reducción de la vida útil del

viñedo. El síntoma característico es la formación de pequeños abultamientos o agallas de 3.5 mm de diámetro en las raíces más jóvenes o en las secundarias.

El combate de nematodos se lleva a cabo mediante el uso de nematicidas como oxamil el cual pertenece al grupo de los carbamatos (Silva *et al.*, 2007). Entre las tecnologías alternativas están la utilización de combate biológico utilizando organismos como *Myrothecium verrucaria* y *Phaecilomyces lilacinus* (Piedra, 2008). Además, se conoce que diferentes extractos de origen vegetal reducen las poblaciones de estos organismos y el nivel de formación de agallas en las raíces por especies del género *Meloydogine* (Almeida, 2007). Adicionalmente se conocen de compuestos a base de silicatos que causan daño a los nematodos inhibiendo su reproducción (Costa *et al.*, 2007).

Por lo anterior el objetivo del presente estudio fue evaluar diferentes productos disponibles en el mercado con diferentes componentes como ingrediente activo en las poblaciones del nematodo agallador.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en un viñedo con el Cv. Superior Seedless, en la Región de Pesqueira, Sonora, México, con riego por goteo. Los tratamientos se describen en el Cuadro 1. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. La unidad experimental fue de 136 plantas.

La aplicación de los tratamientos de silicato de potasio + extractos vegetales se realizó el 13 de Marzo (1era.), 28 de marzo (2da.), 10 de abril (3era.) y 25 de abril (4ta.); para *Myrothecium verrucaria* fueron el 13 marzo (1era.), 23 marzo (2da.), y 2 abril (3era.). La aplicación de *Phaecilomyces lilacinus* fue el 13 de marzo. En todos los casos los tratamientos se aplicaron mediante el sistema de riego por goteo, utilizando una motobomba.

Cuadro 1. Tratamientos para el control de nematodos en vid de mesa Cv. Superior. Hermosillo. 2012.

Tratamientos	Dosis Kg/Ha)	Momentos de aplicación
Silicato de potasio + Extractos vegetales (SP+EV)	1.35 + 12.3	Cada 15 días por sistema riego por goteo. 4 aplicaciones.
Silicato de potasio + Extractos vegetales (SP+EV)	1.8 + 16.4	Cada 15 días por sistema riego por goteo. 4 aplicaciones
Oxamil + Silicato de potasio + Extractos vegetales (O + SP+EV)	0.48 + 0.9 + 8.2	Cada 15 días por sistema riego por goteo. 4 aplicaciones.
<i>Myrothecium verrucaria</i> (MV)	1.8	Cada 10 días por sistema riego por goteo. 3 aplicaciones.
<i>Phaecilomyces lilacinus</i> (PL)	0.48	Una aplicación el 13 de marzo.
Testigo	-	-

*La fuente de silicato de potasio + extractos vegetales fue Kendal Nem que contiene 9% nitrógeno, 9% de potasio y 82% de extractos vegetales; para oxamil fue Vydate 24%; para *Myrothecium verrucaria* fue Ditera 900 gr ia/ kg y para *Phaecilomyces lilacinus* fue P Lila - Sin^{mr} que contiene 1.2 x 10¹² conidios en 240 gr.

El 11 de abril y 13 de mayo se colectaron muestras de suelo a 30 cm de profundidad y se analizaron utilizando el método de Embudo de Baerman para separar los nematodos los cuales fueron cuantificados bajo el microscopio estereoscópico.

Se obtuvieron los promedios de las poblaciones de nematodos y el error estándar de los datos, los cuales se presentan en los cuadros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los tratamientos evaluados redujeron significativamente la población total de nematodos del suelo con respecto al testigo (Cuadro 2). El tratamiento que más impacto tuvo en la población fue la mezcla de silicato de potasio + extractos vegetales + oxamil la cual redujo en 55% la población total de nematodos en la primera evaluación y en 68% en la segunda evaluación, indicando la alta actividad del oxamil en el control de estos organismos. Al incrementar la dosis de silicato de potasio + extractos vegetales se tuvo un incremento en la reducción de la población de nematodos ya que de 23% con 1.35 + 12.3 Kg/ha la reducción aumentó a 39% con 1.8 + 16.4 Kg/ha. El control obtenido con *Myrothecium verrucaria* fue mayor que el obtenido con *Phaeoacremonium solani* en la primera fecha de evaluación pero en la segunda fue muy similar.

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos en la población de nematodos totales en 100 gramos de suelo.

Tratamiento	Número de nematodos y reducción de la población			
	11 abril	Reducción %	13 mayo	Reducción %
SP+EV (1.35 + 12.3)	70 ± 10*	23	39 ± 4	57
SP+EV (1.8 + 16.4)	55 ± 14	39	54 ± 19	40
O + SP+EV (0.48 + 0.9 + 8.2)	31 ± 8	55	29 ± 11	68
<i>Myrothecium verrucaria</i>	53 ± 3	42	46 ± 22	50
<i>Phaeoacremonium solani</i>	69 ± 23	24	40 ± 13	56
Testigo	92 ± 11	-	92 ± 13	-

*Error estándar

Los nematodos fitoparásitos que se encontraron en las muestras fueron *Meloidogyne*, *Xiphinema* y *Longidorus*, pero fue el nematodo agallador el que se presentó en mayor densidad. El Cuadro 3 muestra que todos los tratamientos disminuyeron las poblaciones de *Meloidogyne* spp. en ambas evaluaciones. El control de nematodos *Meloidogyne* fue de 80 y 75% con la mezcla de silicato de potasio + extractos vegetales + oxamil y los nematicidas biológicos, respectivamente.

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos en la población de *Meloidogyne* spp en 100 gramos de suelo.

Tratamiento	Número de nematodos	
	11 abril	13 mayo
SP+EV (1.35 + 12.3)	18 ± 1*	10 ± 0.6
SP+EV (1.8 + 16.4)	13 ± 1.5	21 ± 3.8
O + SP+EV (0.48 + 0.9 + 8.2)	9 ± 0.3	8 ± 1.2
<i>Myrothecium verrucaria</i>	16 ± 0.3	18 ± 6.3
<i>Phaeoacremonium nidulans</i>	31 ± 3.5	16 ± 1.8
Testigo	50 ± 1.3	50 ± 2.7

*Error estándar

CONCLUSIONES

Todos los tratamientos evaluados redujeron las poblaciones de nematodos, teniéndose controles aceptables del nematodo agallador tanto con los nematicidas biológicos como con la mezcla de silicato de potasio y extractos vegetales.

REFERENCIAS

- Almeida, C.D.S.; Carneiro, R.M.D.G.; Souza, D.S.L.; Grossi-de-Sá, M.F.; Rocha, T.L. 2007. Isolation of biomolecules from *Crotalaria spectabilis* effective against second stage juveniles (j2) of *Meloidogyne incognita*. Nematologia Brasileira. Piracaba SP Brasil 31(2):107-115
- Costa, L.S.A.S.; Freire, E.S.; Campos, V.P.; Gomes, L.A.A.; Oliveira, M.S. 2007. Effect of doses of calcium and potassium silicates at seeding on the control of *Meloidogyne javanica* of cucumber in greenhouse. Nematologia Brasileira. Piracaba SP Brasil 31(2):124
- Piedra, N.R. 2008. Manejo biológico de nematodos fitoparásitos con hongos y bacterias. Tecnología en Marcha 2(1): 123-132.
- Silva, R.A.; Inomoto, M.M. 2007. Greenhouse evaluation of use of maize, pearl millet, sorghum and crotalaria on suppression of *Meloidogyne javanica* in soil. Nematologia Brasileira. Piracaba SP Brasil 31(2):110

SÍNTESIS QUÍMICA DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC Y SU EVALUACIÓN EN PLÁNTULAS DE *LACTUCA SATIVA*

Alma Patricia Galindo-Guzmán¹, Magdalena Galindo-Guzmán², Manuel Fortis-Hernández¹, Pablo Preciado-Rangel¹ y Héctor Zermeño-González¹

¹Tecnológico Nacional de México-Campus Instituto Tecnológico de Torreón. Doctorado en Ciencias en Agua y Suelo. Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Ejido Ana, Torreón, Coahuila, México. CP. 27170 (galiindo@live.com) ²Universidad Politécnica de la Región Laguna. Calle sin nombre sin número Ejido Santa Teresa, San Pedro de las Colonias, Coahuila, México. CP 27942.

RESUMEN

Las nanopartículas de ZnO aplicadas en este estudio fueron sintetizadas por un método de precipitación química y su caracterización se realizó por (XRD), (SEM), espectroscopía UV-visible y (FTIR). Se determinó el efecto sobre la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) por medio de un diseño completamente al azar con cinco tratamientos de NPs-ZnO y un tratamiento control cada uno con cuatro repeticiones. Se midieron índices fisiológicos, se cuantificó el contenido de clorofila y carotenoides en las plántulas de lechuga. Los resultados indican que aplicando dosis de 50 mg L⁻¹ NPs-ZnO, se lograron mayores valores del porcentaje de germinación (36.97%), peso fresco de plúmula (23.91%), peso fresco de radícula (63.25%) y longitud de radícula (50.58%) respecto a los grupos control. Dosis superiores a 125 mg L⁻¹ NPs-ZnO disminuyen el contenido de clorofila, causando efectos fitotóxicos en las plántulas de *L. sativa*. En cuanto al contenido de carotenoides el mejor tratamiento fue de 100 mg L⁻¹ NPs-ZnO. El uso de NPs-ZnO sintetizadas a través de un método de precipitación química es una buena alternativa para ser utilizadas como inductores en la biosíntesis de compuestos bioactivos en plántulas de lechuga.

Palabras clave: *Lactuca sativa*, nanotecnología, toxicidad.

ABSTRACT

The ZnO nanoparticles applied in this study were synthesized by a chemical precipitation method and their characterization was performed by (XRD), (SEM), UV visible spectroscopy and (FTIR). The effect on the germination of lettuce (*Lactuca sativa*) seeds will be prolonged by means of a completely randomized design with five NPs-ZnO treatments and a control treatment each with four replications. Physiological indices were measured, the content of chlorophyll and carotenoids in the lettuce seedlings were quantified. The results indicate that applying doses of 50 mg L⁻¹ NPs-ZnO, higher values of germination percentage (36.97%), plumule fresh weight (23.91%), radicle fresh weight (63.25%) and radicle length were achieved (50.58%) compared to the control groups. Doses higher than 125 mg L⁻¹ NPs-ZnO decreasing the chlorophyll content, causing phytotoxic effects on *L. sativa* seedlings. Regarding the content of carotenoids, the best treatment was 100 mg L⁻¹ NPs-ZnO. The use of NPs-ZnO

synthesized through a good chemical precipitation method is an alternative to be used as inducers in the biosynthesis of bioactive compounds in lettuce seedlings.

Keywords: *Lactuca sativa*, nanotechnology, toxicity.

INTRODUCCIÓN

La nanotecnología ha ganado una gran atención con el tiempo y promueve la aplicación de nanopartículas en una amplia gama de campos de la industria agrícola. Las nanopartículas (NPs) tienen un tamaño promedio <100 nm y se componen de carbono, metal, óxidos metálicos o materia orgánica (Hasan, 2015). Se pueden sintetizar por métodos, como el método sol-gel, deposición química de vapor, precipitación, descomposición térmica o síntesis hidrotermal (Salama *et al.*, 2019). El tamaño de estos materiales permite que manifiesten propiedades físicas, químicas y biológicas diferentes a las del mismo material con tamaños de partícula mayores, debido principalmente a dos razones: las nanopartículas poseen mayor superficie específica por unidad de volumen y por tanto mayor reactividad (Ealia y Saravanakumar, 2017). Las nanopartículas de óxido de zinc (NPs-ZnO) por sus propiedades opto-eléctricas, físicas y antimicrobianas presentan efectos positivos en las plantas (Faizan *et al.*, 2020). Varios estudios sugieren que las NPs-ZnO tienen la capacidad de mejorar el crecimiento en diferentes especies de plantas. En la germinación de semillas aumenta con la aplicación de NPs-ZnO en concentraciones bajas; sin embargo, en concentraciones altas sucede un efecto negativo en la germinación (Raskar y Laware, 2014; Afrayeem y Chaurasia, 2017). Por ejemplo, Lin y Xing. (2007) encontraron que la aplicación de dosis altas de NPs-ZnO >2000 mg L⁻¹ inhibían la germinación de semillas de *Lolium perenne*. Dhoke *et al.* (2013) observó que las NPs-ZnO, como fertilizante de micronutrientes, mejoraron el crecimiento de plántulas de *Vigna radiata* y *Cicer arietinum* a concentraciones bajas en rangos de 1-20 mg L⁻¹. La lechuga (*Lactuca sativa*) pertenece a la familia de las Asteráceas, y es uno de los principales cultivos del mundo considerada como la verdura de hoja más importante y conocida como la verdura fresca cortada más común (Abdalla *et al.*, 2021). Con base a lo anteriormente descrito, el objetivo de este estudio fue sintetizar y caracterizar nanopartículas de ZnO por un método convencional de precipitación química controlada, así mismo, evaluar el efecto de estas nanopartículas en la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio fue desarrollado en la Universidad Politécnica de la Región Laguna, México. Localizada a una latitud 25° 46' y 59.8 latitud norte, 103° 11' y 30.1 longitud oeste.

Síntesis y caracterización de nanopartículas de ZnO

Se sintetizaron mediante el método descrito por Aquino *et al.* (2018). Se utilizó acetato de zinc $Zn(CH_3COO)_2$ como precursor y la producción de nanopartículas consistió en una precipitación controlada con NaOH. Para su caracterización, el análisis XRD se llevó a cabo en un difractómetro de rayos-X PANalytical, Empyrean con radiación K_{α} de cobre con longitud de onda, $\lambda=1.5406\text{\AA}$ con el propósito de conocer la pureza de la muestra. Las imágenes para la determinación de la morfología superficial se realizaron con un microscopio electrónico de barrido TESCAN MIRA con emisión de campo FEG, la muestra se recubrió con oro-paladio mediante sputtering. Las propiedades ópticas de la muestra se estudiaron con un espectrofotómetro UV- visible Jenway 7305 utilizando agua como disolvente de referencia. El espectro FTIR se registró con un aparato Nicolet IR 100 Thermo Scientific en un intervalo de $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$ usando la técnica de pastilla en KBr.

Prueba de germinación de semillas

Las pruebas se realizaron utilizando semillas de lechuga roja sangría (*Lactuca sativa*) de la compañía Rancho Los Molinos. Las pruebas de germinación se realizaron colocando 10 semillas por cada placa Petri de 90 mm de diámetro las cuales contenían papel filtro humedecido con 5 mL de cada solución preparada de NPs-ZnO. Los tratamientos fueron divididos en: (control) agua desionizada, 25, 50, 75, 100 y 125 mg L^{-1} de NPs-ZnO para probar cómo diferentes concentraciones pueden afectar la viabilidad de la semilla. Se prepararon 4 réplicas por cada muestra respectivamente. Las placas Petri se sellaron con papel Parafilm y se colocaron en una cámara de crecimiento artificial Novatech CA-550 a $25 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ con un ciclo día/noche de 12 h por un periodo de 7 días (Liu *et al.*, 2016).

Medición de índices fisiológicos

Se realizó la medición de índices fisiológicos que incluye el vigor de semillas (%), el porcentaje de germinación (%), la longitud de la radícula (mm), peso fresco de plúmula y radícula (mg) (Li *et al.*, 2019). El peso fresco de la plúmula y la radícula se pesaron en una balanza analítica AND HR-250AZ y se reportó en miligramos por plúmula.

Porcentaje de germinación. Después de 7 días, se registró el número total de semillas germinadas, y el resultado se expresó como se muestra en la siguiente ecuación: Porcentaje

de germinación = $\left(\frac{\text{número de semillas germinadas}}{\text{número de semillas incubadas}}\right) \times 100$. Vigor de semillas. Al cuarto día después

de la siembra, se realizó el primer conteo para la toma de datos de semillas germinadas (plántulas que tienen bien desarrolladas la radícula y la plúmula, con desarrollo total de 2 cm en promedio) (Ramírez-Rodríguez *et al.*, 2021). Para determinar el vigor de la semilla, expresando el resultado en porcentaje según la ecuación: Vigor de semilla =

$\left(\frac{\text{plántulas normales}}{\text{número de semillas incubadas}}\right) \times 100$.

Determinación del contenido de clorofila (Chl) y carotenoides

Se determinó clorofila a (Chl_a) y b (Chl_b) y carotenoides (Car) después de la aparición de 3 a 4 hojas verdaderas a los 20 días del desarrollo de las plántulas por el método de Lichtenthaler y Wellburn (1983).

Análisis estadístico

El experimento se realizó mediante un diseño completamente al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones. La normalidad y la homogeneidad varianzas de los datos para cada variable de respuesta se verificó con el test de Bartlett y Kolmogorov-Smirnov. Los resultados obtenidos se analizaron mediante análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) utilizando el paquete estadístico Statistical Analysis System Institute (SAS) versión 9.4. Las variables que se reportan en porcentaje (vigor y germinación) se normalizaron aplicando la transformación de arcoseno y raíz cuadrada.

RESULTADOS Y DISCUSION

Caracterización de nanopartículas de ZnO

De acuerdo con el difractograma obtenido mediante difracción de rayos X (Figura 1a) no se detectaron impurezas en este patrón, la muestra contiene únicamente óxido de zinc en su fase zíncita, cuya estructura es hexagonal (ICSD, 98-005-7478), lo que implica que se obtuvieron NPs-ZnO puras. Las micrografías SEM de las NPs-ZnO (Figura 1b) se exhibieron de manera muy uniforme presentando una morfología semiesférica y poligonal compatible con la naturaleza cristalina del ZnO, cuyo tamaño oscila entre 67.37 y 71.10 nm. Las propiedades ópticas de las NPs-ZnO estudiadas por espectroscopia UV-visible (Figura 1c) muestran un pico de absorción centrado en 378 nm, característico de la estructura hexagonal de ZnO. Las NPs-ZnO sintetizadas sometidas a FTIR (Figura 1d) indican los picos característicos del grupo funcional presente, se infiere que la primera banda se observa a partir de 400 a 500 cm^{-1} debido a las vibraciones del enlace Zn-O.

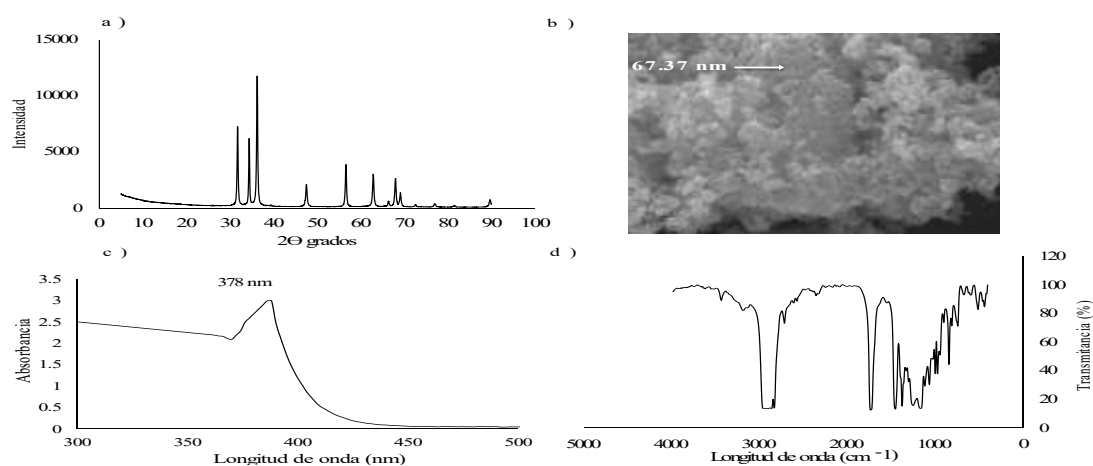


Figura 1. Caracterización de NPs-ZnO (a) Difractograma de rayos X (b) Imagen SEM (c) Espectro UV-visible (d) Espectro FTIR.

Efecto de las NPs-ZnO en la germinación de semillas

Índices fisiológicos

El cuadro 1 muestra el efecto de la exposición de NPs-ZnO en la germinación de las semillas de *L. sativa*. La aplicación de NPs-ZnO tuvo efectos significativos entre los tratamientos y el control ($p \leq 0.05$). En el parámetro de vigor, podemos observar que se obtuvieron resultados positivos al aplicar concentraciones de 25 mg L⁻¹. Mientras que al aplicar 50 mg L⁻¹ se mostró una disminución del 9.32% respecto al control, esta pequeña reducción se puede considerar como un efecto inhibitor del crecimiento relacionado con un elevado potencial osmótico por las dosis de NPs (Hojjat *et al.*, 2017; Tovar-Jimenez *et al.*, 2020). En el porcentaje de germinación, los tratamientos aumentaron respecto al control, a excepción del tratamiento de 125 mg L⁻¹ el cual no mostró diferencia significativa. El mejor tratamiento fue el de 50 mg L⁻¹ incrementando hasta un 36.97%. En cuanto al peso fresco de la plúmula y el peso fresco de radícula incremento significativamente en comparación con los otros tratamientos/grupo control, con la dosis de 50 mg L⁻¹. Dicho efecto podría atribuirse con un aumento en el nivel de Zn dentro de las semillas de lechuga y su interacción en los procesos bioquímicos (Rawashdeh *et al.*, 2020). En la longitud de la radícula también hubo diferencia significativa y el mejor tratamiento fue el de 50 mg L⁻¹ respecto a los tratamientos/grupo control. Sin embargo, debido a la forma, el tamaño, la carga superficial, la composición química y la concentración de las nanopartículas pueden provocar diferentes impactos en la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas (Szöllösi *et al.*, 2020).

Cuadro 1. Comparación de medias en la germinación, vigor, peso fresco de plúmula, radícula y la longitud de la radícula cuando se aplican NPs-ZnO.

Tratamiento	Vigor	Germinación	Peso fresco de plúmula	Peso fresco de radícula	Longitud de radícula
NPs-ZnO (mg L ⁻¹)	(%)	(%)	(mg)	(mg)	(mm)
Control	46.44 ±2.88 cd	50.76 ±0 c	9.20 ±0.38 cd	1.66 ±0.29 c	21.25 ±0.50 d
25	60.11 ±3.83 a	60.11 ±3.83 b	8.32 ±0.30 d	1.16 ±0.06 d	25.50 ±1.0 b
50	42.11 ±3.33 d	69.53 ±4.06 a	11.40 ±0.56 a	2.71 ±0.09 a	32.0 ±0.81 a
75	52.27 ±3.01 bc	65.46 ±4.06 ab	9.78 ±0.14 bc	2.10 ±0.11 b	25.0 ±0.81 b
100	53.77 ±3.47 ab	65.46 ±4.06 ab	9.79 ±0.52 bc	1.23 ±0.15 d	23.25 ±0.50 c
125	46.44 ±2.88 cd	50.76 ±0 c	10.22 ±0.40 b	1.29 ±0.27 cd	10.25 ±0.50 e

*Valores con letras distintas dentro de una misma columna, indican diferencia significativa de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los valores son el promedio de cuatro repeticiones. Medias (n= 24) ± desviación estándar.

Clorofila y carotenoides

Se cuantificó el contenido de clorofilas incluyendo Chl_a y Chl_b de las plántulas tratadas con NPs-ZnO como se muestra en la Figura 2a. El análisis estadístico de los resultados de la

variable de Chl_a del presente trabajo no mostró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en concentraciones de 0, 25, 50, 75 y 100 mg L⁻¹ de las NPs-ZnO aplicadas; sin embargo, se observa un cambio con 125 mg L⁻¹ NPs-ZnO que redujó hasta 40.49 % Chl_a respecto al control. Además, la aplicación de NPs-ZnO cambió significativamente ($p \leq 0.05$) el contenido de Chl_b, las comparaciones de medias mostraron que la Chl_b más alta se encontró en el tratamiento de 50 mg L⁻¹ NPs-ZnO, incluso las concentraciones de 25 y 75 mg L⁻¹ NPs-ZnO superaron al control. Sin embargo, a 100 y 125 mg L⁻¹ NPs-ZnO disminuyó el contenido de Chl_b en las plántulas alrededor de 31.25% y 37.50%, respectivamente. El Zn es un elemento pesado y, al igual que otros metales pesados, en grandes cantidades es tóxico para muchas plantas, y la degradación de la clorofila en estas circunstancias es evidente (Mohsenzadeh y Moosavian, 2017). Estos resultados demuestran que las NPs-ZnO a altas concentraciones disminuyen drásticamente el contenido de clorofila, parece que tal vez la reducción en la cantidad de clorofila se deba a la prevención o degradación de los precursores de estos pigmentos. El contenido de clorofila se considera un índice importante de la cantidad total de complejo captador de luz y los componentes de transporte de electrones, se relaciona positivamente con la tasa fotosintética (Li *et al.*, 2019), por lo que puede usarse como un indicador para medir el grado de estrés causado por las NPs (Yan *et al.*, 2021). La fotosíntesis de los cloroplastos se altera, lo que hace que el oxígeno se convierta en un aceptor de electrones y se produzcan especies reactivas de oxígeno (Yan *et al.*, 2021).

Por otra parte, el tratamiento con NPs-ZnO incrementó significativamente ($p \leq 0.05$) el contenido de carotenoides en las plántulas de *L. sativa* (Figura 2b). El contenido de carotenoides más alto se encontró en la concentración de 100 mg L⁻¹ NPs-ZnO, con un aumento de hasta un 176.4% respecto al control. Los carotenoides están presentes en los plastos de los tejidos vegetales y en el estrés ambiental desencadenan el estrés oxidativo, son los encargados de proteger los tejidos fotosintéticos, especialmente la clorofila. Según los resultados obtenidos en este estudio, parece que cierta cantidad de zinc induce estrés oxidativo y provoca la síntesis de carotenoides (Mohsenzadeh y Moosavian, 2017). Lo que sugiere que la reducción en la fotosíntesis es causada por la reducción del contenido de clorofilas. Los resultados corroboran los hallazgos encontrados por Wang *et al.* (2016) de la exposición de NPs-ZnO en la acumulación de biomasa y la fotosíntesis en *Arabidopsis*.

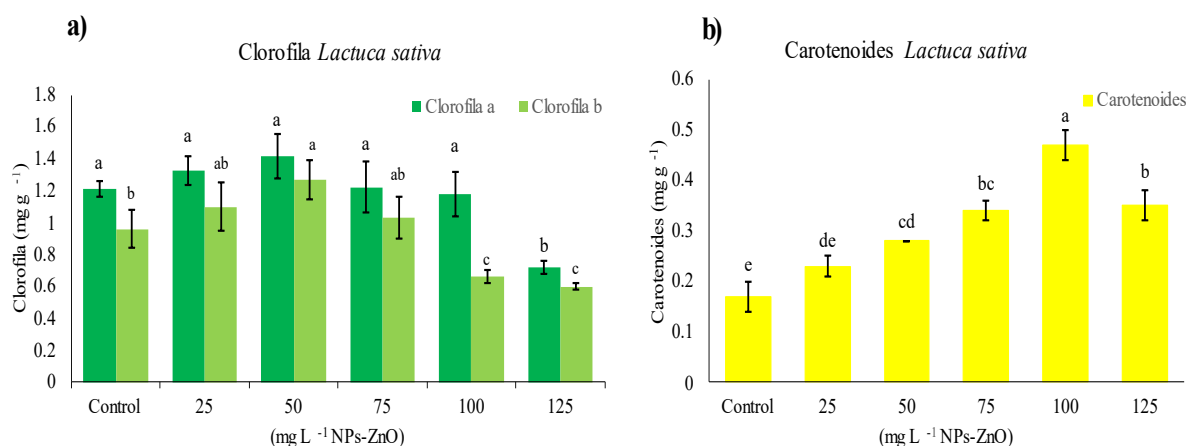


Figura 2. Contenido de clorofila a (verde oscuro) y b (verde claro) (a) Contenido de carotenos (b) de *L. sativa* después de cada tratamiento. Los datos se muestran como medias ($n=24$) \pm desviación estándar. Valores con letras distintas indican diferencia significativa de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

La caracterización realizada demostró que la síntesis de NPs-ZnO mediante un proceso químico permitió obtener tamaños de partícula de 67.31-71.10 nm. Este estudio analizó soluciones de NPs-ZnO en un rango de concentraciones de 25 a 125 mg L⁻¹ en plántulas de lechuga y proporciona datos valiosos y evidencia para aumentar la productividad de cultivos al aumentar la concentración de compuestos útiles. Las NPs-ZnO podrían ser una buena alternativa para mejorar la calidad de las plántulas; sin embargo, se necesita más investigación para aclarar los efectos de los NPs-ZnO ya que existen factores que dependen de la especie y la concentración.

REFERENCIAS

- Abdalla, M. A.; Li, F.; Wenzel-Storjohann, A.; Sulieman, S., Tasdemir, D.; y Mühlring, K. H. 2021. Comparative metabolite profile, biological activity and overall quality of three lettuce (*Lactuca sativa* L., Asteraceae) cultivars in response to sulfur nutrition. *Pharmaceutics*. 5(13):713. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13050713>.
- Afrayeem, S. M. y Chaurasia, A. K. 2017. Effect of zinc oxide nanoparticles on seed germination and seed vigour in chilli (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 6(5):1564-1566.
- Aquino, P.; Osorio, A. M.; Ninán, E. y Torres, F. 2018. Caracterización de nanopartículas de ZnO sintetizadas por el método de precipitación y su evaluación en la incorporación en pinturas esmalte. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 84(1):5-17.
- Dhoke, S. K.; Mahajan, P.; Kamble, R. y Khanna, A. 2013. Effect of nanoparticles suspension on the growth of mung (*Vigna radiata*) seedlings by foliar spray method. *Nanotechnology development*. 3(1):e1-e1. <https://doi.org/10.4081/nd.2013.e1>.
- Dziki, D.; Gawlik-Dziki, U.; Kordowska-Wiater, M. y Domań-Pytka, M. 2015. Influence of elicitation and germination conditions on biological activity of wheat sprouts. *Journal of Chemistry*. 2015:1-8. <https://doi.org/10.1155/2015/649709>.

- Ealia, A. M. y Saravanakumar, M. P. 2017. A review on the classification, characterisation, synthesis of nanoparticles and their application. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 263(3):032019 <https://doi.org/10.1088/1757-899X/263/3/032019>.
- Faizan, M.; Hayat, S. y Pichtel, J. 2020. Effects of zinc oxide nanoparticles on crop plants: A perspective analysis. In Sustainable Agriculture Reviews. (41):83-99. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33996-8_4.
- Hasan, S. 2015. A review on nanoparticles: their synthesis and types. Research Journal of Recent Sciencis. 4 ISC-2014:9-11.
- Hojjat, S. S. y Kamyab, M. 2017. The effect of silver nanoparticle on Fenugreek seed germination under salinity levels. Russian Agricultural Sciences. 43(1):61-65. <https://doi.org/10.3103/S1068367417010189>.
- Li, R.; He, J.; Xie, H.; Wang, W.; Bose, S. K.; Sun, Y.; Hu, J. y Yin, H. 2019. Effects of chitosan nanoparticles on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). International Journal of Biological Macromolecules. 126:91-100. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.118>.
- Lichtenthaler, H. K. y Wellburn, A. R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. 11(5):591-592. <https://doi.org/10.1042/bst0110591>.
- Lin, D. y Xing, B. 2007. Phytotoxicity of nanoparticles: inhibition of seed germination and root growth. Environmental pollution. 150(2):243-250. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.01.016>.
- Liu, R.; Zhang, H. y Lal, R. 2016. Effects of stabilized nanoparticles of copper, zinc, manganese, and iron oxides in low concentrations on lettuce (*Lactuca sativa*) seed germination: nanotoxicants or nanonutrients?. Water Air and Soil Pollution. 227(1):1-14. <https://doi.org/10.1007/s11270-015-2738-2>.
- Mohsenzadeh, S. y Moosavian, S. S. 2017. Zinc sulphate and nano-zinc oxide effects on some physiological parameters of *Rosmarinus officinalis*. American Journal of Plant Sciences. 8(11):2635-2649. <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.811178>.
- Ramírez-Rodríguez, S. C.; Ortega-Ortiz, H.; Fortis-Hernández, M.; Nava-Santos, J. M.; Orozco-Vidal, J. A.; y Preciado-Rangel, P. 2021. Nanopartículas de quitosano mejoran la calidad nutracéutica de germinados de triticale. Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas. 12(4): 579–589. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i4.2929>.
- Raskar, S. V. and Laware, S. L. 2014. Effect of zinc oxide nanoparticles on cytology and seed germination in onion. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciencis. 3(2):467-473.
- Rawashdeh, R. Y.; Harb, A. M. y AlHasan, A. M. 2020. Biological interaction of zinc oxide nanoparticles; lettuce seed as case of study. Heliyon. 6(5):e03983. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03983>.
- Salama, D. M.; Osman, S. A.; Abd El-Aziz, M. E.; Abd-Elwahed, M. S. A. y Shaaban, E. A. 2019. Effect of zinc oxide nanoparticles on the growth, genomic DNA, production and the quality of common dry bean (*Phaseolus vulgaris*). Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 18:101083. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101083>.
- Salas-Pérez, L.; Gaucín-Delgado, J. M.; Preciado-Rangel, P.; Fortis-Hernández, M.; Valenzuela-García, J. R. y Ayala-Garay, A. V. 2016. Efecto del ácido benzoico en la capacidad antioxidante de germinados de trigo. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 3(17):3397-3404.
- Singleton, V. L.; Orthofer, R. y Lamuela-Raventós, R. M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In Methods in enzymology. 299(7):152-178. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1).
- Szöllősi, R.; Molnár, Á.; Kondak, S. y Kolbert, Z. 2020. Dual effect of nanomaterials on germination and seedling growth: Stimulation vs. phytotoxicity. Plants. 9(12):1745. <https://doi.org/10.3390/plants9121745>.

- Tovar-Jimenez, G. I.; Flores, S.; Suarez, J.; González, G. y Briceño, S. 2020. Biogenic synthesis of iron oxide nanoparticles using *Moringa oleifera* and chitosan and its evaluation on corn germination. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*. 14:100350. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2020.100350>.
- Wang, X.; Yang, X.; Chen, S.; Li, Q.; Wang, W.; Hou, C.; Gao, X.; Wang, L. y Wang, S. 2016. Zinc oxide nanoparticles affect biomass accumulation and photosynthesis in *Arabidopsis*. *Frontiers in Plant Science*. 6:1243. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01243>.
- Yan, S.; Wu, F.; Zhou, S.; Yang, J.; Tang, X. y Ye, W. 2021. Zinc oxide nanoparticles alleviate the arsenic toxicity and decrease the accumulation of arsenic in rice (*Oryza sativa* L.). *BMC Plant Biology*. 21(1):1-11. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-02929-3>.

EFECTO ANTAGÓNICO DE BACTERIAS DE LA RIZÓSFERA DE GIRASOL (*Helianthus annuus* L.) Y CANOLA (*Brassica napus* L.) CONTRA HONGOS FITOPATÓGENOS

Ruth Elena Martínez Mendoza¹, María Genoveva Álvarez Ojeda^{2*}, Javier González Quintero², Isidro Humberto Almeyda León³

¹Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán-UAT, Fuente de Diana, Aztlán, 88740 Reynosa, Tam: ²INIFAP-Campo Experimental Río Bravo, Carretera Matamoros-Reynosa, km 61, CP 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México. ²INIFAP-Campo Experimental General Terán *Autor de correspondencia: alvarez.genoveva@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto antagónico de bacterias aisladas de la rizósfera del girasol y de la canola contra hongos fitopatógenos que afectan a estos cultivos. Las muestras fueron colectadas en el ciclo agrícola O-I 2021/2022. Para el aislamiento e identificación de las bacterias se usó el método tradicional microbiológico y para su identificación molecular se realizó la extracción del ADN genómico y amplificación del gen que codifica para el ADN ribosomal 16S. Se aislaron cinco bacterias del girasol y cuatro de la canola; mediante el análisis microbiológico se identificó el género *Bacillus* spp que presentó efecto antagonista, observándose un halo de inhibición que varió de 5 a 25 mm de diámetro para cada uno de los aislados, contra los fitopatógenos que pertenecen a los géneros *Fusarium*, *Alternaria* y *Macrophomina*. Mediante el análisis molecular se identificó a *Bacillus thuringiensis* que presentó un 85.6 % de similitud con la secuencia reportada en el Banco de genes con No. de acceso GenBank CP02099. Los efectos antagónicos que presentan estas bacterias contra patógenos que afectan al girasol y a la canola, nos permiten inferir que estos microorganismos tienen uso potencial para el control biológico de hongos fitopatógenos que afectan a las oleaginosas, lo cual abre las perspectivas de su utilización en una agricultura sostenible.

Palabras clave: Oleaginosas, *Bacillus*, antagonismo, control biológico

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the antagonistic effect of bacteria isolated from the rhizosphere of sunflower and canola against phytopathogenic fungi that affect these crops. They were collected samples in the agricultural cycle O-I 2021/2022. For the isolation and identification of the bacteria was used the traditional microbiological method and for their molecular identification, the extraction of the genomic DNA and amplification of the gene that codes for the 16S ribosomal DNA were carried out. Five bacteria were isolated from sunflower and four from canola; through microbiological analysis, the genus *Bacillus* spp was identified, which presented an antagonistic effect, observing an inhibition halo that varied from 5 to 25 mm in diameter for each of the isolates against the phytopathogens that belong to the genera

Fusarium, *Alternaria* and *Macrophomina*. Through molecular analysis, *Bacillus thuringiensis* was identified, which presented 85.6% similarity with the sequence reported in the Gene Bank with access No. GenBank CP02099. The antagonistic effects that these bacteria present against pathogens that affect sunflower and canola, allow us to infer that these microorganisms have potential use for the biological control of phytopathogenic fungi that affect oilseeds, which opens the prospects for their use in agriculture sustainable.

Key words: Oilseeds, *Bacillus*, antagonism, biological control

INTRODUCCIÓN

El girasol y la canola, son cultivos que presentan características deseables desde el punto de vista agronómico porque son de ciclo corto, requieren bajos volúmenes de agua, tienen una amplia capacidad de adaptación a diferentes condiciones agroecológicas y un alto rendimiento de aceite. Estas oleaginosas son una opción para los productores del norte de Tamaulipas, que requieren cultivos alternativos para diversificar el monocultivo de sorgo (González y Ortegón, 2006). Uno de los problemas en la región es la presencia de hongos como *Fusarium*, *Alternaria* y *Macrophomina* que afectan y reducen el rendimiento de estos cultivos (Álvarez *et al.*, 2020). Para el control de hongos fitopatógenos se utiliza el manejo integrado que incluye: Prácticas culturales, detección temprana de la enfermedad, control físico, control químico, enmiendas orgánicas, uso de variedades certificadas y control biológico, por medio del uso de enemigos naturales que pueden ser insectos benéficos como depredadores y parasitoides; microorganismos como bacterias y hongos o extractos de plantas que cumplen con funciones alelopáticas (López y Melero, 2020). En las interacciones entre las plantas y los microorganismos benéficos del suelo, existen varias bacterias que proporcionan nutrientes y compuestos, los cuales contribuyen al desarrollo de las plantas (Vyas *et al.*, 2018). Las bacterias del suelo presentan un efecto benéfico sobre la salud de las plantas, comúnmente se refiere principalmente a las rizobacterias que promueven el crecimiento de las plantas directa e indirectamente. Las especies del género *Bacillus* presentan endosporas, y tienen motilidad que facilita la colonización de la planta, así como la capacidad de producir sustancias promotoras del crecimiento vegetal, solubilización de fosfatos y otras sustancias responsables de su actividad antagónica e inhibidora. Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto antagónico de algunas bacterias que están presentes la rizósfera del girasol y de la canola contra hongos fitopatógenos que afectan a estos cultivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Laboratorio de Biotecnología Agropecuaria del Campo Experimental Río Bravo (CERIB), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el municipio de Río Bravo, Tamaulipas, 25° 57' de latitud

norte, 98° 01' longitud oeste y a 25 msnm. La colecta de las muestras biológicas se realizó durante el ciclo agrícola O-I 2021/2022 en el municipio de Río Bravo.

Muestreo y desinfección. La recolección de las muestras se realizó en el sistema radical del girasol y de la canola; las muestras colectadas se colocaron en bolsas de papel previamente identificadas de acuerdo a los datos obtenidos en campo y con fecha del muestreo. Se colectaron un total de 15 muestras de las cuales 7 fueron de girasol y 8 de canola. Cada muestra contenía aproximadamente 0.1 g de la base de la raíz, las cuales fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 0.1 % antes de proceder al aislamiento de las bacterias.

Aislamiento y purificación de los aislados. En campana de flujo laminar nivel 2 (Biobase) se colocaron raíces de canola y girasol en cajas de Petri, conteniendo medio de cultivo agar-agua (AA), y los cultivos se mantuvieron en incubación a 28 °C ± 2 por cinco días. Una vez que se obtuvo el cultivo axénico se subcultivó en agar nutritivo (AN) por tres días. Para su identificación se realizaron observaciones periódicas cada 24 h. Cuando los cultivos alcanzaron la fase de maduración, se realizó un frotis de cada una de las colonias y fueron teñidos e identificados con la técnica de Gram. La identificación de los bacilos se realizó de acuerdo a la forma, tamaño, coloración y la presencia de esporas observadas al microscopio óptico con un aumento de 1000 X.

Pruebas bioquímicas. Las colonias fueron subcultivadas en Agar Motilidad Indol Ornitina (MIO) para observar la motilidad de las bacterias, así mismo, se realizaron diferentes pruebas bioquímicas de acuerdo a lo establecido en el Manual de Berge's, que incluye: Catalasa, motilidad, reducción de nitritos, oxidasa, fermentación de glucosa, indol, licuefacción de la gelatina, citrato de Simmons, Voges-Proskauer, ureasa, desaminasa, glucosa, manitol y arabinosa. Así mismo, se utilizó el medio I, II y III, como prueba auxiliar se usó el kit de 20 pruebas bioquímicas mediante el Api®ID (Biomérieux).

Extracción de ADN. Para la extracción del ADN, se recogió una unidad formadora de colonia (UFC) con un asa de poliestireno estéril y se depositó en un tubo Eppendorf de 1.5 ml el cual contenía 400 µl de amortiguador TE 1X pH 8.0 (Tris-HCl 10mM, EDTA 1 mM). Después se le adicionó 50 µl de lisozima (10 mg/ml), se mezcló por inversión y se incubó a 37 °C durante 1 h. Posteriormente, la extracción de ADN se realizó mediante el método del CETAB, modificado por Baruzzi *et al.* (2006). Para verificar la calidad del ADN, se realizó una electroforesis en geles de agarosa al 1 %, el cual fue teñido con GelRed™ y se analizó en un transiluminador con luz ultravioleta (BioRad™).

Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR). Para detectar una de las bacterias con efecto antagónico aislada de girasol, se usaron los oligonucleótidos 16S 1 y 2 del gen ribosomal (ADNr) La mezcla para la amplificación se realizó en un volumen final de 25 µl, con el kit MyTaq DNA Polymerase (Biobase™), que contenía amortiguador de corrida (1X), MgCl₂ (1.5

mM); dNTP's (0.2 mM), 25 pmol de cada iniciador, 2 U de Taq Polymerase y 50 ng de ADN cromosómico. El programa térmico utilizado fue: Desnaturalización inicial a 95 °C por 4 min, seguido de 30 ciclos a 95 °C por 2 min, alineamiento a 58 °C por 60 s, extensión a 72 °C por 60 s y una extensión final a 72 °C por 7 min. La amplificación se realizó en un termociclador T100™ Thermal Cycler de BioRad™.

Evaluación del antagonismo *in vitro*. La confrontación *in vitro* de las especies de *Bacillus* contra los hongos fitopatógenos de los géneros *Fusarium*, *Alternaria* y *Macrophomina*, se realizó por triplicado. Para tal efecto, se colocó un círculo de papel filtro de 6 mm de diámetro del patógeno en el centro de la caja de Petri, que contenía PDA, mientras la bacteria se inoculó en los cuatro puntos cardinales de la caja, usando círculos de papel filtro de 6 mm de diámetro impregnado con el inóculo de las cepas de *Bacillus*, los cultivos fueron incubados a 28 °C por 20 días. Como control negativo se utilizaron tres placas donde se encontraban solamente los hongos fitopatógenos. Se realizaron mediciones del patógeno hacia la colonia del antagonista a los 1, 7 y 15 días. Los hongos fitopatógenos *Fusarium oxisporum*, *F. equiseti* se aislaron de canola, *Fusarium* spp, de chile, una cepa identificada como *Macrophomina* spp por sus características morfológicas de girasol y *Alternaria alternata* de canola.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Se aislaron nueve bacterias, de las cuales cuatro fueron aisladas de la rizósfera de girasol (1BG, 2BG, 3BG, 4BG) y cinco de canola (5BC, 6BC, 7BC, 8BC y 9BC), los aislados fueron identificados morfológicamente en función del tamaño, color, forma, superficie, margen de la colonia y elevación de la misma. Las pruebas preliminares con la tinción de Gram y prueba de catalasa, arrojaron como resultado que la mayoría de las bacterias fueron Gram positivas, este grupo de bacterias poseen diversos mecanismos para asegurar su sobrevivencia ante condiciones físicas desfavorables. Bajo estas condiciones *Bacillus* spp., inicia una serie de respuestas; si estas respuestas fallan para poder mantenerse en estado vegetativo se induce la esporulación (Petersohn *et al.*, 2001). La habilidad de las especies de *Bacillus* de formar endosporas, les da una ventaja competitiva de resistencia, esto les permite resistir en ambientes adversos como el suelo (Stephens, 1998). Las pruebas bioquímicas preliminares ayudaron en la identificación del género *Bacillus*, sin embargo, se ha visto que estas pueden variar entre las mismas especies. Una de las características importantes que sobresalieron en este estudio es que las nueve cepas aisladas del género *Bacillus* mostraron resistencia a la ampicilina (datos no mostrados), lo que sugiere o da pauta para continuar con el estudio.

Una cepa (1BG) aislada de la raíz del girasol, fue identificada como *Bacillus thuringiensis* de acuerdo a la comparación de la secuencia del gen que codifica para el DNA Ribosomal 16S y presentó un 85.6 % de similitud con una secuencia de esta bacteria reportada en el Centro

Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI), con el No. de acceso GenBank CP02099. Las especies del género *Bacillus* presentan endosporas, y diversos estudios han demostrado que poseen motilidad, lo cual le facilita colonizar a la planta y la capacidad de producir sustancias promotoras del crecimiento vegetal, solubilización de fosfatos y de sustancias responsables de su actividad antagónica e inhibidora.

Cuatro cepas de *Bacillus* spp aisladas de la rizosfera del girasol o de la canola, registradas como 1BG, 5BC, 4BG y 6BC, hasta su identificación molecular definitiva, presentaron actividad antagónica al menos para una de las cepas fitopatógenas de *Fusarium*, *Alternaria* y/o *Macrophomina*, aisladas de girasol, canola o chile piquín (Tabla 1)

Tabla 1. Antagonismo *in vitro* de *Bacillus* spp frente a cepas de *Fusarium*, *Alternaria* y *Macrophomina*, aisladas de girasol, canola y chile piquín. El diámetro en mm de los halos de inhibición alrededor de las cepas de *Bacillus* son identificados como 1, 2 3 y 4

CEPAS	Efecto inhibitorio en el patógeno (mm)			
	1(1BG)	2(5BC)	3(4BG)	4(6BC)
<i>Fusarium</i> spp (girasol)	No Inhibió	<10 mm	No Inhibió	No Inhibió
<i>Fusarium equiseti</i> (canola)	<10 mm	>10mm	No Inhibió	No Inhibió
<i>Fusarium</i> spp (canola)	No Inhibió	<10 mm	No Inhibió	No Inhibió
<i>Fusarium</i> spp (chile piquín)	No inhibió	<10 mm	No Inhibió	No Inhibió
<i>Alternaria alternata</i> (canola)	>10 mm	>10 mm	<10mm	No Inhibió
<i>Macrophomina</i> spp (girasol)	>10 mm	>10 mm	>10 mm	No Inhibió

*El No 1, 2, 3 y 4 antepuesto en la identificación de las cepas antagónicas, corresponde a la identificación del disco de pap el filtro impregnada con la cepa de *Bacillus*.

La cepa 1BG, presentó un efecto inhibitorio <10 mm contra *Fusarium equiseti*, pero fue >10 mm contra *Alternaria alternata* y *Macrophomina* spp. Sin embargo, no presentó inhibición contra tres cepas de *Fusarium* aisladas del girasol, canola y chile piquín. Estos aislados sometidos a pruebas de patogenicidad por Martínez en el 2021 resultaron altamente patogénicos para estos cultivos. La cepa 5BC presentó actividad antagónica frente a las seis cepas fitopatógenas probadas y se observó una mayor inhibición en las cepas de *Fusarium equiseti*, *Alternaria alternata* y *Macrophomina* spp, aisladas de canola y girasol respectivamente (Tabla 1). La cepa 4BC presentó efecto contra el género *Alternaria* y *Macrophomina*, observándose una mayor inhibición en esta última. Es importante señalar que el género *Alternaria* es un patógeno que afecta en gran medida los cultivos de oleaginosas en la región norte de Tamaulipas (Díaz y Montes, 2008), por lo que esta cepa, al igual que las cepas 1BG y 5BC, se constituyen como alternativas para el control biológico de este hongo. La cepa 6BC no presentó efecto inhibitorio contra ninguno de los hongos fitopatógenos, sin embargo, sus características morfológicas y fisiológicas presentes en esta son similares a los aislados de las otras cepas de *Bacillus*, esto se puede explicar por el hecho de que existe, sorprendentemente, una gran diversidad fenotípica, bioquímica, serológica y genética entre

los miembros de una misma especie como lo señala Yap *et al.* (2004). Los resultados presentes en este estudio coinciden con lo reportado por Sosa *et al.* (2011); Ríos *et al.* (2015) y Mejía *et al.* (2016).

CONCLUSIONES

Se aislaron cinco bacterias de la rizósfera del girasol y cuatro de canola, de estas mediante análisis microbiológico se identificó al género *Bacillus* spp., con efecto antagonista contra hongos fitopatógenos de los géneros *Fusarium* spp, *F. equiseti*, *Alternaria alternata* y *Macrophomina* spp. Los efectos antagónicos observados en las bacterias aisladas, permiten inferir que estos microorganismos tienen un uso potencial para el control biológico de varios hongos fitopatógenos que afectan a las oleaginosas en estudio.

REFERENCIAS

- Álvarez-Ojeda M. G., González-Quintero J. y Martínez-Mendoza R. E. 2020. Aislamiento e incidencia de hongos que afectan a los cultivos de oleaginosas en el norte y centro de Tamaulipas. Memorias de la XXXII Semana Internacional de Agronomía. Facultad de Agricultura y Zootecnia. UJED. 20-25
- Baruzzi, S., Matarante, A., Caputo, L, and Morea, M. 2006. Molecular and physiological characterization of natural microbial communities isolated from a traditional Southern Italian processed. Meat Science. 72. p. 261–269.
- Beneduzi, A., Ambrosini, A, and Passaglia, L. M. 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Their potential as antagonists and biocontrol agents. Genet Mol Biol, 35(4) (suppl), 1044-1051
- Díaz Franco Arturo y Montes García Noé. 2008. La Fitopatología en la Región Semiárida de Tamaulipas, México: Reseña Histórica. Rev. Mexicana de Fitopatología. Vol 26 (1): 62-70.
- González, Q. J. y Ortegón, M.S. A. 2006. Oleaginosas. In: Rodríguez del Bosque, L. (ed.). Campo Experimental Río Bravo: 50 Años de Investigación en el Norte de Tamaulipas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Noreste, Campo Experimental Río Bravo, Río Bravo. Tamaulipas, México. Libro Técnico Núm. 1. pp. 109–132.
- López-Herrera C. J. y Melero-Vora J. M. 2020. Control de enfermedades causadas por hongos y oomicetos en cultivos agrícolas. Fitopatología. SEF, No. 5, 19-26.
- Martínez Mendoza Ruth Elena. 2021. Detección y Caracterización de enfermedades fitopatógenas causadas por hongos y bacterias en cultivos de oleaginosas en el estado de Tamaulipas. Tesis UAMRA-UAT.
- Mejía-Bautista MA, Reyes-Ramírez A, Cristóbal-Alejo J, Tun-Suárez JM, Borges-Gómez LC y Pacheco-Aguilar JR. 2016. *Bacillus* spp. in the Control of Wilt caused by *Fusarium* spp. in *Capsicum chinense*. Revista Mexicana de Fitopatología 34:208-222. DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1603-1
- Petersohn A., Brigulla M., Haas S., Hoheisel J., Lker U, and Hecker M. 2001. Global Analysis of the General Stress Response of *Bacillus subtilis*. Journal of Bacteriology. 183 : 5617-5631.
- Stephens C. 1998. Bacterial sporulation: A question of commitment? Current Biology. 8: 45-48.
- Sosa, L. A., Álvarez R.V.P., Torres, C. D., y Casadesús R. L. 2011. Identificación y caracterización de seis aislados pertenecientes al género *Bacillus* promisorio para el control de *Rhizoctonia solani* kühn y *Sclerotium rolfsii*. Sacc. Fitosanidad Vol 15 No. 1 39-43.

- Ríos, V. C., Caro, C. J., Berlanga, R. D., Ruiz, C. M., Ornelas, P. J., Salas, M. M., Villalobos, P. E., and Guerrero, P. V. 2016. Identification and antagonistic activity in vitro of *Bacillus* spp. and *Trichoderma* spp. isolates against common phytopathogenic fungi. *Revista Mexicana de Fitopatología*, Chapingo, v.34, n.1, p.84-99, 2016.
- Vyas, Preeti; Kimar, Damendra; Dubey, Anamika and Kumar Ashwani 2018. Screening and Characterization of *Achromobacter xylosoxidans* isolated from rhizosphere of *Jatropha curcas* L. (Energy Crop) for plant-growth-promoting traits. *Symbiosis*. www.symbiosisonlinepublishing.com. Consultado el 27 de julio 2022.
- Yap, M., Barak J and Charkowsk A. 2004. Genomic Diversity of *Erwinia carotovora* subsp *carotovora* and Its Correlation with Virulence. *J. Applied and Environmental Microbiology*. 70: 3013-3023.

EFFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS Y BIOFERTILIZANTE EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ FORRAJERO Y LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

EFFECT OF ORGANIC FERTILIZERS AND BIOFERTILIZER ON FORAGE CORN YIELD AND SOIL CHEMICAL PROPERTIES

Karla Ivette Ontiveros Borjón¹, Cirilo Vázquez Vázquez² Miguel Ángel Gallegos Robles², Ignacio Orona Castillo².

Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez de Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio- Tlahualilo Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango, México.

E- mail: Karla_176@live.com.mx

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objetivo de determinar si es posible igualar el rendimiento de maíz forrajero fertilizado químicamente con una dosis de 200-80-00 kg ha⁻¹, usando como medio de fertilización dos diferentes abonos orgánicos, la composta aplicando 80 t ha⁻¹, 60 t ha⁻¹ y lombricomposta aplicando 10 t ha⁻¹, 15 t ha⁻¹ además de la utilización de la bacteria *Bacillus amyloliquefaciens* 1x10⁹ UFC ml⁻¹ como inoculo y dejando un blanco absoluto. Dicho estudio fue llevado a cabo durante el ciclo primavera verano 2021. Se recolectaron las plantas de 3 m lineales en los dos surcos centrales de cada repetición y al terminar la cosecha se recolectaron muestras de suelo a una profundidad de 0 a 15 cm en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia. Se encontró que no existe diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en el rendimiento de forraje en verde en ningún tratamiento, así como en las variables fenológicas tales como altura, diámetro de tallo y peso de planta. El estado químico del suelo no mostro diferencias significativa ($P \leq 0.05$) en las variables de pH y CE. La variable de MO mostro diferencia significativa ($P \leq 0.05$) siendo C80 la que reflejo mejor resultado.

Palabras clave: Rendimiento, abonos orgánicos, composta, lombricomposta, *Bacillus amyloliquefaciens*

Abstract

The present study was carried out with the objective of determining if it is possible to equalize the yield of forage corn chemically fertilized with a dose of 200-80-00 kg ha⁻¹, using as fertilization medium two different organic fertilizers, compost applying 80 t ha⁻¹, 60 t ha⁻¹ and vermicompost applying 10 t ha⁻¹, 15 t ha⁻¹ in addition to the use of the bacterium *Bacillus amyloliquefaciens* 1x10⁹ UFC ml⁻¹ as inoculum and leaving an absolute blank. This study was carried out during the spring-summer 2021 cycle. Plants were harvested from 3 m linear in the two central furrows of each repetition and at the end of the harvest, soil samples were collected at a depth of 0 to 15 cm in the experimental field of the Facultad de Agricultura y Zootecnia. It was found that there was no significant difference ($P \leq 0.05$) in green forage yield in any treatment, as well as in phenological variables such as height, stem diameter and plant weight. Soil chemical status showed no significant difference ($P \leq 0.05$) in pH and electrical conductivity variables. The organic matter variable showed a significant difference ($P \leq 0.05$) with C80 showing the best result.

Key words: Yield, organic fertilizers, compost, vermicompost, *Bacillus amyloliquefaciens*.

INTRODUCCIÓN

La Comarca Lagunera es una de las principales cuencas lecheras del país, por lo cual cuenta con una gran cantidad de cabezas de ganado bovino. En dicha región, el maíz forrajero es considerado uno de los alimentos básicos del ganado lechero por la aportación energética que hace a las raciones alimenticias (Rodríguez *et al.*, 2020).

El hato lechero de la región demanda altas cantidades de forraje de calidad durante todo el año, por lo cual, en 2017 se establecieron 55 000 has de maíz forrajero en dos ciclos agrícolas, primavera-verano y otoño-invierno (García *et al.*, 2019).

Hernández *et al.* (2010) mencionan que la inclinación de los productores a aplicar grandes cantidades de fertilizantes químicos, especialmente nitrogenados, para asegurar altos rendimientos de productos de buena calidad es una iniciativa no deseable desde el punto de vista ambiental, ya que de acuerdo con Mozumder y Berrens (2007) el uso intensivo de fertilizantes químicos trae consigo una pérdida de la biodiversidad y la alteración de los ciclos biológicos debido a la interrupción en la liberación de nutrientes.

Hoy en día contamos con diferentes tipos de fertilización que nos traen consigo una serie de beneficios, los abonos orgánicos son muy valiosos porque mejoran las condiciones del suelo en general (FAO, 2002).

Según Eghball *et al.* (2004) “Los abonos orgánicos aportan materia orgánica, nutrimentos y microorganismos, lo cual favorece la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas”.

La materia orgánica mejora la estructura del suelo, reduce la erosión del mismo, tiene un efecto regulador en la temperatura del suelo y le ayuda a almacenar más humedad, mejorando significativamente de esta manera su fertilidad (FAO, 2002).

Así mismo Lovaisa *et al.*, (2018) Nos dice que el uso de las bacterias promotoras del crecimiento vegetal, puede ser considerado como una alternativa para disminuir la aplicación de fertilizantes de síntesis química.

Por lo tanto, con el presente estudio se pretende igualar el rendimiento del maíz forrajero fertilizado químicamente utilizando como fuentes de fertilización abonos orgánicos y biofertilizante, así como determinar que tratamiento mejora las condiciones químicas presentes en el suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo durante el ciclo agrícola primavera verano 2021 en el campo agrícola experimental de la facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, ubicada en el ejido Venecia Durango.

El material genético utilizado fue la semilla de maíz forrajero San Lorenzo. La siembra de la semilla se llevó a cabo el día 13 de mayo del 2021, se realizó una siembra convencional con una densidad de ocho semillas por metro.

Se utilizó un diseño en bloques al azar, constando de siete tratamientos con tres repeticiones. En el (Cuadro 1) se muestran los tratamientos evaluados durante en estudio.

Cuadro 1. Tipos de tratamiento y concentraciones aplicadas.

TRATAMIENTOS	CONCENTRACIÓN
Composta	60 t ha ⁻¹
Composta	80 t ha ⁻¹
Lombricomposta	10 t ha ⁻¹
Lombricomposta	15 t ha ⁻¹
Químico (Urea, DAP)	Nitrógeno 200 kg ha ⁻¹ Fosforo 80 kg ha ⁻¹
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> .	1x10 ⁹ UFC ml ⁻¹
Blanco	-

El área de estudio tuvo una superficie total de 1,368 m², dividida en 21 parcelas de 6 m de ancho por 10 m de largo con una separación de 1 m entre cada una de ellas. La unidad experimental fue conformada por ocho surcos con una distancia de 0.75 m entre ellos. Se utilizó un sistema de riego de agua rodada.

Las variables evaluadas en suelo son: materia orgánica por el método de Walkley y Black, conductividad eléctrica, nitratos, amonio y fosforo, realizados según las especificaciones en la NOM-021-RECNAT-2000, además de potencial de Hidrogeno. Las muestras de suelo recolectadas fueron a una profundidad de 0 a 15 cm.

En cuanto a variables en planta se midió el rendimiento del maíz forrajero en peso verde y variables fenológicas tales como altura, diámetro de tallo y peso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento. No se encontraron diferencia significativa ($P > F = 0.8891$) en forraje verde entre los tratamientos composta 60 t ha⁻¹ (C60), composta 80 t ha⁻¹ (C80), lombricomposta 10 t ha⁻¹ (LC10), lombricomposta 15 t ha⁻¹ (LC15), químico 200-80-00 (Q), bacteria *Bacillus amyloliquefaciens* UFC ml⁻¹ (BBA) y el blanco absoluto (B) (Figura 1).

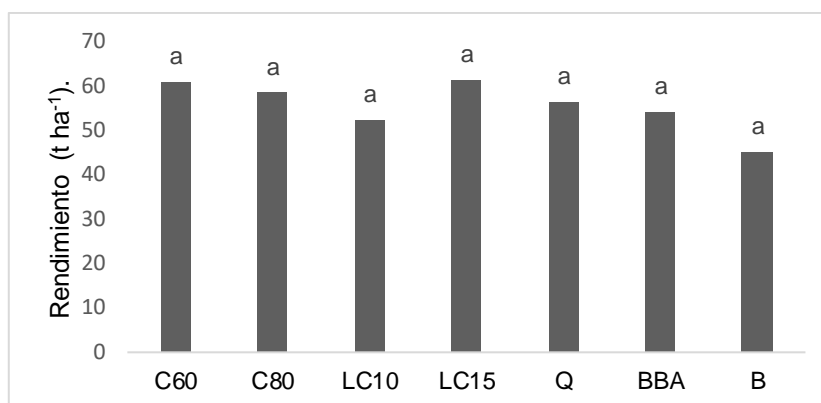


Figura 1. Comparación de medias para el rendimiento de forraje en verde en el cultivo de maíz forrajero. *a= indica valores estadísticamente iguales de acuerdo a Tukey ($P \leq 0.05$).

Fortis *et al.* (2009) obtuvieron resultados similares respecto a esta variable, utilizando como fuente de fertilización composta, vermicompost y un tratamiento químico encontraron diferencia significativa dando como resultado un mayor rendimiento para el tratamiento en el cual se aplicó vermicopost con una cantidad de 64 t ha⁻¹ rendimiento de forraje verde.

Variables Fenológicas

No se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) en los tratamientos en las variables fenológicas altura de planta, diámetro de tallo y peso en verde (Cuadro 2). resultados similares en cuanto a la altura y el diámetro de tallo encontraron Chinchipe y Oliva (2017) utilizando como medio de fertilización guano.

Cuadro 2. Comparación de medias de la altura de planta, diámetro de tallo y peso por planta evaluada en maíz forrajero con aplicaciones de abonos orgánicos.

*a= indica valores estadísticamente iguales de acuerdo a Tukey ($P \leq 0.05$).

Tratamientos	Altura Cm	Peso de planta kg	Diámetro de tallo Cm
C60	3.02 a	0.9390 a	2.60 a
C80	3.04 a	0.8565 a	2.38 a
LC10	3.2 a	0.9348 a	2.49 a
LC15	3.12 a	0.9461 a	2.52 a
Q	2.97 a	0.8883 a	2.38 a
BBA	2.84 a	0.7171 a	2.37 a
B	3.04 a	0.7196 a	2.36 a

Variables en suelo

Se midieron tres variables en suelo de las cuales se obtuvieron los resultados mostrados en el cuadro 3.

pH. No hubo diferencias significativas en el pH para ninguno de los tratamientos, resultados diferentes muestran Ávalos *et al.* (2018) los cuales al aplicar estiércol y vermicomposta 5 t ha⁻¹ y 10 t ha⁻¹ obtuvieron que el pH tuvo diferencias significativas teniendo un valor más elevado con el tratamiento a base de estiércol.

Conductividad Eléctrica. Si bien el valor más elevado para esta variable lo obtuvo el tratamiento a base de la inoculación de la bacteria *Bacillus amyloliquefaciens* con 1.4500 ds m⁻¹ no se encontró diferencia significativa entre tratamientos, resultados similares obtuvieron Fortis *et al.* (2009) ya que al finalizar la cosecha no encontraron diferencias significativas entre tratamientos para la variable.

Materia Orgánica. Se encontró diferencia significativa entre tratamientos para esta variable, dando como resultado que la Composta 80 t ha⁻¹ fue el mejor tratamiento ya que en se encontró un porcentaje de materia orgánica más alto 2.75 %. Salazar *et al.* (2007) tuvieron como resultado 3.5% de MO en el mismo estrato de suelo al final de su estudio después de haber incorporado 40 t ha⁻¹ de estiércol de bovino.

Cuadro 3. Valores medios para las características finales del suelo en el cultivo del maíz forrajero.

pH= potencial de hidrogeno; CE= Conductividad eléctrica; MO= Materia orgánica.

*Letras diferentes en la misma columna representan diferencia significativa Tukey (P≤0.05)

TRATAMIENTOS	pH	CE (ds m ⁻¹)	MO (%)
C60	8.34000 a	1.4267 a	1.4900 ab
C80	8.32667 a	1.2700 a	2.7500 a
LC10	8.30333 a	1.2000 a	1.8733 ab
LC15	8.35667 a	1.1867 a	0.9433 b
Q	8.31333 a	1.4233 a	1.8700 ab
BBA	8.21667 a	1.4500 a	0.9833 b
B	8.31333 a	1.2667 a	0.7367 b

CONCLUSIONES

Se concluye que al utilizar abonos orgánicos como fuente de fertilización se puede igualar el rendimiento verde en maíz forrajero en comparación con una fertilización química, además de que estos tipos de fertilizantes alternativos traen consigo beneficios que aportar al suelo.

BIBLIOGRAFÍA

Ávalos de la Cruz M., Figueroa-Viramontes, U., García-Hernández J. L., Vázquez-Vázquez C., Gallegos-Robles, M. A. y Orona-Castillo, I. (2018). Bioinoculantes y abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero. Nova Scientia, Vol. 10, 20.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052018000100170

- Chichipe Puscan, A., & Oliva, M. 2017. Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento de variedades de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) en Quipachacha, distrito Levanto, Chachapoyas – Amazonas. Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable. [En línea] 1:3 <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/373>
- Eghball, B., D. Ginting, and J. E. Gilley. 2004. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. *Agron. J.* 96:442–447.
- FAO (Food and Agriculture Organisation). 2002. Los fertilizantes y su uso. Obtenido de <https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf> (agosto 2022).
- Fortis-Hernández, M., Leos-Rodríguez, J. A., Preciado-Rangel, P., Orona-Castillo, I., García-Salazar, J. A., García-Hernández, J. L., Orozco-Vidal, J. A. 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana* [en línea]., 27 (4), 329-336. ISSN:. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57313040007>
- García-Sepúlveda, J. L., Cueto-Wong, J. A., Figueroa-Viramontes, U. y Reta-Sánchez, D. G. (2019). Inhibidor de la nitrificación DMPP en la fertilización del maíz forrajero en la Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol. 10, 13. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342019000801849&script=sci_arttext
- Hernández-Rodríguez, O., Ojeda-Barrios, D., López-Díaz, J. C., y Arras-Vota, A. M. (2010). Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Tecnociencia Chihuahua*, vol. 4, 6. <https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/719/822>
- Lovaisa, N.C. & Guevara, E.E. & Delaporte-Quintana, P.G.A. & Elías, Juliana & Arroyo, J. & Salazar, Sergio. 2018. Efecto de la inoculación con bacterias promotoras del crecimiento vegetal en plantas de maíz (*Zea mays* L.). 38. 33-38. https://www.researchgate.net/publication/328094705_Efecto_de_la_inoculacion_con_bacterias_promotoras_del_crecimiento_vegetal_en_plantas_de_maiz_Zea_mays_L
- Mozumder, P. and R. P. Berrens. 2007. Inorganic fertilizer use and biodiversity risk: an empirical investigation. *Ecol. Econ.* 62: 538-543. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.07.016>.
- 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. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.690>
- Salazar, S. E., Trejo, E. H. I., Vázquez, V. C., y López, M. J. D. (2007). Producción de maíz bajo riego por cintilla, con aplicación de estiércol bovino. *Phyton* (Buenos Aires), 76, 169-185. <http://www.scielo.org.ar/pdf/phyton/v76/v76a15.pdf>

EFFECTO DE DIFERENTES FUENTES DE FERTILIZACION EN EL RENDIMIENTO DE UN GENOTIPO DE CHILE SERRANO (*Capsicum annum* L.) EN LA COMARCA LAGUNERA

Autores

David Antonio Zúñiga Gracia¹, Miguel Ángel Gallegos Robles², Edmundo Castellanos Pérez², María Genoveva Álvarez Ojeda³, J. Guadalupe Luna Ortega⁴, José Luis García Hernández²

Instituciones y Dirección

¹ Alumno de la Maestría en Agricultura Orgánica Sustentable, Facultad de Agricultura y Zootecnia-UJED, ejido Venecia, Gómez Palacio, Dgo., carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, km 35

² Facultad de Agricultura y Zootecnia-UJED, ejido Venecia, Gómez Palacio, Dgo., carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, km 35

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Río Bravo, Dirección: Km. 61 Carretera Matamoros-Reynosa C.P. 88900

Río Bravo, Tamaulipas

⁴ Universidad Politécnica de la Región Laguna, ejido Santa Teresa, San Pedro de las Colonias, Coahuila.

RESUMEN

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia en el ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango, en el ciclo primavera-verano del año 2022. El objetivo fue evaluar el comportamiento agronómico de un genotipo de chile serrano híbrido Camino Real F1 en condiciones de campo abierto bajo diferentes tipos de fertilización empleando riego por cintilla y acolchado. El diseño experimental fue un bloques al azar con 4 repeticiones y 5 tratamientos. La fertilización consto de los siguientes tratamientos, T1:160-80-00, T2: Phyto-hormonal plus ® (citoquininas = 3000 ppm, auxinas= 35 ppm, giberelinas= 35 ppm), T3: *Bacillus spp.* y *Azospirillum spp.* (1×10^8 UFC), T4: *Bacillus spp.* y *Azospirillum spp.* (1×10^8 UFC) + 160-80-00, T5:80-40-00. En los tratamientos en donde se empleó la fertilización química se utilizó UREA y MAP como fuente de nitrógeno y fósforo respectivamente. El producto Phyto-hormonal plus ® se aplicó por vía foliar a los 30 días después del trasplante y después de cada corte; las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) fueron inoculadas el día del trasplante. La unidad experimental se conformó por quince plantas, de las cuales cinco plantas de cada repetición fueron utilizadas para la toma de datos. El análisis estadístico fue sometido a un ANOVA y la comparación de medias fue mediante una prueba Tukey $P \leq 0.05$. Se realizó un muestreo para los días de inicio de floración a los 25 días después del trasplante y se observó que T2 y T3 no fueron estadísticamente diferentes, mostrando una media en precocidad en el inicio de floración de 37 días, con respecto al T5 que presentó una floración retardada con una media de 43 días. La respuesta en cuanto al rendimiento en las plantas tratadas se observó mejor efecto en el T4, obteniendo un rendimiento de 0.180 kg/planta, siendo el tratamiento que se comportó de manera óptima, en comparación con el T3 donde se alcanzó el rendimiento promedio más bajo con 0.150 kg/planta.

Palabras clave: fitohormonas, comportamiento agronómico y días de inicio de floración

ABSTRACT

The research work was carried out in the experimental field of the Faculty of Agriculture and Zootechnics in the ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango, in the spring-summer cycle of the year 2022. The objective was to evaluate the agronomic behavior of a genotype of Serrano pepper, Camino Real F1 hybrid under open field conditions and different types of fertilization using belt irrigation and mulch. The experimental design was a randomized block with 4 replications and 5 treatments. The fertilization consisted of the following treatments, T1: 160-80-00, T2: Phyto-hormonal plus ® (cytokinins = 3000 ppm, auxins = 35 ppm, gibberellins = 35 ppm), T3: Bacillus spp. and Azospirillum spp. (1×10^8 CFU), T4: Bacillus spp. and Azospirillum spp (1×10^8 CFU) + 160-80-00, T5: 80-40-00. In the treatments where chemical fertilization was used, UREA and MAP were used as sources of nitrogen and phosphorus, respectively. The Phyto-hormonal plus ® product was applied by foliar route 30 days after the transplant and after each cut; plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) were inoculated on the day of transplantation. The experimental unit was made up of fifteen plants, of which five plants of each repetition were used for data collection. The statistical analysis was submitted to an ANOVA and the comparison of means was through a Tukey test $P \leq 0.05$. A sampling was carried out for the days of beginning of flowering at 25 days after transplantation and it was observed that T2 and T3 were not statistically different, showing an average precocity in the beginning of flowering of 37 days, with respect to T5 that presented delayed flowering with an average of 43 days. The response in terms of yield in the treated plants, a better effect was observed in T4, obtaining a yield of 0.180 kg/plant, being the treatment that behaved optimally, compared to T3 where the lowest average yield was reached. with 0.150 kg/plant.

Key words: phytohormones, agronomic behavior and flowering start days.

INTRODUCCION

El chile junto con el tomate son las hortalizas de mayor importancia económica en México. El chile aporta el 20.2% en la producción de hortalizas a nivel nacional. Para 2019, el SIAP (2020) reporta una producción nacional de 3,238,244.81 toneladas de chile. Los principales estados productores de chile verde a nivel nacional son: Chihuahua, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Zacatecas con un rendimiento medio nacional 17.48 t ha⁻¹.

El manejo de la rizosfera representa un área importante para la agrobiotecnología, con el precepto de aumentar el rendimiento y la producción de biomasa con uso mínimo de agua, fertilizantes y agroquímicos. El estudio de la interacción planta- microorganismos puede ayudar a comprender los fenómenos que ocurren en ese ecosistema y podría guiar las aplicaciones que resulten sustentables con un menor impacto ambiental. Esta interacción puede ser empleada para mejorar el crecimiento de las plantas para la producción de alimentos pero también de fibras y metabolitos clave. (Alcantara *et al.*, 2019). Como resultado existe interés en la evaluación de microorganismos y bioestimulantes (fitohormonas) para la realización de una evaluación comparativa.

Por otra parte, la búsqueda de mecanismos capaces de ser utilizados en el mejoramiento de las condiciones de crecimiento vegetal teniendo como base el uso de fitohormonas, ha permitido controlar de manera específica procesos como la producción de metabolitos secundarios, el tiempo de crecimiento, la disminución de agentes patógenos, la inducción de la maduración de frutos el cruce de especies vegetales para el mejoramiento de los productos

industriales (alimentos) etc. El aprovechamiento de los diferentes reguladores de crecimiento vegetal genera un impacto positivo en el campo biotecnológico, debido a la gran utilidad que las plantas brindan constantemente en el saber médico, industrial, alimenticio, ambiental y social. (Alcantara *et al.*, 2019)

Un alto porcentaje de los nutrientes aplicados en el suelo en forma de fertilizantes de síntesis química no son aprovechados por las plantas y se pierden por la lixiviación o volatilización; además de los daños asociados al uso de productos químicos en la agricultura y los impactos negativos que estos tienen sobre la salud y el medio ambiente. En estas condiciones, es necesario investigar alternativas ecológicamente amigables y económicamente posibles para hacer frente a la demanda creciente de alimentos aplicando técnicas de agricultura sostenible.

Por lo anterior el objetivo de la investigación fue evaluar el rendimiento y el comportamiento de las plantas del chile serrano mediante la aplicación de fertilización convencional, fitohormonas y rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, bajo condiciones de campo abierto.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en la comarca lagunera a campo abierto en la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango en Gómez Palacio, Durango, México. (25°47'05.6"N 103°20'52.9"O). El clima de la comarca lagunera se caracteriza por su clima seco, con temperaturas que alcanzan hasta lo 45° C en verano y temperaturas que oscilan entre los 8 y 0°C en invierno.

Tratamientos y diseño experimental

La fertilización consto de los siguientes tratamientos, T1:160-80-00, T2: Phyto-hormonal plus ® (citoquininas = 3000 ppm, auxinas= 35 ppm, giberelinas= 35 ppm), T3: *Bacillus spp.* y *Azospirillum spp.* (1×10^8 UFC), T4: *Bacillus spp.* y *Azospirillum spp.* (1×10^8 UFC) + 160-80-00, T5:80-40-00. En los tratamientos en donde se empleó la fertilización química se utilizó UREA y MAP como fuente de nitrógeno y fósforo respectivamente. La unidad experimental fueron 15 plantas.

Establecimiento y manejo del experimento

El experimento se estableció en un terreno de 600 m², empleando el uso de riego por cintilla y hule de acolchado agrícola calibre 90 en surcos de 0.80 m de ancho y 20 m de largo con un espacio de 0.70 m entre surcos y 0.50 m entre plantas en hilera sencilla. En los tratamientos en donde se empleó la fertilización química se aplicó directamente en el suelo por unidad experimental con intervalos de 20 días entre cada aplicación. Las fitohormonas citoquininas, auxinas y giberelinas fueron aplicadas con producto de formulación comercial Phyto-hormonal plus ® por vía foliar a los 30 días después del trasplante, y después de cada corte según indicaciones del producto, añadiendo una dosis de surfactante en solución acuosa Inex-A® en un volumen de 0.1L/ha, y en los tratamientos con rizobacterias, las raíces fueron inoculadas el día del trasplante en medio líquido YPG.

Variables evaluadas.

Inicio de floración: A partir de los 20 días después de trasplante (DDT) se realizó un registro de los días de inicio de floración (DIF) mediante la observación de las primeras flores en las plantas.

Peso en verde. Se recolectaron frutos por planta en 5 plantas de cada repetición, de esta manera se llevó a cabo la medición del peso total en cada una de las 5 plantas. El peso de los frutos se determinó en una báscula digital.

Material genético

El material genético utilizado fue chile serrano Camino Real F1, semillas comercializadas por la casa comercial Harris Moran Seed Company ®.

Análisis de Datos

A los datos de las variables se les aplicó análisis de varianza y comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$) con el paquete estadístico SAS para Windows ®.

RESULTADOS Y DISCUSION

El efecto del T2 en las plantas en la inducción del amarre de flor fue anticipado, de acuerdo con Buchanan *et al.*, (2015) dado los resultados obtenidos y de acuerdo a la formulación del producto, el contenido de citoquininas es mayor, no obstante, las giberelinas tuvieron influencia sobre las plantas regulando negativamente la señalización del ácido salicílico, hormona vegetal que está involucrada en la respuesta de la planta y promueve la floración. Por otra parte, las plantas tratadas con T4, optimizaron la aparición de las flores, posiblemente mediante la fijación biológica nitrógeno y al mecanismo de la solubilización del fosforo procesos en los cuales están involucradas las rizobacterias (Portela *et al.*, 2013). (Figura 1).

La respuesta en cuanto al rendimiento en el presente trabajo, las plantas tratadas con T4: *Bacillus spp.*, *Azospirillum spp.*, UREA y MAP obtuvieron un rendimiento promedio de 0.180 kg/planta. Respecto a T5:80-40-00 siendo el segundo mejor tratamiento con un rendimiento de 0.140 kg/planta. Entre el T1 y T2 no hubo diferencias significativas (Figura 2).

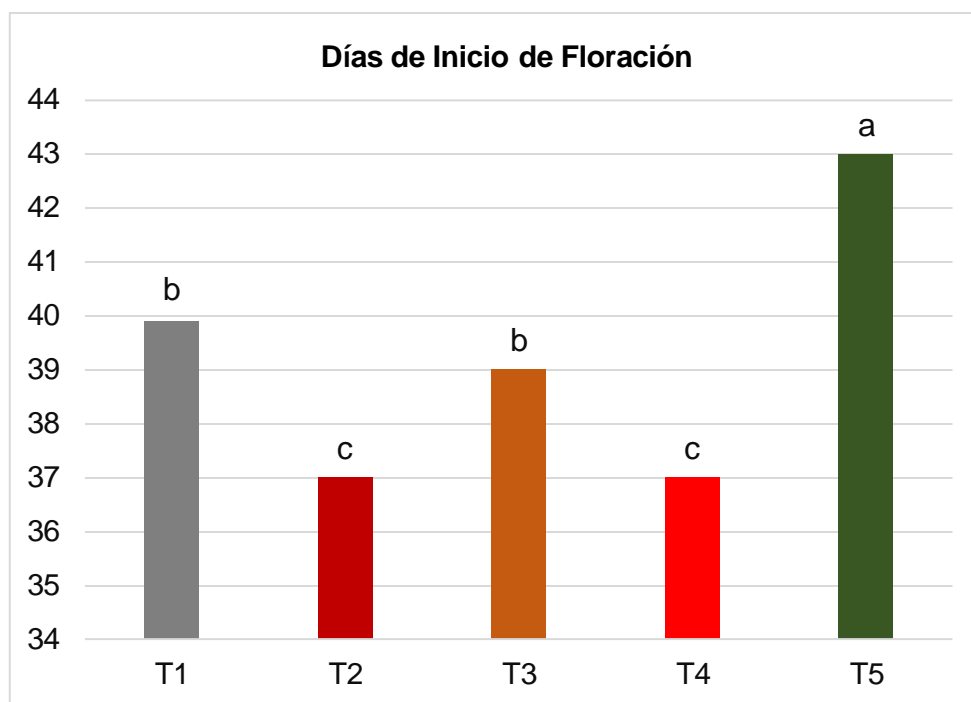


Figura 1. Promedio de Días de Inicio de Floración respecto a los tratamientos

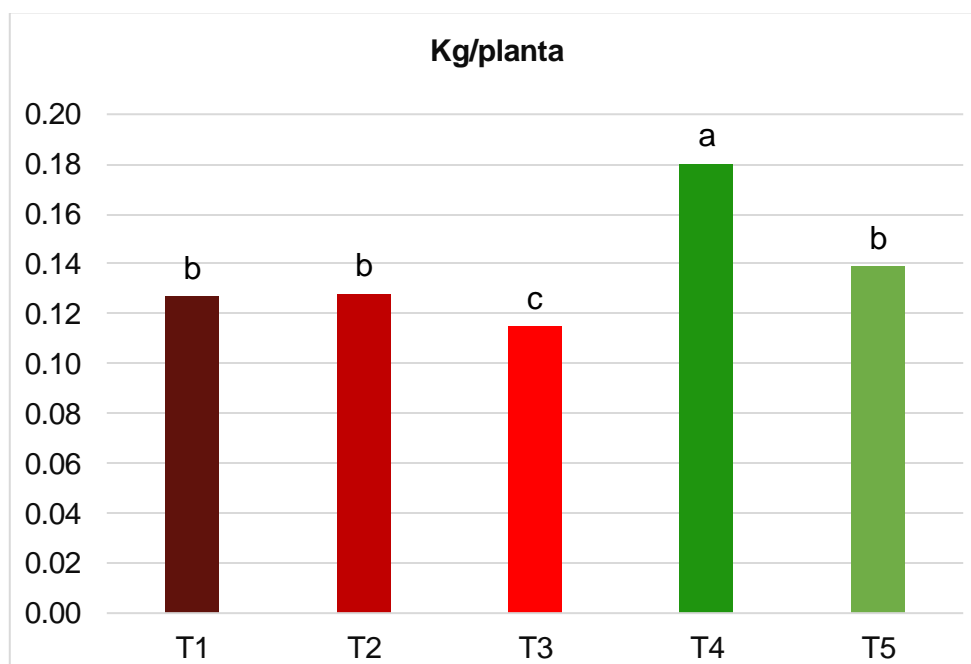


Figura 2. Rendimiento promedio en peso verde (Kg/planta). En cada uno de los tratamientos.

CONCLUSIONES

La aplicación del regulador de crecimiento Phyto-hormonal plus® generó una floración precoz, de igual forma la interacción planta-microorganismos (*Bacillus spp.*+*Azospirillum spp.*). Mientras que en las plantas en donde se aplicó la fertilización química se comportaron de manera diferente, dando inicio a una floración tardía. De esta forma, los reguladores hormonales pueden tener una influencia en la precocidad de floración aunque no se refleja en el rendimiento.

La aplicación del consorcio bacteriano integrado por cepas de *Bacillus spp.*, *Azospirillum spp.*, más la utilización de UREA y MAP pueden ser una alternativa de fertilización para el chile serrano en condiciones de campo abierto.

REFERENCIAS

- Alcantara J., Acero J., Alcantara D., Sanchez M. (2019) Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal (2019) Vol. 32 p.109-129
- Buchanan B., Jones R., L., Gruissem, W. (2015). Biochemistry & molecular biology of plants. American Society of Plant Biologists. Wiley, New York. p. 2-43
- Portela D., Chaparro A., López S. (2013) La biotecnología de *Bacillus thuringiensis* en la agricultura. NOVA. Vol.11 p. 87-96
- SIAP. (2020). Producción anual agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.



***PRODUCCIÓN
AGRÍCOLA***

PERFIL ANTIOXIDANTE DE CATORCE VARIEDADES DE *Capsicum annuum* PICANTE Y DULCE POR DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

Mercedes Georgina Ramirez Aragon^{1*}, Victoria Jared Borroel García¹, Lilia Salas Perez², Tania Lizzeth Guzman Silos¹

¹Universidad Politécnica de Gomez Palacio

²Facultad de Contaduría y Administración, Universidad Autónoma de Coahuila.

*Autor de correspondencia: ginaaragon13@hotmail.com

RESUMEN

Los chiles se encuentran entre los vegetales más importantes del mundo. Existe una extensa variedad de tipos derivados de unas pocas especies del género *Capsicum*. Varias de sus variedades se diferencian por su forma, tamaño, color en la etapa de madurez y otras características. La demanda de este fruto muestra un aumento notable, cuya importancia se debe principalmente a su composición nutraceutica. Estos frutos son ricos en capsaicinoides, compuestos fenólicos, carotenoides y otros, incluidas las vitaminas. En este estudio se realizó una evaluación comparativa entre dos métodos de extracción de compuestos bioactivos de catorce variedades diferentes de chile. Se evaluaron dos métodos de extracción de antioxidantes, el tiempo-solvente y por ultrasonido. Los resultados mostraron que los compuestos fenólicos oscilaron entre 48.7 - 634.1 mg GAE 100 g⁻¹ PS y el contenido de flavonoides varió de 1 - 97 mg QE 100 g⁻¹ PS. El método de extracción con valores mayores de compuestos bioactivos para cada uno de los tipos de chile fue por ultrasonido para todas las variables medidas.

Palabras clave: metabolitos secundarios, capsaicina, extracción convencional, extracción por ultrasonido

ABSTRACT

Chili peppers are among the most important vegetables in the world. There is an extense variety of types derived from few species of *Capsicum* genus. Several of their varieties are differentiated by shape, size, color at ripe stages and other characteristics. The demand of this fruit reveals a noticeable rapid increasing, which importance is mainly due to its nutraceutical composition. These fruits are rich in capsaicinoids, phenolic compounds, carotenoids, and others, including vitamins. In this study, a comparative evaluation between two extraction methods of bioactive compounds of fourteen different varieties of chili pepper was performed. Two extraction methods for antioxidants were evaluated, the time-solvent and the ultrasound. Results showed that the phenolic compounds oscillated between 48.7 - 634.1 mg GAE 100 g⁻¹ DW and the flavonoids content varied from in 1 - 97 mg QE 100 g⁻¹ DW. The extraction

method with higher values of bioactive compounds for each of chili pepper types was the ultrasound for all the measured variables.

Key words: secondary metabolites, capsaicin, conventional extraction, ultrasound extraction

INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annuum* L.) se encuentran entre los vegetales más consumidos en todo el mundo (Palma *et al.*, 2020). Los principales productores de chile son Estados Unidos, Italia, Pakistán, India, México, Japón y Brasil, donde este cultivo tiene un valor económico relevante (Cruz *et al.*, 2005). La producción mundial supera los 19 millones de toneladas de chile fresco, con 1,5 millones de hectáreas en Nigeria, que es el mayor productor de África (Idrees *et al.*, 2020). La diversidad de variedades de chile es enorme y se diferencian por la forma, el tamaño, el grosor de la pulpa (pericarpio) y el color final en los estados de madurez. Este fruto contiene niveles importantes de metabolitos secundarios con capacidad antioxidante, incluidos carotenoides, flavonoides, diferentes polifenoles y otros (Fратиanni *et al.*, 2020). De estos compuestos, los capsaicinoides son los más destacados, principalmente la capsaicina (de Sá Mendes *et al.*, 2020); sin embargo, su concentración puede variar según la cantidad de luz solar, el suelo, la estación, la región de cultivo, los cambios de temperatura, la variedad de frutos y el nivel de madurez (Dias *et al.*, 2016).

Cabe mencionar que la composición química y el contenido de compuestos bioactivos pueden deberse no solo a la diferencia entre especies sino también al tipo de extracción utilizada (Gurnani *et al.*, 2016). El método depende de las condiciones de como se trata la muestra. El método por ultrasonido presenta ventajas en simplicidad, eficiencia y es amigable con el medio ambiente (Vázquez-Espinosa *et al.*, 2019).

La importancia de estos compuestos bioactivos se debe a sus propiedades analgésicas, cardioprotectoras, farmacológicas y neuroprotectoras, entre otras (Lu *et al.*, 2017). Además, todos los chiles contienen una amplia gama de compuestos bioactivos con atributos funcionales y tecnológicos de relevante interés industrial (de Sá Mendes *et al.*, 2019). Estas sustancias determinan las propiedades cualitativas, organolépticas y nutricionales del chile para diferentes usos (Baenas *et al.*, 2019; Tripodi *et al.*, 2020). El objetivo de este trabajo fue evaluar el perfil antioxidante de 14 variedades diferentes de chile comparando dos métodos de extracción.

MATERIALES Y METODOS

Preparación de la muestra

En este trabajo se utilizaron frutos frescos de catorce variedades de chile. En todos los casos, los frutos no presentaron daños aparentes. Todas las frutas fueron llevadas al Laboratorio de

Biología de la Universidad Politécnica de Gómez Palacio. Se cortaron los frutos y se separó la pulpa de las semillas. Posteriormente, las muestras (solo pulpa) se colocaron sobre papel secante para deshidratarlas a temperatura ambiente (25 °C). Después de 20 días las muestras ya secas se pulverizaron en una licuadora (Hamilton Beach) y se almacenaron a 5 °C.

Extractos por método tiempo-solvente

Se utilizó etanol como solvente de extracción. Para cada muestra, se mezclaron 1000 mg de material de chile con 10 mL de solvente. La mezcla se mantuvo a temperatura ambiente durante 24 h en constante movimiento en un agitador de tubos (Benchmark M2100). La mezcla resultante se centrifugó a 9200 rpm durante 3 min. Luego se recuperó el sobrenadante y se filtró con un filtro de jeringa de 45 µm de poro. Posteriormente los extractos se almacenaron a -20 °C para su posterior análisis.

Extractos por método de ultrasonido

El etanol fue el solvente utilizado para todas las muestras. La cantidad de muestra fue la misma que se utilizó para el método tiempo-solvente. Cada preparación se sometió al sonicador (Ultrasonics®) durante 5 min. Las ondas sonoras tuvieron una intensidad de 20 KHz durante 5 min. Siguiendo este procedimiento, la mezcla se centrifugó a 9200 rpm durante 3 min, el sobrenadante se retiró de los tubos y se almacenó en tubos Eppendorf a -20 °C hasta su análisis.

Determinación de compuestos fenólicos totales

El contenido de compuestos fenólicos totales (CFT) se cuantificó utilizando una modificación del método de Folin-Ciocalteu (Ainsworth y Gillespie, 2007) Primero, se mezclaron 50 µL de extracto con 3 mL de agua destilada en un tubo de ensayo. Posteriormente, se agregaron 250 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich, St. Louis MO, EE. UU.). La mezcla se agitó durante 10 segundos y se dejó reaccionar durante tres minutos. Luego de 3 minutos de reacción se agregaron 750 µL de carbonato de sodio (20% p/v) y se agitó por 10 s, seguido de 950 µL de agua destilada y se agitó nuevamente en vortex. Las muestras se dejaron reaccionar durante 2 horas a temperatura ambiente y en un lugar oscuro. Después del tiempo de reacción, la solución se sometió a un espectrofotómetro 10 UV (Genesys, EE. UU.) para obtener la absorbancia a 765 nm. El contenido de CFT se calculó en base a una curva de calibración con ácido gálico como estándar. Los resultados se informaron en mg GAE 100 g⁻¹ DW. Los análisis se realizaron por triplicado.

Cuantificación del contenido de flavonoides

El contenido total de flavonoides se determinó utilizando la técnica de Baba y Malik (2015). Inicialmente, se colocaron 50 µL de extracto en un tubo de ensayo, luego se agregó metanol para obtener 1,0 mL de solución. Posteriormente se mezcló con 4 mL de agua destilada y 0.3 mL de solución de NaNO₂ al 5%. Luego se agregaron 0.3 mL de solución de AlCl₃ al 10%.

Las muestras se incubaron durante 5 min. Posteriormente se adicionaron 2 mL de solución de NaOH 1 M y se completó el volumen final de la mezcla a 10 mL con agua bidestilada. La mezcla se dejó en reacción durante 15 min. Las soluciones obtenidas se observaron en un espectrofotómetro para medir la absorbancia a 510 nm. El contenido total de flavonoides se expresó en mg de equivalente de quercetina por 100 g de peso seco de muestra (mg QE 100 g⁻¹ PS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Compuestos fenólicos totales (TPC)

En los últimos años, los compuestos polifenólicos atrajeron la atención de científicos y especialistas relacionados con la salud debido a que actúan como antioxidantes y protegen al cuerpo humano del estrés oxidativo, que es la causa principal de diferentes procesos degenerativos (Gulcin, 2020). Debido a sus beneficios positivos para la salud humana, los consumidores han aumentado la demanda de estos metabolitos secundarios, particularmente en vegetales como los chiles, que se consumen en grandes cantidades en todo el mundo (Sagar *et al.*, 2018).

Los valores de CFT mostraron un rango muy amplio de valores de 48.7 a 364.8 y de 104.1 a 634.1 mg para los dos métodos de extracción evaluados: el método de tiempo-solvente y el método de ultrasonido, respectivamente (Figura 1). El uso de 14 tipos de chile reveló una alta variación en CFT, por lo que se destaca que el contenido fenólico se ve fuertemente afectado por la genética, el medio ambiente, el tipo de chile y otros factores (González-Zamora *et al.*, 2013). Los resultados expresan que el chile habanero fue la variedad con mayor valor de CFT, mientras que el tipo de chile con menor cantidad de dichos compuestos fue el pimiento morrón en ambos métodos de extracción. Es un resultado sobresaliente, ya que el chile tipo habanero generalmente tiene una concentración muy alta de capsaicinoides (Soares *et al.*, 2020). Esto sugiere que la concentración de capsaicinoides y CFT están correlacionadas, o incluso que tienen una especie de asociación sinérgica. Todas las muestras evaluadas mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$), en cuanto al método de extracción. Según nuestros resultados, las diferencias entre los métodos de extracción reflejan una eficiencia superior, con un aumento del 46% en la extracción de fenoles cuando se utilizó el método de ultrasonido. Las variedades con los valores más altos de CFT fueron (en orden descendente): habanero, pimentón y serrano, mientras que las muestras con menor concentración fueron (en orden ascendente) mirasol, yidu y pimiento morrón. Los resultados de CFT mostraron constantemente la extraordinaria variabilidad que se puede encontrar entre las distintas variedades de chile (Ribes-Moya *et al.*, 2020). Nuestros resultados mostraron una tendencia similar a los publicados recientemente por Alam *et al.* (2020) quien señaló que los chiles serán

más picantes según las concentraciones más altas de CFT, que los chiles más dulces con un contenido más bajo de CFT.

Otros informes señalaron que el contenido fenólico varía de 2.3 a 71.4 mg 100 g⁻¹ para veinte variedades de chiles (Alam *et al.*, 2020). Los resultados obtenidos concuerdan con dichos datos publicados, cuando el método de extracción se realizó de forma tradicional (tiempo-solvente); sin embargo, cuando la extracción se realizó con el método de ultrasonido, los resultados obtenidos reflejaron una concentración fenólica muy superior para todos los pimientos evaluados a los publicados previamente.

Otros estudios también reportaron el contenido fenólico en diferentes cultivares de Chile; la mayor concentración se registró para las muestras de habanero con 128 mg g⁻¹, pero por el contrario, solo 52 mg g⁻¹ para las muestras de pimiento morrón. Estos valores publicados son altos en comparación con los resultados en este estudio para ambos tipos de muestras. Además, el solvente utilizado fue metanol, pero dichas muestras se agitaron durante 24 h en el agitador a baño maría. La preparación del extracto y el tipo de solvente utilizado pueden representar una fuente de alta variación en la extracción de metabolitos secundarios (Adhikari *et al.*, 2014).

Por otro lado, los resultados obtenidos en esta investigación fueron consistentemente superiores en comparación con un estudio previo realizado con 63 variedades de chiles balcánicos, donde los valores variaron de 42 a 267 mg 100 g⁻¹ en contenido de fenoles (Denev *et al.*, 2019). Además, estos experimentos han puesto de manifiesto la compleja caracterización de CFT a partir de la gran diversidad de variedades de Chile evaluadas.

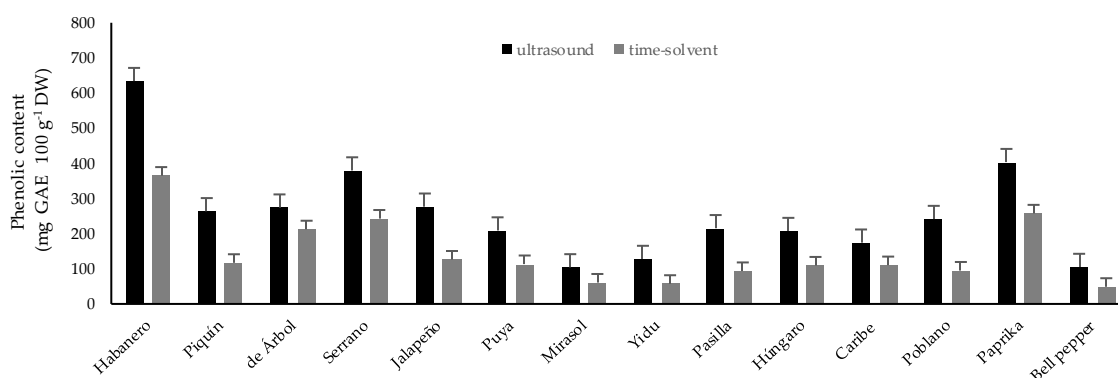


Figura 1. Compuestos fenólicos totales de catorce variedades diferentes de Chile obtenido por el método de extracción por tiempo-solvente y ultrasonido

Contenido total de flavonoides (FT)

En el Chile, los flavonoides primarios son quercetina, luteolina, kaempferol, catequina, epicatequina, rutina, luteolina, apigenina y miricetina (Vera-Guzmán *et al.*, 2011; Alvarez-Parrilla *et al.*, 2011). Las concentraciones de flavonoides pueden cambiar según la diversidad de genotipos, razas locales, variedades y la fase de maduración de la fruta, entre otros factores, incluidos los principales parámetros analíticos de laboratorio, como la preparación de muestras, el método de extracción y los métodos de cuantificación (Vera-Guzmán *et al.*, 2017).

El análisis de FT demostró que la selección del método de extracción es relevante cuando el objetivo principal del estudio es aumentar la detección de moléculas de interés. Nuestros resultados mostraron una alta variación entre muestras debido a su propia naturaleza. Se obtuvo el mismo efecto en los resultados informados para CFT (Figura 1). La evaluación entre métodos para la extracción de FT reveló una mayor eficiencia con el método de ultrasonido (Figura 2), por lo que se observa que los valores de FT fueron 83% superiores en los FT extraídos por este método. La muestra de Chile habanero presentó el mayor valor en FT con 97 y 41 mg QE 100 g⁻¹, con el método de extracción por ultrasonido y tiempo-solvente, respectivamente. Sin embargo, las muestras de los tipos de Chile Yidu, Húngaro, Caribe y Morrón no reflejaron ninguna cantidad de FC en el método de extracción por tiempo y solvente. Las evidencias sugieren que la concentración de flavonoides está correlacionada con el grado de madurez de la fruta, el morfotipo, la raza local y el grupo varietal o cultivar (Meckelmann *et al.*, 2015).

Un análisis de laboratorio de 63 accesiones de Chile Balcánico (*Capsicum annuum L.*) reportó valores de 1,0 a 64 mg g⁻¹ de FT, mostrando un amplio rango de variación en la concentración de FT (Denev *et al.*, 2019); en este sentido, la variabilidad de resultados en este estudio es inherente a los tipos y genotipos de las variedades de Chile.

Algunos experimentos revelan una alta variabilidad de FT en diferentes tipos de Chiles, pero también en el mismo tipo de Chile la variación podría reflejar un gran valor en la concentración de dicho compuesto. Por ejemplo, el jalapeño ha oscilado entre 10 y 332 µg g⁻¹ de flavonoides totales, el piquín ha oscilado entre 97 y 544 µg g⁻¹, entre otros (Blanco-Rios *et al.*, 2017).

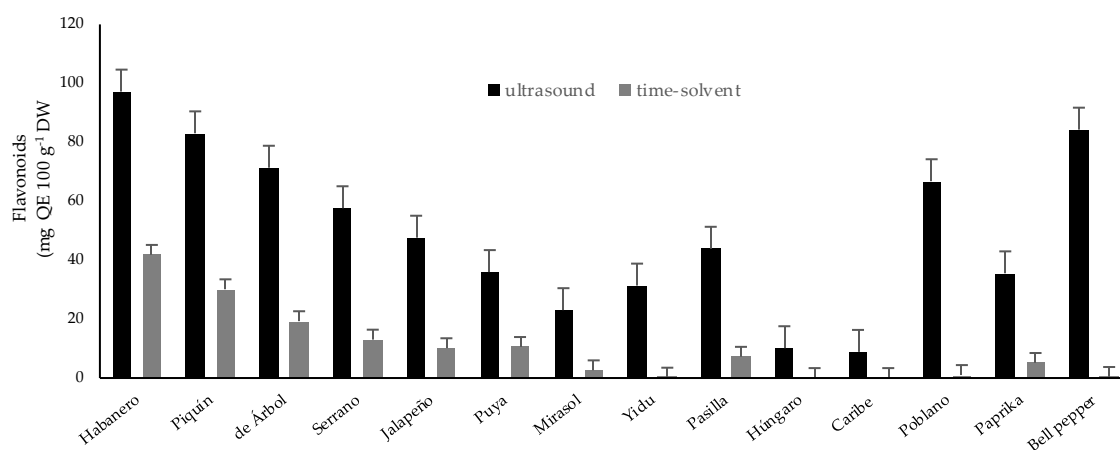


Figura 2. Contenido total de flavonoides de catorce variedades diferentes de chile obtenidas por el método de extracción por tiempo-solvente y ultrasonido.

CONCLUSIONES

Los chiles presentan diferentes compuestos bioactivos que son reconocidos con propiedades funcionales, como capsaicinoides, compuestos antioxidantes, entre otros. Es importante continuar con el estudio de estos frutos debido a que existe una gran diversidad de variedades y por tanto la composición de compuestos varía en un amplio rango entre especies. Es de gran interés seguir explorando las técnicas más adecuadas para la extracción de moléculas beneficiosas que contribuyan a la salud y que además representen un campo abierto para diferentes áreas.

REFERENCIAS

- Adhikari, B. M.; Pradhan, N. Study on functional properties of selected chilli varieties grown in kathmandu, Nepal. 2014, 3.
- Ainsworth, E. A.; Gillespie, K. M. Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin–Ciocalteu reagent. *Nat Protoc.* 2007, 2(4), 875–7.
- Alam, M. A.; Saleh, M.; Mohsin, G. M.; Nadirah, T. A.; Aslani, F.; Rahman, M. M. Evaluation of phenolics, capsaicinoids, antioxidant properties, and major macro-micro minerals of some hot and sweet peppers and ginger land-races of Malaysia. *J Food Process Preserv.* 2020, 44(6).
- Alvarez-Parrilla, E.; de la Rosa, L. A.; Amarowicz, R.; Shahidi, F. Antioxidant Activity of Fresh and Processed Jalapeño and Serrano Peppers. *J Agric Food Chem.* 2011, 59(1), 163–73.
- Baba, S. A.; Malik, S. A. Determination of total phenolic and flavonoid content, antimicrobial and antioxidant activity of a root extract of *Arisaema jacquemontii* Blume. *Journal of Taibah University for Science.* 2015, 9(4), 449–54.
- Baenas, N.; Belović, M.; Ilic, N.; Moreno, D. A.; García-Viguera, C. Industrial use of pepper (*Capsicum annum* L.) derived products: Technological benefits and biological advantages. *Food Chemistry.* 2019, 274, 872–85.

- Blanco-Ríos, A.K.; Medina-Juárez, L. Á.; González-Aguilar, G. A.; Gámez-Meza, N. Antioxidant Activity of the Phenolic and Oily Fractions of Different Sweet Bell Peppers. *J Mex Chem Soc.* 2017, 57(2), 137-143
- Cruz, D. de O.; Freitas, B. M.; da Silva, L. A.; da Silva, E. M. S.; Bomfim, I. G. A. Pollination efficiency of the stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweet pepper. *Pesq agropec bras.* 2005, 40(12), 1197–201
- de Sá Mendes, N.; Favre, L. C.; Rolandelli, G.; Ferreira, C. S.; Gonçalves, É. C. B. de A.; Buera, M. del P. Flour from “fruits and vegetables” waste with addition of a South-American pepper (*Capsicum baccatum*) proposed as food ingredient. *Int J Food Sci Technol.* 2020, 55(3), 1230–7.
- de Sá Mendes, N.; Santos, M. C. P.; Santos, M. C. B.; Cameron, L. C.; Ferreira, M. S. L.; Gonçalves, É. C. B. A. Characterization of pepper (*Capsicum baccatum*) - A potential functional ingredient. *LWT - Food Science and Technology.* 2019, 112, 108209.
- Denev, P.; Todorova, V.; Ognyanov, M.; Georgiev, Y.; Yanakieva, I.; Tringovska, I. Phytochemical composition and antioxidant activity of 63 Balkan pepper (*Capsicum annum L.*) accessions. *Food Measure.* 2019, 13(4), 2510–20.
- Dias, A. L. B.; Arroio, S. C. S.; Santos, P.; Barbero, G. F.; Rezende, C. A.; Martínez, J. Effect of ultrasound on the supercritical CO₂ extraction of bioactive compounds from dedo de moça pepper (*Capsicum baccatum L. var. pendulum*). *Ultrasonics Sonochemistry.* 2016, 31, 284–94.
- Fратиanni, F.; d’Acierno, A.; Cozzolino, A.; Spigno, P.; Riccardi, R.; Raimo, F. Biochemical Characterization of Traditional Varieties of Sweet Pepper (*Capsicum annum L.*) of the Campania Region, Southern Italy. *Antioxidants.* 2020, 9(6), 556.
- González-Zamora, A.; Sierra-Campos, E.; Luna-Ortega, J.; Pérez-Morales, R.; Ortiz, J.; García-Hernández, J. Characterization of Different Capsicum Varieties by Evaluation of Their Capsaicinoids Content by High Performance Liquid Chromatography, Determination of Pungency and Effect of High Temperature. *Molecules.* 2013, 18(11), 13471–86.
- Gulcin, İ. Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview. *Arch Toxicol.* 2020, 94(3), 651–715.
- Gurnani, N.; Gupta, M.; Mehta, D.; Mehta, B. K. Chemical composition, total phenolic and flavonoid contents, and in vitro antimicrobial and antioxidant activities of crude extracts from red chilli seeds (*Capsicum frutescens L.*). *Journal of Taibah University for Science.* 2016, 10(4), 462–70.
- Idrees, S.; Hanif M.A.; Ayub, M.A.; Hanif, A.; Ansari, T. M. Chili Pepper. In: *Medicinal Plants of South Asia*; Sarwar, S., Hanif, M. A., Ayub, M. A., Boakye, Y. D., Agyare, C. Elsevier; Publisher: Cambridge, MA 02139, United States, 2020; pp. 113–24.
- Lu, M.; Ho, C.T.; Huang, Q. Extraction, bioavailability, and bioefficacy of capsaicinoids. *Journal of Food and Drug Analysis.* 2017, 25(1), 27–36.
- Meckelmann, S. W.; Riegel, D. W.; van Zonneveld, M.; Ríos, L.; Peña, K.; Mueller-Seitz, E. Capsaicinoids, flavonoids, tocopherols, antioxidant capacity and color attributes in 23 native Peruvian chili peppers (*Capsicum spp.*) grown in three different locations. *Eur Food Res Technol.* 2015, 240(2), 273–83.
- Palma, J.M.; Terán, F.; Contreras-Ruiz, A.; Rodríguez-Ruiz, M.; Corpas, F. J. Antioxidant Profile of Pepper (*Capsicum annum L.*) Fruits Containing Diverse Levels of Capsaicinoids. *Antioxidants.* 2020, 9 (9), 878.
- Ribes-Moya, A. M.; Adalid, A. M.; Raigón, M. D.; Hellín, P.; Fita, A.; Rodríguez-Burruezo, A. Variation in flavonoids in a collection of peppers (*Capsicum sp.*) under organic and conventional cultivation: effect of the genotype, ripening stage, and growing system. *J Sci Food Agric.* 2020, 100(5), 2208–23.
- Sagar, N. A.; Pareek, S.; Sharma, S.; Yahia, E. M.; Lobo, M. G. Fruit and Vegetable Waste: Bioactive Compounds, Their Extraction, and Possible Utilization: Fruit and vegetable waste. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* 2018, 17(3), 512–31.

- Srinivasan, K.; Biological Activities of Red Pepper (*Capsicum annuum*) and Its Pungent Principle Capsaicin: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2016, 56 (9), 1488–500.
- Soares, R. S.; Ribeiro, C. S. da C.; Ragassi, C. F.; de Carvalho, S. I. C.; Maldonade, I. R.; Filho, J. G. da S. New Brazilian lines of Habanero pepper (*Capsicum chinense*): Morpho-agronomic and biochemical characterization in different environments. *Scientia Horticulturae*. 2020, 261, 108941.
- Tripodi, P.; Lo, S. R.; Ficcadenti, N. Dissection of heterotic, genotypic and environmental factors influencing the variation of yield components and health-related compounds in chilli pepper (*Capsicum annuum*). *Euphytica*. 2020, 216(7), 112.
- Vázquez-Espinosa, M.; González de Peredo, A. V.; Ferreiro-González, M.; Barroso, C.; Palma, M.; Barbero, G. F. Optimizing and Comparing Ultrasound- and Microwave-Assisted Extraction Methods Applied to the Extraction of Antioxidant Capsinoids in Peppers. *Agronomy*. 2019, 9(10), 633.
- Vera-Guzmán, A. M.; Aquino-Bolaños, E. N.; Heredia-García, E.; Carrillo-Rodríguez, J. C.; Hernández-Delgado, S.; Chávez-Servia, J. L. Flavonoid and Capsaicinoid Contents and Consumption of Mexican Chili Pepper (*Capsicum annuum* L.) Landraces. In: Justino GC, editor. *Flavonoids - From Biosynthesis to Human Health*. InTech. 2017
- Vera-Guzmán, A. M.; Chávez-Servia, J. L.; Carrillo-Rodríguez, J. C.; López, M.G. Phytochemical evaluation of wild and cultivated pepper (*Capsicum annuum* L. and *C. pubescens* Ruiz & Pav.) from Oaxaca, Mexico. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2011, 8.

PRODUCCIÓN Y ASIGNACIÓN DE BIOMASA EN HÍBRIDOS COMERCIALES DE MAÍZ

Antuna-Grijalva, Oralia^{1*}, Espinoza-Banda, Armando¹, Quiroz-Mercado, Jorge¹, Llaven-Valencia, Genny², Cervantes-Ortiz, Francisco³

¹Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Periférico "Raúl López Sánchez" km 2. Torreón, Coahuila. CP. 27054, ²Instituto 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, ³Tecnológico Nacional de México-Roque, Km. 8, Carretera Celaya-Juventino Rosas, Apartado postal 508, C.P. 38110 *Autor para correspondencia: e-mail: oantuna_77@hotmail.com

RESUMEN

Se realizaron dos muestreos (70 y 150 dds), para evaluar la producción y asignación de la biomasa en dos híbridos comerciales de maíz. El experimento se estableció en el ciclo primavera-verano del año 2021, se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, la parcela total estuvo conformada por cinco surcos de cinco metros de largo y 80 cm de ancho, con una distancia entre planta y planta de 17 cm. Se midieron las variables de peso de hoja (PH), peso de tallo (PT), peso de espiga (PE), peso de pedúnculo (PP), peso de totomoxtle (PTT), peso de mazorca (PM), peso de grano de mazorca (PGM) y peso de olote (PO). En los muestreos realizados se observó que los órganos vegetativos de la planta que más influyeron en la producción de materia seca fueron el tallo, hojas y mazorca.

Palabras clave: *Zea mays* L., híbridos, productividad, biomasa

ABSTRACT

Two samples (70 and 150 dds) were carried out to evaluate the production and allocation of biomass in two commercial maize hybrids. The experiment was established in the spring-summer cycle of the year 2021, using a random block design with three repetitions, the total plot was made up of five grooves five meters long and 80 cm wide, with a distance between plant and plant of 17 cm. The variables of leaf weight (PH), stem weight (PT), spike weight (PE), peduncle weight (PP), totomoxtle weight (PTT), cob weight (PM), cob grain weight (PGM) and olote weight (PO) were measured. In the samples carried out it was observed that the vegetative organs of the plant that most influenced the production of dry matter were in the stem, leaves and cob.

Key words: *Zea mays* L., hybrids, productivity, biomass.

INTRODUCCIÓN

La duración de las etapas de desarrollo de un cultivo de maíz tiene gran variabilidad, de acuerdo con el genotipo y de las condiciones ambientales. Un mismo híbrido presenta variaciones en sus fenofases cuando es cultivado en diferentes localidades e incluso se comparan distintos años en la misma localidad. Para conocer la dinámica del cultivo se ha utilizado técnicas de índice de crecimiento como la tasa de crecimiento del cultivo (TTC), tasa de asimilación neta (TAN), tamaño de aparato fotosintético, relación del área foliar (RAF), área foliar específica, etc.; ya que existe una fuerte relación entre la productividad y el área foliar de la planta, debido a que las plantas producen materia seca a través de la fotosíntesis y la captura de la radiación solar por las hojas verdes, siendo esta la parte más importante del aparato fotosintético de la planta (Bolaños y Edmeades, 1993). Por lo anterior, se evaluaron dos híbridos comerciales de maíz, para conocer su dinámica de crecimiento y su acumulación de biomasa en diferentes etapas de crecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el ciclo primavera-verano del año 2021, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. El experimento constó de dos tratamientos (híbridos comerciales de maíz), los cuales se evaluaron en un ensayo uniforme, utilizando un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, la parcela total estuvo conformada por cinco surcos de cinco metros de largo y 80 cm de ancho, con una distancia entre planta y planta de 17 cm. Para evaluar la producción y la dinámica de la materia seca se realizaron dos muestreos destructivos a los 70 y 150 días después de la siembra (dds), se tomaron dos plantas con competencia completa de cada una de las unidades experimentales, se separaron los órganos vegetativos y reproductivos. Se midieron las variables de peso de hoja (PH), peso de tallo (PT), peso de espiga (PE), peso de pedúnculo (PP), peso de totomoxtle (PTT), peso de mazorca (PM), peso de grano de mazorca (PGM) y peso de olote (PO).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la prueba de comparación de medias (Cuadro 1), se encontró que en el primer muestreo (70 dds), el híbrido TG-727W presentó el mayor peso de materia verde en PH, PT, PE, PP, PTT y PM (44.35, 64.87, 6.17, 2.92, 19.55, 17.74 g). El híbrido PAN-6723 presentó los menores valores en cada una de las variables evaluadas.

Cuadro 1. Promedio de seis variables agronómicas de dos híbridos comerciales evaluados a los 70 dds.

Híbrido	PH (g)	PT (g)	PE (g)	PP (g)	PTT (g)	PM (g)
TG-727W	44.35a	64.87a	6.17a	2.92a	19.55a	17.75a
PAN-6723	38.87a	30.35b	4.80b	1.65a	12.77a	9.87b

Medias con distinta literal en una misma columna son diferentes ($p < 0.05$), PH: peso de hoja, PT: peso de tallo, PE: peso de espiga, PP: peso de pedúnculo, PTT: peso de totomoxtle y PM: peso de mazorca.

La mayor acumulación de biomasa fue en el híbrido PAN-6723 en PH con 39.45%, en PE con 4.88%, PTT con 12.99%, en PT, PP y PM presentó una menor expresión con 30.87%, 1.67% y 10.04% respectivamente, en tanto que el híbrido TG-727W expresó los valores más altos en PT con 41.68%, PP con un valor de 1.87% y 11.40% en PM (Cuadro 2).

Cuadro 2. Acumulación de biomasa en dos híbridos comerciales evaluados a los 70 dds.

Híbrido	PH (%)	PT (%)	PE (%)	PP (%)	PTT (%)	PM (%)
TG-727W	28.49	41.68	3.96	1.87	12.56	11.40
PAN-6723	39.54	30.87	4.88	1.67	12.99	10.04

PH: peso de hoja, PT: peso de tallo, PE: peso de espiga, PP: peso de pedúnculo, PTT: peso de totomoxtle y PM: peso de mazorca.

Se observa que en el primer muestreo (70 dds) el mayor peso observado fue en la variable de PH y PT con respecto a las demás variables, lo cual coincide con Rivetti (2007) quien observó en una evaluación de producción de maíz que en los primeros días del cultivo, las tasas de crecimiento fueron bajas y la producción estuvo en su mayor parte orientada a generar tejidos foliares, pero en los primeros 70 dds se presentó un rápido crecimiento del tallo, evidenciando la mayor parte del aumento del peso total.

El híbrido PAN-6723 difiere en acumulación de biomasa en las variables de PH, PE y PTT con respecto al híbrido TG-727W, el cual fue el de mayor expresión al exhibir el mayor peso en órganos vegetativos, los resultados presentados concuerdan con Marcelis (1994a) quien menciona que la distribución de materia seca puede cambiar durante el desarrollo del cultivo, debido tal vez a cambios en la potencia de acumulación de biomasa de un órgano individual. El mayor peso de materia verde en el segundo muestreo realizado (150 dds) se presenta en el híbrido TG-727W a excepción de las variables PE (5.62 g) y PO (22.50 g). Por otra parte el híbrido PAN-6723 solo en PE y PO supero con el mayor peso con valores de 5.67 g y 26.25 g respectivamente.

Cuadro 3. Promedio de seis variables agronómicas de dos híbridos comerciales evaluados a los 150 dds.

Híbrido	PH (g)	PT (g)	PE (g)	PM (g)	PTT (g)	PGM (g)	PO (g)
TG-727W	61.90a	338.10a	5.62a	200.00a	34.40a	177.50a	22.50a
PAN-6723	61.27a	249.08a	5.67a	182.50a	19.35a	156.25a	26.25a

Medias con distinta literal en una misma columna son diferentes ($p < 0.05$), PH: peso de hoja, PT: peso de tallo, PE: peso de espiga, PM: peso de mazorca, PTT: peso de totomoxtle y PGM: peso de grano de mazorca, PO: peso de olote

El mayor porcentaje de acumulación de materia seca fue en el híbrido TG-727W, con 99.29 % de PTT, sin embargo el híbrido PAN-6723 lo supero en las variables de PH, PE y PM con valores de 11.72%, 1.08% y 34% respectivamente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Acumulación de biomasa en dos híbridos comerciales evaluados a los 150 dds.

Híbrido	PH (%)	PT (%)	PE (%)	PM (%)	PTT (%)
TG-727W	9.60	52.46	0.87	31.03	5.33
PAN-6723	11.72	47.72	1.08	34.96	3.70

PH: peso de hoja, PT: peso de tallo, PE: peso de espiga, PM: peso de mazorca, PTT: peso de totomoxtle

Se observa que la materia seca acumulada fue mayor en el primer muestreo (70 dds) en las variables de PH y PT, sin embargo en el segundo muestreo realizado a los 150 días después de la siembra, se produjo una disminución en estas variables. Estos datos observados están acorde con los reportados con Goldsworthy *et al.* (1984) quienes señalan que el decremento en el peso de hojas y tallos en estados vegetativos avanzados, se debe a la senescencia y traslocación de asimilados a los órganos reproductivos.

Se registro un aumento de biomasa en la mazorca desde los 70 dds hasta el segundo muestreo, lo que concuerda con Barberi *et al.* (2000) quienes manifestaron que el principal destino de los asimilados es en este órgano vegetativo.

CONCLUSIONES

En los muestreos realizados se observo que los órganos vegetativos de la planta que más influyeron en la producción de materia seca fueron el tallo, hojas y mazorca. El híbrido TG-727W presento la mayor acumulación de materia seca en tallo.

REFERENCIAS

- Barbieri, P. A., Rozas, H. N. R. S., Andrade, F. H., & Echeverria, H. N. E. (2000). Row spacing effects at different levels of nitrogen availability in maize. *Agronomy Journal*, 92(2), 283-288.
- Bolaños, J. and Edmeades, G.O. 1993. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. I. Responses in reproductive behaviour. *Field Crop Research*, 31:233-252.
- Goldsworthy, P. R., & Fisher, N. M. (1984). *The physiology of tropical field crops* (No. BOOK). John Wiley & Sons.
- Marcelis, L. F. M. (1994). Fruit growth and dry matter partitioning in cucumber. Wageningen University and Research.
- 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*, 38(2), 25-36.

PRODUCCIÓN Y CONCENTRACIÓN DE JUGO Y AZÚCARES DE SORGOS DULCES EN EL NORTE DE TAMAULIPAS

PRODUCTION AND CONCENTRATION OF JUICE AND SUGARS OF SWEET SORGHUM IN NORTH TAMAULIPAS

Héctor Williams Alanís^{1*}, Ulises Aranda Lara², Jorge Elizondo Barrón², Miguel Ángel Valdez Hernández², Odilón Gayosso Barragán³

¹ Ex-Investigador de INIFAP-Campo Experimental Río Bravo. ²INIFAP-Campo Experimental Río Bravo. Carretera Matamoros-Reynosa Km-61. CP. 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México. 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.mx

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el potencial productivo de un grupo de nueve variedades comerciales y experimentales de sorgo dulce; sembrado durante el ciclo otoño-invierno 2021/2022, bajo condiciones de riego. El experimento se estableció en el Campo Experimental Río Bravo (CERIB), utilizando un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones con fecha de siembra 2 de marzo. Los resultados indican que, bajo las condiciones de cultivo, en las que se llevó a cabo el experimento; los mejores genotipos en cuanto a °Brix, producción de jugo, días a floración y altura de planta fueron: RB-Pirulí, Dulcina, Keller, 3-2-1 y RB-Tehua

Palabras clave: Sorgo dulce, Genotipos.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the productive potential of a group of nine commercial and experimental sweet sorghum varieties, sown during the autumn-winter 2021/2022 cycle, under irrigation. The experiment was established at Campo Experimental Río Bravo (CERIB), in a randomized complete block design with three replications, with sowing in March 2. Results indicated that under the culture conditions, in which the experiment was carried out; the best genotypes in terms of °Brix, juice production, days to flowering and plant height were RB-Pirulí, Dulcina, Keller, 3-2-1 and RB-Tehua.

Keys words: Sweet sorghum, Genotypes.

INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) se produce a nivel mundial como fuente de alimento humano, forraje para los animales, fibra, y combustible. Los sorgos dulces y de grano se diferencian en una serie de características importantes; incluida la producción de biomasa, la acumulación de azúcar de tallo y jugo (Kanbarm *et al.*, 2021). El sorgo dulce se ha convertido en una materia prima prometedora para la producción de biocombustibles, porque se puede cultivar con insumos reducidos, responde al estrés de manera más eficiente que los cultivos tradicionales y tiene un gran potencial de producción de biomasa (Ekefre, *et al.*, 2017). Presenta muchas ventajas para ser utilizado en la industria energética, debido a la posibilidad de producción de bioetanol tanto a partir del jugo como de la biomasa y el jugo de los tallos contiene azúcar en niveles similares a los de la caña de azúcar (Rakhmetova, *et al.*, 2020);

presenta una excelente capacidad de adaptación a diferentes sistemas de producción (López-Sandín *et al.*, 2021). México es un país prometedor en el desarrollo de energías renovables debido a su clima cálido y soleado, que promueve la generación de energía solar, la producción de cultivos durante todo el año, y la relativa abundancia de tierras agrícolas aptas para la agricultura (Ruiz *et al.* 2016). Según la Secretaría de Energía de México (SENER) y las bases de datos de Balance Energético Nacional, en 2014 se produjo de la energía total, 4.12% a partir de biomasa. El objetivo de este trabajo fue el de evaluar los caracteres de: producción y, concentración de azúcares en el jugo, días a floración y altura de planta; en cinco variedades y un híbrido comerciales y tres variedades experimentales en Rio Bravo, Tamaulipas en condiciones de riego durante el ciclo otoño-invierno 2021/2022.

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 de 50 msnm, temperatura media anual 23.5°C y una precipitación media anual de 550 mm. La siembra fue durante el ciclo otoño-invierno 2021/2022 bajo condiciones de riego, con fecha dos de marzo del 2022. 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, RB-Cañero, RB-Pirulí y el híbrido RB-Tehua, formados en el Campo Experimental Rio Bravo, INIFAP. Dulcina variedad comercial formada en la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL). La variedad comercial Keller (EEUU) y 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 siguientes números: (3-2-1, 18-2-1- y 11-1-1-). El manejo agronómico se realizó conforme al paquete tecnológico recomendado por INIFAP-CERIB, para la región norte de Tamaulipas (Montes, *et al.*, 2013). 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 m² 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): 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 el carácter °Brix, se encontraron valores que fluctuaron entre 12.2 y 24.5. 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. La variedad RB-Cañero presentó los valores más bajos de °Brix, significativamente menores (P<0.05) al resto de las variedades. Dulcina, Keller, 3-2-1, 18-2-1 y 11-1-1 presentaron valores mayores en °Brix que RB-Cañaveral. Para producción de jugo, Pirulí, presentó un valor de 5413.7 l/ha⁻¹, el cual fue significativamente mayor que la variedad experimental 11-1-1-, la cual obtuvo una producción de jugo de 2641 l/ha⁻¹. Para días a floración RB-Cañero no presentó floración, debido probablemente a que esta ocurrió durante la época en que los días son más largos, y resultó sensible al fotoperiodo. Para altura de planta se encontró que las variedades 18-2-1- y 11-1-1, fueron las de menor altura de planta (178 a 199 cm), que el resto de las variedades (247.1 a 301.7 cm). Varios autores indican que

las variedades dulces de mayor altura de planta son las mejores (Sylvester *et al.*, 2015 y Williams-Alanís *et al.*, 2017).

Cuadro 1. Características agronómicas de nueve variedades de sorgo dulce en el norte de Tamaulipas. Río Bravo, Tamaulipas, ciclo otoño invierno 2021/2022.

Variedad	°Bx	VOL (l/ha ⁻¹)	DF	AP (cm)
RB-PIRULÍ	20.4 ab	5413.7 a	85.7 ab	247.7 b
DULCINA	23.1 a	5046.7 ab	83.3 b	250.3 b
KELLER	22.2 a	4870 ab	83.3 b	247.7 b
3-2-1	24.5 a	3831 ab	81.3 b	269.7 ab
RB-CAÑERO	12.2 c	3772 ab	---	301.7 a
RB-TEHUA	20.8 ab	3594.3 ab	85.0 ab	265.0 ab
RB-CAÑAVERAL	16.6 b	3585.3 ab	90.0 a	261.0 b
18-2 -1-1	23.2 a	3523.7 ab	83.7 ab	199.0 c
11-1-1	21.3 a	2641.3 b	80.0 b	178.3 c
CV %	7.73	15.5	2.5	7.5

°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).

CONCLUSIÓN

Los mejores genotipos para las características de: °Brix, producción de jugo, días a floración y altura de planta, bajo las condiciones de cultivo en las que se llevó a cabo el experimento, fueron: RB-Pirulí, Dulcina, Keller, 3-2-1 y RB-Tehua

REFERENCIAS

- Ekefre, D. E., Mahpatra, A. K., Latimore, M. J., Belmer, D. D., Jena, U., Withehead, D. J., and Williams, A. L. 2017. Evaluation of three cultivars of sweet sorghm as feedstocks for ethanol production in the Southeast United States. *Heliyon* 3(12).
- Elangovan, M., Kiran-Babu, P., Seetharama, N. y Patil, J. V. 2014. Sweet sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Sugar Tech.* 16:200-210
- Kanbarm, A., Shaker, E., Alhajturky, D., Riemann, M., Bunzel, M., Morgano, T., Staff, D. and Nick, P. 2021. Sweet versus grain sorghum: Differential sugar transport and accumulation are linked with vascular bundle architecture. *Industrial Crops and products* 167:
- López-Sandín, I., Zavala-García, F., Levin, L., Ruiz, H. A., Hernández-Luna, C..E y Gutiérrez-Soto, G. 2021. Evaluation of Bioethanol Production from Sweet Sorghum Variety Roger under

- Different Tillage and Fertilizer Treatments. Bioenergy Research <https://www.semanticscholar.org> (consultado el 4 de agosto del 2022).
- Montes, G. N., Vargas, V. E., Salinas, G. J. R., Espinoza, R. M. y Pérez, R. L. 2013 Tecnología de producción de sorgo dulce para la elaboración de bioetanol para Tamaulipas. <http://www.inifapcirne.gob.mx> > Fecha de consulta 13 de septiembre del 2021
- Rakhmetova, S. O., Vergun, O. M., Blume, R. Y., Bondarchuck, O. M., Shymamanska, O. V., Tsyganskov, S. P., Yemets, A. I., Blume, Y. V. and Rakhmetov, D. B.. 2020. Ethanol Production Potential of Sweet Sorghum in North and Central Ukraine. The Open Agriculture Journal. <https://openagriculturejournal.com> > ... (consultado el 26 de febrero del 2021).
- Ruiz, H. A., Martínez, A., and Vermerris, W. 2016. Bioenergy Potential, Energy Crops, and Biofuel Production in Mexico. Bioenergy Research.9:981-984.
- SAS Institute. 2006. Release 9.3 ed. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- SENER, Secretaría de energía. Balance Nacional de Energía, 2014. México, http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44353/Balance_Nacional_de_Energ_a_2014.pdf (consultado el 26 de febrero del 2022)
- Sylvester, E. A., Zhang, L., Zhang, Y., and Jing, H. 2015. Sweet sorghum ideotypes: improvement of the biofuel syndrome. Food Energy Security. Food an Energy Security 4:3-24.
- 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.

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y VALOR NUTRITIVO DE ENSILAJE DE CARTAMO A DIFERENTES ETAPAS FENOLÓGICAS

EVALUATION OF FORAGE PRODUCTION AND NUTRITIONAL VALUE OF SAFFLOWER SILAGE AT DIFFERENT PHENOLOGICAL STAGES

Sánchez-Duarte, Juan Isidro^{1*}; Reta-Sánchez, David Guadalupe²; Santana, Omar Iván³; Reyes-González, Arturo¹; Ochoa-Martínez, Esmeralda².

¹Inifap-Campo Experimental La Laguna. Blvd. José Santos Valdéz No. 1200 pte. C.P. 27440. Matamoros, Coahuila, México.

²INIFAP-Campo Experimental Pabellon. Km. 32.5 Carretera Aguascalientes-Zacatecas. C.P. 20660. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México.

³INIFAP-Campo Experimental Delicias. Km. 2 Carretera Delicias-Rosales. C.P. 33000. Delicias, Chihuahua, México.

*Correspondencia: sanchez.juan@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la producción de forraje y el valor nutritivo del ensilaje de variedades de cártamo cosechados a diferentes fenológicas. Se evaluó el efecto de cuatro variedades de cártamo (FORRCART 2020, Gila, Guayalejo y Selkino) cosechado en cuatro etapas fenológicas (E50, E55, E59 y E61) sobre la producción de forraje y el valor nutritivo del ensilaje. Se utilizó un diseño experimental con cuatro repeticiones bajo un arreglo factorial 4 x 4. Se evaluó la producción de forraje en base a materia seca (MS) y los contenidos de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y ácido (FDA), carbohidratos no fibrosos (CNF) y energía neta para lactancia (EN_L). La variedad de cártamo Selkino fue el que presentó la producción de MS más baja. A medida que el estado de madurez del cártamo avanza de E50 a E61, la producción de MS seca aumenta crecientemente. La interacción variedad x etapa de cosecha afectó la PC, FDN, FDA y EN_L. El ensilaje de la variedad Selkino fue el que presentó el mayor contenido de PC cosechado en E50. Esta fue similar a los ensilajes de las otras variedades cosechados en la misma etapa de madurez. Claramente el contenido de PC se reduce en los ensilajes de todas las variedades de cártamo a medida que la madurez avanza de E50 a E61. Las concentraciones de FDN y FDA son mayores en los ensilajes de todas las variedades cuando se cosechó en E61 y estas son menores en etapas de cosecha más jóvenes. El ensilaje de la variedad Selkino presentó los mayores valores de EN_L cuando se cosechó en E50. Los ensilajes de las otras tres variedades cosechados en esta misma etapa mostraron una EN_L similar a Selkino. Sin embargo, la energía fue más consistente en las primeras etapas de cosecha en los ensilajes de las variedades Gila y Guayalejo. En general, la producción de MS en cártamo es afectada mayormente por la etapa de cosecha y, al retrasar la etapa de cosecha de E50 a E61 en las variedades de cártamo se reduce la PC y se aumenta la FDN y FDA en los ensilajes.

Palabras clave: *Carthamus tinctorious* L., variedades, etapa de cosecha.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate forage production and nutritional value of silage from safflower varieties harvested at different phenological stages. The effect of four safflower varieties (FORRCART 2020, Gila, Guayalejo, and Selkino) harvested in four phenological stages (E50, E55, E59, and E61) on forage production and silage nutritional value was evaluated. An experimental design with four replications under a 4 × 4 factorial arrangement was used. Forage production was evaluated on dry matter (DM) basis and the contents of crude protein (CP), neutral (NDF) and acid (NDA) detergent fiber, non-fiber carbohydrates (NFC) and net energy for lactation (NE_L). The Selkino safflower variety was the one with the lowest DM production. As the maturity stage of the safflower advances from E50 to E61, the DM augments increasingly. The variety × harvest stage interaction affected CP, NDF, ADF, and NE_L. The silage of the Selkino variety was the one that presented the highest CP content harvested in E50. This was similar to the silages of the other varieties harvested at the same stage of maturity. Clearly the CP content is reduced in the silages of all safflower varieties as maturity progresses from E50 to E61. The concentrations of NDF and ADF are higher in the silages of all varieties when harvested in E61 and these are lower in younger harvest stages. The silage of the Selkino variety presented the highest values of NE_L when it was harvested in E50. The silages of the other three varieties harvested in this same stage showed an NE_L similar to Selkino. However, energy was more consistent in the early stages of harvest in the Gila and Guayalejo silages. Overall, DM production in safflower is mostly affected by the harvest stage and, by delaying the harvest stage from E50 to E61 in safflower varieties, CP is reduced and NDF and ADF are increased in silage.

Key words: *Carthamus tinctorious* L., varieties, harvest stage.

INTRODUCCION

El cártamo (*Carthamus tinctorious* L.) es una oleaginosa anual originaria de la India que se usa principalmente para la fabricación de aceite comestible. El cártamo puede utilizarse como ensilaje para ganado lechero porque su valor nutritivo es aceptable (Landau *et al.*, 2004). Además, el cártamo se adapta bien a suelos poco fértiles, extrae agua y nutrimentos a una profundidad superior que otros cultivos, tiene menos problemas de plagas y enfermedades y tolera altas temperaturas (Landau *et al.*, 2005).

El ensilaje de cártamo se ha evaluado principalmente en zonas áridas de Italia e Israel (Landau *et al.*, 2005). En México, el cártamo se ha probado en siembras tardías de otoño-invierno en la Comarca Lagunera (Ochoa-Espinoza *et al.*, 2022); una de las principales cuencas lecheras con clima árido-semiárido. En esta región, se encontró que el cártamo para forraje se adaptó a las condiciones de suelo y clima, así como al sistema de producción de

forraje tradicional (Reta *et al.*, 2017). Aunque el cártamo ha demostrado ser cultivo apto para regiones con clima árido y presentar buen valor nutritivo, poco se ha estudiado sobre este cultivo cosechado a diferentes etapas fenológicas y la composición nutritiva del ensilaje. El objetivo de este estudio fue evaluar la producción de forraje y el valor nutritivo del ensilaje de variedades de cártamo cosechados a diferentes etapas fenológicas.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en otoño-invierno 2018/2019, en el Campo Experimental La Laguna, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en Matamoros, Coahuila, México en un suelo de textura franco arcillosa. Se comparó el comportamiento de cuatro cultivares de cártamo cosechados en cuatro etapas fenológicas bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones con arreglo factorial 4 x 4. El factor A fueron los cultivares, y el factor B la etapa fenológica. Los cultivares fueron: FORRCART 2020, Selkino, Gila y Guayalejo, los dos primeros sin espinas y los otros con espinas. Las etapas fenológicas al cosechar fueron: inicio de formación de capítulo (E50), capítulo claramente separado de las hojas más jóvenes (E55), brácteas externas medias e intermedias distinguibles (E59) e inicio de floración (E61) (Flemmer *et al.*, 2015).

La preparación del terreno consistió en un paso de arado, seguido de doble rastreo y nivelación con escrepa. La dosis de fertilización para N y P, se calculó considerando la capacidad de extracción del cultivo: 250 y 80 kg de N, P₂O₅ ha⁻¹ respectivamente, la fuente de nitrógeno fue urea (46% de N) y la de fósforo, fosfato monoamónico (52% de P₂O₅), para este último la dosis completa se aplicó a la siembra, la del N se distribuyó 20, 40, 40 % a la siembra, primero y segundo riegos de auxilio respectivamente.

La siembra se realizó en seco de forma manual el 13 de diciembre de 2018. La densidad de siembra fue de 50 kg ha⁻¹ de semilla con 85% de germinación. La parcela experimental se estableció en 12 hileras con una separación entre líneas de 18 cm y 10 m de largo (21,6 m²). La parcela útil fue de 5 m de longitud de los 10 surcos centrales (9 m²). Cuando la planta alcanzó una altura de 15 cm se realizó un aclareo en toda la parcela experimental con la finalidad de dejar una densidad de 1,6 millones de plantas por hectárea. El cultivo recibió un total de cuatro riegos durante todo el ciclo: a la siembra y a los 37, 61 y 83 días después de la siembra. Las etapas fenológicas del cultivo al aplicar los riegos luego de la siembra fueron: roseta, elongación del tallo e inicio de formación de capítulo.

En la cosecha se determinó el contenido de MS en una muestra de forraje de 0,4 m² tomada al azar en la parcela útil. Para ello, se muestrearon 0,74 m de tres de los surcos centrales de cada parcela. Las plantas muestreadas fueron pesadas en fresco y luego secadas a 60 °C en una estufa de aire forzado hasta alcanzar peso constante. Con la MS del forraje y el peso en fresco se estimaron los rendimientos de forraje en base a MS en cada parcela.

A la cosecha de cada etapa se cortó el forraje manualmente con segadora y se dejó deshidratar en el campo. Para elaborar los ensilajes, fue necesario determinar de manera regular mediante el uso de un horno de microondas, el contenido de MS del forraje deshidratado en el campo hasta que alcanzó el porcentaje de MS entre 35 y 40%. Una vez que el forraje alcanzó la MS deseada, fue retirado del terreno para llevarlo al área donde se elaboraron los ensilados. El forraje deshidratado de cada tratamiento se procesó a un tamaño de partícula teórico de 3.5 a 12 mm utilizando un molino (Modelo JF5; Terramark, JF Máquinas Agrícolas). Los forrajes se colocaron dentro de mini-silos construidos con tubos de PVC (10.5 cm de diámetro x 18 cm de largo) sellados en la parte superior e inferior con una tapa de inserción del mismo material. En la parte central de la tapa inferior de cada mini-silo se realizó un orificio con una broca de 2.78 mm para permitir escurrimiento al momento de realizar la compactación del forraje. Primero, El forraje de cada tratamiento fue empacado utilizando una densidad de 240 kg m^{-3} de MS. La compactación del forraje picado en cada mini-silo se realizó empleando una prensa manual, la cual está compuesta de un brazo metálico fijado en la parte superior que entra en el mini-silo y un gato hidráulico de 4 toneladas que genera la presión levantando el mini-silo. Finalmente, los mini-silos se taparon, se sellaron con cinta adhesiva y se transportaron al laboratorio para dejarlos fermentar durante un periodo de 60 días. El diseño experimental empleado para los ensilados fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

Después de abrir los mini-silos, se desecharon los primeros cinco centímetros de forraje de la parte superior. Del remanente de material de cada mini-silo se tomaron aproximadamente 500 g de muestra y se secaron a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta peso constante para posteriores análisis bromatológicos. Las muestras secas fueron molidas para pasar una criba de 1 mm en un molino Wiley (Arthur T. Thomas, Swedesboro, NJ.). En cada muestra molida se determinó el contenido de N total con el método de Dumas mediante combustión en seco (Leco FP-528, St. Joseph, MO) y el porcentaje de proteína cruda (PC) se calculó como $\text{N total} \times 6.25$. La fibra detergente neutro (FDN) y la fibra detergente ácida (FDA) se analizaron de manera secuencial iniciando con la determinación de FDN en 0.5 g de muestra que se introdujo en bolsas filtro con porosidad de 25μ (F57, Ankom Tech., Macedonia, NY) y utilizando α -amilasa termo-estable y sulfito de sodio en el analizador de fibras (A200, Ankom Tech., Macedonia, NY); después de que las bolsas se secaron y se registró el peso, se prosiguió con la determinación de FDA con CTAB y H_2SO_4 en el mismo analizador de fibras. La estimación de energía neta para lactancia (EN_L) se calculó en el modelo NRC (2001) con la ecuación 2-11 utilizando los resultados de los análisis bromatológicos obtenidos en cada muestra. El contenido de carbohidratos no fibrosos (CNF) se obtuvo por diferencia como: $\text{CNF} (\%) = 100 - (\% \text{ PC} + \% \text{ FDN} + \% \text{ Cenizas} + \% \text{ EE})$, en donde el EE (extracto etéreo) se asumió fue de 2.8% para todas las muestras (NRC, 2001).

El análisis de la información se efectuó con el PROC MIXED de SAS versión 9.4 (SAS Institute Inc., 2013). Se realizó un análisis combinado de los datos utilizando un diseño experimental en bloques completos al azar, con un arreglo factorial de tratamientos 4 x 4. El análisis consideró el block y el año como efectos aleatorios, mientras que los tratamientos se consideraron como efectos fijos. Para comparar las medias se utilizó la prueba de Tukey-Kramer a un nivel de $P \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSION

Producción de forraje

La producción de forraje en base a MS fue afectada por la variedad (Figura 1). La variedad de cártamo sin espinas FORRCART 2020 presentó una producción de MS similar a la que se obtuvo con las variedades de cártamo con espinas Gila y Guayalejo. Sin embargo, la variedad sin espinas Selkino fue la que obtuvo la producción de MS más baja entre las variedades evaluadas. La variedad de cártamo FORRCART 2020 sin espinas produjo 2.16 y 1.41 t/ha de MS más que las variedades de cártamo Guayalejo y Promesa, respectivamente. Dicha característica fue tomada en cuenta para registrarse como una nueva variedad de cártamo forrajero en México (Ochoa-Espinoza, *et al.*, 2021). Ochoa-Espinoza *et al.* (2022) no encontraron diferencias estadísticas en el rendimiento de MS entre tres variedades de cártamo y variedades de avena, cebada y triticale. El uso de variedades de cártamo sin espinas en la alimentación de rumiantes reduce el riesgo negativo a la salud de animal, por lo que se ha utilizado satisfactoriamente en ovejas (Landau *et al.*, 2005) y vacas lecheras (Landau *et al.*, 2004).

La producción de MS en las variedades de cártamo también fue afectada por la etapa fenológica de cosecha (Figura 2). A medida que el estado de madurez del cártamo avanza de E50 a E61, la producción de MS seca aumenta crecientemente. Esta diferencia puede llegar a ser hasta de 7,800 kg/ha de MS cuando se cosecha en E61 respecto a la cosecha en E50.

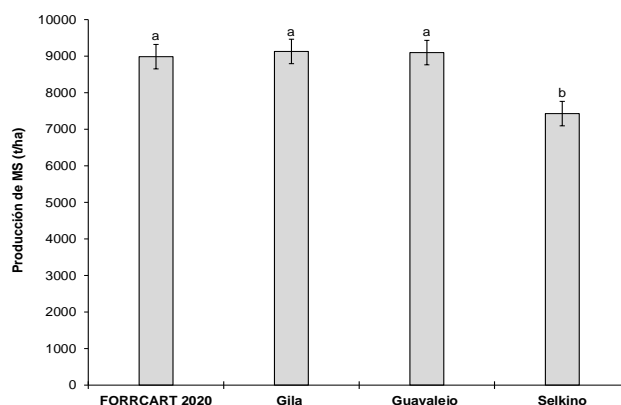


Figura 1. Producción de forraje en base a MS de diferentes variedades de cártamo ($P = .0009$; $EE = 334.38$).

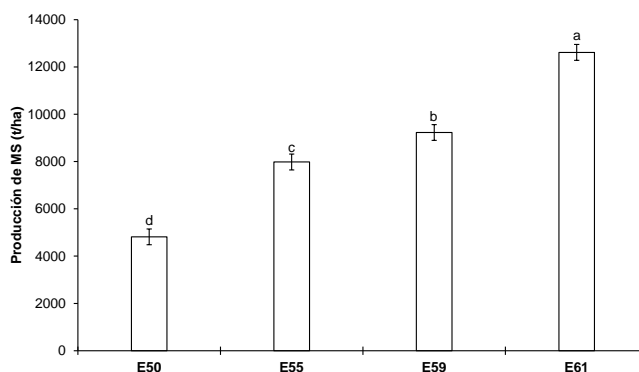


Figura 2. Producción de forraje en base a MS en cártamo a diferentes etapas de cosecha ($P < .0001$; $EE = 335.00$).

Valor nutritivo del ensilaje

El Cuadro 1 indica el valor nutritivo del ensilaje de variedades de cártamo cosechado a diferentes etapas fenológicas. Hubo interacción variedad \times etapa de cosecha para los contenidos de PC. El ensilaje de la variedad sin espinas Selkino fue el que presentó el mayor contenido de PC cosechado en E50. Esta fue similar a los ensilajes de las otras variedades cosechados en la misma etapa de madurez. Claramente el contenido de PC se reduce en los ensilajes de todas las variedades de cártamo a medida que la madurez avanza de E50 a E61. Landau *et al.* (2004) reportó concentraciones de PC en el ensilaje de cártamo forrajero cosechado antes de floración de 15.6%. Esta concentración es ligeramente inferior al PC encontrado (15.91-16.61%) en los ensilajes de las variedades Gila, Guayalejo y Selkino cosechados en el mismo estado de madurez (E59). Sin embargo, la PC del ensilaje de la variedad de cártamo FORRCART 2020 cosechado en E59 en el presente estudio fue inferior (11.57%) que la reportada por Landau *et al.* (2004).

La interacción variedad \times etapa de cosecha también afectó significativamente los contenidos de FDN, FDA y EN_L de los ensilajes (Cuadro 1). En contraste al contenido de PC, las concentraciones de FDN y FDA son mayores en los ensilajes de todas las variedades cuando se cosechó en E61 y estas son menores en etapas de cosecha más jóvenes. Un aumento en las concentraciones de 44.8 a 49.3% de FDN y de 31.9 a 37.3% de FDA fue observado en ensilaje de cártamo cosechado a inicios de los primeros brotes a un 25% de floración (Cazzato *et al.*, 2011). Respecto a la energía de los ensilajes, se observó que el ensilaje de la variedad Selkino presentó los mayores valores de EN_L cuando se cosechó en E50. Los ensilajes de las otras tres variedades cosechados en esta misma etapa mostraron una EN_L similar a Selkino. Sin embargo, la energía fue más consistente en las primeras etapas de cosecha en los ensilajes de las variedades Gila y Guayalejo. Valores de EN_L de 1.25 Mcal/kg de MS han sido reportados en forraje de cártamo cosechado en etapa de floración (Reta *et al.*, 2017).

Los CNF de los ensilajes fueron afectados por la especie y por la etapa de cosecha (Cuadro 1). Los ensilajes de las variedades Gila (20.61%) y Selkino (20.48%) mostraron mayores

contenidos de CNF que aquellos de las variedades FORRCART 2020 (18.04%) y Guayalejo (19.97%). El ensilaje de cártamo cosechado en E55 (20.77%) y E59 (21.79%) presentó mayor CNF que cuando se cosechó en E50 (14.83%) y E61 (18.70%).

Cuadro 1. Valor nutritivo del ensilaje de variedades de cártamo cosechado a diferentes etapas fenológicas.

Variedad	Etapas de madurez	PC (% MS)	FDN (% MS)	FDA (% MS)	CNF (% MS)	EN _L (Mcal/kg MS)
FORRCART 2020	E50	17.99 ^{abc}	42.43 ^{bcd}	27.81 ^{de}	15.66	1.47 ^{abcd}
	E55	17.12 ^{bcd}	39.36 ^d	28.53 ^{de}	22.37	1.62 ^{ab}
	E59	11.57 ^f	50.60 ^{ab}	34.84 ^{abc}	18.44	1.19 ^{ef}
	E61	10.90 ^f	54.87 ^a	39.49 ^a	15.69	0.88 ^g
Gila	E50	20.46 ^{ab}	38.30 ^d	25.48 ^e	15.92	1.53 ^{abc}
	E55	18.64 ^{abc}	42.52 ^{bcd}	27.64 ^{de}	19.79	1.59 ^{abc}
	E59	16.61 ^{cd}	40.32 ^{cd}	29.23 ^{cde}	25.06	1.61 ^{ab}
	E61	12.70 ^{ef}	48.63 ^{abc}	35.05 ^{ab}	21.68	1.25 ^{de}
Guayalejo	E50	19.17 ^{abc}	43.77 ^{bcd}	27.51 ^{de}	9.78	1.36 ^{cde}
	E55	16.42 ^{cd}	43.84 ^{bcd}	30.66 ^{bcde}	20.36	1.57 ^{abc}
	E59	15.92 ^{cde}	42.92 ^{bcd}	29.92 ^{bcde}	21.29	1.48 ^{abcd}
	E61	11.15 ^f	53.56 ^a	38.70 ^a	16.40	1.01 ^{fg}
Selkino	E50	20.83 ^a	37.25 ^d	25.24 ^e	17.97	1.70 ^a
	E55	16.18 ^{cde}	43.77 ^{bcd}	30.94 ^{bcde}	20.57	1.44 ^{bcd}
	E59	16.60 ^{cd}	42.43 ^{bcd}	30.62 ^{bcde}	22.36	1.48 ^{abcd}
	E61	14.34 ^{def}	45.87 ^{abcd}	32.72 ^{bcd}	21.01	1.44 ^{bcd}
EE		0.68	1.81	1.13	1.88	0.05
Efectos (P>F)						
Variedad (V)		<.0001	.0007	.0003	.02	<.0001
Etapas cosecha (EC)		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
V × EC		.002	.005	.008	.13	<.0001

MS = materia seca, PC = proteína cruda, FDN = fibra detergente neutro, FDA = fibra detergente ácido, CNF = carbohidratos no fibrosos, EN_L = energía neta para lactancia.

^{abcde}Promedios dentro de cada columna difieren estadísticamente al nivel de probabilidad indicado.

EE = error estándar.

Etapas de madurez en cártamo: inicio de formación de capítulo (E50), capítulo claramente separado de las hojas más jóvenes (E55), brácteas externas medias e intermedias distinguibles (E59) e inicio de floración (E61).

CONCLUSIONES

La producción de MS en cártamo es más variable por la etapa de cosecha que por las variedades. Similarmente, al retrasar la etapa de cosecha de E50 a E61 en las variedades de cártamo, se reduce la PC y se aumenta la FDN y FDA en los ensilajes. La EN_L es más consistente en el ensilaje independientemente de la etapa de cosecha.

REFERENCIAS

- Cazzato, E., Laudadio V., Corleto A., and Tufarelli V. 2011. Effects of harvest date, wilting and inoculation on yield and forage quality of ensiling safflower (*Carthamus tinctorius* L.) biomass. J. Sci. Food Agric. 91(12): 2298-302. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4452>
- Flemmer, A.C., Franchini M. C., and Lindström L. I. 2015. Description of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) phenological growth stages according to the extended BBCH scale. Annals Appl. Biol. 166: 331-339. <https://doi.org/10.1111/aab.12186>
- Landau, S. Molle G., Fois N., Friedman S., Barkai D. Decandia M. Cabiddu A. Dvash L., and Sitzia M. 2005. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as a novel pasture species for dairy

- sheep in the mediterranean conditions of Sardina and Israel. *Small Ruminant Res.* 59(2-3): 239-249. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.05.008>
- Landau, S., Friedman S., Brenner S., Bruckental I., Weinberg Z. G., Ashbell G., Hen Y., Dvash L., and Leshem Y. 2004. The value of safflower (*Carthamus tinctorius*) hay and silage grown under Mediterranean conditions as forage for dairy cattle. *Livest. Prod. Sci.* 88(3):263-271. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2003.11.011>
- NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Ochoa-Espinoza, X. M., Montoya-Coronado L., Reta-Sánchez D. G., Borbón-Gracia B., Aguilera-Molina N. A., Avila-Casillas, E., Cota-Barreras, C. I. y Cano-Ríos P. 2021. FORRCART 2020, nueva variedad de cártamo forrajero en México. *Rev. Fitotec. Mex.* 44(2):275-277. DOI: <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.2.275>
- Ochoa-Espinoza, X. M., Reta-Sánchez D. G., Cano-Ríos P., Sánchez-Duarte J. I., Ochoa-Martínez E., García-martínez J. E., Reyes-González A. y Quiroga-Garza H. M. 2022. Rendimiento y valor nutritivo de cereales y cártamo forrajero en la Comarca Lagunera. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud.* Volumen XXIV, No. 2. 142-148. DOI: <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i2.1620>
- Reta, S. D. G., Serrato C. J. S., Quiroga G. H. M., Gaytan M. A. y Figueroa V. U. 2017. Secuencia de cultivo alternativas para incrementar el potencial forrajero y productividad del agua. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 8(4):397-406. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i4.4645>
- SAS Institute Inc. 2013. The SAS System for Windows, Release 9.4. Statistical Analysis Systems Inst., Cary, NC.

EVALUACIÓN DE PRONÓSTICOS QUINCENALES DE LLUVIA DURANTE EL TEMPORAL PARA LAS ÁREAS AGRÍCOLAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA

Miguel Ángel González-González¹, Arturo Corrales-Suastegui¹, Luis Antonio González-Jasso¹, Mario Primitivo Narváez-Mendoza¹

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
¹Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20660. Correo-e: gonzalez.miguelangel@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los fenómenos hidrometeorológicos en el largo plazo repercuten de manera directa a las actividades agropecuarias, por lo que es de suma importancia el conocimiento de la cantidad de lluvia con días de antelación, además de la necesidad de tener información puntual sobre áreas específicas de sectores estratégicos en México. El presente estudio muestra de forma detallada, sobre las áreas agrícolas de la República Mexicana, la evaluación temporal y espacial de los pronósticos quincenales de lluvia en el periodo de lluvia del 2020-2021. La información de los pronósticos comprenden un modelo numérico (GFS FV3), un modelo empírico (Análogos) y el modelo Híbrido (GFS FV3-Análogos). Las observaciones provinieron de los datos de CHIRPS 2.0, para la validación de los modelos se utilizaron los métricos de la eficiencia global de modelos de Hansen Kuipers Skill Score (KSS), el Heidke Skill Score (HSS) y los porcentajes de correctos espaciales (PC_e). Se detecta a nivel del territorio nacional una eficiencia global aceptable para todos los modelos: GFS FV3 (KSS = 0.31 y HSS = 0.31), Análogos (KSS = 0.32 y HSS = 0.31) y el GFS FV3-Análogos (KSS = 0.35 y HSS = 0.34). El PC_e muestra una mayor habilidad en el modelo GFS FV3-Análogos (0.59), seguida del de Análogos (0.49) y por último el GFS FV3 (0.44). El patrón de PC_e muestra una mayor habilidad de pronosticar la cantidad quincenal de lluvia ($PC_e > 0.50$) sobre el Noroeste de México para los tres modelos, y en el Pacífico Centro y Sureste de México con los modelos GFS FV3-Análogos y el de Análogos. Con base en esta evaluación, los usuarios en el sector agrícola obtienen un mayor conocimiento de la certeza de los pronósticos de lluvia extendidos a quince días en la planeación de sus actividades.

Palabras clave: pronóstico quincenal de lluvia, zonas agrícolas, evaluación, GFS FV3, Análogos, Híbrido.

ABSTRACT

Hydrometeorological phenomena in the long-term have a direct impact on agricultural activities, thus it is extremely important to know the amount of rain in advance, in addition to the need to have timely information on specific areas of strategic sectors in Mexico. The present study shows in detail, in the agricultural areas of the Mexican Republic, the temporal and spatial evaluation of the fortnight rain forecasts in the rainy seasons 2020-2021. The forecast information comprises a numerical model (GFS FV3), an empirical model (Analogues), and the Hybrid model (GFS FV3-Analogues). Observations were obtained from CHIRPS 2.0 data, for model validation was utilized the global model efficiency metrics of Hansen Kuipers Skill Score (KSS), Heidke Skill Score (HSS), and the spatial percent of corrects (PC_e). An acceptable global efficiency is detected at the national level for all models: GFS FV3 (KSS = 0.31 and HSS = 0.31), Analogues (KSS = 0.32 and HSS = 0.31) and the GFS FV3-Analogues (KSS = 0.35 and HSS = 0.34). The PC_e shows a higher skill in the GFS FV3-Analogues model (0.59), followed by the Analogues (0.49) and finally the GFS FV3 (0.44).

The PC_e pattern shows a greater skill to forecast the fortnight amount of rainfall (PC_e > 0.50) over Northwest Mexico for the three models, and in the Central Pacific and Southeast Mexico with the GFS VF3-Analogues and the Analogues models. Based on this evaluation, users in the agricultural sector gain a greater knowledge of the accuracy of the rain forecasts extended to fifteen days in the planning of their activities.

Keywords: fortnight rain forecast, agricultural areas, evaluation, GFS FV3, Analogues, Hybrid

INTRODUCCIÓN

La incidencia fenómenos naturales relacionados a eventos hidrometeorológicos como las sequías y lluvias torrenciales son cada vez mayores debido al cambio climático, el cual influye significativamente en el rendimiento agrícola (Ortiz-Paniagua y Ortega-Gómez, 2015). Las pérdidas en la producción agrícola por este tipo de eventos son en promedio del 8%, pero ante huracanes de categoría mayor, las pérdidas pueden llegar hasta el 48% (SAGARPA-FAO, 2012). Asimismo, la caída del 50 % en la precipitación en algunos territorios Mexicanos ocasionado por el fenómeno de El Niño ha causado pérdidas de más de dos millones de toneladas de maíz, más otros granos básicos, el cual suman alrededor de USD 1,400 millones en daños (Jiménez *et al.*, 2016).

El conocimiento anticipado de las condiciones meteorológicas extendidas a 15 días a nivel global las realizan instituciones de investigación a nivel internacional, como el Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Largo Plazo (ECWF, por sus siglas en ingles, <https://www.ecmwf.int>) y la Administración Nacional del Océano y la Atmosférica (NOAA, por sus siglas en ingles, <https://www.noaa.gov>), solo por mencionar una de las principales a nivel mundial. Del mismo modo, instituciones gubernamentales tienen sus propios sistemas operativos de pronósticos basados en dichos modelos globales (numéricos) y/o con base en modelos empíricos como el PronEst (Corrales-Suastegui *et al.*, 2014, Adams *et al.*, 2003). El GFS FV3, es uno de las pronósticos numéricos extendidos utilizados a nivel global (Lukas and Payton, 2020). En el contexto nacional en México, existe el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), donde se emiten de manera oficial pronósticos extendidos a 15 días a nivel nacional con el modelo numérico acoplado CFS V2 (<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/pronostico-climatico/precipitacion-form>), y el sistema de AgroPron-Componente quincenal, el cual genera pronósticos quincenales de lluvia en áreas agrícolas por medio de años similares o análogos. A pesar de que se cuentan con dichas herramientas de pronósticos, no existe explícitamente una evaluación de los mismos para conocer su grado de confiabilidad.

Es por ello, que este trabajo se evalúa la certeza del modelo numérico GFS FV3 y el modelo empírico de Análogos, además de poner a prueba una propuesta con un modelo Híbrido (ensamble del modelo numérico y empírico) durante las quincenas del temporal de lluvia 2020-2021; asimismo, se evalúa sus certezas para las diferentes regiones agrícolas en México, el cual servirá a los usuarios como una guía para un pronóstico quincenal confiable, encausando la prevención ante los eventos cambiantes del clima en el mediano plazo.

MATERIALES Y METODOS

El dominio espacial de los pronósticos quincenales comprende la República Mexicana y las áreas agrícolas de temporal y riego. Los pronósticos a evaluar: GFS FV3 (modelo numérico), Análogo (modelo empírico) y GFS FV3-Análogos (modelo Híbrido) fueron obtenidos del

sistema AgroPron del INIFAP (González-González *et al.*, 2021) durante las dos quincenas de agosto y septiembre de 2021, así como las dos quincenas de julio 2021 y la primer quincena de agosto y septiembre 2022. Por motivos de fallas operacionales de los pronósticos no se pudieron obtener todas las 12 quincenas para el temporal julio-septiembre 2021-2022.

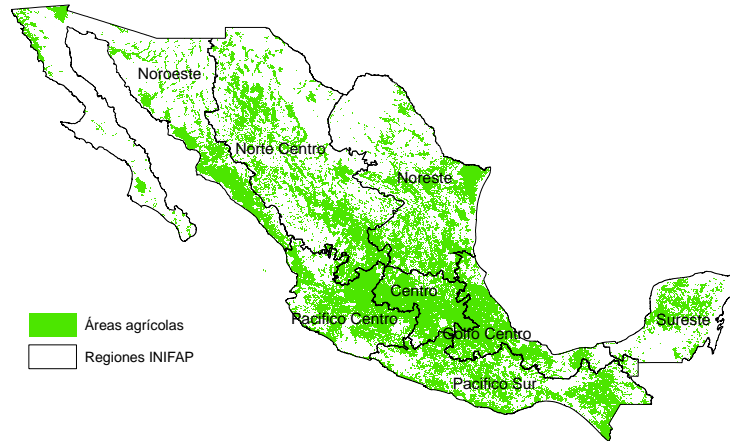


Figura 1. Áreas agrícolas y regiones INIFAP para validar los pronósticos quincenales de lluvia.

El procedimiento de esta evaluación se realizó por medio de un Sistema de Información Geográfica (QGIS, 2022) donde en el Shape (shp) o capa de la República Mexicana se sobrepuso la capa de áreas agrícolas a nivel nacional. Para ello, se utilizó el shp de uso de suelo y vegetación generada por el INEGI (V3) a una escala de 1:25,000, y se delimitó en la tabla de atributos solo las áreas agrícolas (temporal y riego). Dicha capa se volvió a sobrepone para extraer los valores remallados en cada una de las capas de pronóstico de los tres modelos y las observaciones.

Debido a la diferente resolución de las observaciones (CHIRPS 2.0, ~5.5 km) y los pronósticos quincenales a evaluar (GFS FV3, ~25 km, Análogos, ~6.5 km y el Híbrido ~6.5 km), cada uno de estos rasters se remallo a la escala de menor resolución (GFS FV3 a ~25 km), para categorizar los valores y calcular adecuadamente los métricos de evaluación propuestos. Los valores categorizados se realizaron de la siguiente manera: de 0 a 25 mm (categoría 1), de 25 a 75 mm (categoría 2), de 75 a 150 mm (categoría 3), de 150 a 300 mm (categoría 4), de 300 a 450 mm (categoría 5) y más de 450 mm (categoría 6).

Los dos primeros métricos comprendían la eficiencia global (evitar aciertos aleatorios) de los modelos de pronóstico por medio de las formulas 1 y 2, KSS (Hansen Kuipers Skill Score) y el HSS (Heidke Skill Score), respectivamente.

$$(1) KSS = \{ \sum p(f_i, o_i) - \sum p(f_i) p(o_i) \} / \{ 1 - \sum p(f_i)^2 \}$$

$$(2) HSS = \{ \sum p(f_i, o_i) - \sum p(f_i) p(o_i) \} / \{ 1 - \sum p(f_i) p(o_i) \}$$

Donde, f_i y o_i son los valores categorizados de las observaciones y pronosticados en la tabla de contingencia. Valores menores 0 indican un pronóstico sin habilidad.

El otro métrico de evaluación del porcentaje de certeza (PC_e) fue calculado de manera espacial en cada punto de pronóstico para observar las regiones donde el pronóstico es más certero (Formula 3). Un pronóstico cercano a 0.5 se considera aceptable.

$$(3) PC_e = Hits/N$$

Donde, PC_e es igual al porcentaje de certeza espacial, Hits es el número de aciertos en cada uno de los puntos (remallado) de pronóstico durante las ocho quincenas y N, el número de total de observaciones en cada punto.

Para identificar el PC_e en áreas agrícolas y regiones, se utilizaron las ocho divisiones políticas de regiones INIFAP. Con base en ello, se calculó la estadística zonal para identificar la certeza promedio en cada una de las zonas del territorio nacional y a nivel nacional. 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.

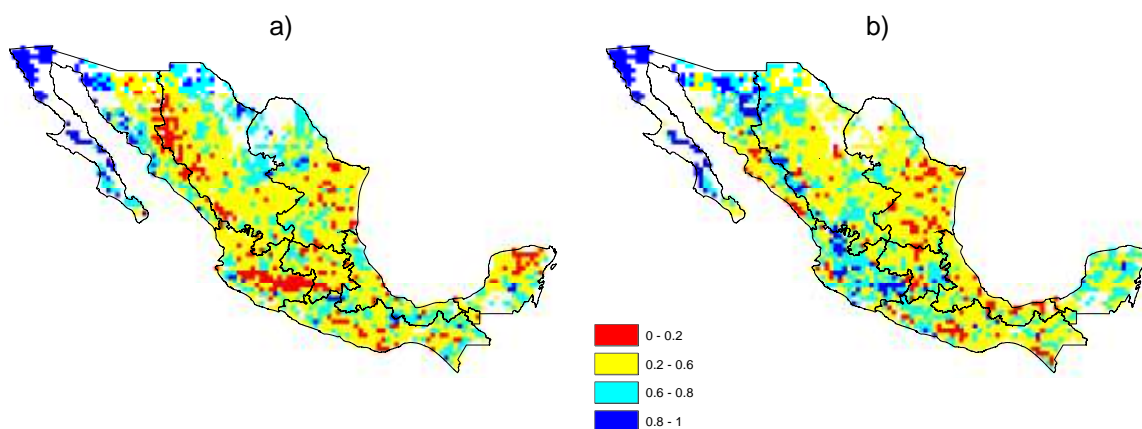
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la evaluación de la eficiencia global de los modelos se puede observar que todos tienen habilidad, ya que los valores de los métricos de KSS y HSS son mayores a 0 (0.32 y 0.31 para el GFS FV3, 0.31 y 0.31 para el de Análogos, y 0.34 y 0.35 para el Híbrido) (Tabla 1). Los modelos GFS y el de Análogos fueron similares en cuanto a la habilidad global y ligeramente mayor en el modelo Híbrido.

Tabla 1. Eficiencia global de los modelos de pronóstico quincenal de lluvia GFS FV3, Análogos y el Híbrido para las regiones agrícolas en México.

Modelo	KSS	HSS	Habilidad (>0)
GFS	0.32	0.31	Si
Analógico	0.31	0.31	Si
Híbrido	0.35	0.34	Si

El PC_e muestra que generalmente el GFS FV3 tiene un menor número de aciertos en la región Pacífico Centro y Centro (<0.4) y mayores aciertos en la región Noroeste del país (>0.5), mientras que en el modelo de Análogos se observa una menor habilidad en las regiones Noreste y el Golfo Centro y una mayor habilidad en las regiones Noroeste, Norte Centro, Sureste y Pacífico Centro; por último, en el modelo Híbrido se detecta las regiones de menor habilidad en el Noreste, principalmente, y de mayor habilidad en el Centro, Noroeste, Pacífico Sur y en el Sureste, respectivamente (Figura 2 a, b y c).



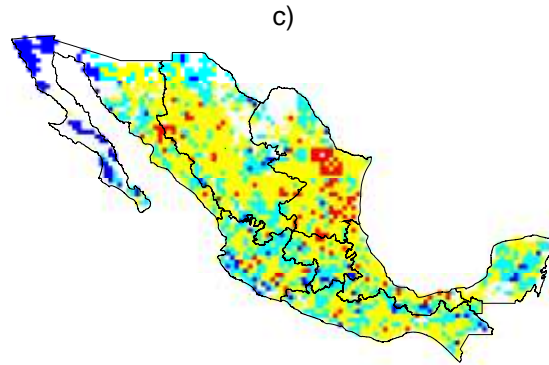


Figura 2. Porcentaje de correctos espaciales (PC_e) de los modelos a) GFS FV3, b) Análogos e c) Híbrido.

El conjunto de resultados de los modelos propuestos son similares a los resultados obtenidos con los mejores modelos para pronosticar en el termino-extendido (long-term) a 10 días (Zhang *et al.*, 2019) y a los resultados por modelos análogos (Corrales-Suastegui *et al.*, 2014) a escala mensual. Sin embargo, los primeros trabajan a bajas resoluciones (por la enorme capacidad de computo para su cálculo), por lo que su aplicabilidad es limitada, a diferencia de los análogos que pueden trabajar en altas resoluciones. Es por ello, que su combinación es una propuesta viable para obtener las mejores capacidades de ambos (Fuentes-Franco *et al.*, 2018).

Tabla 2. Promedio de PC_e sobre las áreas agrícolas de las diferentes regiones INIFAP y para la República Mexicana, en las quincenas del temporal de lluvia 2021-2022.

Region	GFS	Analogo	AnalogoGFS
Centro	0.38	0.46	0.51
Noreste	0.44	0.38	0.40
Noroeste	0.61	0.64	0.61
Norte Centro	0.44	0.50	0.47
Pacifico Sur	0.45	0.42	0.51
Sureste	0.40	0.54	0.56
Pacifico Centro	0.34	0.59	0.53
Golfo Centro	0.47	0.39	0.46
Republica Mexicana	0.44	0.49	0.51

CONCLUSIONES

La evaluación temporal y espacial de los diferentes modelos de pronóstico muestra expresamente su certeza sobre las áreas agrícolas de México, todos bajo la misma condición de remallado de la información. Sin embargo, el remallado abarca un área más amplia que la verdadera área agrícola (casi cubriendo la totalidad del país), y esto es por la menor resolución del modelo GFS FV3, por lo que las evaluaciones son también un buen aproximado del comportamiento de los modelos a nivel nacional. La habilidad del modelo Híbrido es ligeramente mayor a los otros dos modelos propuestos. En trabajos futuros será necesario evaluar un número mayor de años, o realizar hidcasts (pronósticos retrospectivos) para tener una certeza más amplia de la habilidad de estos modelos. En especial, al contar con un número mayor de eventos extremos, en el que muy probablemente aumente la habilidad del

GFS FV3, a diferencia del modelo de años análogos que trabaja con promedios. Finalmente, tales evaluaciones servirán a potenciales usuarios en el sector agrícola al conocer la certeza de los diferentes modelos de pronósticos quincenales disponibles en México para la planeación de sus actividades productivas.

REFERENCIAS

- Adams, R. M., Houston, L. L., McCarl, B. A., Tiscareno, L. M., Matus, G. J., and Weiher, R. F. 2003. The benefits to Mexican agriculture of an El Niño-Southern Oscillation (ENSO) early warning system. *Agricultural and Forest Meteorology* 115: 183–194.
- Corrales-Suastegui, A.; González-Jasso, L.A.; Narváez-Mendoza, M.P.; González González, M.A.; RuízÁlvarez, O.; y Maciel-Pérez, L. H. 2014. PronEst: aplicación informática para generar pronósticos estacionales de lluvias y heladas de uno a tres meses. Folleto Técnico Núm. 62, INIFAP-CIRNOC-CEPAB 21 p.
- Fuentes-Franco, R., Giorgi, F., Pavia, E. G., Graef, F. and Coppola, E. 2018. Seasonal precipitation forecast over Mexico based on a hybrid statistical-dynamical approach. *Int. J. Climatol.* 38,4051- 4065., DOI: 10.1002/joc.5550.
- González-González, M.A., Corrales-Suastegui, A., Narváez-Mendoza, M.P., González-Jasso, L.A., y Cruz-Vázquez, A. 2021. AgroPron-Componente quincenal de pronóstico térmico y humedad para la República Mexicana. Tecnología generada en 2021 y reportada en diciembre. Biblioteca Digital del Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP. <https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/Content>. 4p.
- Jiménez, M., Otero Justo, M. R., Salazar, E., Witkowski, K., y Chavarría Miranda, H. 2016. El fenómeno de El Niño en la agricultura de las Américas. *El Fenómeno de El Niño En La Agricultura de Las Américas. Boletín Técnico.*
- Lukas, J., and E. Payton, eds. 2020. Colorado River Basin Climate and Hydrology: State of the Science. <https://doi.org/10.25810/3HCV-W477>.
- Ortíz-Paniagua y Ortega-Gómez, 2015. Riesgo meteorológico de sequía y su impacto agrosocioeconómico de la Región Tierra Caliente, Michoacán, México. *International Conference on Regional Science*, 19 y 20 noviembre 2015. 1-25p.
- QGIS.org, 2022. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y Food Administration Organization (FAO). 2012. MÉXICO: El Sector Agropecuario ante el desafío del cambio climático. Volumen I. Descargado 12-08-2022.
- Zhang, F., Sun, Y. Q., Magnusson, L., Buizza, R., Lin, S.-J., Chen, J.-H., and Emanuel, K. 2019. What Is the predictability limit of midlatitude weather? *Journal of the Atmospheric Sciences*, 76(4), 1077– 1091. <https://doi.org/10.1175/JAS-D-18-0269.1>

¿EXISTE TENDENCIA EN LA BIOMASA VERDE EN LA AGRICULTURA DE AGUASCALIENTES, MÉXICO?

Miguel Ángel González-González¹

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)¹ Campo Experimental Pabellón, Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20660. Correo-e: gonzalez.miguelangel@inifap.gob.mx

RESUMEN

Es de suma importancia el conocer y medir la productividad agrícola, en especial en las zonas semiáridas del centro norte de México. El presente estudio muestra de forma detallada el comportamiento de la salud de la vegetación sobre las áreas agrícolas de cuatro municipios en el estado de Aguascalientes, México. La información presentada en este estudio sobre dichos municipios es la tendencia del *NDVI integrado* (la sumatoria de cada ocho días del Índice de Diferencia Normalizada de la Vegetación) durante los temporales de lluvias en las últimas dos décadas (2000-2021), mediante el test de tendencia de Mann-Kendall y la pendiente de Sen. Contrario a lo esperado por los efectos negativos del cambio climático, se detecta que hay una tendencia en el incremento de la masa verde, aunque no significativa ($\alpha > 0.14$). Asimismo, la pendiente de Sen indica una magnitud positiva muy ligera menor a 0.1 del *NDVI integrado* en todos los municipios analizados. La ligera tendencia positiva pudiera deberse a los factores del manejo agrícola y/o el ambiente (aumento en las precipitaciones en el periodo de estudio), por lo que es importante continuar monitoreando la tendencia de la salud de la vegetación en las décadas por venir, e identificar con anticipación una tendencia negativa y tomar las acciones necesarias; así como determinar el grado de influencia de los factores del manejo agrícola y el ambiente.

Palabras clave: *NDVI integrado*, tendencia, biomasa verde.

ABSTRACT

It is extremely important to know and measure agricultural productivity, especially in the semi-arid areas in north central Mexico. The present study shows in detail the behavior of the vegetation health on the agricultural areas of four municipalities in the state of Aguascalientes, Mexico. The information presented in this study on these municipalities is the trend of the integrated NDVI (the sum of every eight days of the Normalized Difference Vegetation Index) during the rainy seasons in the last two decades (2000-2021), through the Mann-Kendall trend test and Sen's slope. Contrary to the negative effects of climate change, it is detected that there is a trend in the increase of green mass, although not significant ($\alpha > 0.14$). Likewise, the Sen's slope indicates a very slight positive magnitude of less than 0.1 of the *integrated NDVI* in all the municipalities analyzed. The slight positive trend may be due to agricultural management and/or environment factors (increase in rainfall in the study period); hence it is important to continue monitoring the trend of vegetation health in the decades to come, and identify a negative trend in advance and thus take the necessary actions; as well as to determine the degree of influence of agricultural management and environment factors.

Key words: *integrated NDVI*, trend, green biomass.

INTRODUCCIÓN

Los datos de sensores remotos han servido de base para estimar el desarrollo de la vegetación (Nelson *et al.*, 2009; Tomppo *et al.*, 2008) y la cubierta dinámica de cultivos; además de convertirse en un recurso importante de información en muchas disciplinas

técnicas y científicas por el bajo coste y facilidad de manejo (González-González, 2018). Su utilización ayuda a reducir el trabajo de campo y transformar los datos satelitales en mapas temáticos para la toma de decisiones (Barret *et al.*, 2010); por ejemplo, el monitoreo de la sequía agroecológica y/o los inventarios de cultivos, por mencionar algunos importantes.

Esto último ha dado pie a la creación de numerosos índices de vegetación (IV), por ejemplo, el Índice de vegetación mejorado (EVI), Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) (Jensen, 2006; Verstraete and Pinty, 1996). Otros índices incluyen la relación del Índice de Vegetación Ratio (RVI), el Índice Verde (GI), y el Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI). Estos índices generalmente se basan en la separación espectral de la reflectividad entre la vegetación y el suelo (Tucker, 1979), en el que el primer efecto se retiene y se remueve el segundo (Paz-Pellat *et al.*, 2005).

En México, el conocer la tendencia a largo plazo de la capacidad productiva de las plantas, y por ende los cultivos, es de una gran relevancia en el ámbito agrícola, por lo que en este estudio se puntualizan las áreas agrícolas y se analiza la tendencia de la biomasa verde del NDVI en las últimas dos décadas en los municipios agrícolas del estado de Aguascalientes, los cuales han sido afectados por sequías y eventos climáticos adversos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con los Shapes (shp) de las áreas agrícolas del mapa nacional de Uso de Suelo y Vegetación (USyV) y el de los municipios del estado de Aguascalientes, México, se identificó la extensión de la frontera agrícola (temporal y riego) dentro de los municipios de San Francisco de los Romo, Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos y Cosío. Lo anterior en el ambiente GIS (Sistemas de Información Geográfica) en el software QGIS (2022).

El conjunto de datos raster de NDVI fueron obtenidos de MODIS a resolución temporal de 8 días y a resolución espacial de 250m del GIMMS Global Agricultural Monitoring (<https://gimms.gsfc.nasa.gov/MODIS/>), los cuales abarcaban los municipios bajo estudio del estado de Aguascalientes. El periodo comprendía dentro de las fechas típicas de los temporales de lluvia de 2000 al 2021 (02 junio al 08 octubre). En cada temporal, las imágenes a ocho días fueron integradas (sumatoria de las 16 imágenes del temporal de lluvia), es decir para cada período del temporal típico de la zona se calcularon 22 *NDVI integrados* (16X22= 352 imágenes procesadas en total). El shp de las áreas agrícolas dentro de los cuatro municipios fue sobrepuesto a las imágenes NDVI integradas para extraer la información de la zona específica de interés (Figura 1). 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.

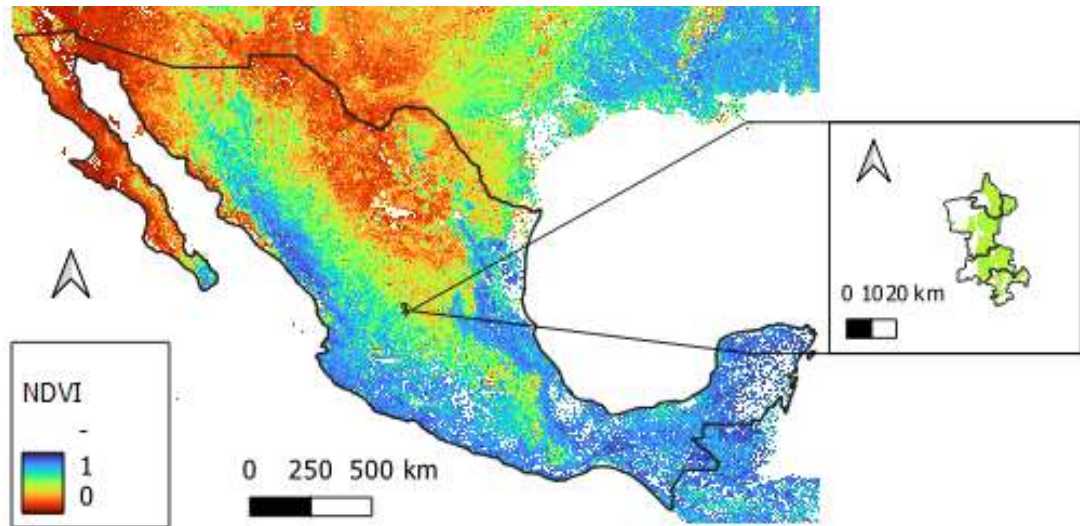


Figura 1. Valores de NDVI (8 octubre 2021) para México y sobre las áreas agrícolas de los cuatro municipios bajo estudio (recuadro a la derecha).

Con los valores de las imágenes de *NDVI integrados* y la delimitación de zonas agrícolas, se calculo la estadística zonal (promedio espacial) para cada temporal de lluvia y en cada municipio bajo estudio. Enseguida, se calculo el test de Mann-Kendall (Fórmula 1) (Mann, 1945; Kendall, 1975) con los 22 años de datos en cada municipio.

$$(1) \quad S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sign}(x_j - x_k) \quad \text{sign}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & \text{if } x_j - x_k > 0 \\ 0 & \text{if } x_j - x_k = 0 \\ -1 & \text{if } x_j - x_k < 0 \end{cases}$$

Donde, existe una tendencia positiva $x_j - x_k > 0$, no existe tendencia $x_j - x_k = 0$, y existe una tendencia negativa $x_j - x_k < 0$; asimismo se calculo la magnitud de la pendiente de Sen (2) (Sen, 1968) por medio del software R (2013), para observar la magnitud de cambio del *NDVI integrado* durante las dos décadas de análisis para cada municipio.

$$(2) \quad Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \text{ for } i = 1, \dots, N,$$

Donde, x_j y x_k son los valores en el tiempo j y k , respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La trayectoria temporal del *NDVI integrado* muestra los valores más altos (~9) en el 2004, 2018 y 2021, correspondientes a los años de máxima precipitación, contrariamente los años 2001, 2011 y 2019, donde se presentaron los valores más bajos (entre 5 y 7) en los años secos (CONAGUA-SMN, 2022). Los *NDVI integrados* en cada temporal de lluvia para cada municipio, revelaron que existe una tendencia en el incremento en la productividad agrícola en cada municipio (Figura 2). Sin embargo, las pendientes no son significativas en ninguno de los municipios: San Francisco de Los Romo (alpha = 0.14), Pabellón (alpha = 0.54), Rincón de Romos (alpha = 0.74) y Cosío (alpha = 0.50) (Tabla 1).

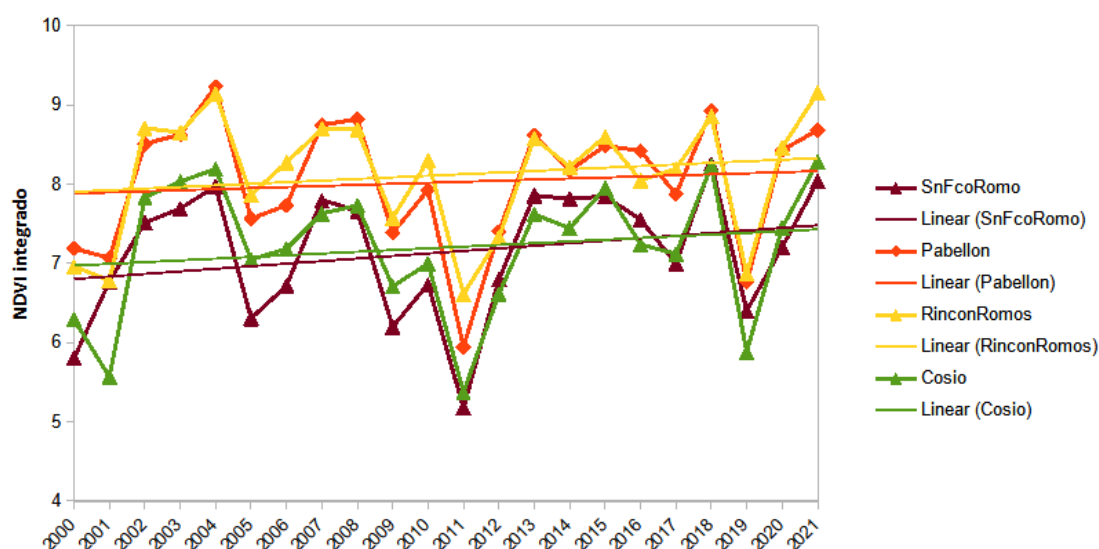


Figura 2. Trayectorias temporales de *NDVI integrado* para los municipios de San Francisco de Los Romo, Pabellón, Rincón de Romos y Cosío, así como su tendencia lineal.

La ligera tendencia positiva de las pendientes en todos los municipios se confirma con Kendall’s Tau > 0 y la magnitud baja de la pendiente de Sen (0.01 a 0.03) (Tabla 1). Lo anterior es similar a lo obtenido por González-González (2018), en un estudio en el altiplano norte centro de México con los índices de NDVI y EVI (Índice de Vegetación Mejorado) y al incremento del verdor del planeta en estudios globales con diferentes índices espectrales (Zhu *et al.*, 2016; Munier *et al.*, 2018; Haverd *et al.*, 2020).

Tabla 1. Estadísticas de las observaciones y tendencia de la masa verde del NDVI integrado para el periodo 2000-2021.

Municipio	Observaciones	Datos				Promedio	Kendall’s		Pendiente Sen
		faltantes	Mínimo	Máximo	Tau		alpha		
San Fco de Los Romo	22	0	5.18	8.25	7.14	0.23	0.14	0.03	
Pabellón de Arteaga	22	0	5.95	9.23	8.02	0.10	0.54	0.02	
Rincon de Romos	22	0	6.61	9.15	8.12	0.06	0.74	0.01	
Cosío	22	0	5.38	8.28	7.20	0.11	0.50	0.02	
Promedio			5.78	8.73	7.62	0.12	0.48	0.02	

CONCLUSIONES

A pesar de los efectos negativos del cambio climático que se ha venido experimentándose en las últimas décadas en la región, se detecta una ligera tendencia en el incremento de la biomasa verde en los municipios agrícolas del Valle de Aguascalientes mediante el análisis temporal del *NDVI integrado*. Sin embargo, la serie de tiempo de 22 años es corta para concluir que hay un cambio importante. Por lo que es recomendable continuar con los estudios de la tendencia de la vegetación durante esta y las próximas décadas (2022-2030, 2031-2040, y así sucesivamente), y confirmar si en verdad existe una tendencia positiva y significativa de la productividad en los municipios y la región; o en caso contrario, tomar las acciones necesarias ante una tendencia negativa de la productividad de la biomasa verde. Es importante mencionar que el incremento podría ser por el avance tecnológico en el manejo agrícola, el cual permite mejorar directamente la productividad, y/o el factor ambiental con el

aumento del CO₂ atmosférico y la variabilidad climática (posible incremento en las precipitaciones de la zona). Se reitera la necesidad de análisis posteriores para determinar los factores que más influyen en caso de detectarse cambios significativos en la biomasa verde.

REFERENCIAS

- Barrett, R., Crowther, P., Laurence, R., and Lincolne, R. 2010. Agricultural Crop Identification using SPOT and LANDSAT images in Tasmania. *Int. Arch of Photogrammetry and Remote Sensing* 33:133-39.
- Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional (CONAGUA-SMN). Monitor de Sequía de Mexico. Consultado el 20 julio 2022, en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>.
- Gonzalez-González, M.A., 2018. Spatial modeling of rainfed bean production in the semiarid Central Mexico: climate surface and vegetation Remote Sensing determinants (Tesis de Doctorado). Universidad de Arizona, Tucson, EU.
- Haverd, V., Smith, B., Canadell, J. G., Cuntz, M., Mikaloff-Fletcher, S., Farquhar, G., Woodgate, W., Briggs, P. R., and Trudinger, C. M., 2020. Higher than expected CO₂ fertilization inferred from leaf to global observations. *Glob. Change Biol.* 26: 2390–2402
- Jensen, J.R., 2006. *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective* (2nd Edition), Pearson Education Inc., Hoboken, NJ.
- Kendall, M.G. 1975. *Rank Correlation Methods*, 4th edition, Charles Griffin, London.
- Mann, H.B. 1945. Non-parametric tests against trend, *Econometrica*, 13:163-171.
- Munier, S., Carrer, D., Planque, C., Camacho, F., Albergel, C., and Calvet, J.-C., 2018. Satellite Leaf Area Index: Global Scale Analysis of the Tendencies Per Vegetation Type Over the Last 17 Years. *Remote Sens.* 10, 424. <https://doi.org/10.3390/rs10030424>.
- Nelson, R., Ranson, K. J., Sun, G., Kimes, D. S., Kharuk, V., and Montesano, P., 2009. Estimating Siberian timber volume using MODIS and ICESat/GLAS. *Remote Sensing of Environment* 113:691–701. doi: 10.1016/j.rse.2008.11.010.
- Paz-Pellat, F., Palacios-Vélez, E., Mejía-Saenz, E., Martínez-Menes, M., and Palacios-Sánchez, L. A. 2005. Análisis de los espacios espectrales de la reflectividad del follaje de los cultivos. *Agrociencia* 39(3): 293-301.
- QGIS.org, 2022. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>.
- R Core Team (2013). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Sen, P. K., 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's", *J. Am. Stat. Assoc.*, 63:1379- 1389.
- Tomppo, E., Olsson, H., Stahl, G., Nilsson, M., Hagner, O., and Katila, M. 2008. Combining national forest inventory field plots and Remote Sensing data for forest databases. *Remote Sensing of Environment* 112:1982–1999. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.03.032>.
- Tucker, J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment* 8(2):127-150. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0).
- Verstraete, M. M., and Pinty, B., 1996. Designing optimal spectral indices for Remote Sensing applications. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 34:1254-1265. doi: 10.1109/36.536541.

Zhu, Z., Piao, S., Myneni, R. *et al.* 2016. Greening of the Earth and its drivers. *Nature Clim Change* 6:791–795. <https://doi.org/10.1038/nclimate3004>.

NITRÓGENO EN SUELOS Y HOJAS EN DOS PLANTACIONES COMERCIALES CON *COCO ENANO VERDE DE BRASIL* EN LA COSTA GRANDE DE GUERRERO, MÉXICO.

NITROGEN IN SOILS AND LEAVES IN TWO COMMERCIAL PLANTATIONS WITH GREEN DWARF COCONUT IN COSTA GRANDE GUERRERO, MEXICO.

*Ramírez-Silva, Jorge Humberto*¹; *Cortazar-Rios, Matilde*²; *Ramírez-Jaramillo, Genovevo*¹; *Oropeza-Salín, Carlos Mariano*³ y *Rondón-Rivera, Dinosca Dulmary*⁴.

1 Centro de Investigación Regional Sureste del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Calle 6 Núm. 398 x 13, Avenida Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz, C.P. 97130. Mérida Yucatán, México

2 Campo Experimental Chetumal-INIFAP

3 Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY)

4 Investigadora Independiente, Yucatán.

Autor para correspondencia: ramsiljh@hotmail.com; ramirez.jorge@inifap.gob.mx

RESUMEN

A pesar de la importancia económica del cocotero, se ha descuidado la nutrición mineral. Las deficiencias reducen el número de flores femeninas causando "aborto de frutos inmaduros". En Guerrero, se ha promovido la siembra del *Coco Enano Verde de Brasil*, mucho más exigente en **Nitrógeno (N)** que otros materiales. En este trabajo se evaluó el contenido del Nitrógeno en forma de Nitratos (**N-NO₃**) en el suelo (ppm), así como el **N** en hojas (%) de dos plantaciones comerciales: **Agua Blanca (AB)** de 5 hectáreas del municipio de Técpan de Galeana y **Las Tunas (LT)** de 9 hectáreas en Benito Juárez. Se tomó un punto de muestreo por hectárea a 0-30 y 30-60 cm de profundidad a un metro del tronco. Se muestreó la hoja número 9 de palmas en competencia completa comparando la información con rangos de referencia de la literatura. En **Las Tunas**, el promedio de N-NO₃ a 0-30 cm fue de calificación MEDIA y a 30-60 cm fue BAJA. El 44.44 % de las muestras, a 0-30 cm, calificaron como MEDIO y ese mismo porcentaje para BAJO; una muestra calificó como MUY ALTA. A 30-60 cm, el 33.33 % de las muestras se catalogaron como MEDIO y MUY BAJA. El 22.22 % de las muestras fueron BAJAS y el 11.12 % ALTAS. En **Agua Blanca**, a 0-30 y 30-60 cm, el promedio de N-NO₃ fue BAJO. A 0-30 cm el 40.0 % de las muestras fueron MEDIOS y BAJOS; mientras que a 30-60 cm el 60 % calificó MUY BAJO; el 20 % fue BAJO y también MEDIO. Los dos predios mostraron Coeficientes de Variación MUY ALTOS indicando una gran heterogeneidad química. Ambos predios mostraron deficiencias en hojas al estar por abajo del rango crítico de 1.8-2.0 %.

Palabras clave: Nutrición, Nitratos, deficiencia, niveles críticos, heterogeneidad

ABSTRACT

Despite the high economic importance of coconut, mineral nutrition has been neglected. Mineral deficiencies reduce the number of female flowers causing "fruit abortion". In Guerrero, new eco-types such as the **Green Dwarf** has been promoted, but it is a much more **Nitrogen (N)** demanding than other materials. In this work, N content (ppm), in the form of Nitrates (N-NO₃), at 0-30 and 30-60 cm deep in the soil, as well as the N in leaves (%) of two commercial plantations were evaluated. **Agua Blanca (AB)** of 5 hectares in the municipality of Tecpan de Galeana and **Las Tunas (LT)** of 9 hectares in Benito Juárez were selected. A sampling point per hectare was made considering both depths per point at one meter from the trunk. Leaf number 9 of palms, in complete competition, was sampled, The information was matched with reference ranges given by the literature. In **LT**, the general average of N-NO₃, at 0-30 cm, was rated as MEDIUM and at 30-60 cm as LOW. From all samples, the 44.44% rated as MEDIUM and that same percentage was for LOW; just, one sample qualified as VERY HIGH. At 30-60 cm deep, 33.33% of the samples were classified as MEDIUM and VERY LOW and 22.22% were LOW and 11.12% HIGH. On the other hand, in **AB**, at both 0-30 and 30-60 cm, the general average of N-NO₃ was graded as LOW. However, at 0-30 cm, 40.0% of the samples were MEDIUM and LOW while at 30-60 cm, 60% rated VERY LOW and the same 20% for LOW and MEDIUM. The two farms showed VERY HIGH Coefficients of Variation indicating a great chemical heterogeneity. According to the soil **N** deficiencies encountered, the N in leaves were also deficient, all below the critical range of 1.8-2.0%.

Key words: Nutrition, Nitrates, deficiency, critical levels, heterogeneity

INTRODUCCIÓN

La palma de coco (*Cocos nucifera* L.) es cultivada en 93 países. En México, hace más de un siglo, se comenzó a incorporar como cultivo, pero fue hasta la década de los cuarenta cuando se empezó a comercializar. A partir de las diversas políticas estatales y de la reducción de la oferta mundial, se comenzó a desarrollar esta especie en el país. El producto principal era la generación de copra de la que se obtiene aceite, y materia prima básica para la industria jabonera. Durante varios años la producción de copra movió la economía de las zonas costeras tanto del Golfo como del Pacífico.

El cultivo de palma de coco ha ido en aumento los últimos años, no solo en América Latina sino en varias partes del mundo. Sin embargo, en México se ha notado una constante reducción, por

causas atribuibles al envejecimiento de las plantaciones y a la constante reducción del precio de la copra. En general se explota principalmente en zonas costeras, en suelos con baja fertilidad, causando baja productividad. No obstante, la importancia económica de esta

especie, a la nutrición mineral de las plantas se le ha dado poca importancia y la información disponible, hace referencia en mayor proporción a las variedades altas (Santos *et al.*, 2004). El análisis de suelo, específicamente para este cultivo es de vital importancia, debido a que las deficiencias de nutrientes minerales reducen el número de flores femeninas por espata y frutos, lo que eventualmente causa el "aborto de frutos inmaduros". El equilibrio nutricional es esencial para tener una alta productividad sostenible de la palmera de coco.

Por consiguiente, y en consideración a que en los últimos años se ha estado promoviendo la introducción de nuevos eco-tipos de cocotero en la costa de Guerrero, como es el caso del **Coco Enano Verde de Brasil**, y además de que el **Nitrógeno (N)** se considera como uno de los elementos más limitantes para el desarrollo del cultivo; se planteó este trabajo con el objeto de evaluar el contenido nutrimental del **N**, tanto en suelo como en hojas, de dos plantaciones comerciales de coco **Enano Verde de Brasil**.

MATERIALES Y MÉTODOS

UBICACIÓN

El estudio se realizó en la estación seca del 2019 en el estado de Guerrero ubicado entre los 16°42'45" a 17°05'51" de Latitud Norte y desde los 99°13'08" a 100°28'58" Longitud Oeste. Los suelos son **Regosoles** de acuerdo a la Base Mundial de Referencia para los Recursos del Suelo (WRBSR) con textura franco Arenoso, Franco Limoso y Franco Arcilloso.

Se seleccionaron dos plantaciones de coco **Enano Verde de Brasil** en la región de Costa Grande: Predio Aguas Blancas (**AB**) con 5 has en el municipio de Técpan de Galeana ubicada en las coordenadas: 17.18375 Latitud Norte y 100.61782 Longitud Oeste y Las Tunas (**LT**) con 9 has en Benito Juárez ubicada en las coordenadas: 17.096790 Latitud Norte y 100.48046 Longitud Oeste.

MUESTREO DE SUELOS

Se tomó un punto de muestreo en cada hectárea y dos profundidades (0-30 y 30-60 cm) en cada punto a una distancia de un metro del tronco del coco. Se sugiere que de 7 a 20 submuestras por cada 5 a 10 hectáreas son apropiadas en superficies homogéneas como las de este estudio.

MUESTREO FOLIAR

Se realizó a partir de palmas en plena competencia tomando la hoja número 9 como lo sugiere Sobral (1998). Se tomaron muestras compuestas cada 2-3 hectáreas considerando tres submuestras. Cada sub-muestra se formó con 15 piezas de 20 cm provenientes del mismo

número de folíolos tomados de tres palmeras (5 folíolos por árbol). Los folíolos se tomaron del tercio medio de las hojas número 9 y a cada folíolo se le hicieron los cortes de 20 cm en el tercio medio de cada folíolo.

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELO Y PLANTA

Las muestras de suelo y planta se enviaron al Laboratorio Phytomonitor (2019) de Culiacán Sinaloa. Las muestras de suelo fueron analizadas químicamente para Nitrógeno (N) como Nitrato (N-NO₃); siendo esta la forma más utilizada por las plantas superiores y, en consecuencia, es la forma de N disponible que generalmente se acumula en las tierras agrícolas. Brucina fue el método de análisis de suelo utilizado para la determinación de N-NO₃ y se reportaron en Partes por Millón (ppm). Por otro lado, se utilizó el método de Kjeldall para determinar el Nitrógeno Total (NT) en hojas, reportadas en Porcentaje (%).

Los contenidos de N en suelo y planta fueron comparados con valores de referencia de la literatura. Para suelos se consideró el rango de referencia crítico de 20 a 40 ppm reportado (Cuadro 1) en la Norma Oficial Mexicana SEMARNAT (2002). Para hojas, se consideraron los valores críticos sugeridos por diferentes autores como Magat (1991) con 2.2 % y Sobral y Santos (1987) con rangos de 1.8 a 2.0 % para Enano Verde.

Para medir la heterogeneidad del suelo se calcularon los Coeficientes de Variación (CV) de cada predio usando los rangos sugeridos por Pimentel (1985).

Cuadro 1. Clasificación de los contenidos de Nitrógeno como Nitratos (N-NO₃) en suelos de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana. SEMARNAT (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de N-NO₃ (ppm) en Las Tunas

En el Cuadro 3, se observan los resultados de N-NO₃ para *LT*. El promedio de 29.6 ppm, a la profundidad de 0-30 cm, es MEDIA; sin embargo, a 30-60 cm la calificación es BAJA con 19.7 ppm aun cuando está cercano al límite crítico más bajo (20-40 ppm) del valor MEDIO.

El 44.44 % de las 9 muestras, de 0-30 cm, estuvieron en el rango MEDIO (4) y ese mismo porcentaje fue para el rango BAJO (4); mientras que

Clasificación	N-NO ₃ (ppm)
Muy Bajo	0-10
Bajo	10-20
Medio	20-40
Alto	40-60
Muy Alto	Mayor a 60

de las 9 0-30 cm, en el rango ese mismo fue para el (4); mientras solamente

una muestra estuvo como MUY ALTA representando el 11.12 %. A la profundidad de 30-60

cm, el 33.33 % de las muestras fueron MEDIO (3) y ese mismo porcentaje fue de MUY BAJA (3). El 22.22 % de las muestras (2) se calificaron como BAJA y el 11.12 % (1) como ALTA.

Cuadro 3. Contenido de N-NO₃ (ppm) en suelos de Las Tunas.

MUESTREO	0-30 cm prof.	30-60 cm prof.
1	28.8 (M)	52.8 (A)
2	31.2 (M)	20.0 (M)
3	24.8 (M)	10.4 (B)
4	12.8 (B)	9.6 (MB)
5	16.8 (B)	23.2 (M)
6	16.8 (B)	3.2 (MB)
7	98.8 (MA)	36.8 (M)
8	13.6 (B)	4.0 (MB)
9	23.2 (M)	17.6 (B)
PROMEDIO	29.6 (M)	19.7 (B)
CV (%)	90.2 (A)	82.3 (A)

M= MEDIO; B= BAJO; MA= MUY ALTO; MB=MUY BAJO

Por otra parte, se nota una gran heterogeneidad en los contenidos de N-NO₃ en las 9 hectáreas muestreadas a ambas profundidades ya que los CV's estuvieron en el rango ALTO de 90.2 % (0-30 cm) a 82.3 % (30-60 cm). Normalmente, en los ensayos de campo agrícola, los CV se consideran bajos cuando son menos del 10%; medio del 10% al 20%, alto del 20% al 30% y muy alto por arriba del 30% de acuerdo a Pimentel (1985).

Contenido de N-NO₃ (ppm) en Aguas Blancas

En el Cuadro 4, se observan los contenidos de N-NO₃ a 0-30 y 30-60 cm de profundidad, así como el promedio y el CV del predio **AB** del municipio de Técpan de Galeana. A la profundidad de 0-30 cm y 30-60 cm el contenido promedio de N-NO₃ fue de 17.4 y 10.8 % respectivamente catalogados como de BAJO nivel. El contenido de N-NO₃ es menor a la profundidad más alta de 30-60 cm y los contenidos, a ambas profundidades, son más bajos que en **LT**. A 0-30 cm el 40.0 % (2) de las 9 muestras estuvieron en MEDIO y el mismo porcentaje estuvo en BAJO; mientras que a 30-60 cm el 60 % (3) estuvo en MUY BAJO y el 20 % en BAJO y este mismo porcentaje en MEDIO. Los CV's de **AB** fueron más bajos que **LT**, pero aún con alto grado de heterogeneidad química.

Cuadro 4. Contenido de N-NO₃ (ppm) en suelos de Aguas Blancas.

MUESTREO	0-30 cm prof.	30-60 cm prof.
1	20.0 (M)	12.8 (B)
2	29.6 (M)	8.0 (MB)
3	8.0 (MB)	6.4 (MB)
4	16.8 (B)	7.2 (MB)
5	12.8 (B)	20.0 (M)
PROMEDIO	17.4 (B)	10.8 (B)
CV (%)	46.7 (A)	52.1 (A)

M= MEDIO; B= BAJO; MA= MUY ALTO; MB=MUY BAJO

En consideración a los niveles de N en las hojas del Coco Enano Verde, en el Cuadro 5 se observa que ningún predio tuvo niveles de suficiencia ya que todas las muestras estuvieron por debajo de los niveles críticos.

Es de observarse que el predio **AB** es más deficiente en N que **LT** al obtener solamente, en promedio, 1.16 % de N. Todo lo anterior indica la necesidad que poner mucha atención al tema de la fertilización nitrogenada ya sea en aplicaciones orgánicas y/o químicas.

Cuadro 4. Contenido de Nitrógeno (%) en hojas de coco Enano Verde en dos predios de la Costa Grande de Guerrero.

Localidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	PROMEDIO
Las Tunas	1.46 (B)	1.18 (B)	1.51 (B)	1.64 (B)	1.44 (B)
Aguas Blancas	1.44 (B)	0.88 (B)	N/D	N/D	1.16 (B)

N/D= No Determinado

CONCLUSIONES

Los dos predios tuvieron deficiencias de N tanto en suelo como en planta. Sin embargo, **Las Tunas** presentó contenidos de N-NO₃ más altos que Aguas Blancas.

Las Tunas mostró también mayor contenido promedio de N en la planta que **Aguas Blancas**.

Ambos predios presentan una distribución química altamente heterogénea del N-NO₃ en el suelo. **Las Tunas** presentó mayor grado de heterogeneidad edáfica que **Aguas Blancas**.

BIBLIOGRAFÍA

- Magat, S.S. (1991). Fertilizer Recommendations for Coconut Based on Soil and Leaf Analyses. Philippine Journal of Coconut Studies, 16, 25-30.
- Phytomonitor. (2019). Calzada Aeropuerto N° 7299-B. Colonia Bachigualato. Culiacán Sinaloa, México. CP. 80140.
- Pimentel, F. (1985). Curso de estadística experimental. Livraria Nobel S.A., São Paulo.

- Santos, A.L., Monnerat, P.H. and Carvalho, A.J.C. (2004). Estabelecimento de normas DRIS para o diagnóstico nutricional do coqueiro-anão verde na região norte fluminense. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26, 330-334. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452004000200035>
- SEMARNAT. (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudios, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>
- Sobral, L.F. (1998). Nutrição e adubação do coqueiro. In: Ferreira, J.M.S., Warwich, D.R.N. and Siqueira, L.A., Eds., *A cultura do coqueiro no Brasil*, 2nd Edition, Embrapa-SPI, Brasília, Embrapa-CPATC, Aracaju, 129-157.
- Sobral, L.F. and Santos, Z.G. (1987) Sistema de recomendações de fertilizantes para o coqueiro (*Cocos nucifera* L.) com base na análise foliar. EMBRAPA-CNPCo. Documentos, 7, 23 p. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/355693/sistema-de-recomendacoes-de-fertilizantes-para-o-coqueiro-cocos-nucifera-l-com-base-na-analise-foliar>

POTASIO (K) EN SUELOS Y PLANTAS DE COCO EN PLANTACIONES COMERCIALES DE LA COSTA CHICA Y COSTA GRANDE EN GUERRERO, MÉXICO

POTASSIUM IN SOILS AND COCONUT PLANTS OF COMMERCIAL PLANTATIONS OF COSTA CHICA AND COSTA GRANDE IN GUERRERO, MEXICO.

Ramírez-Silva, Jorge Humberto ¹; Cortazar-Rios, Matilde ²; Ramírez-Jaramillo, Genovevo ¹; Oropeza-Salín, Carlos Mariano ³ y Rondón-Rivera, Dinosca Dulmary ⁴.

1 Centro de Investigación Regional Sureste del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Calle 6 Núm. 398 x 13, Avenida Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz, C.P. 97130. Mérida Yucatán, México

2 Campo Experimental Chetumal-INIFAP

3 Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY)

4 Investigadora Independiente, Yucatán.

Autor para correspondencia: cortazar.matilde@inifap.gob.mx

RESUMEN

En el estado de Guerrero, México el cocotero se cultiva principalmente en zonas costeras arenosas, de Costa Grande y Costa Chica, con disminuida productividad dada la antigüedad de las plantaciones con más de 60 años. La consolidación de esfuerzos para iniciar un programa agresivo y sistemático de reforestación inició con la necesidad de conocer la fertilidad química de los suelos. Se ha sugerido que, para plantas adultas, como los de la región, el K es el elemento esencial más requerido ya que puede incrementar rendimientos de 40 hasta 150 nueces/palma/año. En este trabajo se midió la cantidad de K disponible en el suelo y el grado de deficiencias en plantas de coco en predios de Costa Grande y Costa Chica. Se seleccionaron 4 predios con palmas de coco Altos del Pacífico en Costa Chica y 6 en Costa Grande; todos con diferentes superficies a los que se les tomaron muestras individuales de suelo, por cada hectárea, 0-30 y 30-60 cm de profundidad, así como muestras compuestas de la hoja número 9. La información se comparó con la literatura para verificar suficiencias o deficiencias nutrimentales. En Costa Chica el K a 0-30 cm de profundidad fue óptimo para todos los predios, pero no a 30-60 cm. Hay una disminución del K a mayor profundidad. En Costa Grande solamente un predio estuvo abajo del rango óptimo disminuyendo también la concentración del K en el subsuelo. Una disminución del 43 %; semejante a la disminución de Costa Chica. En ningún predio se detectaron deficiencias foliares. Sin embargo, en Costa Chica se encontró el promedio general más bajo de K foliar con 1.13% contra 1.21% de Costa Grande pero el K del suelo, a ambas profundidades, fue más alto en Costa Chica.

Palabras claves: Nutrición, deficiencias, valores críticos, subsuelo.

ABSTRACT

In the state of Guerrero, Mexico, the coconut palm is cultivated mainly in the sandy coastal areas of Costa Grande and Costa Chica, with low productivity due to aging of palms with more than 60 years. Great efforts are being expending to consolidate a sounded and ystematic reforestation program. The first step suggested was to know the chemical fertility of the soils and so was done in 2015 and Potassium (K) was considered as the most required essential element for adult palms since it can increase yields from 40 to 150 nuts/palm/year. In this work, the amount of available K in the soil and the degree of deficiencies into the coconut plants were measured. Four farms with creole coconut Pacific Talls were selected in Costa Chica and six in Costa Grande; each farm with different surface. Individual solil samples per hectare were taken at 0-30 cm and 30-60 cm deep one meter from the trunk. Composite foliar samples from leaf number 9 was taken to measure the degree of K deficiencies. In Costa Chica, K, at 0-30 cm deep was optimal for all farms, but not at 30-60 cm. In Costa Grande, only one farm was below the optimal range, also decreasing the concentration of K in the subsoil in 43%; similar to Costa Chica. No foliar deficiencies were detected in any farm. However, in Costa Chica the lowest general average of foliar K was found with 1.13% against 1.21% in Costa Grande but the soil-K, at both depths, was higher in Costa Chica.

Key words: Nutrition, deficiencies, critical levels, subsoil

INTRODUCCIÓN

El coco (*Cocos nucifera* L.) se encuentra principalmente en zonas costeras con suelos arenosos de supuesta baja fertilidad causando baja productividad de las plantaciones. En el estado de Guerreo, México, se han detectado problemas en la producción debido al continuo envejecimiento de las plantaciones. Hace falta consolidar un programa agresivo y sistemático para reforestar con germoplasma nativo, como los altos del pacífico, o con eco-tipos que pueden ser introducidos como el Enano Verde de Brasil.

No obstante, a lo anterior, la cultura del cocotero sigue en al ánimo de los productores de la región y siguen buscando opciones para no abandonar el cultivo, pensando que puede seguir siendo una entrada de recursos económicos que complementen otras actividades económicas.

Durante los primeros intentos para introducir nuevo material genético a la región, fue importante plantear la necesidad de conocer la fertilidad química de los suelos de Costa Grande y Costa Chica donde se cultiva el coco. Y fue a partir de ahí que se realizaron los primeros análisis de suelos (Ramírez Silva et al., 2017) para diferentes elementos esenciales, incluyendo al potasio (K), en plantaciones de cocotero.

El orden de requerimiento de nutrientes para las palmas jóvenes es de N> P> K> Mg, mientras que para adultos es de K> Mg> N> P (Tennakoon, 2004). La palma de coco responde positivamente al fertilizante; y la cantidad y calidad de los productos y subproductos de

cocotero están directamente ligada, también, con la calidad y cantidad de nutrimentos disponibles.

El potasio suele ser el nutriente principal, pero es menos necesario en la agricultura de bajo rendimiento; sin embargo, cuando se quiere maximizar los rendimientos (Von Uexkull, 1985) este elemento es de vital importancia. Kanwar (1993), reportó que rendimientos de 40 nueces/palma/año, se pueden obtener sin necesidad de aplicar K+. Sin embargo, si se repone la cantidad de este elemento con fertilizaciones programadas, se puede llegar a obtener rendimientos de hasta 150 nueces/palma/año. En general, las diferentes variedades de coco requieren una menor cantidad de N y P, y mayor cantidad de K.

Por consiguiente, y en consideración a lo anterior se realizó este trabajo con el objeto de medir la cantidad de K disponible en el suelo y el grado de deficiencias medido en plantas de coco en plantaciones de Costa Grande y Costa Chica del estado de Guerrero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio se realizó en la estación seca del 2019 en el estado de Guerrero ubicado entre los 16°42'45" a 17°05'51" de Latitud Norte y desde los 99°13'08" a 100°28'58" Longitud Oeste. Los suelos son **Regosoles** de acuerdo a la Base Mundial de Referencia para los Recursos del Suelo (WRBSR) con textura franco Arenoso, Franco Limoso y Franco Arcilloso.

Se seleccionaron 4 predios con palmas de coco Altos del Pacífico en Costa Chica (*Copala 2= 4 has, San José de las Flores= 2 has, Marquella 1= 2 has, Marquella 2= 1ha*) y 6 predios en la región de Costa Grande (*Cacalutla= 2 has, Alcholoa= 5 has, Coyuca= 1 ha, El Huicon= 2 has, Rodhesia= 1 ha, San Luís-San Pedro= 5 has*). Todos con diferentes superficies a los que se les tomaron muestras de suelo y planta para el diagnóstico de la fertilidad y nutrición vegetal.

Muestreo de suelos

Se tomó un punto de muestreo en cada hectárea considerando dos profundidades (0-30 y 30-60 cm) en cada punto, a una distancia de un metro del tallo de la palma. Se sugiere que de 7 a 20 sub-muestras, para hacer una muestra compuesta, por cada 5 a 10 hectáreas son apropiadas en superficies homogéneas como las de este estudio.

Muestreo foliar

Se realizó a partir de palmas en plena competencia tomando la hoja número 9 como lo sugiere Sobral (1998). Se tomaron 2 muestras compuestas para predios con superficies de 4 a 5 has y 1 muestra compuesta para predios 1 a 2 has considerando tres sub-muestras por cada

muestra compuesta. Cada sub-muestra se formó con 15 piezas de 20 cm provenientes del mismo número de folíolos tomados de tres palmeras (5 folíolos por árbol). Los folíolos se tomaron del tercio medio de las hojas número 9 y a cada folíolo se le hicieron los cortes de 20 cm en el tercio medio de cada folíolo.

Análisis químico de suelo y planta

Las muestras de suelo y planta se enviaron al Laboratorio Phytomonitor (2019) de Culiacán Sinaloa las cuales fueron analizadas químicamente para Potasio Intercambiable (K+).

Los contenidos de K en suelo y planta fueron comparados con valores de referencia de la literatura. Para suelos se consideró el rango de referencia medio de 0.36 a 0.6 Cmol kg⁻¹ (117 a 234 ppm) reportado (Cuadro 1) en la Norma Oficial Mexicana SEMARNAT (2002). Para hojas, se consideraron los valores críticos sugeridos por diferentes autores como Magat (1991) con 2.2 % y Sobral y Santos (1987) con rangos de 0.80 a 1.10%.

Cuadro 1. Clasificación de los contenidos de potasio (K) en suelos de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana. SEMARNAT (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Costa chica

La media de los valores reportados para K, en Costa Chica (Cuadro 2), son óptimos a 0-30

Clasificación	Cmol kg⁻¹	ppm
Muy Bajo	Menor-0.2	Menor-78
Bajo	0.2-0.3	78-117
Medio	0.3-0.6	117-234
Alto	Mayor-0.6	Mayor-234

cm de profundidad, pero no a 30-60 cm. Existe una tendencia a una disminución bien marcada del K a mayor profundidad, de tal manera que de 190.5 ppm, a 0-30 cm, disminuyó hasta 106.15 ppm a 30-60 cm, una baja del 44 %. Sin embargo, a pesar de que todos los predios estuvieron en el rango óptimo a 0-30 cm, no fue así a 30-60 cm ya que *Marquella 1 y 2* mostraron contenidos óptimos, pero *Copala* (77.5 ppm) y *San José de las Flores* (82.0 ppm) estuvieron muy por debajo del rango óptimo de 117-234 ppm. Sobresalen *Marquella 1 y 2* por tener valores óptimos a ambas profundidades.

Es posible que a mayor profundidad exista un fenómeno antagonico debido a altas concentraciones de Ca⁺ en suelos de origen coralino o costero, con buena humedad. Este comportamiento diferenciado, puede asociarse a condiciones de pH's más elevados encontrados en el subsuelo a 30-60cm reportado por Ramírez Silva et al. (2017).

El bajo contenido bajo de K en el subsuelo puede explicarse, también, bajo la sugerencia de Dhanapal et al., (2000) al reportar que las raíces interceptan más iones nutrientes cuando crecen en suelos húmedos en comparación a suelos secos.

Cuadro 2. Contenido de K (ppm), a dos profundidades, en suelos de cuatro predios de Costa Chica en el estado de Guerrero, México.

Costa grande

El contenido de K en los predios de Costa Grande (Cuadro 3) deja de manifiesto, nuevamente, que la concentración de este elemento disminuye significativamente en el subsuelo con un promedio general de 88.38 ppm a 30-60 cm de profundidad contra 155.8 ppm a 0-30 cm. Una disminución del 43 %; semejante a la disminución encontrada en los predios de Costa Chica.

Localidad	K+ (ppm) (0-30 cm prof.)	K+ (ppm) (30-60 cm prof.)	K (%)
<i>Copala-Moctezuma</i>	169.5	77.5	1.33
<i>San José de las Flores-Pérez</i>	146.5	82.0	0.90
<i>Marquella 1- Rendón</i>	252.0	125.5	1.27
<i>Marquella 2- Ramirez T</i>	193.0	142.0	1.05
<i>Promedio</i>	190.25	106.15	1.13
<i>Limites críticos</i>	117-234	117-234	0.80-1.10

Por otra parte, a 0-30 cm, solamente *Alcholoa*, de 6 predios muestreados, obtuvo contenidos de K abajo (106.4 ppm) del rango óptimo de 117 a 234 ppm, mientras que a 30-60 cm el 66 % de los predios estuvieron abajo del rango óptimo. El Huicon y Rodhesia sobresalen porque mostraron tener óptimos contenidos de K a las dos profundidades.

Cuadro 3. Contenido de K (ppm), a dos profundidades, en suelos de seis predios de Costa Grande en el estado de Guerrero, México.

Localidad	K+ (ppm) (0-30 cm prof.)	K+ (ppm) (30-60 cm prof.)	K (%)
<i>Cacalutla-Arzeta</i>	158.2	75.5	1.44
<i>Alcholoa-Carrillo</i>	106.4	63.8	1.35
<i>Coyuca de Benítez-Ramírez</i>	248.8	51.0	1.01
<i>El Huicón-Román</i>	127.0	128.0	0.95
<i>Rodhesia-Pinzón</i>	176.0	159.0	1.37
<i>San Luís-San Pedro-Soberánis</i>	118.4	53.0	1.18
<i>Promedio</i>	155.8	88.38	1.21
<i>Limites críticos</i>	117-234	117-234	0.80-1.10

Contenido de K (%) en hoja n° 9

En los Cuadros 3 y 4 se observan también los valores de K (%) encontrados en la hoja número 9 de las palmas muestreadas en cada predio. Es de notar que todas las palmas muestreadas de ambos predios no presentan deficiencias del elemento al estar todas dentro del rango de suficiencia de 0.8 a 1.10 %. Sin embargo, fue en la región de Costa Chica donde se encontró el promedio general más bajo con 1.13 % contra 1.21 % de Costa Grande. Esto, sugiere que no existe ninguna relación positiva entre el K en hojas (%) y el K intercambiable en el suelo (ppm) ya que en Costa Chica se encontró el contenido promedio más alto de K en el suelo y el más bajo en las hojas.

CONCLUSIONES

Las dos regiones cocoteras del estado de Guerrero muestran una tendencia generalizada de tener cantidades óptimas de K en el suelo a 0-30 cm de profundidad, pero con condiciones de deficiencias a 30-60 cm. Sin embargo, todas las plantas mostraron tener buenas condiciones de nutrición al tener valores de K, en la hoja número 9, dentro del rango de suficiencia. Sin embargo, no se encontró ninguna relación positiva entre el K en hojas (%) y el K intercambiable en el suelo (ppm) ya que en Costa Chica se obtuvo el contenido promedio más alto de K en el suelo y el más bajo en las hojas.

BIBLIOGRAFÍA

- Dhanapal, R., Maheswarappa, H.P., Subramanian, P. (2000). Response of coconut roots to the methods of irrigation in littoral sandy soil. *J Plantn Crops* 28(3):208–211.
- Kanwar, J.S. (1993). Inaugural address. In *Proc. Sym. On Potassium for plantation crops held at Bangalore on nov. 6-8*. Mahatim Singh et al.(eds). Potash Research Institute of India, Gurgaon, 111-120.
- Magat, S.S. (1991). Fertilizer Recommendations for Coconut Based on Soil and Leaf Analyses. *Philippine Journal of Coconut Studies*, 16, 25-30.
- Phytomonitor. (2019). Calzada Aeropuerto N° 7299-B. Colonia Bachigualato. Culiacán Sinaloa, México. CP. 80140.
- Ramírez Silva, J.H., Aguilar Duarte, Y., Ramírez Jaramillo, G., Oropeza Salín, C.M., Cano González, A. (2017). Macro y micronutrientes en suelos dedicados a cocotero en el estado de Guerrero, México. *Memoria de la XXX Semana Internacional de la Agronomía. FAZ-UJED. Septiembre 2017. Venecia Durango, México.* pp. 767-772.
- SEMARNAT. (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudios, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Diario Oficial*.
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>
- Sobral, L.F. (1998). Nutrição e adubação do coqueiro. In: Ferreira, J.M.S., Warwich, D.R.N. and Siqueira, L.A., Eds., *A cultura do coqueiro no Brasil*, 2nd Edition, Embrapa-SPI, Brasilia, Embrapa-CPATC, Aracaju, 129-157.
- Sobral, L.F. and Santos, Z.G. (1987) Sistema de recomendações de fertilizantes para o coqueiro (*Cocos nucifera* L.) com base na análise foliar. *EMBRAPA-CNPCo. Documentos*, 7, 23 p.
<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/355693/sistema-de-recomendacoes-de-fertilizantes-para-o-coqueiro-cocos-nucifera-l-com-base-na-analise-foliar>
- Tennakoon A. (2004). Soil fertility status and fertilizer recommendation for coconut in Sri Lanka. *Soils & Plant Nutrition Division Coconut Research Institute*; 2004. 13 p
- von Uexkull, H.R. (1985). Potassium nutrition of some tropical plantation crops. In: Munson RD (ed). *Potassium in agriculture*. ASA/CSSA/SSSA, Madison, 929–954

RESPUESTAS DE MATERIALES DE *VIGNIA UNGUICULATA* INOCULADOS CON CONSORCIOS DE HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES

RESPONSES OF *VIGNIA UNGUICULATA* MATERIALS INOCULATED WITH ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI CONSORTIA

E. Herrera-Parra¹, M. Escobedo-Cruz², J. A. Ramos-Zapata²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 25 Carretera Antigua a Mérida-Motul, Mocochoá, CP. 97450, Yucatán, México

²Departamento de Ecología Tropical. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Universidad Autónoma de Yucatán. Km. 15.5 Carretera Mérida-Xmatkuil, CP. 97315 Mérida, Yucatán México.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar consorcios de hongos micorrízicos locales y comerciales en el crecimiento y producción de tres variedades de *V. unguiculata* en invernadero. Se utilizó un arreglo de tratamientos factorial de 3 x 3 para un total de nueve tratamientos: Nativa-Dominga, Nativa-Cubana, Nativa-Brasil, Comercial-Dominga, Comercial-Cubana, Comercial-Brasil, Control-Dominga, Control-Cubana y Control-Brasil con 20 repeticiones distribuidas en un diseño experimental completamente al azar. Los porcentajes de colonización total fueron moderados de un 22 a un 39.08%. La mayor biomasa seca se obtuvo con el tratamiento Nativo-Dominga (23.98 g), mayor volumen de raíz con el tratamiento Control-Dominga y Control-Cubana (15.956 cm³). El mayor número de vainas se obtuvo con el cultivar Dominga, independientemente de origen de HMA inoculado. Con los tratamientos Nativa-Dominga y Comercial-Dominga se obtuvo vainas de mayor peso (14.46 g) y mayor peso total de semillas por planta (57.25 g).

Palabras clave: Producción, espelón, nutrición.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate consortia of local and commercial mycorrhizal fungi on the growth and production of three varieties of *V. unguiculata* in greenhouses. A 3 x 3 factorial treatment arrangement used for nine treatments: Native-Dominga, Native-Cuban, Native-Brazil, Commercial-Dominga, Commercial-Cuban, Commercial-Brazil, Control-Dominga, Control-Cuban and Control-Brazil with 20 replications distributed in a completely randomized experimental design. The percentages of total colonization were moderate from 22 to 39.08%. The highest dry biomass obtained with the Native-Dominga treatment (23.98 g), and the highest root volume with the Control-Dominga and Control-Cubana treatments (15,956 cm³). The highest number of pods obtained with the Dominga cultivar, independently of the

origin of the inoculated AMF. With the Native-Dominga and Commercial-Dominga treatments, the highest pod weight (14.46 g) and the highest total seed weight per plant (57.25 g) obtained.

Key words: Production, espelón, nutrition.

INTRODUCCIÓN

El espelón (*Vigna unguiculata*), como es conocido en el sureste del país, es una Fabaceae cultivada por los campesinos de la región y usada en la elaboración de platillos regionales (Márquez *et al.*, 2015), cultivo de cobertera y en alimentación de animales (Linhares *et al.*, 2018), ya que los granos son ricos en proteínas, carbohidratos y minerales (Menssen *et al.*, 2017). Una alternativa para incrementar su crecimiento y producción es la evaluación de cultivares, variedades y la incorporación de microorganismos del suelo, como los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) que se asocian con las plantas y facilitan el crecimiento a través del transporte de agua, nutrimentos poco móviles del suelo hacia la planta, reducción del estrés hídrico y por patógenos (Caldera *et al.*, 2013, Tamayo-Aguilar *et al.*, 2019). Asimismo, los HMA nativos, en relación a los introducidos, al estar adaptados a las condiciones de cada región contribuyen a la mejora de la fisiología y rendimiento de los cultivos donde se inoculan (Quiñones *et al.*, 2019). En este estudio se evaluaron consorcios de hongos micorrízicos nativos y comerciales en el crecimiento y producción de tres variedades de *V. unguiculata* en invernadero.

MATERIALES Y METODOS

Origen de inóculos. Se evaluaron dos consorcios de HMA, el primero correspondió a un producto comercial, Biofert®, integrado por las especies: *Glomus constrictum*, *G. geosporum*, *G. tortuosum*, *Acualospora scrobiculata* y *Gigaspora margarita*. El segundo, un consorcio nativo de selva baja caducifolia (SBC) del estado de Yucatán, que contiene las siguientes especies de HMA; *Funneliformis geosporum*, *Glomus claroideum*, *Divesispora pustulata*, *G. ambisporum* y *Ambispora gerdemanii*.

Materiales de *Vigna unguiculata*. Se evaluó un cultivar criollo denominado “Dominga” de crecimiento determinado y ciclo precoz (Dominga). Dos variedades introducidas de floración precoz y mejoradas denominadas Línea 782, del Instituto de Ciencia Animal de la Habana Cuba (Cubana) y BRS Tumucumaque variedad proveniente de Brasil (Brasil).

Establecimiento del experimento. Se utilizó un sustrato, que consistió en una mezcla de tierra y agrolita, en una proporción 2:1, el cual se esterilizó mediante arrastre de vapor por una hora durante tres días seguidos (Herrera *et al.*, 2018). Con el sustrato estéril se llenaron bolsas

de vivero de 5 kg de capacidad. Estas se regaron a capacidad de campo y posteriormente se realizó la siembra directa, para esto se realizó un hoyo de 3 cm de diámetro y de profundidad donde se depositaron dos semillas de las variedades de *V. unguiculata*, con 2 g de inóculo comercial (40 esporas) y 1 g de inóculo nativo (45 esporas) según el tratamiento. El manejo nutrimental de las plantas consistió en una fertilización de 60 40 60 NPK kg/ha con las fuentes: urea (Magro®, 46-00-00, Fertinova, México), nitrato de potasio (Ultrasol®, 12-00-46, SQM, México) y ácido fosfórico (Provigor®, 00-46-00, Dapsa, México), aplicada tres veces por semana junto con agua de riego, durante el experimento (Morales *et al.*, 2020). Se utilizó un arreglo de tratamientos factorial de 3 x 3, donde 3 correspondió a la aplicación de los HMA: HMA nativos, HMA comerciales, y control (sin inoculación) y 3: al material vegetal, cultivar criollo denominada "Dominga" y dos variedades introducidas Cubana y Brasil. Se tuvieron 9 tratamientos: Nativo-Dominga, Nativo-Cubana y Nativo-Brasil (plantas inoculadas con el consorcio de HMA nativo), Comercial-Dominga, Comercial-Cubana y Comercial-Brasil (plantas inoculadas con el consorcio de HMA comercial) y Control-Dominga, Control-Cubana y Control-Brasil (plantas sin inocular). Cada tratamiento conto con 20 repeticiones distribuidas en un diseño experimental completamente al azar.

Variables estimadas. Como variables de crecimiento se estimó: biomasa aérea seca (g) y volumen de las raíces por desplazamiento de agua (cm³). El número de vainas por planta, peso total de vainas por planta, peso total de semillas por planta. También se consideró el porcentaje de colonización total por HMA en las raíces de cinco plantas por tratamiento, para esto las raíces se lavaron con agua de la llave, se transportaron al laboratorio y se tiñeron de acuerdo con la técnica de Phillips y Hayman (1970). Con las raíces teñidas se realizaron preparaciones permanentes para observar las estructuras de los HMA (micelio, esporas, vesículas, y enrollamientos) y cuantificar el porcentaje de colonización total, (Mc Gonigle *et al.*, 1990).

Análisis estadístico. Con los datos se realizaron análisis de varianza y para el caso de los datos relacionados con el porcentaje de colonización total, se transformaron mediante la función de arco seno [$y = \arcsin(\sqrt{x/100})$]. Se aplicó como comparador de medias el método de Tukey ($P = 0.05$). Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico InfoStat 2018.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los consorcios de HMA evaluados lograron colonizar las raíces de *V. unguiculata*, se obtuvieron porcentajes de colonización total que fueron de un 22 a un 39.08%. Esta colonización es considerada como moderada de acuerdo con Kormanik & McGraw (1982)

quienes definen cinco grados de colonización micorrícica. Los tratamientos que incluyeron la inoculación del consorcio nativo de HMA, en todos los materiales de *V. unguiculata*, y los tratamientos Comercial-Dominga y Comercial-Cubana presentaron la misma capacidad y los porcentajes más altos de colonización total (Tabla1). Domingo es un material criollo que está adaptado a las condiciones locales y se cultiva en mayor extensión que los materiales Cubana y Brasil por los productores de la región. Lo que puede estar asociado a los porcentajes altos de colonización obtenido, debido a la adaptación y compatibilidad entre los HMA nativos y el cultivar. Otros reportes señalan que en *V. unguiculata* se han registrado 82-85.25% de colonización total con la inoculación de un consorcio nativo (Caldera *et al.*, 2013), en otras fabáceas como *Canavalia enciformis* hasta un 30% con la inoculación de un consorcio comercial (Padrón-Rodríguez *et al.*, 2020). Por lo que el origen del inoculo también es un factor que puede influir en porcentajes bajos o altos de colonización.

La mayor biomasa seca se obtuvo con el tratamiento Nativo-Dominga (23.98 g) y los menores promedios con la variedad Brasil independientemente del inoculo de HMA y el control. Esta respuesta del material criollo Domiga se asoció a los porcentajes altos de colonización y la funcionalidad de los HMA nativos para translocar agua, nutrimentos y ponerlos a disposición de la planta, efectos benéficos que se han observado en otras leguminosas (Harris-Valle *et al.*, 2019; Tamayo-Aguilar *et al.*, 2020).

Los tratamientos Control-Dominga y Control-Cubana (15.956 cm³) estuvieron entre los tratamientos que registraron mayor volumen de raíz, sin embargo con el tratamiento Nativo-Dominga se obtuvo una tendencia a incrementar el volumen de la raíz (17.55 cm³) (Tabla 1). Este incremento en volumen de raíz está asociado a la capacidad de los HMA para modificar el crecimiento y morfología de la raíz, incrementando su área y las raíces secundarias son más funcionales para obtener agua, nutrimentos y compensar el daño por la presencia de patógenos de raíz (Diagne *et al.*, 2020).

Tabla 1. Efecto de la inoculación de hongos micorrícicos arbusculares en el crecimiento de *V. unguiculata*.

Tratamiento	Biomasa aérea seca (g)	Volumen de raíz (cm ³)	Colonización total (%)
Nativo-Dominga	23.98 ± 1.60 a	17.55 ± 1.09 a	39.08 ± 3.3 a
Nativo-Cubana	11.20 ± 0.84 c	15.80 ± 1.46 a	39.02 ± 2.6 a
Nativo-Brasil	2.99 ± 0.52 d	4.75 ± 1.13 c	28.45 ± 2.8 abc
Comercial-Dominga	17.04 ± 1.38 b	15.60 ± 1.49 a	32.41 ± 3.2 abc
Comercial-Cubana	6.73 ± 1.38 cd	11.00 ± 1.14 b	34.94 ± 2.4 ab
Comercial-Brasil	2.87 ± 0.63 d	3.50 ± 0.31 c	22.11 ± 2.0 c
Control-Dominga	17.23 ± 1.45 b	15.95 ± 1.01 a	22.49 ± 2.3 c
Control-Cubana	10.11 ± 0.88 c	15.10 ± 1.07 ab	24.01 ± 2.5 bc
Control-Brasil	4.67 ± 0.98 d	5.35 ± 0.70 c	22.92 ± 2.7 c
DMS	4.90	4.55	12.88

La muestra promedios ± error estándar DMS=diferencia mínima significativa. Letras iguales dentro de misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, P≤0.05). tabla

Con las variables de producción los ANDEVAS detectaron diferencias significativas entre tratamientos. El mayor número de vainas se obtuvo con el cultivar Dominga, independientemente de origen de HMA inoculado y el control. Con Nativa-Dominga y Comercial-Dominga se obtuvo vainas de mayor peso (14.46 g) y el mayor peso total de semillas por planta (57.25 g), lo que significó hasta un 35% más de producción de semillas con relación al resto de los tratamientos (Tabla 2). El incremento en la producción se ha reportado en otras leguminosas como *Phaseolus vulgaris* (Tamayo-Aguilar *et al.*, 2020). En *V. unguiculata* Tamayo-Aguilar *et al.* (2019) señalaron que con la inoculación de *Rhizophagus irregularis* obtuvieron 2.70 Kg/m² de producción. Los beneficios de la inoculación de consorcios de HMA en los cultivos se logra cuando se establece la interacción y esta es funcional y se refleja en el crecimiento y producción de los cultivos (Herrera *et al.*, 2021, Cristóbal-Alejo *et al.*, 2022), como lo observado en este estudio con la inoculación de los HMA nativos y el cultivar Dominga.

Tabla 2. Efecto de la inoculación de hongos micorrícicos arbusculares en variables de producción de *V. unguiculata*.

Tratamiento	Número de vainas por planta	Peso total de vainas por planta (g)	Peso total de semillas por planta (g)
Nativa-Dominga	4.45 ± 0.46 ab	14.47 ± 1.46 a	57.25 ± 5.82 a
Nativa-Cubana	3.40 ± 0.21 bc	9.95 ± 0.74 bc	40.10 ± 3.15 b
Nativa-Brasil	2.90 ± 0.17 c	5.09 ± 0.42 bc	29.85 ± 2.85 b
Comercial-Dominga	4.80 ± 0.37 a	12.48 ± 0.56 ab	63.75 ± 5.46 a
Comercial-Cubana	2.95 ± 0.22 c	6.23 ± 0.59 d	30.40 ± 3.15 b
Comercial-Brasil	3.10 ± 0.28 c	6.29 ± 0.57 d	29.35 ± 2.90 b
Control-Dominga	3.75 ± 0.25 abc	10.84 ± 0.75 b	34.45 ± 2.24 b
Control-Cubana	3.50 ± 0.31 bc	10.14 ± 0.97 bc	31.35 ± 2.54 b
Control-Brasil	3.20 ± 0.23 bc	6.75 ± 0.76 cd	30.20 ± 2.50 b
DMS	1.29	3.61	14.77

La tabla muestra promedios ± error estándar DMS=diferencia mínima significativa. Letras iguales dentro de misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, P≤0.05).

CONCLUSIONES

Los consorcios de HMA favorecieron el crecimiento de *V. unguiculata*. El mayor promedio de las variables estimadas se obtuvo con el consorcio nativo cuando se inoculó en el cultivar Dominga. Este mismo cultivar cuando se inoculó con el consorcio nativo y comercial se obtuvo hasta un 35% más de producción de semillas en relación al resto de los tratamientos.

REFERENCIAS

- Caldera E, Acosta K, Garcés G, Petit B, Gutiérrez W, Pérez C. 2013. Respuesta del cultivo frijol (*Vigna unguiculata* L. Walp) variedad Catatumbo a la inoculación con micorrizas nativas y comerciales bajo condiciones controladas. Redieluz 3: 157-164.
- Diagne, N., Ngom, M., Brahim D. P., Fall, D., Hocher, V., Svistoonoff, S. 2020. Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Plant Growth and Performance: Importance in Biotic and Abiotic Stressed Regulation. Diversity. 12:370.
- Herrera, P. E., Ramos-Zapata, J., Cristóbal-Alejo, J., Tun-Suarez, J., Reyes-Ramírez, A. 2018. Species of *Trichoderma* antagonistic to the root knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in habanero pepper. Phytol. 87: 7-13.
- Herrera, P. E., Ramos-Zapata, J., Basto-Pool, C., Cristóbal-Alejo J. 2021. Sweet pepper (*Capsicum annuum*) response to the inoculation of native arbuscular mycorrhizal fungi and the parasitism of root-knot *Meloidogyne incognita*. Revista Bio Ciencias. 8. e982.
- Cristóbal-Alejo, J., Lima-Burgos, A., Pinzón-López, L., Tun-Suarez, J. M. Herrera-Parra, E., J. 2022. Hongos micorrícicos arbusculares aceleran el tiempo de crecimiento de porta injertos de guanábana (*Annona muricata* L.). Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 9(1). e3326.

- Kormanik, P.P., McGraw, A. C. 1982. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizae in plant roots. In: Schenck NC, ed. Methods and Principles of Mycorrhizal Research. Minnesota: American Phytopathological Society. pp. 37-45.
- Linhares, C. M. S., Freitas, F. C. L., Ambrósio, M. M. Q., Nunes, G. H. S., Silva, K. S. 2018. Efeito de coberturas do solo sobre a podridão cinzenta do caule em *Vigna unguiculata*. Summa Phytopathologica. 44(2).148-155.
- Márquez, C., De la Cruz, E., Osorio, R., y Sánchez, E. 2015. Biofortification of cowpea beans with iron: iron's influence on mineral content and yield. Journal of soil science and plant nutrition 15: 839-847.
- Mc.Gonigle, T., Miller, M., Evans, D., Fairchild, G. y Swan, J. 1990. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular–arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytologist 115: 495–501
- Menssen, M., Linde, M., Otunga, E., Abukutsa, M., Dinssa, F. y Winkelmann, T. 2017. Genetic and morphological diversity of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Entries from East Africa. Scientia Horticulturae 226: 268-276.
- Morales, A., Alvarado, C., Andueza, R., Tun, J. y Medina, K. 2020. Calidad nutrimental y nutraceutica en ejotes de caupí (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) de la Península de Yucatán. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 7(3).
- Padrón-Rodríguez, L., Arias-Mota, R., Medel-Ortiz, R., De la Cruz-Elizondo, Y. 2020. Interacción de hongos micorrízicos y una cepa fosfato solubilizadora en *Canavalia ensiforme* (Fabaceae). Botánica Sciences. 98(2). 278-287.
- Phillips, J. y Hayman, D. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment to infection. Trans. Brit. Mycol. Soc. 55: 158-161.
- Quiñones, E., Hernández, L., López, L. y Rincón, G. 2019. Efectividad de hongos micorrízicos arbusculares nativos de rizósfera de Agave como promotores de crecimiento de papaya. Terra Latinoamericana. 37:163-174.
- Tamayo-Aguilar, Y., Nelson-Riera, Manuel., Terry-Alfonso, E., Juárez-López, P. Rodríguez-Matos, Y. 2019. Respuesta de *Vigna unguiculata* (L) Walp a la aplicación de bioproductos en condiciones de huertos intensivos. Acta Agronómica. 68(1). 41-46.
- Tamayo-Aguilar, Y., P. Juárez-López, W. Capdevila-Bueno, J. Lescaille-Acosta y Terry-Alfonso, E. 2020. Bioproductos en el crecimiento y rendimiento de *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364. Terra Latinoamericana. Número Especial 38(3). 667-678.

EVALUACIÓN DE ALGODÓN CONVENCIONAL EN FECHAS DE SIEMBRA TEMPRANAS PARA EL SUR DE SONORA

José Luis Félix-Fuentes, Ivón Alejandra Rosas-Jáuregui, José Eliseo Ortiz-Enríquez, Alma Ortiz-Avalos, Juan Manuel Cortes-Jiménez y Guillermo Fuentes-Dávila.

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora 85000. Correo: felix.joseluis@inifap.gob.mx

RESUMEN

Actualmente la superficie de siembra para este cultivo ha disminuido de manera considerable, debido a diferentes factores entre los que destaca los bajos precios en los mercados internacionales y la dificultad para cosechar, debido a que esta se empalma con las lluvias de verano afectando la calidad de la fibra, por ello se buscan alternativas para hacer frente a esta segunda problemática. Con fechas de siembra del mes de noviembre la cosecha se presenta previo al inicio de las lluvias de verano, con rendimientos de hasta 4.3 toneladas y 1.6 en pluma, siendo la fecha de siembra del 01 de noviembre la que se vio más susceptible al ataque de insectos plaga, debido a que durante los primeros meses del desarrollo la planta fue más vulnerable debido a que retuvo el crecimiento fisiológico y por lo tanto no hubo crecimiento de follaje. Por lo que se debe adelantar un par de semanas más la fecha, de siembra para que la planta al entrar a su periodo de latencia se encuentre de mayor tamaño.

Palabras clave: rendimiento, producción, clima

ABSTRACT

Currently, the planting area for this crop has decreased considerably, due to different factors, among which the low prices in international markets and the difficulty in harvesting stand out, due to the fact that this is spliced with the summer rains. fiber, therefore alternatives are sought to deal with this second problem. With sowing dates in November, the harvest is presented before the start of the summer rains, with yields of up to 4.3 tons and 1.6 in feather, with the sowing date of November 1 being the one that was most susceptible to the attack of insect pest, because during the first months of development the plant was more vulnerable because it retained physiological growth and therefore there was no foliage growth. Therefore, the planting date should be brought forward a couple of weeks so that the plant, when entering its latency period, is larger

Key words: yield, production, climate

INTRODUCCIÓN

El algodón es la planta textil de fibra suave más importante del mundo y su cultivo es de los más antiguos (CIBIOGEM, 2014). Es un cultivo domesticado desde hace milenios y que ha desempeñado un papel fundamental a lo largo de la historia (FAO y ABC, 2018). Es cultivado principalmente por la fibra y las semillas; es la planta de fibra nueva más usada en el mundo para la confección de prendas de vestir, material de curación, tapicería y papel moneda (AGROBIO, 2018). El algodón representa alrededor del 30% de las fibras empleadas en la industria textil mundial y forma parte del sustento de vida de 350 millones de personas alrededor del mundo (FAO y ABC, 2018). De la semilla se extrae aceite comestible, mientras que su cáscara es empleada como forraje crudo, combustible o abono (Solleiro y Mejía, 2016).

En el 2019 México obtuvo una producción de 341.8 mil toneladas de algodón pluma y se destinó una superficie de 207.9 mil hectáreas a su cultivo. Los principales estados productores

fueron Chihuahua, Baja California y Coahuila, en conjunto representan el 92% de la producción nacional de algodón. La importancia del cultivo se vincula con la creciente demanda de fibra de la industria, así como con la cantidad de empleo que éste genera a lo largo del año, por lo tanto, el algodón tiene un alto impacto en el campo mexicano. (SAGARPA-FAO, 2014).

El algodón es un cultivo ampliamente distribuido a nivel global en las regiones áridas y semiáridas con climas cálidos y semicálidos. La fecha de siembra puede contribuir de una u otra forma al desarrollo de la planta del algodón, la semilla de algodón requiere de temperaturas mayores a los 15 °C en el suelo para poder germinar. En Sonora la fecha de siembra óptima del algodón era hasta 1995, desde enero 15 en el valle del mayo hasta abril 15 en la Costa de Caborca y valle de San Luis Río Colorado. Presentándose más o menos en forma escalonada para latitudes mayores (CESAVE, 2018). Actualmente la fecha de siembra en el sur de Sonora es del 01 de enero al 28 de febrero (DDRDRY 2021).

Noé et al., 2002, menciona que al adelantar la fecha de siembra la planta aprovecha las temperaturas favorables para el desarrollo fisiológico que se presenta durante los meses de marzo a mayo, logrando obtener una mayor carga de frutos. En relación a la fecha de siembra actual trabajos experimentales llevados a cabo por el programa de algodón, demostraron que siembras en enero y febrero presentan las siguientes ventajas: Permiten que el algodón emerja bajo temperaturas más favorables obteniéndose una mejor población de plantas; que desarrolle su ciclo fructífero crítico (mayo-junio) cuando no afectan el buen desarrollo de la planta. Sin embargo, uno de los principales problemas que se presentan durante el ciclo agrícola actual es que la época de cosecha se empalma con las lluvias de verano, lo cual afecta de la calidad de la fibra, lo cual genera pérdidas económicas, por ello en este trabajo se pretende presentar una nueva ventana de siembra del cultivo de algodón mediante el adelanto de la fecha de siembra del mes de febrero al mes de noviembre, con lo cual el agricultor estaría adelantando la cosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó durante el ciclo agrícola 2021-2022 en terrenos del 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, ubicado en las coordenadas: 27°22'16.43"N, 109°55'15.39"O. Su altura media sobre el nivel del mar es de 40 metros en un suelo de textura arcillosa y pH de 7.8. El clima de la región, de acuerdo con la clasificación de Koppen y modificada por Enriqueta García, corresponde al seco cálido (tipo BW) y al seco muy cálido semicálido (tipo BSo). La precipitación promedio en el año es de alrededor de 280 mm de los cuales el 75% se presenta en los meses de verano (junio a octubre) en forma de lluvias torrenciales y el 25% restante ocurre en los meses de invierno (noviembre a marzo) con lluvias pausadas (INIFAP, 2001). Este trabajo se realizó con el material convencional azteca (ensayos previos a su liberación), se establecieron dos fechas de siembra tempranas, la primera el 01 de noviembre y la segunda el 24 del mismo mes, a densidades de 13 plantas/m lineal a una profundidad de 7 cm, en camas de 100 m de longitud a una separación entre surco de 1m. previo a la siembra se preparó el terreno con un desvare, tres rastreos y nivelación. En este trabajo se realizaron cinco riegos, la fertilización se realizó con 160 unidades de N. 20 % del N en la siembra, el 50 % al 1er riego de auxilio y el restante 30 % al 2do riego de auxilio. 60 unidades de P. 50% en la siembra y el resto en el 1er riego. Se realizó una aplicación foliar de micronutrientes antes del 2do auxilio. El manejo de plagas y enfermedades, se monitoreo con trampas amarillas pegajosas, para el control de insectos chupadores se aplicó solución jabonosa cada dos días durante una semana a los 45 días después de germinación. Y dos aplicaciones con extractos de neem, canela y de higuera. Para el manejo de maleza se utilizó cultivadora y deshierbe manual con uso de

jornal. Se evaluó el rendimiento de algodón en hueso y en pluma. El algodón en hueso está constituido por la semilla y la pluma. Y el rendimiento de pluma se obtiene después de separar la semilla. Se evaluaron componentes de rendimiento como el número de capullos por planta, peso de capullos, número de semillas por capullo, peso de 100 semillas y peso de fresco de planta. La unidad experimental fue de 10 m. se realizaron tres muestreos por densidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la evaluación de las dos fechas de siembra tempranas se obtuvieron resultados considerados favorables, en la fecha del 01 de noviembre fue solo 2% superior a la segunda fecha, aun cuando estos resultados están altos, la planta fue susceptible al ataque de insectos chupadores, debido a que durante los primeros 60 días de desarrollo el algodón detuvo su crecimiento debido a las bajas temperaturas, no obteniendo las unidades calor requeridas para su desarrollo, el mayor número y peso de capullos se obtuvo en la primera fecha con un promedio de 17 capullos/planta con un peso de 6.3g ya que la planta retuvo un mayor número de capullos y con mayor peso a diferencia de la segunda fecha de evaluación donde los resultados fueron inferiores. Como se observa en el cuadro 1. Palomo *et al.*, (2014) menciona que a media nacional del algodón semilla fue de 5 t/ha, valor que resulta elevado si lo comparamos con los datos obtenidos en este trabajo, por lo que hay que considerar el repetir estas mismas fechas y considerar adelantarnos al mes de noviembre es decir comenzar la siembra a mediados del mes de octubre.

Cuadro 1. Promedio de las variables evaluadas en las dos fechas de siembra

Rep	Fecha	Hueso	Pluma	Altura de planta (cm)	ncpp	Peso de capullo (g)	Peso de 100 semillas (g)
1	1	4400	1631	100	18	6.48	10.47
2	1	4200	1558	95	18	5.93	10.58
3	1	4369	1672	105	16	6.68	10.65
Media		4323	1620	100	17	6.36	10.56
CV		0.024	0.0356	0.05	0.066	0.061	0.0085
1	2	4280	1596	105	10	5.1	10.8
2	2	4326	1642	110	11	5	10.6
3	2	4130	1564	120	10	4.8	10.7
Media		4245.333	1600.666	111.666	10.366	4.966	10.7
CV		0.0241	0.0244	0.0683	0.0294	0.0307	0.00934

CV: coeficiente de variación, ncpp: número de capullos por planta

CONCLUSIONES

El adelantar la fecha de siembra se observa una serie de beneficios entre los que destaca: Menor riesgo a la inversión al sembrar con temperaturas más cálidas y lograr uniformidad en la germinación y emergencia de plantas, también Se implementa automáticamente un control cultural fitosanitario a nivel valle con una ventana más amplia libre de cultivos. Esto traerá beneficios para todos los productores al mitigarse la proliferación de plagas. Mayor posibilidad de cumplir en tiempo y forma con la Norma Oficial Mexicana NOM-026-SAG/FITO-2014 en cuanto a la ejecución de los trabajos fitosanitarios postcosecha como desvare y barbecho, mismos que recurrentemente se ven desfasados por efecto de las lluvias de la región acortando significativamente la ventana libre de siembra Asegurar el amarre de bellotas en el primer tercio con bajas probabilidades de aplicación química para control de picudo, este primer tercio significa el 40 % de la producción. Habría un efecto positivo al medio

ambiente y a la economía del productor. Mayor producción y calidad de la fibra al realizar la pizca fuera de la época de lluvias, como es el caso actualmente.

REFERENCIAS

- AGROBIO. (2018). El exitoso caso del algodón en México. AgroBio México. Recuperado el 19 de marzo de 2020, de www.agrobiomexico.org.mx/wp/wp.../Folletos-2018-Algodon-Website201810.pdf
- Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM). (2014). Algodón. Consultado en línea en <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/algodon>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, y Agencia Brasileña de Cooperación (FAO- ABC). (2018). Estudio nichos de mercados del algodón. Santiago de Chile: FAO- ABC. Consultado en línea 78 en <http://iba-br.com/site/wp-content/uploads/2020/10/estudo-nichomercado.pdf>
- Palomo –Gil A., A. Rodríguez M. y M. Ramírez D. (2014) picudo de algodnero y prácticas de manejo integrado. Folleto técnico No. 29. Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias Matamoros Coahuila 42 p
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2014). Análisis de la cadena de valor en la producción de algodón en México. SAGARPA-FAO, México. Recuperado el 05 de marzo de 2020, de <https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2019/01/28/1608/01022019-4-analisis-de-la-cadena-de-valor-en-la-produccion-dealgodon-en-mexico.pdf>
- Solleiro R., J. L., & Mejía C., A. O. (2016). Cadena de valor en la producción de algodón en México: los desafíos del mercado global. 21° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México. UNAM, México. Recuperado de <http://ru.iiec.unam.mx/3426/1/175-Solleiro-Mejia.pdf>
- Uribe, N. O., Contreras, A. M., & Cántora, M. L. (2003). Respuesta del algodnero al acolchado plástico y fechas de siembra. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26(3), 141-145.
- Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sonora. para los componentes de rendimiento se cuantifico el peso de capullos

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE CHILE VERDE EN AGUASCALIENTES, MÉXICO

Mercedes Borja Bravo¹, Blanca Isabel Sánchez Toledano², Sergio Arellano Arciniega¹, Maihualy Martínez Fernández³ y Juan Samuel Guadalupe Jesús Alcalá Rico⁴.

¹Campo Experimental Pabellón, INIFAP. Km. 32.5 carr. Ags- Zac., Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. ²Campo Experimental Zacatecas, INIFAP. Kilómetro 24.5 Carretera, Zacatecas - Fresnillo, Zacatecas. ³Campo Experimental Valle del Guadiana, INIFAP. Km. 4.5 carr. Durango-El Mezquital, Durango, Dgo. ⁴Campo Experimental las Huastecas- INIFAP. Carr. Tampico-Mante Km. 55, Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tamaulipas.

Autor responsable: borja.mercedes@inifap.gob.mx

RESUMEN

La producción de chile verde en Aguascalientes ha mostrado un incremento el rendimiento durante los últimos años. No obstante, aun cuando el cultivo de chile es importante para el país y la entidad, se adolece de información actualizada que permita identificar la forma de producir y el beneficio económico que representa para los productores dedicados a esta actividad. El objetivo fue analizar la producción de chile en el estado de Aguascalientes desde la perspectiva del manejo agronómico y su rentabilidad. La información se obtuvo de encuestas a productores de chile verde en el estado y se analizó a través de la metodología para evaluaciones económicas. Los resultados mostraron que por cada peso invertido en la producción chile poblano se obtuvieron 55 centavos de ganancia, que equivale a una rentabilidad de 55.2 %. En el caso de chile serrano la rentabilidad fue de 91.6 %, lo que significó que por cada peso invertido el productor obtuvo 91.6 centavos de ganancia. La información presentada mostró que la producción de chile verde en el estado de Aguascalientes es una actividad rentable y competitiva.

Palabras clave: Chile verde, rentabilidad, ingreso neto al productor.

ABSTRACT

The production of green chili in Aguascalientes has shown an increase in yield in recent years. However, even though the cultivation of chili is important for the country and the entity, it lacks updated information that allows identifying the way of producing and the economic benefit it represents for the producers dedicated to this activity. The objective was to analyze the production of chili in the state of Aguascalientes from the perspective of agronomic management and its profitability. The information was obtained from surveys of green chili producers in the state and was analyzed through the methodology for economic evaluations. The results showed that for each peso invested in the poblano pepper production, 55 cents of profit were obtained, which is equivalent to a return of 55.2%. In the case of serrano chili, profitability was 91.6%, which meant that for each peso invested, the producer obtained 91.6

cents of profit. The information presented showed that the production of green chili in the state of Aguascalientes is a profitable and competitive activity.

Key words: Green Chile, profitability, net income to the producer

INTRODUCCIÓN

En el año 2020 la producción de chile en México se estimó en 3.2 millones de t (SIAP, 2021) y consistió en más de 100 variedades distribuidas a nivel nacional. Las variedades de chile se pueden dividir en dos grandes grupos: 22 variedades para consumo en fresco y 12 para consumo en seco. En el 2020, en Aguascalientes se destinó una superficie de siembra para chile de 878 ha y se obtuvo una producción de 17,110 t, lo que significó una derrama economía para el estado de 13.5 millones de pesos (SIAP, 2021).

Durante la última década, la producción de chile en Aguascalientes ha mostrado un incremento promedio anual de 4.5 %, atribuido al incremento en el rendimiento (5.1 %), derivado de la especialización que han adquirido los productores y la implementación de nuevas tecnologías; así como a una creciente demanda de la hortaliza en el mercado nacional e internacional. Los municipios más destacados donde se produce chile son Asientos, Cosío, San Francisco de los Romo, Rincón de Romos, Pabellón de Arteaga y Tepezalá; sin embargo, son 10 municipios del estado donde se produce la hortaliza (SIAP, 2021).

No obstante, aun cuando el cultivo de chile es importante para el país y la entidad, se adolece de información actualizada que permita identificar la forma de producir y el beneficio económico que representa para los productores dedicados a esta actividad. El objetivo fue analizar la producción de chile en el estado de Aguascalientes desde la perspectiva del manejo agronómico y su rentabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación fue del tipo no experimental-transeccional descriptiva. El estudio se realizó en el estado de Aguascalientes que se incluyó a los municipios de Cosío, Rincón de Romos, Asientos, Jesús María y Aguascalientes.

Para cumplir el objetivo se aplicaron 35 encuestas a productores de chile en el estado de Aguascalientes. Se utilizó el muestreo por bola de nieve que consiste en identificar a una persona de interés, la cual proporciona el nombre de otra, que a su vez menciona el nombre de un tercero, así sucesivamente (Baltar y Gorjup, 2012). Se optó por este muestreo debido a que no se conocía la ubicación geográfica de los productores y la población de interés es un número reducido, lo que provocó dificultad para identificarlos. La información obtenida en las encuestas fue registrada en hojas de Excel 2016 y se analizó mediante estadística descriptiva en el programa SPSS Statistics 27.0 (IBM, 2021).

Para el análisis de rentabilidad, primero se estimaron los costos de producción para los tipos de chile verde Poblano y Serrano. En la estimación se consideró el sistema de producción de chile con riego por goteo y acolchado, al ser este el más común entre los productores encuestados.

El cálculo de costos de producción corresponde a precios del ciclo primavera-verano del año 2021. Los costos fueron divididos en costos directos e indirectos (Arce, 2020). Los directos consideraron labores contratadas (subsuelo, rastreo, nivelación, preparación de la cama, acolchado y escarda), mano de obra (trasplante de plántula, aplicaciones de riego, aplicaciones de agroquímicos y cosecha), fertilizantes, insecticidas, fungicidas y herbicidas, semilla y producción de plántula, cintilla y acolchado. En los costos indirectos se incluyeron los análisis de suelo, agua y follaje, costo del agua para el riego, asesoría técnica, monitoreo de plagas y otros productos como botes para el corte y arpillas.

El ingreso total por hectárea se calculó utilizando el precio de venta por tipo de chile y el promedio del rendimiento expresado por la muestra de productores. El ingreso neto fue la diferencia entre los ingresos totales y los costos de producción (Delgado *et al.*, 2015; Arenas-Julio *et al.*, 2021).

$$\text{Ingreso Neto} = IT - CT$$

Aunado, se estimó la ganancia por peso invertido que se calcula con la siguiente expresión (Arenas-Julio *et al.*, 2021):

$$\text{Ganancia por peso invertido} = \frac{IT}{CT}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los datos de las encuestas, los productores de chile en el estado de Aguascalientes tienen una edad promedio de 48 años. El 97 % de las personas encuestadas fueron hombres con promedio de 9.5 años de dedicarse a la producción de esta hortaliza, pero osciló entre 3 a 30 años. Poco más de la mitad (51.4 %) de la muestra tuvo un grado máximo de estudios de licenciatura y 22.9 % estudios de preparatoria, lo que indica que son productores con alta y media escolaridad.

La edad y el nivel académico de los productores son factores que influyen directamente sobre la forma de cultivar y la disponibilidad de adoptar nuevas tecnologías (Damián *et al.*, 2007; Velasco *et al.*, 2009; Vélez *et al.*, 2013). Para el caso de los productores de chiles de Aguascalientes, la edad fue menor en comparación con productores de otros cultivos y contaron con educación formal; situación que los ubica como agricultores con tendencia a

adoptar nueva tecnología que mejoren sus sistemas de producción, en un esquema de agronegocio rentable y competitivo.

Los productores destinan una superficie de siembra promedio de 9.5 ha. El 85.7 % de las parcelas tuvieron régimen de propiedad privada y el resto fueron tierras ejidales; el 28.6 % de los productores rentaban la parcela.

El 100 % de los agricultores poseen tractor, arado, rastra y surcadora, el 97 % subsuelo y cultivadora, el 89 % sembradora, el 86 % niveladora y el 74 % aspersor de mochila. Poco más de la mitad de los productores tienen acolchadora y en menor cantidad los productores tienen desvaradora y aspersor mecánico

Las variedades en verde que se producen en Aguascalientes fueron poblano y serrano, en el Cuadro 1 se muestran los tipos de chile y la tecnología que se usa para la producción, así como el mercado en el que se comercializan.

Cuadro 1. Tipos de chile y tecnología utilizada en la producción

Tipo de chile	Riego	Superficie Cultivada (ha)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Mercado destino
Poblano	Goteo	1 a 15	4-10	California, McAllen (USA), Puebla, Aguascalientes.
Serrano	Goteo S+RGr*	1 a 3	4-9	Aguascalientes, Puebla, Estados Unidos.

Fuente: Elaboración Propia con información obtenida en campo.

*S + RGr= Surco+ Riego por gravedad

Producción de chile verde: actividades agronómicas y culturales.

Producción de plántula: La producción de plántula inicia a finales de noviembre y diciembre, el 94.3 % de los productores realizan la producción de plántula en invernadero y pagan por que la produzcan. Para la producción de una hectárea se emplea 300 gr de semilla, aunque puede incrementarse hasta 500 gr, lo cual depende del tipo de chile que cultiven.

Preparación del terreno: En la preparación de terreno el 91.4 % de los productores subsolea y el resto barbecha, seguido de uno a dos pasos de rastra. El 48.6 % realiza nivelación de su parcela; posteriormente, continúan con la preparación de la cama de siembra y establecimiento de cintilla más acolchado.

Trasplante: Esta actividad la realizan en los meses de marzo y abril y ocupan en promedio 20 jornales. Para el chile poblano ocupan 34,000 plantas, sembradas a 32 cm entre plantas y

85 cm entre surcos. El chile serrano tuvo una densidad de plantas de 30,000, a 34 cm de distancia entre plantas y 80 cm entre surcos.

Riego: El 100 % de los encuestados señaló que riegan con agua extraída por bombeo de pozos profundos. La mayoría (60 %) usa pozo colectivo, y en menor proporción, pozo propio (54 %). Respecto a los sistemas de riego, el 100 % de los productores utilizan riego por goteo en la producción de chile y el 11 % también cultivan el chile con riego por gravedad.

Fertilización: Los productores encuestados señalaron que la nutrición del cultivo se realiza junto con el riego. En promedio, fertilizan 10 veces durante el ciclo agrícola y sólo el 37 % de los productores aplica fertilización orgánica, como lixiviados.

Plagas y enfermedades: Los productores indicaron que las plagas que más los afectan fueron el picudo (*Anthonomus Eugeni*), el 74 % mosquita blanca (*Bemisia Tabaci*), 20 % pulgón (*Myzus Persicae*), 17 % pulga saltona (*Epitrix Cucumeris*) y 6 % gusano soldado (*Spodoptera Exigua*).

El 60 % productores comentaron que la principal enfermedad que presenta el cultivo de chile es la cenicilla polvorienta (*Oidiopsis spp*), el 34 % pudrición de raíz (*Phytophthora capsici L.*, *Fusarium spp*), 29 % otras enfermedades que son asociadas a problemas con nematodos formadores de agallas de las raíces como *Meloidogyne spp*.

Cosecha: La cosecha de chile se lleva a cabo a partir del mes de julio. Los productores realizan de dos a tres cortes de chile poblano; mientras que en chile serrano solo se realizan dos cortes. El corte de chile se hizo de forma manual, por lo que fue la actividad que más mano de obra ocupó, en promedio, los productores emplearon 12 jornales por corte.

La tecnología utilizada para la producción de chile verde en Aguascalientes, es similar a la utilizada en otras regiones productoras. Se observaron rendimientos promedio de 12 t ha⁻¹; sin embargo, existen productores que cosechan hasta 30 t ha⁻¹. Al respecto, Delgado *et al.* (2014) consideran que el uso de híbridos mejorados y el control del régimen hídrico mediante el riego por goteo y acolchado plástico son determinantes para lograr altos niveles de rendimiento, eficiencia de uso del agua y calidad del fruto en el cultivo del chile. Así mismo, Mata *et al.* (2010) señalaron que el uso eficiente de fertirriego y en manejo fitosanitario adecuado, puede elevar considerablemente el rendimiento de esta hortaliza.

Análisis de rentabilidad

El costo directo de chile poblano fue de \$70,349 por ha y el de serrano de \$58,508 por ha, que representaron el 90 y 88 % de los costos totales, respectivamente. Los costos indirectos representaron el 10 y 12 % de los costos de producción, que fueron el resultado de contabilizar

el costo del riego, análisis de suelo, agua y follaje del cultivo, además de pagar servicio de asesoría técnica y el monitoreo de plagas. El costo total del manejo de una hectárea de la hortaliza se observa en el Cuadro 2, donde se especifican los costos por rubros para tipos de chile verde que se producen en Aguascalientes.

Cuadro 2. Costos de producción de chile en Aguascalientes, 2021

Concepto	Poblano	Serrano
Costos Directos		
Labores mecanizadas	5,893	5,140
Labores manuales	22,869	16,784
Cintilla + Riego	17,338	17,505
Semilla	1,873	940
Plántula	7,606	6,519
Fertilizantes	10,807	7,480
Herbicidas	1,073	1,000
Fungicidas	1,280	1,660
Plaguicidas	1,610	1,480
Costos Indirectos		
Riego	2,065	2,600
Análisis de suelo, agua y follaje	1620	0
Otros gastos	4,227	5,700
Total	78,261	66,808

El rendimiento promedio por tipo de chile osciló entre las 3 y 15 toneladas por ha, dependiendo del tipo. El precio de venta del productor es variable y depende de la variedad, en el caso de Aguascalientes, el serrano fue el que tuvo un precio de venta más alto.

Los productores de chile en Aguascalientes obtuvieron un ingreso total por hectárea de entre \$121,000 a \$140,000, mismos que al descontar los costos de producción, obtuvieron un ingreso neto por ha de entre \$43,000 a \$75,100, lo cual depende del tipo de chile que cultiven. En el Cuadro 3 se muestran la ganancia por peso invertido en la producción, el chile poblano fue el de más alta producción en Aguascalientes y se comercializa como chile verde. Por cada peso que invirtieron los productores obtuvieron 55 centavos de ganancia, que equivale a una rentabilidad de 55.2 %. El chile serrano fue el que mejor precio de venta mostró y, por lo tanto, la rentabilidad fue de 91.6 %, que significa que por cada peso invertido el productor obtuvo 91.6 centavos de ganancia.

Cuadro 3. Ganancia y rentabilidad de la producción de chile en Aguascalientes.

Concepto	Poblano	Serrano
Costo total (\$ ha⁻¹)	78,260	66,808
Rendimiento (t ha⁻¹)	12	12
Costo por tonelada (\$ t⁻¹)	6,522	5,567
Precio de venta(\$ t⁻¹)	10,120	10,667
Ingreso total (\$ ha⁻¹)	121,440	128,004

Ingreso neto (\$ t⁻¹)	43,180	61,196
Ganancia por peso invertido (\$)	0.55	0.92
Rentabilidad (%)	55.2	91.6

Existen diversos estudios donde se verifica la rentabilidad del cultivo de chile con diversas tecnologías y para diversos tipos (Mata *et al.*, 2010; Espinoza-Torres y Ramírez-Abarca, 2016; Hernández, 2019), lo cual garantiza que la inversión realizada por los productores podrá ser recuperada y generar un margen de ganancia significativo. Si bien, aspectos como el precio de venta y la oferta en el mercado pueden ser factores que pueden mermar la ganancia, esta hortaliza ha mostrado una tendencia creciente en la demanda interna e internacional, por lo que se convierte en una opción viable para los productores de la hortaliza.

CONCLUSIONES

La producción de chile verde en el estado de Aguascalientes es una actividad rentable y competitiva. Lo anterior, se vio reflejado en el ingreso neto por hectárea, el cual fluctúa entre \$43,000 a \$75,100, dependiendo del tipo de chile que se cultive.

Por cada peso que invirtieron en la producción de chile poblado se obtuvieron 55 centavos de ganancia, que equivale a una rentabilidad de 55.2 %. En el caso del chile serrano la rentabilidad fue de 91.6 %, que significa que por cada peso invertido el productor obtuvo 91.6 centavos de ganancia.

A pesar de que la actividad es viable, es necesario reforzar la extensión agrícola para que se pueda contar con una mayor difusión y transferencia de las innovaciones tecnológicas que existen para el cultivo, así se podrá lograr una mayor adopción por parte de los productores y lograr mayor competitividad.

REFERENCIAS

- Arce, Q. S. E. 2020. Análisis comparativo de precios y costos de producción de hortalizas cultivadas de manera orgánica y convencional. *Agronomía Costarricense*. 44(2): 81-108.
- Arenas-Julio, Y. R., Escalante-Estrada, J. A. S., Aguilar-Carpio, C., Rodríguez-González, M. T. y Sosa-Montes, E. 2021. Rentabilidad y rendimiento de girasol en función del tipo de suelo, nitrógeno y biofertilizante. *Biocencia*. 23(1): 45-51.
- Baltar, F. y Gorjup, M. T. 2012. Muestreo mixto online: Una aplicación en poblaciones ocultas. *Intangible capital*. 18 (1): 123-149.
- Damián, H. M. A.; Ramírez, V. B.; Parra, I. F.; Paredes, S. J. A.; Gil, M. A.; Cruz, L. A. y López, O. J. F. 2007. Adopción de tecnología por productores de maíz en el estado de Tlaxcala, México. *Agricultura Técnica en México*. 33(2):163-173.
- Delgado, R. G.; Inzunza, I. M. A.; Villa, C. M. M.; Catalán, V. E. A. y Román, L. A. 2014. Evaluación de tecnología para maximizar la producción de chile serrano en la Región Lagunera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(8), 1557-1565.
- Delgado, M. R., Escalante, E. J. Al S., Morales, R. E. J., López, S. J. A. y Roncadio, R. M. 2015. Producción y rentabilidad del frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) asociado a maíz en función de la densidad y el nitrógeno en clima templado. *Rev. Fac. Cienc. Agrar., Univ. Nac. Cuyo*. 47(2): 15-25.

- Espinoza-Torrez, L. E. y Ramírez-Abarca, O. 2016. Rentabilidad de chile manzano (*Capsicum pubescens* R Y P) producido en invernadero en Texcoco, Estado de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 7(2): 325-335.
- Hernández, H. N. 2019. Productividad y rentabilidad de chile poblano (*Capsicum annuum* L.) cultivado hidropónicamente bajo condiciones de agricultura protegida. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. 110 p.
- IBM Corporation. 2021. SPSS software. <https://www.ibm.com/mx-es/analytics/spss-statistics-software>.
- Mata, V. H.; Vázquez, G. E.; Ramírez, M. M. y Patishtán, P. J. 2010. Producción de chile serrano por riego por goteo en el sur de Tamaulipas. Libro técnico No. 2. Centro de Investigación Regional del Noreste, INIFAP. 150 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021. Cierre de la producción agrícola (1980-2020). Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Consultado 18 de febrero de 2022.
- Velasco, F. J.; Ortega, S. L.; Sánchez, C. E. y Urdaneta, F. 2009. Factores que influyen sobre el nivel tecnológico presente en las fincas ganaderas de doble propósito localizadas en el estado de Zulia, Venezuela. Revista Científica. 19(2): 187-195.
- Vélez, I. A.; Espinosa, G. J. A.; Omaña, S. J. M.; González, O. T. A. y Quiroz, V. J. 2013. Adopción de tecnología en unidades de producción de lechería familiar en Guanajuato, México. Actas Iberoamericanas de Conservación Animal.3(2013): 88-96.

PRONÓSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE HIGUERILLA (*Ricinus communis*) EN MÉXICO

Mercedes Borja Bravo¹, Sergio Arellano Arciniega¹, Ernesto Martínez Reyes¹, Raúl Vidal García Hernández¹ y Rigoberto Rosales Serna²

¹Campo Experimental Pabellón, INIFAP. Km. 32.5 carr. Ags-Zac., Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. ²Campo Experimental Valle del Guadiana, INIFAP. Km. 4.5 carr. Durango-EI Mezquital, Durango, Durango.

Autor responsable: borja.mercedes@inifap.gob.mx

RESUMEN

La semilla de higuera es un producto apreciado como materia prima para la extracción de aceite, el cual es altamente demandado en el mercado nacional e internacional, además de su importancia para la elaboración de biocombustibles. El objetivo de este trabajo fue pronosticar el comportamiento de la superficie cosechada, rendimiento y producción de higuera en México, mediante el uso de diversos modelos de predicción de series de tiempo. 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 ARIMA (0, 1, 1); mientras que, el rendimiento y la producción con un modelo de Suavizamiento exponencial simple. Los valores pronosticados fueron para cinco años del periodo 2021-2025 la superficie cosechada será en promedio de 206 ha, con un rendimiento de 3.28 t ha⁻¹ y una producción de 2,309 toneladas. Para su mayor expansión, se requiere continuar con el proceso de investigación sobre evaluaciones del cultivo en diferentes ambientes agroclimáticos, además de una mayor difusión del cultivo como una alternativa rentable para los productores agrícolas.

ABSTRACT

The castor seed is a product appreciated as a raw material for oil extraction, which is highly demanded in the national and international market, in addition to its importance for the production of biofuels. The objective of this work was to predict the behavior of the harvested area, yield and production of castor oil in Mexico, through the use of various time series prediction models. Different univariate methods were applied to the time series of the study variables and the model with the best prediction power was determined. The forecasts of the harvested area were obtained through an ARIMA model (0, 1, 1); while, the performance and production with a simple exponential smoothing model. The predicted values were for five years of the 2021-2025 period, the harvested area will be an average of 206 ha, with a yield of 3.28 t ha⁻¹ and a production of 2,309 tons. For its greater expansion, it is necessary to continue with the research process on evaluations of the crop in different agroclimatic environments, in addition to a greater dissemination of the crop as a profitable alternative for agricultural producers.

INTRODUCCIÓN

La higuera pertenece a la familia Euphorbiaceae, originaria de África, es un arbusto que crece de forma silvestre en las regiones tropicales, áridas y semiáridas del mundo (Barrios-Gómez *et al.*, 2018). El producto principal de este arbusto es la semilla, de ella se obtiene el aceite de ricino, el cual posee un alto contenido de ácido ricinoleico (SIAP, 2018). El aceite no es comestible, pero posee cualidades como densidad alta y conserva su viscosidad a diferentes temperaturas y sólo se congela a -10 °C (Barrios-Gómez *et al.*, 2018). Entre los usos que tiene es que se emplea como materia prima en la producción de aceites industriales, hidrocarburos, plásticos y fibras sintéticas. Asimismo, el aceite refinado se aprovecha en la fabricación de productos terapéuticos.

En 2008 se expidió en México la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (DOF, 2008), con lo cual el país se integró de manera activa al orden internacional en la diversificación de alternativas energéticas provenientes de insumos agropecuarios y forestales, bajo la consigna de no poner en riesgo la seguridad y soberanía alimentaria del país. En el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario y Pesquero 2007-2012, se señaló que productos como la caña de azúcar, sorgo dulce, yuca, palma de aceite, jatropha y la higuera, así como el uso de rastrojos, representan sólo algunas de las posibilidades que tiene México para la generación de bioenergéticos, sobre todo aquellos cultivos que no compiten con alimentos y requieren de un bajo consumo de agua para producirlos (Montiel, 2010).

La higuera se encuentra ampliamente distribuida en México y posee potencial de producción de semilla (Solís *et al.*, 2016). Durante el periodo 2018-2020, en promedio se cosecharon 635 ha y se obtuvo una producción de 4,361 toneladas (FAO, 2021). Según datos del Servicio de Información Agroalimentario y Pesquero (SIAP), en los últimos años se había incrementado la producción de semilla de higuera en México ante la demanda de la industria; sin embargo, aun cuando se ha demostrado que el cultivo comercial de higuera requiere de poca agua y tiene un proceso productivo de bajo costo, lo que la convierte en una alternativa de ingresos extras para los pequeños productores, esta planta se sigue considerando como una maleza de poca utilidad (García *et al.*, 2017), mostrando en 2020 una estrepitosa caída en la producción.

Una de las formas de identificar el comportamiento y disponibilidad futura de un producto es a través de pronosticar las principales variables que intervienen en la oferta. 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). El objetivo de este trabajo fue pronosticar el comportamiento de la

superficie cosechada, rendimiento y producción de higuera en México, mediante el uso de diversos modelos de predicción de series de tiempo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Datos

Se utilizaron series de tiempo de superficie cosechada, rendimiento y volumen de producción de higuera en México de los años 1961 a 2020, los cuales fueron obtenidos de la base de datos FAOSTAT website de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO, 2021).

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 transformaron las series de tiempo con logaritmo neperiano (\ln) y posteriormente 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 higuera en México de 1961 a 2020. Se observó que la superficie cosechada tuvo una tendencia decreciente durante el periodo de estudio, sin embargo, durante el periodo 2010-2020, la Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) fue de 10.3 %, aunque cabe destacar que su comportamiento mostró importantes fluctuaciones. A diferencia, el rendimiento mostró una tendencia creciente, sobre todo a partir de 2011, este comportamiento se puede atribuir a un auge en la investigación sobre el cultivo, dando origen a semillas mejoradas y paquetes tecnológicos para la producción de esta semilla de manera comercial (SADER, 2015; Barrios-Gómez, 2018; Valencia *et al.*, 2019). La producción también mostro una tendencia decreciente, pero durante la década de 2010 a 2020 tuvo una TCMA de 39.6%, sobre todo, a partir de 2017 y cayendo vertiginosamente en 2020.

Cuadro 1. Estadísticos de la superficie cosechada, rendimiento y producción de higuera en México, 1961-2020.

Variable	n	Valor mínimo	Valor medio	Valor máximo	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)
Superficie cosechada (ha)	58	0	4,055	12,340	4,211	103.8
Rendimiento (t ha-1)	58	0	4.0	12.34	4.2	93.9
Producción (t)	58	0	2,339	9,322	2,500	106.8

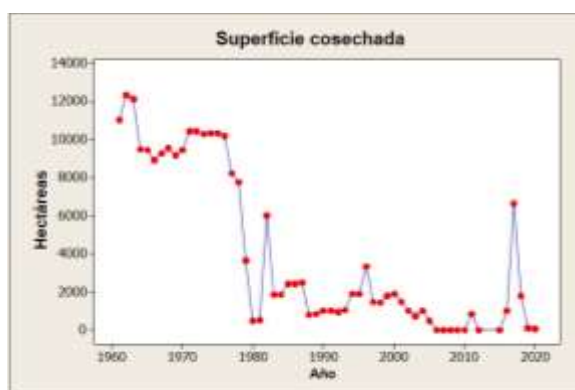


Figura 1. Comportamiento de la superficie cosechada de higuera en México, 1961-2020.

Fuente: elaborado en Minitab con datos de FAOSTAT (FAO, 2021).

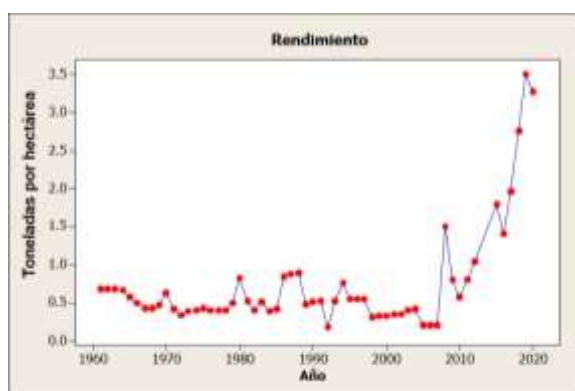


Figura 2. Comportamiento del rendimiento de higuera en México, 1961-2020.

Fuente: elaborado en Minitab con datos de FAOSTAT (FAO, 2021).

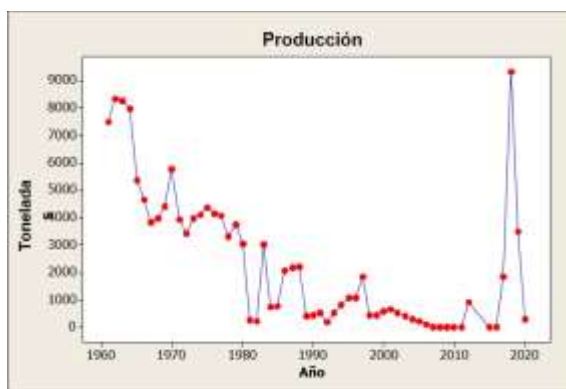


Figura 3. Comportamiento de la producción de higuera en México, 1961-2020.
Fuente: elaborado en Minitab con datos de FAOSTAT (FAO, 2021).

El mejor modelo para estimar los pronósticos de la serie de tiempo de la superficie cosechada fue el ARIMA (0, 1, 2). El modelo seleccionado para pronosticar el rendimiento y producción fue el de suavizamiento simple con $\alpha = 0.928401$ para el primero y $\alpha = 0.495227$ para la producción (Cuadro 2).

Cuadro 2. Modelos de pronóstico estimados para las series de tiempo de higuera en México.

Variable	Modelo pronóstico	Parámetro	Estimado	Error estándar	t	EMC	AIC
Superficie cosechada	ARIMA (0,1,2)	MA (1)	0.206	0.145	4.77*		
	Suavizamiento exponencial	MA(2)	0.159	0.146	4.52*	28.58	315.1
Rendimiento	simple	α	$\alpha=0.9244$	0.124	-	-	-
	Suavizamiento exponencial						
Producción	simple	α	$\alpha=0.4952$	0.124	-	-	-

*t= valores estadísticamente significativos con un nivel de confianza del 95%.

Los valores pronosticados para cinco años se observan en el Cuadro 3, según los resultados obtenidos en el periodo 2021-2025 la superficie cosechada será en promedio de 206 ha, con un rendimiento de 3.28 t ha^{-1} y una producción de 2,309 t. La superficie cosechada incrementará en un 20.2 % promedio anual, mientras que se prevé que el rendimiento y la producción se mantengan constantes o sin cambios importantes.

Cuadro 3. Valor de los pronósticos de las series de higuera en México para el periodo 2020-2025.

Año	Superficie cosechada	Rendimiento	Producción
	Ha	t ha ⁻¹	t
2021	199	3.28	2,309
2022	152	3.28	2,309
2023	38	3.28	2,309
2024	227	3.28	2,309
2025	416	3.28	2,309
Promedio	206	3.28	2,309
TMCA (%)	20.2	0	0

A partir de los resultados obtenidos, es de suma importancia incentivar el crecimiento de la superficie cultivada, ya que la investigación que se ha realizado sobre el cultivo permite a los productores implementar la higuera como un cultivo comercial rentable, principalmente para los pequeños productores que pueden aprovechar sus tierras en desuso para obtener ingresos extra. La higuera tiene la ventaja de ser un cultivo perenne que permite ahorrar en labores de siembra y semilla (Barrios- Gómez, 2018), que a su vez implica ahorro en los costos de producción, aunado es un cultivo que demanda menor cantidad de agua (Valencia *et al.*, 2019). Actualmente, el cultivo de la higuera es poco valorado, por lo cual es necesario continuar con las evaluaciones del comportamiento de higuera a nivel comercial, bajo diferentes condiciones agronómicas y climáticas, esto con la finalidad de identificar la viabilidad del cultivo y su posible adaptación en otros estados donde puede tener potencial de crecimiento.

CONCLUSIONES

La superficie cosechada de semilla de higuera en México tiene un comportamiento fluctuante, que a lo largo de los años ha tenido una tendencia decreciente. Este mismo comportamiento se observa en la producción, la cual ha mostrado importantes incrementos en la última década, sin embargo, no es tan predecible su comportamiento. Por su parte, el rendimiento observa un incremento importante, atribuido al proceso de investigación que se ha desarrollado en México, para potencializar este cultivo como una alternativa a los productores agrícolas y ante la demanda mundial de materia prima para la elaboración de biocombustibles.

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.
- Barrios-Gómez, E. J., Canul-Ku, J., Hernández-Arenas, M. G. y Solís-Bonilla, J. L. 2018. Evaluación de dos ciclos de higuierilla en Morelos, México: siembra y rebrote. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*. 9(8): 1663-73.
- 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.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2008. Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPDB.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2021. FAOSTAT: datos. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/>. Consultado el 04 de junio de 2022.
- García, A. H. E., Andrade, M. L. y Ortega, H. A. 2017. Cadena productiva de la higuierilla (*Ricinus communis* L.) comercialización: un eslabón con oportunidad económica para pequeños productores de Guanajuato. *Jóvenes en la ciencia*. 3(2): 1194-1199.
- Montiel M., J. 2010. Potencial y riesgo ambiental de os bioenergéticos en México. *Ra Ximhai*. 6 (1): 57-62.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Higuierilla: planta tropical oleaginosa. Disponible en: [https://www.gob.mx/siap/articulos/higuierilla-planta-tropical-oleaginosa?idiom=es#:~:text=La%20higuierilla%20\(Ricinus%20communis\)%20es,alto%20contenido%20de%20%C3%A1cido%20ricinoleico](https://www.gob.mx/siap/articulos/higuierilla-planta-tropical-oleaginosa?idiom=es#:~:text=La%20higuierilla%20(Ricinus%20communis)%20es,alto%20contenido%20de%20%C3%A1cido%20ricinoleico). Consultado el 18 de julio de 2022.
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2015. Impulsan cultivo de higuierilla en Valle del Mezquital. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/impulsan-cultivo-de-higuierilla-en-valle-del-mezquital>. Consultado el 02 de agosto de 2022.
- Solís, B. J. L., Muñoz, O. A., Escalante E. J. A. S. y Zamarripa, C. A. 2016. Crecimiento de variedades y componentes del rendimiento de higuierilla (*Ricinus communis* L.) en Montecillo, Estado de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 7(2): 311-323.
- Valencia, G. L., Borbon, A. G., Ochoa, E. X. M., Antuna, G. O., Hernández, H. A. y Coyac, R. J. L. 2019. Productividad De Higuierilla (*Ricinus Communis* L.) En El Norte De Sinaloa. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 10 (5): 1011-1022.

RENDIMIENTO DE FORRAJE EN VARIEDADES DE TRITICALE EN TEMPORAL PARA EL ALTIPLANO SEMIÁRIDO DE MÉXICO

FORAGE YIELD IN TRITICALE VARIETIES IN RAINFED FOR THE SEMIARID ALTIPLANO OF MEXICO

Johann Hernán Martínez-Laiton^{1*}, Odilon Gayosso-Barragan², José Ángel Marroquín-Morales³, Esteban Salvador Osuna-Ceja⁴, Alejandro Javier Lozano-del Río⁵.

¹Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Sogamoso, Boyacá, Colombia. ²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar-INIFAP, Ojuelos de Jalisco, Jal., México.

³Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP, Cd. Obregón, Sonora, México. ⁴Campo Experimental Pabellón-INIFAP, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. ⁵Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

gayosso.odilon@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial de rendimiento de grano y biomasa de diez variedades de triticales en condiciones de temporal en el Altiplano semiárido de México. En campo, los genotipos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con 10 tratamientos y tres repeticiones, durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2021. Se observaron diferencias significativas para las variables altura de planta, biomasa seca total y rendimiento de grano. Para biomasa seca total las variedades AN-186 y AN-223 presentaron el valor más alto, con producción de 4,703.48 y 4,476.4 kg ha⁻¹, respectivamente. En condiciones de temporal errático y suelos degradados, con bajo contenido de materia orgánica, disponer de variedades resistentes al estrés hídrico, con potencial de rendimiento de forraje en dichas condiciones, representa una buena alternativa para los productores para incrementar el rendimiento.

Palabras clave: Agricultura de temporal, rendimiento, producción de forraje.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the grain and biomass yield potential of ten triticale varieties under rainfed conditions in the semi-arid Altiplano of Mexico. In the field, the genotypes were distributed in a randomized complete block design with 10 treatments and three replications, during the agricultural cycle fall-winter 2021. Significant differences were observed for the variables plant height, total dry biomass and grain yield. For total dry biomass, the AN-186 and AN-223 varieties presented the highest value, with production of 4,703.48 and 4,476.4 kg ha⁻¹, respectively. In rainfed conditions and degraded soils, with low organic matter content, having varieties resistant to water stress, with forage yield potential in these conditions, represents a good alternative for producers to increase yield.

Key words: Rainfed agriculture, yield, forage production.

INTRODUCCIÓN

Las reducciones en la cantidad y calidad del forraje disponible para alimentar al ganado están causando serios problemas a los ganaderos. El mantenimiento de pastos durante todo el año y la producción de cultivos forrajeros son difíciles de manejar en áreas de secano. Las regiones semiáridas y áridas se caracterizan por precipitaciones escasas y variables, así como por la escasa fertilidad del suelo (Shalan *et al.*, 2021).

El triticale (*X Triticosecale* Wittmack) se utiliza para la alimentación del ganado, por su contenido nutricional en forraje y grano se encuentra dentro de los estándares para considerarlo de alta calidad al cumplir con los parámetros en contenido de fibra, energía, digestibilidad de materia seca, gustosidad y proteína cruda, es un cultivo con potencial para reemplazar a otros cereales en la alimentación del ganado.

La tolerancia a la sequía y las heladas son las principales ventajas que tiene el triticale sobre los otros cultivos de cereales y, por lo tanto, reduce el riesgo climático. El triticale ha demostrado un alto potencial de rendimiento incluso en condiciones de crecimiento deficiente y podría ser una alternativa muy atractiva para aumentar la producción de cereales a nivel mundial (FAO, 2004). Actualmente, este cultivo representa una opción como cultivo forrajero ya que presenta características de alta productividad, adecuada resistencia a enfermedades y plagas, tolerancia al estrés, alta capacidad de absorción de nutrientes, superior calidad nutricional y rápido establecimiento en comparación con cultivos tradicionales como la avena, el trigo o el centeno (Hernández, 2001).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial de rendimiento de grano y biomasa de diez variedades de triticale en condiciones de temporal en el altiplano semiárido templado de México.

MATERIALES Y METODOS

Se evaluaron en condiciones de temporal diez genotipos de triticali (AN-71-2018, AN-168-2018, AN-174-2018, AN-186-2018, AN-204-2018, AN-223-2018, AN-242-2018, AN-274-2018, AN-276-2018, AN-386-2018), estos materiales fueron proporcionados por el Programa de Cereales del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

El experimento se estableció en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar, en Ojuelos, al noreste del estado de Jalisco, en un suelo de textura franco arenosa, con pH de 7.5 clasificado como moderadamente alcalino, moderadamente bajo en materia orgánica (0.89%) y muy bajo contenido de nitrógeno y fósforo (4.38 y 3.17 ppm, respectivamente). La precipitación promedio durante el ciclo de cultivo fue de 238 mm y temperatura anual media de 17.5°C.

Las variedades se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con 10 tratamientos y tres repeticiones por genotipo, durante el ciclo agrícola otoño-invierno (O-I) 2021. La parcela experimental consistió en 6 hileras por parcela y una distancia entre hilera de 0.3 m por 5 m de largo, la parcela útil fue de 1.0 m de una hilera central. Se tomaron datos de altura de planta (cm), longitud de espiga (cm), rendimiento de grano y biomasa (kg ha^{-1}); se realizó análisis de varianza, comparación de medias (Tukey 0.05) y análisis de correlación lineal de Pearson, los análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias significativas para las variables altura de planta, biomasa seca total y rendimiento de grano. Para biomasa seca total las pruebas de medias mostraron que las variedades AN-186 y AN-223 fueron superiores a las otras variedades evaluadas, con producción de 4,703.48 y 4,476.4 kg ha^{-1} , respectivamente; los genotipos con el rendimiento más bajo fueron AN-204 y AN-386 con 2,970.83 y 3,354.17 kg ha^{-1} , respectivamente (Figura 1). Sánchez y Gutiérrez, (2015) reportan rendimiento de forraje verde y seco de 4,685.3 y 1,876.7 kg ha^{-1} , respectivamente en variedades de triticale evaluadas bajo condiciones de temporal en el estado de Zacatecas.

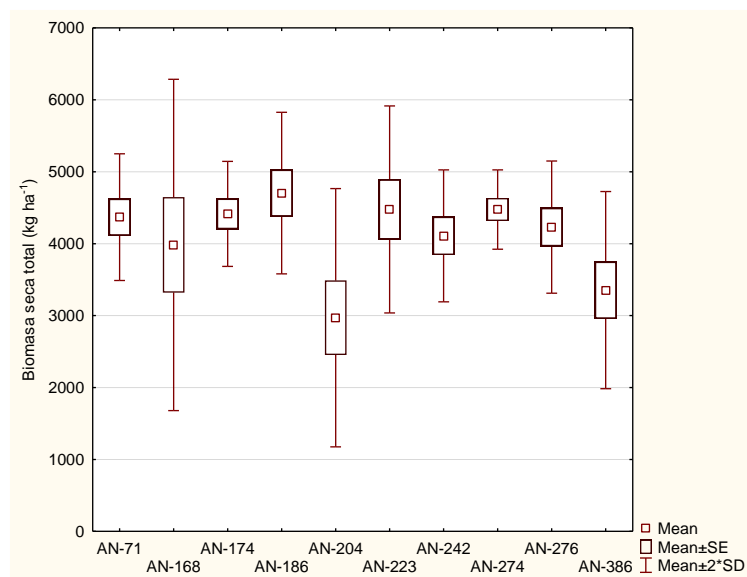


Figura 1. Biomasa seca total (kg ha^{-1}) en 10 genotipos de triticale, en condiciones de temporal

En condiciones de temporal errático y suelos degradados, con bajo contenido de materia orgánica, disponer de variedades resistentes al estrés hídrico, con potencial de rendimiento de forraje en dichas condiciones, representa una buena alternativa para los productores que les permita incrementar el rendimiento. La capacidad de algunos genotipos para prosperar y rendir en condiciones de sequía en zonas semiáridas puede atribuirse a la variación genética inherente y la adaptación ambiental; la diversidad genética presente en genotipos de triticale

es importante para los programas de mejoramiento genético, por su potencial como fuente de características nuevas, exóticas y favorables y facilita a los mejoradores el desarrollo de variedades para características específicas como tolerancia al estrés biótico y abiótico.

Para la variable rendimiento de grano, las pruebas de medias mostraron que los genotipos AN-186 y AN-71 con 938.48 y 917 kg ha⁻¹, respectivamente, presentaron el valor más alto en dichas condiciones de producción.

CONCLUSIONES

Para las condiciones ambientales prevalecientes en el presente estudio, las variedades AN-186 y AN-223 mostraron potencial para la producción de forraje en condiciones de temporal. Disponer de variedades de triticale con potencial de rendimiento de forraje en condiciones de temporal errático y suelos degradados, representa una buena alternativa para la producción de forraje.

REFERENCIAS

- FAO (Food and Agriculture Organization). (2004). Triticale improvement and production. In Mohamed & H. Gomez-Macpherson (Eds.). FAO Plant Production and protection paper 179.
- Hernández, S.A. (2001). Experiencias en el mejoramiento y difusión del triticale desde 1996 en el INIA, CIMMYT, INIFAP e ICAMEX
- Sánchez-Gutiérrez, R.A., Gutiérrez-Bañuelos, H. (2015). Forage characteristics of triticale varieties under drought. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6(3), 645-650.
- Shalan, A.M., Attia, M.A., Salama, H.S.A. (2021). Grain yield and growth parameters of pearl millet genotypes grown in an arid environment under variable plant densities. *Asian J. Plant Sci.* 20, 52–60.

SIEMBRA DE GRANOS PEQUEÑOS CON SEMBRADORA NEUMÁTICA DE PRECISIÓN PARA AGRICULTURA DE TEMPORAL

García-Hernández, Raúl Vidal*; Martínez-Reyes, Ernesto*; Rojas-Santillán, Carlos*; Borja-Bravo, Mercedes 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 siembra de granos pequeños es una actividad importante con áreas de mejora, principalmente en las especies forrajeras y con ámbito de agricultura de temporal. De tal manera que, el objetivo fue evaluar la SPNGP desarrollada en el INIFAP y conocer con tipo de semilla presenta mejor respuesta para equipos neumáticos. Actualmente en el país, se requiere modificar los arreglos topológicos y distribución de semillas en la superficie del suelo. No obstante, se encontró que las semillas con esfericidad como el sorgo no se logró ser depositas de manera homogénea; aunque, también las semillas oblongas como la avena tienen problemas, pero se tuvo mejor distribución en el suelo para estas. El equipo SPNGP arrojó resultados densidad de población para el sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), avena (*Avena sativa* L.) y triticale (*Triticosecale*) de 12.4, 11.8 y 13.1 kg ha⁻¹, respectivamente. Se obtuvo mejor distribución para el cultivo del sorgo 8.6 cm y avena 8.6 cm; lo que nos indica que se puede disminuir la distancia entre plantas modificando la configuración de la sembradora, utilizando plantas con menor número de orificios en la sembradora. El equipo logró realizar una siembra de tipo monograno, y útil para otras especies utilizadas como hortalizas.

Palabras clave: granos pequeños, agricultura de temporal, distribución de semillas, sembradora

ABSTRACT

In Mexico, the planting of small grains is an important activity with areas for improvement, mainly in forage species and in rainfed agriculture. Therefore, the objective was to evaluate the SPNGP developed at INIFAP and to know which type of seed has the best response for pneumatic equipment. Currently in the country, it is required to modify the topological arrangements and distribution of seeds on the soil surface. However, it was found that spherical seeds such as sorghum were not deposited homogeneously; although oblong seeds such as oats also have problems, but there was a better distribution on the soil for these. The SPNGP team yielded population density results for sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench), oats (*Avena sativa* L.) and triticale (*Triticosecale*) of 12.4, 11.8 and 13.1 kg ha⁻¹, respectively. A better distribution was obtained for sorghum 8.6 cm and oats 8.6 cm; which indicates that the distance between plants can be reduced by modifying the configuration of the planter, using seedlings with fewer holes in the planter. The equipment was able to perform a single-grain type seeding, and useful for other species used as vegetables.

Key words: small grains, rainfed agriculture, seed distribution, seeder

INTRODUCCIÓN

Una alternativa tecnológica para la siembra eficiente en los cultivos de cereales, es la siembra en camas con cuatro y hasta seis hileras (Cortés *et al.*, 2010; Osuna *et al.*, 2017). En forma tradicional, los productores de cereales de temporal de la región Centro-Norte de México, realizan sus siembras del cultivo de trigo, avena y cebada en forma tradicional, es decir; al voleo, con máquinas mecánicas tipo centrífuga, las cuales en general logran conseguir una buena distribución de semilla sobre el terreno de siembra, pero ofrece problemas similares a la siembra manual: consumo excesivo de semilla e imposibilidad de la posterior mecanización de labores secundarias (Rojas y Gómez, 2008; García *et al.*, 2018). En el mismo sentido, este tipo de técnicas de siembra llegan ocasionar una sobre población de plantas, por *ende*, competencia en área para desarrollarse y no alcancen su potencial productivo en épocas raquílicas de precipitación. De tal manera que, el factor crítico en siembras de temporal, es la poca humedad disponible durante el ciclo de cultivo (Rojas y Gómez, 2008; Hernández *et al.*, 2013).

De acuerdo con diversos autores, para condiciones de temporal deficiente, se requiere implementar tecnología integral que considere la siembra en camas a seis hileras con captación de agua de lluvia *in situ* (Cortés *et al.*, 2010; Osuna *et al.*, 2017). Para realizar estas prácticas, se recomienda el uso de sembradoras de precisión adecuadas a las condiciones locales, que efectúen operaciones simultáneas, las cuales disminuyan los costos de producción, que conserven el suelo y se aprovechen mejor la precipitación, logrando así, obtener una agricultura productiva y sustentable (Cortés *et al.*, 2010; Hernández *et al.*, 2013; ICARDA, 2013; Garibaldi *et al.*, 2017). Actualmente, se encuentran predios donde el productor de cereales utiliza hasta 120 kg de semillas y hasta 8 kg semillas de sorgo. Por lo que, este tipo de innovaciones reducen los costos de inversión y mejoran la distribución de semillas en la superficie a cultivar.

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 y para temporal deficiente (Cortés *et al.*, 2010; Osuna *et al.*, 2017). En el Campo Experimental Aguascalientes (CEPAB), se diseñó una sembradora neumática de precisión para siembra en camas con seis hileras (SPNGP) (García *et al.*, 2018). La SPNGP está diseñada para sembrar avena, trigo, triticale, sorgo y mijo y otros granos pequeños. Su capacidad de trabajo es de 5-7.5 hectáreas por día trabajando en seis hileras según las condiciones del terreno, cultivo y potencia del tractor disponible.

De acuerdo con lo anterior, objetivo principal de este trabajo fue definir la calidad de siembra en tres tipos de grano mediante la sembradora de precisión neumática para siembra de granos pequeños en camas desarrollada en INIFAP, y evaluar parámetros agronómicos de diferentes especies como gramíneas y cereales, con potencial para condiciones de temporal en México. Además, incentivar el uso de nuevas técnicas de siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el verano 2021, en el CEPAB, 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. El suelo donde se estableció el experimento es de textura franco arenoso (55.24 % de arena, 26 % de limo y 18.76 % de arcilla) (Osuna-Ceja, Garibaldi-Márquez, & García-Hernández, 2019). Se estableció una parcela experimental con tres cultivos de granos pequeños de diferentes características físicas. El trabajo consistió en sembrar las semillas de avena, *triticale* y sorgo con la SPNGP. Tecnología desarrollada por INIFAP.

La SPNGP está integrada por cuatro sistemas principales: 1) sistema de enganche y Chasis, 2) sistema de siembra; 3) sistema de captación de agua de lluvia *in situ*. Este último está compuesto por dos subsistemas: a) el subsistema de pileteo y b) el subsistema Aqueel.

Esta sembradora presenta la ventaja de ser: 1) versátil y con bajos requerimientos de mantenimiento y potencia; 2) resiste altas velocidades de operación; y 3) es económica de mantener y operar.

La SPNGP está diseñada para sembrar avena, trigo, *triticale*, sorgo y otros granos pequeños. Su capacidad de trabajo es de 5-7.5 ha por día con arreglo topológico a seis hileras según las condiciones del terreno, cultivo y potencia del tractor disponible. Sin embargo, se recomienda contar con un tractor de 88 HP (70 kw). En la Figura 1, se muestra prototipo.



Figura 1. Máquina SPNGP.

El terreno se preparó con barbecho para voltear el suelo y se rastreó para preparar la cama. La siembra en condiciones de temporal y suelo húmedo se realizó el 24 de julio de 2021, donde se utilizó la SPNGP. Esta sembradora, realizó la siembra en camas con seis hileras para el cultivo de avena, *triticale* y sorgo, con la cual. 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 evaluación de la SPNGP se realizó con tres tipos de semilla de acuerdo con Mohsenin (1986) las características físicas de las semillas utilizadas se observan en la Figura 2 que, para el sorgo la semilla es de forma esférica y para el *triticale* y avena una forma oblonga. Por lo que, se va contabilizar la cantidad, medir la capacidad de distribución de la semilla sobre el terreno de siembra.

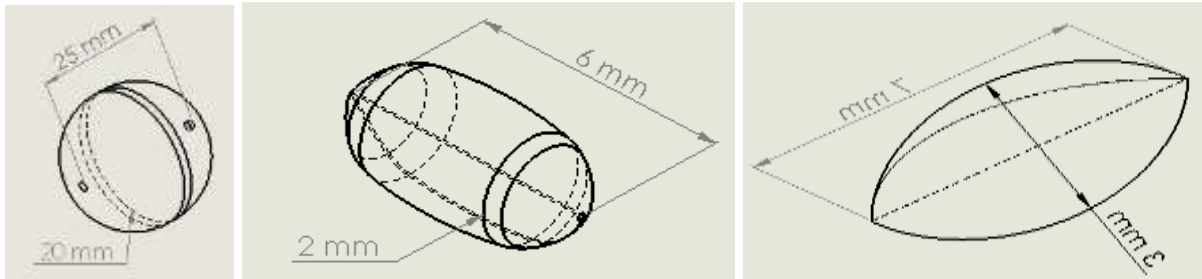


Figura 1. A) Semilla de sorgo, B) Semilla de triticales y C) Semilla de avena

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 DISCUSIÓN

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 2, se muestra la distribución de las distancias entre semillas de sorgo, *triticales* y avena depositada por la sembradora SPNGP por lo que se puede definir que el cultivo de sorgo presentó menor mediana y mayor dispersión de las semillas. Sin embargo, para la semilla de avena se tiene mejor distribución y para el triticales una distribución no homogénea. Por lo que, podría tener influencia por la preparación del terreno o la calibración para la formación de la cama. Así mismo se puede deducir que la sembradora aún presenta problemas de la distribución de semilla, y que la forma de la semilla puede ser otro factor.

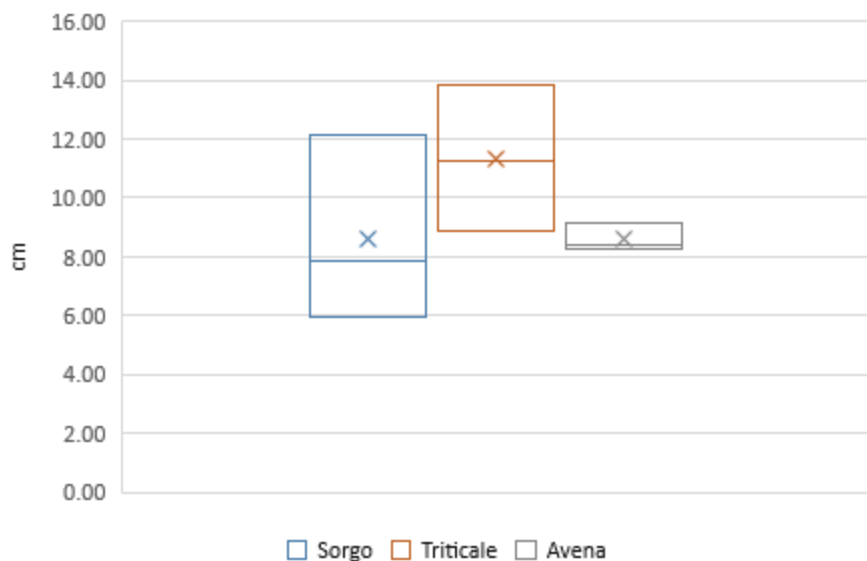


Figura 2. Distancia entre semillas para los cultivos de grano pequeño.

De tal manera que, en la Figura 2 se mostró que la forma de la semilla también es aspecto importante para la precisión, debido a que puede afectar por su peso y la trayectoria que toma al caer. Además, puede tener efectos de rebote en el suelo. Así mismo, se observó que el cultivo de *triticale* tiene menor precisión, al igual que el sorgo por la variación en sus datos.

Densidad de siembra

La densidad de siembra se obtuvo 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, 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 EN CAMAS	Densidad (kg ha ⁻¹)	Distancia entre plantas (cm)
SORGO	12.4	8.6
TRITICALE	13.1	11.3
AVENA	11.8	8.6

La sembradora se puede configurar hasta 12 cm, de tal manera podemos reducir al sorgo hasta 6.2 kg ha⁻¹. 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 (2017) en su guía técnica recomienda de 5 a 6 kg ha⁻¹ en surcos de 0.76 m para temporal. Para el cultivo de avena SPNGP se puede configurar a 3 cm, entonces podemos aumentar la densidad 23.4 kg ha⁻¹ para el caso de la avena y para el cultivo de *triticale* hasta 26.2 kg ha⁻¹. 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, 2017).

CONCLUSIONES

La SPNGP es una buena opción para agricultura de precisión y mejorar las técnicas para los productores de temporal en México. Además, cuenta con la versatilidad de configurar la distribución de semillas desde 3 hasta 12 cm de acuerdo con el número de oricios del plato dosificador; no obstante, esta máquina presentó rendimiento operativo de 0.7 ha h⁻¹.

El equipo generado tiene potencial para ser evaluado con otros tipos de grano, y se concluye que es un equipo único con las características de formar camas, formar microcuencas en el suelo y dejar piletas en la parte lateral de la cama. Con este equipo se logró la distribución de las semillas de manera individual a una distancia predispuesta, solucionó un problema que ayuda a los productores a reducir el alto gasto a la hora de sembrar un cultivo con esas características de tamaño.

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.

- Cortés, Ch., M.A., E.S. Osuna, C., y F. Garibaldi M. 2010. Sembradora de seis hileras en camas para cultivos forrajeros. Informe Técnico de Investigación. INIFAP-CIRNOC-CEPAB-AGS. 55 p.
- García, H., R.V., F. Garibaldi, M., E.S. Osuna, C., E. Martínez, R., y M. Borja, B. 2018. Sembradora Neumática para siembra de granos finos en camas. Campo Experimental Pabellón. Aguascalientes, Ags. Folleto Técnico Núm. 77. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC, Aguascalientes, Ags. México. 28 p.
- Garibaldi, M., F., García, H.R.V., Baltazar, B.E., E.S. Osuna, C. y Martínez, R. E. (2017). Sembradora neumática para siembra en camas. Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, Ags. Folleto Técnico. Núm. 76. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC, Aguascalientes, Ags. México. 31 p.
- Hernández, E., A., E.S. Osuna, C., L., Reyes, M., E. Martínez, R. y N.Y., Zitz R. C. (2013). Sembradora, de precisión, versátil y acondicionada para conservar suelo y agua. Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, Ags., Folleto Técnico Núm. 50.
- INIFAP, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (2017). Agenda Técnica Agrícola Aguascalientes. SAGARPA-COFUPRO-CIRNOC-CEPAB. [disponible en]: https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content?%2F%=ATInternational
- Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), (2013). Spotlight on Innovations for Smallholder Farming. Annual report. 29-30 pp.
- Mohsenin, N. N. (1986). Physical properties of plant and animal materials. New York: Gordon & Breach Publishers.
- NMX-O-222-SCFI-2014. (2014). Tractores, implementos agrícolas-sembradoras neumáticas de precisión-especificaciones y métodos de prueba. Mexico, D.F. 36 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.
- Osuna-Ceja, E. S., Garibaldi-Márquez, F., & García-Hernández, R. V. (2019). Desempeño de un subsolador integral biomimético para laboreo sustentable de suelos agrícolas. Acta Universitaria, 29, 1-14. doi: 10.15174. au.2019.1968
- Rojas, M., I. y R. Gómez, M. 2008. El sistema de surcos a doble hilera y contreo en cebada maltera de temporal. Informe Técnico de Investigación. INIFAP-CIRCE-CEVAMEX-EDO. DE MÉXICO. 5 p.

SIEMBRA DE MAÍZ A ALTAS DENSIDADES MEDIANTE SEMBRADORAS DE PRECISIÓN PARA CONDICIONES DE TEMPORAL

García-Hernández, Raúl Vidal*¹; Rojas-Santillán, Carlos¹; Martínez-Reyes, Ernesto¹; Arellano-Arciniega, Sergio¹ y Borja-Bravo, Mercedes¹

¹Instituto 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 distribución uniforme de semillas en el terreno, es una actividad importante. Es por ello, que el objetivo fue evaluar dos sembradoras de precisión, una comercial (SPC) y otra desarrollada en INIFAP-Mecanización (SPEI) con tres híbridos (Cafime Pancho Villa "CPV", Amarillo Cedro Agroproced "ACA" y Genex Magaña "GM") para condiciones de temporal y con ello, modificar arreglos topológicos y la distribución de semillas. Se ha demostrado que al 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. Además, se ha encontrado que el cultivo de maíz soporta altas densidades en temporal, tomando en cuenta la precipitación y prácticas de captación de agua *in situ* durante el ciclo. En lo que respecta, con la sembradora SPEI se logró para CPV establecer hasta 96 mil plantas por hectárea a un arreglo topológico de 4 hileras y separación entre surcos de 40 cm, y para SPC se reduce a 72,511 plantas por hectárea, debiéndose al arreglo de 75 cm entre surcos. De acuerdo con ésta información se logró tener una distribución con mayor precisión en SPEI, esto nos traduce que SPEI es apta para aprovechar el espacio y que la planta exprese su potencial.

Palabras clave: distribución de semillas, sembradora de precisión, altas densidades

ABSTRACT

In Mexico, uniform seed distribution in the field has been an important activity. Therefore, the objective was to evaluate two precision seed drills, one commercial (SPC) and the other developed at INIFAP-Mecanización (SPEI) with three hybrids (Cafime Pancho Villa "CPV", Amarillo Cedro Agroproced "ACA" and Genex Magaña "GM") for rainfed conditions and thus, modify topological arrangements and seed distribution. It has been shown that quality seeding can make a difference in crop yields, so seed drills must comply with specific functions such as controlling the seeding depth and the distance between seeds. In addition, it has been found that the corn crop supports high densities in rainfed conditions, taking into account rainfall and water harvesting practices *in situ* during the cycle. With regard to the SPEI planter, it was possible to establish up to 96 thousand plants per hectare for CPV with a topological arrangement of 4 rows and 40 cm spacing between rows, and for SPC it is reduced to 72,511 plants per hectare, due to the arrangement of 75 cm between rows. According to this information, it was possible to have a distribution with greater precision in SPEI, which means that SPEI is apt to take advantage of the space and that the plant expresses its potential.

Key words: seed distribution, precision planter, high densities

INTRODUCCIÓN

La agricultura ha experimentado continuos avances que han sustentado su desarrollo; sin embargo, nunca ha sido tan intensa y eficiente como ahora, tanto desde el punto de vista productivo como económico (Sandia *et al.*, 1999; Olymar y Reyes, 2003). En México la mecanización ha sido una de ellas, no obstante, aún se tienen problemas en la precisión de la distribución de semillas en un terreno. Entonces, Garibaldi *et al.* (2017) desarrollaron una sembradora de precisión neumática, con la opción de sembrar a cuatro hileras en camas en lo ancho de trocha del tractor, variando la distancia entre plantas (maíz y frijol). Así mismo, Osuna *et al.* (2017), presentó como opción 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.

Hussain *et al.* (2011) mencionaron 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 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). No obstante, diversos autores mencionan ventajas de ahorro de agua y tiempo, e incrementaron el rendimiento de grano, además de una distribución uniforme de fertilizante y semilla. 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 para condiciones de temporal se utiliza hasta 45 mil semillas por hectárea en surcos de 75 cm y en riego hasta 90 mil semillas por Ha. Motivo por lo cual los rendimientos son muy bajos y con la sembradora de precisión INIFAP (SPEI) se pueden obtener densidades de hasta 200 mil plantas por Ha.

De acuerdo con lo anterior, objetivo principal de este trabajo fue evaluar dos sembradoras de precisión neumática para siembra de granos medios, cumpliendo los parámetros agronómicos del cultivo de maíz en condiciones de temporal, 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 y, en consecuencia, aumenten sus rendimientos de producción.

MATERIALES Y METODOS

La parcela experimental se estableció 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 establecieron tres híbridos de maíz con diferentes características físicas y se usaron dos sembradoras precisión una comercial (SPC) tratamiento (T1) y una experimental INIFAP (SPEI) tratamiento (T2). Primero se preparó el suelo de manera tradicional con arado de discos y dos pasadas de rastra. La siembra se realizó a humedad a capacidad de campo el 26 de junio de 2021 sobre un suelo con textura

arcillo arenosa. La calibración de las sembradoras fue a una distancia de 24 para SPC y 28 cm SPEI entre granos, para lo cual los cuerpos están configurados para realizar líneas de siembra de 40 cm de separación para SPEI y la SPC a 75 cm. En la operación se usó un tractor *Newholland* 5610 de 78 HP a su régimen nominal de 1600 rpm a una marcha III alcanzando hasta 6 km h⁻¹ (bajo la norma NMX-O-222-SCFI-2014). Se establecieron 3 repeticiones por híbrido (12 surcos) y en franjas de 50 metros para SPC y para SPEI se formaron tres camas por híbrido de 50 metros con un ancho de 154 centímetros.

La toma de datos se realizó al azar en cada uno de los híbridos, para lo cual se utilizó estadística básica para encontrar los valores promedios de la distancia entre semillas y densidad de población. Además, se estimó la densidad de plantas emergidas y la precisión de la sembradora de acuerdo a cada híbrido, por lo tanto, se comparó el número de semillas emergidas con respecto a la semilla depositada en el suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la preparación del suelo, se tuvo un terreno con suelo desmenuzado con condiciones de siembra. Las sembradoras cumplieron con las especificaciones de precisión, tienen mecanismos para la calibración de la distancia entre semillas de 12 a 30 cm y control de profundidad de 5 a 10 cm.

Distancia entre semillas

En la Figura 1, se muestra la gráfica de caja de la distribución de las distancias entre semillas para la sembradora SPC obtenidas en tres híbridos de maíz para Aguascalientes. El híbrido GM y ACA mostraron una menor dispersión; sin embargo, en el material ACA se observó la mayor precisión y el híbrido CPV fue el que tuvo la mayor dispersión en la distancia entre semillas.

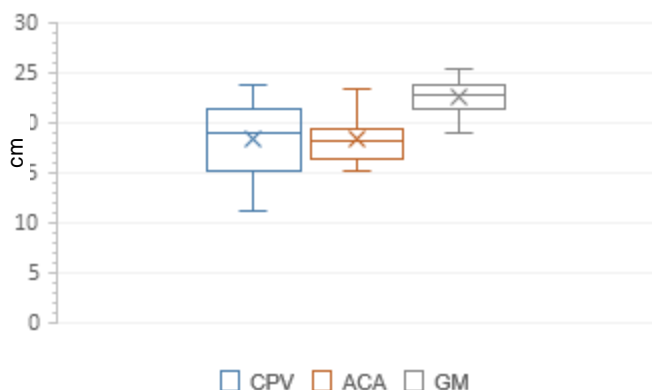


Figura 1. Distancia entre semillas de maíz con SPC.

L: línea de siembra

En la Figura 2 se observa la distancia entre semillas para SPEI, el híbrido CVP mostró una menor dispersión; sin embargo, en el material GM se observó la mayor mediana y fue el híbrido ACA el que tuvo la mayor dispersión en la distancia entre semillas. De acuerdo con estos datos, el material CVP tiene mejor distribución y menor error de colocación de semillas en el suelo.

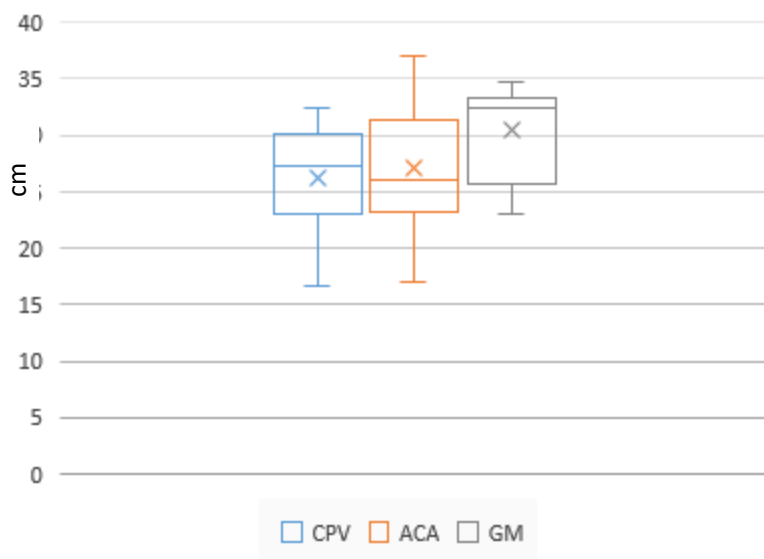


Figura 2. Distancia entre semillas en SPEI.

De acuerdo con la Figura 1 y 2 se puede observar que SPEI tiene mejores resultados para controlar y distribuir de manera más homogénea la semilla en el suelo. Además, SPEI cuenta con aditamentos para formación de camas y piletas a los costados de la línea de siembra y ayudan a la retención del agua de lluvia para evitar escurrimientos en los predios agrícolas.

Densidad de siembra

La densidad de siembra se obtuvo a partir de la medición de la cantidad de plantas (pl) obtenidas en cada línea de siembra en SPC y por cama en SPEI a los 12 días. En el Cuadro 1 se muestra la densidad de plantas emergidas por hectárea (ha) para cada material. Para SPC el híbrido GM, la distancia entre plantas arrojó en promedio 22.7 cm y dando como resultado una densidad de 58,605 plantas por hectárea, podemos notar que en CPV se obtuvo mayor cantidad de plantas y en consecuencia con mayor error en la distribución de las semillas. No obstante, en SPEI se obtuvieron mejores resultados de acuerdo con la calibración de 28 cm entre plantas, por lo que, en el material ACA se obtuvo un promedio de distancia entre plantas de 27.4 y con densidad de 93,142 plantas por hectárea

Cuadro 1. Densidad de siembra para SPC Y SPEI.

SPC		
HÍBRIDO	DEP (cm)	DP (pl ha ⁻¹)
CPV	18.3	725112
ACA	18.4	72436
GM	22.7	58605
SPEI		
CPV	26.3	96000
ACA	27.1	93142
GM	30.4	82774

DEP: distancia entre plantas; DP: Densidad de plantas.

En lo que respecta con la densidad de plantas y la precisión, se encontró que la SPEI tiene mejores condiciones y control para la distribución de semillas; por lo que, puede haber diferencia entre híbridos y puede deberse a la forma de la semilla o el mismo peso.

CONCLUSIONES

Con el equipo SPEI se logró obtener hasta 96 mil plantas por hectárea logrando una distribución de 26 cm entre ellas y 40 cm entre surcos. Este arreglo da una solución para atender cultivos de grano medio que requieran estos parámetros agronómicos. Además, esta máquina forma camas y piletas en la parte lateral, pero con la particularidad de hacer una mejor distribución de las semillas a comparación de otros equipos comerciales como la SCP. Es decir que, la SPEI tiene la versatilidad para realizar siembras a una distancia entre semillas de 10 a 31 cm mediante una variación de la configuración de engranes; también con calibración de control de profundidad, y tiene un rendimiento operativo de 0.8 ha h⁻¹.

REFERENCIAS

- 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.
- Garibaldi-Márquez, F., García-Hernández, R. V., Baltazar-Brenes, E., Osuna-Ceja, E. S., & Martínez Reyes, E. (2018). Sembradora neumática para siembra en camas.
- 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.
- NMX-O-222-SCFI-2014. (2014). Tractores, implementos agrícolas-sembradoras neumáticas de precisión-especificaciones y métodos de prueba. Mexico, D.F. 36 p.
- Olymar L., M. B. & Reyes G., R. E.. (2003). Tecnologías limpias aplicadas a la agricultura. *Interciencia*, 28(5), 252-259. Revisado en julio de 2022, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000500002&lng=es&tlng=es.
- 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.
- Sandia L, Cabeza M, Arandia J, Bianchi G. (1999). *Agricultura, Salud y Ambiente*. CIDIAT. Fundación Polar. Caracas. Venezuela. 243 págs.

EFFECTIVIDAD DE HERBICIDAS CONVENCIONALES, ORGÁNICOS Y EXTRACTOS DE VEGETALES EN EL CONTROL DEL ZACATE JOHNSON *Sorghum halepense* (L.) Pers.

José Luis Arispe Vázquez, David Heriberto Noriega Cantú

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Km 2.5 Carretera Iguala-Tuxpan, Colonia Centro Tuxpan C.P. 40000, Iguala de la Independencia Guerrero, México.

RESUMEN

El *Sorghum halepense* (L.) Pers. (Poaceae) es una de las arvenses más invasoras del mundo. El objetivo de la investigación fue determinar el efecto de herbicidas convencionales, orgánicos y extractos vegetales en el control del *S. halepense*. Se colectaron semillas de zacate Johnson en las parcelas de maíz y frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el Campo Experimental Iguala (CEIGUA). A las semillas se les dio un tratamiento para la latencia (agua caliente 86 °C por 10 min), posteriormente, las semillas tratadas se colocaron en charolas de germinación con sustrato peat moss y perlita a una relación de 1:1, a los 10 cm de altura, una planta se colocó por contenedor de plástico con suelo, un total de 8 réplicas por tratamiento. Al momento en que las plantas de *S. halepense* presentaron una altura de 15 cm se hicieron las aplicaciones de 10 tratamientos. Para la evaluación de la toxicidad de los herbicidas sobre la maleza se utilizó una escala de 9 puntos (9-1). El diseño estadístico fue bloques al azar, los datos de la escala del efecto de herbicidas sobre la maleza se analizaron con PROC RANK y un análisis de varianza (ANOVA) con el procedimiento PROC GLM; la comparación de medias por Tukey ($\alpha=0.05$) utilizando el sistema de análisis estadístico SAS®. El paraquat presentó el mayor efecto de control, con un valor en la escala de 5.5, 3.4, y 1 al primer, tercer y quinto día, respectivamente, y el extracto de *Thymus vulgaris* L. (Lamiaceae) presentó el menor el control del *S. halepense*.

Palabras clave: *Sorghum halepense* (L.) Pers, paraquat, *Thymus vulgaris* L.

ABSTRACT

Sorghum halepense (L.) Pers. (Poaceae) is one of more invasive weeds in world. The objective of the research was to determine the effect of conventional, organic herbicides and plant extracts in the control of *S. halepense*. Johnson grass seeds were collected in maize and bean plots of Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) in Iguala Experimental Field (CEIGUA). Seeds were given a treatment for dormancy (hot water 86 °C for 10 min), subsequently, the treated seeds were placed in germination trays with peat moss substrate and perlite at 1:1, at 10 cm high, one plant were placed in a plastic container with soil, a total of 8 replicates per treatment. When the *S. halepense* plants reached a height of 15 cm, 10 treatments were applied. For the evaluation of the toxicity of herbicides on weeds, using a scoring scale (9 to 1). Statistical design was randomized blocks, scale data of effect of herbicides on weeds were analyzed with PROC RANK and an analysis of variance (ANOVA) with the PROC GLM procedure; comparison of means by Tukey ($\alpha=0.05$) using SAS® statistical analysis system. Paraquat presented the highest control effect, with a value on the scale of 5.5, 3.4, and 1 on the first, third and fifth day, respectively, and the extract *Thymus vulgaris* L. (Lamiaceae) present the lowest control of *S. halepense*.

Key words: *Sorghum halepense* (L.) Pers, paraquat, *Thymus vulgaris* L.

INTRODUCCIÓN

Los herbicidas convencionales se usan ampliamente para controlar arvenses en distintas etapas de los cultivos; actualmente como en años anteriores, los consumidores demandan cada vez más productos naturales, de calidad, sin ningún tratamiento de pesticidas o con un tratamiento limitado, cabe señalar que los plaguicidas químicos han desempeñado y seguirán jugando un papel importante en el rápido avance de la producción agrícola, por ejemplo, desde hace décadas se mencionaba que el uso de herbicidas químicos ha reducido considerablemente la mano de obra necesaria para el control de arvenses (Abu-Hamdeh y Abu-Qudais, 2001; Blasco *et al.*, 2002) y en estos tiempos siguen jugando un papel importante en las opciones de los agricultores para la toma de decisiones en el control de las arvenses, sin embargo, el uso inconsciente de plaguicidas ha dado lugar a algunos problemas ambientales y de salud graves. El zacate Johnson es una de las arvenses más radicales del mundo por su potencial de infestación en pastos y cultivos, en otras palabras, es considerada una planta invasora que causa importantes daños al ganado (Nóbrega *et al.*, 2006), cabe recalcar que de 1991 a la fecha, en todo el mundo existen 31 reportes de resistencia de esta arvense a diferentes ingredientes activos (i.a.) (Heap, 2022). Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue determinar el efecto de herbicidas convencionales, orgánicos y extractos vegetales en el control del *S. halepense*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron semillas de *S. halepense* (Figura 1) en las parcelas de maíz y frijol del INIFAP en el CEIGUA las cuales se colocaron en bolsas de papel y se llevaron al laboratorio de suelo, agua y planta del CEIGUA. Primero, las semillas fueron tratadas con un tratamiento para la latencia, el cual consistió en ponerlas en agua caliente (86 °C) por 10 min, posteriormente, las semillas tratadas se colocaron en charolas de germinación con sustrato peat moss y perlita a una relación de 1:1, a los 10 cm de altura, una planta se colocó por contenedor de plástico con suelo, dando un total de 8 réplicas por tratamiento. Al momento en que las plantas de *S. halepense* presentaron una altura de 15 cm se hicieron las aplicaciones de los diferentes tratamientos de manera foliar (Cuadro 1).



Figura 1. Muestra de semillas de *S. halepense* colectadas

Cuadro 1. Tratamientos y dosis utilizados en el control del *S. halepense*

No.	Tratamiento	Tipo de herbicida	Dosis
1	Adengo	Convencional	0.0675 g de i.a.
2	Paraquat	Convencional	0.225 g de i.a
3	Herbitech	Orgánico	AI 75%
4	Sec Bios	Orgánico	AI 75%
5	Glifosato	Convencional	0.540 g de i.a.
6	Sec Natura	Orgánico	AI 75%
7	<i>Thymus vulgaris</i>	Extracto vegetal*	AI 100%
8	<i>Cosmos sulphureus</i>	Extracto vegetal*	AI 15%
9	<i>Citrus x sinensis</i>	Extracto vegetal**	AI 100%
10	Control		0

*Extracto vegetal acuoso, **Extracto vegetal comercial al 40%

Cuadro 2. Escala propuesta por la Sociedad Europea de investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de maleza.

Valor	Control de Maleza (%)	Efecto sobre Maleza
1	99.0 - 100.0	Muerte
2	96.5 - 99.0	Muy buen control
3	93.0 - 96.5	Buen control
4	87.5 - 93.0	Control suficiente
5	80.0 - 87.5	Control medio
6	70.0 - 80.0	Control regular
7	50.0 - 70.0	Control pobre
8	1.0 - 50.0	Control muy pobre
9	0.0 - 1.0	Sin efecto

Para la evaluación de la toxicidad de los herbicidas sobre la maleza se utilizó la escala propuesta por la Sociedad Europea de la Investigación de la Maleza (EWRS) (Silva *et al.*,

2005) (Cuadro 2). El diseño estadístico fue bloques al azar, los datos de la escala del efecto de herbicidas sobre la maleza se analizaron con PROC RANK en SAS (Shah y Madden (2004) y un análisis de varianza con el procedimiento PROC GLM; la comparación de medias método de Tukey ($\alpha=0.05$) utilizando el sistema de análisis estadístico SAS® 9.2 (SAS, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 3 y figura 2 se observa que el paraquat (herbicida convencional) presentó el mayor efecto de control, con un valor en la escala de 5.5, 3.4, y 1 al primer, tercer y quinto día, respectivamente, y el extracto de *Thymus vulgaris* L. (Lamiaceae) (extracto vegetal) fue el que obtuvo el menor control del *S. halepense*. Por otra parte, Sec Bios corresponde al herbicida orgánico sobresaliente con valores en la escala de 7.8, 7.6, 6.6, al primer, tercer y quinto día, respectivamente, cabe señalar que la diferencia entre el paraquat y el extracto de *Citrus x sinensis* (L.) Osbeck (Rutaceae) (segundo tratamiento con mayor efecto) fue poco.

Cuadro 3. Fitotoxicidad de diferentes herbicidas (posemergentes y/o preemergentes) al 01 día después de la aplicación (DDA), 03 DDA y 05 DDA.

Tratamiento	Fitotoxicidad 01 día DDA		Fitotoxicidad 03 día DDA		Fitotoxicidad 05 día DDA	
Control	9.0	a	9.0	a	9.0	a
Extracto de <i>Thymus vulgaris</i>	8.6	ab	8.5	ab	8.6	ab
Extracto de <i>Cosmos sulphureus</i>	8.9	a	8.4	b	8.4	ab
Adengo	9.0	a	8.4	b	8.0	bc
Glifosato	8.1	bc	8.1	bc	8.0	bc
Herbitech	8.0	c	8.0	bc	6.9	cd
Sec Natura	8.3	bc	7.9	bc	6.6	de
Sec Bios	7.8	cd	7.6	c	6.6	de
Extracto de <i>Citrus x sinensis</i>	6.6	de	4.5	d	3.6	ef
Paraquat	5.5	de	3.4	d	1.0	f
R ²	0.844		0.802		0.855	
Coefficiente de variación	21.66		23.78		21.50	

¹Valores de la escala, 1 al 9, donde 1= muerte, 99-100% de control de maleza y 9=Sin efecto de 0.0-1.0% de control de maleza. Los valores de la escala analizados por SAS rank (equivalente a la prueba de Kruskal-Wallis), y el ANOVA por Proc GLM. Prueba de Tukey después de generar los rangos ($P \leq 0.05$).

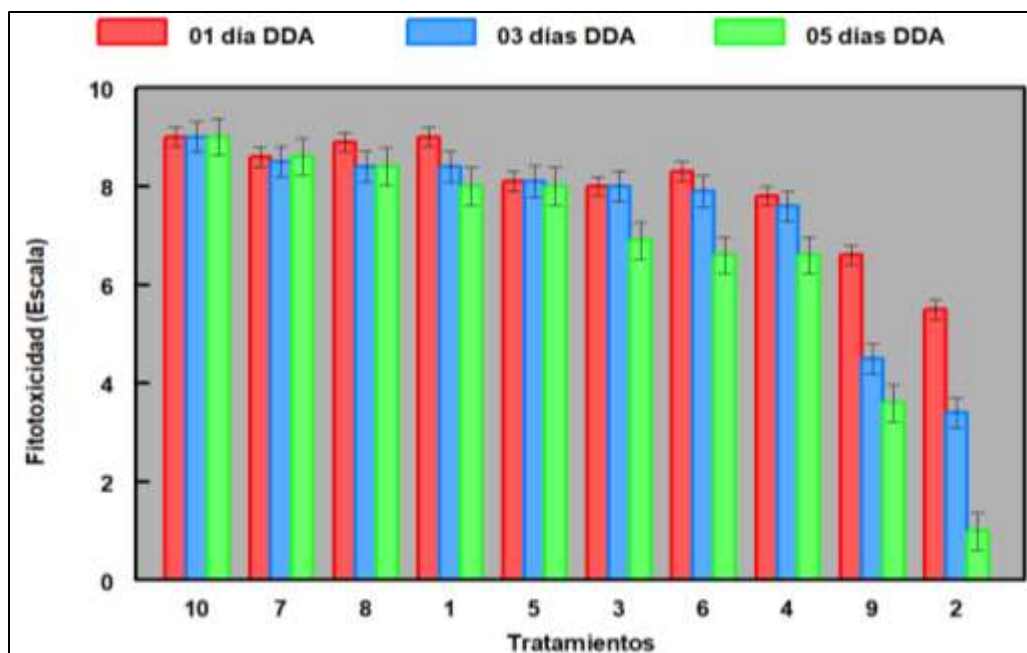


Figura 2. Efecto de diferentes herbicidas sobre el control de maleza, al 01 día después de la aplicación (DDA), 03 días DDA y 05 días DDA. 2022. 1= Adengo, 2= Paraquat, 3= Herbitech, 4= Sec Bios, 5= Glifosato, 6= Sec Natura, 7= Extracto acuoso de *Thymus vulgaris*, 8= Extracto acuoso de *Cosmos sulphureus*, 9= Extracto de *C. x sinensis*, 10= Control.

El zacate Johnson es considerado una de las especies de arvenses mundialmente más destructivas (Klein y Smith, 2021) y es extremadamente competitiva con el maíz *Zea mays* L. (Poaceae) reduciendo los rendimientos hasta en un 100% (Barroso *et al.*, 2011), cabe señalar que la translocación de los herbicidas aplicados al follaje en el *S. halepense* se realiza conjuntamente con la sabia elaborada en las hojas y que bajan a alimentar la raíz y los nuevos brotes en los rizomas y en esta arvense la translocación ocurre entre los 20 y 50 días (Robbins, 1952) y lo recomendable es utilizar los herbicidas (orgánicos e inorgánicos) cuando las arvenses tengan hasta 15 cm de altura, no obstante, por otro lado, Robles *et al.* (2001) aludieron que el nicosulfuron y el clethodim a la dosis 0.5X pueden proporcionar un control adecuado si se aplican en plantas de zacate Johnson en el estado de 4 a 5 hojas (dos a tres semanas), ya sea provenientes de semilla o de rizoma, mientras que Valverde-Elías *et al.* (2000) mencionaron que el uso continuo de un sólo herbicida o de un grupo de herbicidas con el mismo modo de acción para controlar una o varias especies de arvenses, contribuye a generar presión de selección que facilita la aparición de biotipos resistentes, por lo que es importante rotar el i.a., sitio de acción, modo de acción.

CONCLUSIONES

El paraquat presentó el mayor efecto de control, con un valor en la escala de 5.5, 3.4, y 1 al primer, tercer y quinto día, respectivamente y el extracto de *Thymus vulgaris* L. (Lamiaceae) (extracto vegetal) fue el que obtuvo el menor control del *S. halepense*. Se necesitan

implementar medidas para el control del *Sorghum halepense* tomando en cuenta las diferentes opciones para realizarlo (orgánicas e inorgánicas), así como la rotación de ingredientes activos, sitios de acción, modo de acción, y sobre todo el medio ambiente.

REFERENCIAS

- Abu-Hamdeh, N.; and Abu-Qudais, M. 2001. IT—Information Technology. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 79(2): 177–185.
- Barroso, J.; San Martín, C.; Andújar, D.; Hernaiz, P.; Campos, D.; Martín, J.M.; and Dorado, J. 2011. Competencia entre la cañota (*Sorghum halepense*) y el maíz grano. In: Arévalo, J.R., Fernández, S., López-Granados, F., Recasens, J., Sobrino, E. (Eds.), XIII Congreso Nacional de Malherbología. Plantas Invasoras, Resistencia a Herbicidas y Detección de Malas Hierbas. Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna, La Laguna, Spain, pp. 183e186.
- Blasco, J.; Aleixos, N.; Roger, J.M.; Rabatel, G.; and Moltó, E. 2002. AE—Automation and Emerging Technologies. *Biosystems Engineering*, 83(2): 149–157.
- Heap, I. 2022. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Internet. Wednesday, August 3. www.weedscience.org
- Klein, P. and Smith, C.M. 2021. Invasive Johnsongrass, a threat to native grasslands and agriculture. *Biología* 76, 413–420.
- Nóbrega, J. E. da Jr.; Riet-Correa, F.; Medeiros, R.M.T.; and Dantas, A.F.M. 2006. Intoxicação por *Sorghum halepense* (Poaceae) em bovinos no semi-árido. *Pesquisa veterinária brasileira. Brazilian journal of veterinary research*, 26(4): 201–204.
- Robbins, W.W. 1952. *Weed Control* 2 da. Edición New York. 503 p.
- SAS Institute, Inc. 2010. *SAS user's guide: Statistics*. Release 9.3. Ed. SAS Institute Incorporation. Cary, C, SA. 1028 pp
- Shah, D.A. and Madden L.V. 2004. Nonparametric analysis of ordinal data in designed factorial experiments. *Phytopathology*, 94: 33-43.
- Valverde-Elías, B.; Riches, C.R.; and Caseley, J.C. 2000. Prevención y manejo de malezas resistentes a herbicidas en arroz: Experiencias en América Central con *Echinochloa cotona*. Cámara de Insumos Agropecuarios. San José, Costa Rica. 135p.
- Rosales, R.E.; Chandler, J.M.; Senseman, S.A.; Salinas G.J.R. 2001. El estado de desarrollo afecta la respuesta del zacate Jonshon [*Sorghum halepense* (L.) Pers] a los herbicidas nicosulfuron y clethodim. *Agrociencia*, 35(5): 525-533.

EVAPOTRANSPIRACION HISTORICA COMO HERRAMIENTA PARA LA PROGRAMACION DEL RIEGO EN NOGAL HISTORICAL EVAPOTRANSPIRATION AS A TOOL FOR IRRIGATION SCHEDULING IN NOGAL

Juan G. Martínez Rodríguez¹, Juan Manuel Covarrubias Ramirez¹, Orona-Castillo Ignacio² y Antonio Anaya Salgado³

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 sostenibilidad de la agricultura de riego está amenazada debido al cambio climático adverso, las proyecciones dadas, contemplan que una de cada cuatro personas en el planeta podría sufrir de escasez extrema de agua para el año 2025. Los sistemas de riego presurizados y la programación adecuada del riego pueden aumentar la productividad del agua. Sin embargo, en muchas ocasiones es difícil lograr lo anterior, debido a la escasa disponibilidad de información climatológica en formatos compatibles y de fácil entendimiento para el productor. El objetivo del presente trabajo es establecer las demandas históricas de agua para el cultivo de nogal con el fin de que sea utilizado en la programación del riego de forma ágil y sencilla.

ABSTRACT

The sustainability of irrigated agriculture is threatened due to adverse climate change, projections given, contemplate that one in four people on the planet could suffer from extreme water scarcity by 2025. Pressurized irrigation systems and proper programming irrigation can increase water productivity. However, on many occasions it is difficult to achieve this, due to the scarce availability of climatological information in compatible formats that are easy to understand for the producer. The objective of the present work is to establish the historical demands of water for the cultivation of walnut in order to be used in the irrigation programming in an agile and simple way.

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad de la agricultura de riego está amenazada debido al cambio climático adverso, las proyecciones dadas, contemplan que una de cada cuatro personas en el planeta podría sufrir de escasez extrema de agua para el año 2025 (Markou, *et.al.*, 2020). Los sistemas de riego presurizados y la programación adecuada del riego pueden aumentar la productividad del agua (es decir, el rendimiento del producto por unidad de volumen de agua

consumida por el cultivo) y reducir la pérdida de agua por evaporación. Sin embargo, en muchas ocasiones es difícil establecer estos criterios debido a la escasa disponibilidad de información climatológica en formatos compatibles y de fácil entendimiento para el productor o el administrador del agua en la finca.

El término programación de riego se refiere a un plan para regar en los tiempos correctos, y con las cantidades de agua adecuadas, para un óptimo crecimiento y desarrollo de las plantas. 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 (ET_c) 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 del cultivo, fase de crecimiento y la variedad utilizada, por lo que su cálculo debe ser hecho de manera local (Martínez Rodríguez, *et al.*, 2020).

Desgraciadamente, los cálculos de ET de manera local no son frecuentes y en la mayoría de los casos, aun cuando el productor conoce el término, no se utiliza o no se encuentra disponible por no contar con una estación climática cercana para tener acceso a esta información, por lo que el momento y la cantidad de agua aplicada se establece de manera quasi empírica en la mayoría de las huertas de nogal (Martínez Rodríguez, *et al.*, 2021). Son contadas aquellas huertas que tienen una estación climática y que toman en cuenta la demanda evapotranspirativa de la atmósfera en la programación del riego y en la cantidad de agua a aplicar.

El objetivo del presente trabajo es hacer un análisis de la variación de la evapotranspiración a través de 34 años de datos y establecer, utilizando el modelo de simulación CROPWAT de la FAO, las demandas históricas de agua para el cultivo de nogal en la región de Zaragoza, Coah. Dicha información deberá hacerse llegar al productor común a través de las asociaciones de productores locales o regionales ya que constituye una herramienta sencilla y de fácil entendimiento para programar y calcular la cantidad de agua a aplicar en el próximo riego.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se desarrolló en las instalaciones del Campo Experimental Saltillo. La información climática considerada en el estudio corresponde a la estación 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 (CONAGUA 2021^a; 2021^b). La información

climática recopilada se obtuvo de la página web del Global Weather Data for SWAT desde el Climate Forecast System Reanalysis Data de 1979 – 2014 (CFRD). Esta información climática tiene una resolución diaria en cuanto a: temperatura máxima y mínima ($^{\circ}\text{C}$), viento (ms^{-1}), humedad relativa (fracción), precipitación (mm) y radiación solar (MJ m^{-2}). Del periodo de 36 años de registros, se seleccionaron seis épocas dejando un espacio de cinco años entre cada una de ellas, respectivamente. En el Cuadro 1 se presenta, a manera de ejemplo, la información climatológica promedio mensual obtenida en el CFRD.

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.- Ejemplo de datos climáticos promedio mensual obtenidos de la CFSR de la zona de estudio.

Mes	Tmax $^{\circ}\text{C}$	Tmin $^{\circ}\text{C}$	Preci mm	Viento m/s	Humedad R fracc	R Solar MJ/m ²
ENE	13.45	5.16	2.89	2.61	0.72	9.95
FEB	21.37	8.91	0.22	3.42	0.47	16.62
MAR	27.24	13.78	0.71	3.91	0.47	19.09
ABR	33.65	17.21	0.08	4.03	0.26	24.84
MAY	34.44	20.91	2.74	4.22	0.45	24.03
JUN	35.60	23.79	4.19	4.80	0.50	20.71
JUL	34.97	24.10	7.65	4.10	0.49	20.10
AGO	36.13	25.09	2.90	4.11	0.45	19.83
SEP	32.44	21.25	3.54	3.80	0.52	18.24
OCT	26.86	18.38	5.71	2.88	0.73	13.26
NOV	22.42	11.74	1.09	3.04	0.60	13.35
DIC	20.95	12.00	1.83	2.54	0.71	9.34

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 por ciento 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 definió 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

La Figura 1 presenta los requerimientos hídricos decenales históricos, provenientes de la serie de 36 años, y como puede observarse, estos varían conforme avanza el ciclo del cultivo de nogal. Los requerimientos van ascendiendo a medida que avanza el ciclo del nogal y presenta las demandas por agua más altas a partir del mes de julio, que en la mayoría de las ocasiones

está el nogal en la etapa de “estado acuoso” y a partir de ahí, se mantiene hasta alcanzar el máximo en la etapa de “llenado de almendra”.

La Figura 1 muestra el total de milímetros de agua durante un periodo de 10 días. Para encontrar los milímetros por día, simplemente se divide el total del periodo entre el número de días en el período.

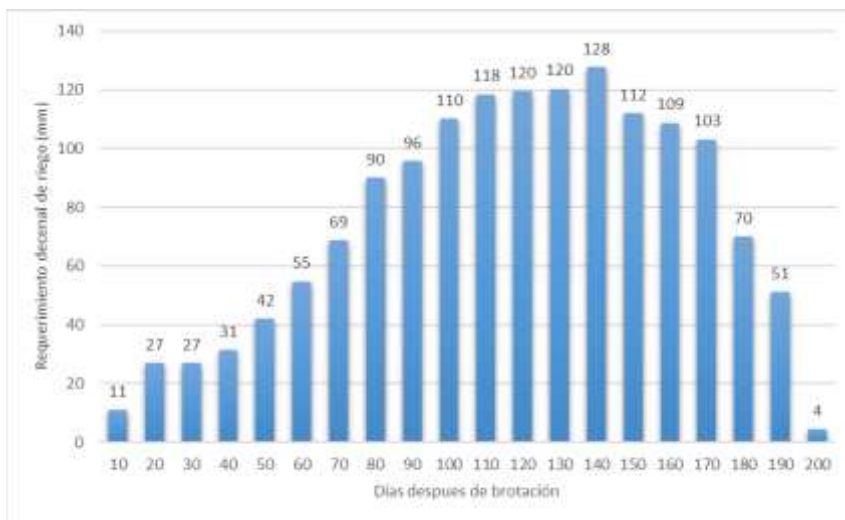


Figura 1.- Requerimientos decenales históricos de agua a lo largo del ciclo del cultivo del nogal para la zona de Zaragoza, Coah.

Con esta tabla histórica de ET, disponible para el cultivo de nogal, se puede estimar rápidamente la cantidad de agua que necesita aplicar. Simplemente se busca la fecha en la tabla, se suman las cantidades de ET diaria desde el último riego, y se agrega un 10 o 20% para compensar por ineficiencias.

Variaciones anuales de las necesidades de riego. La Figura 2 presenta la variación en los valores de las necesidades anuales de agua por el cultivo en milímetros de lámina. Como es natural, no existen dos años iguales y por lo tanto la ETc varía de año a año. Así, se tiene que, en este periodo de 36 años, la variación ha sido desde 1342 hasta 1632 mm de lámina de agua. El valor promedio en este periodo es de 1492 mm. Aun cuando la variación entre años es de más de 300 mm, utilizando los valores medios históricos no existe la necesidad de ajustar drásticamente el calendario de riego año con año. Al respecto cabe mencionar que el otro parámetro a considerar, en la programación del riego, es la cantidad de precipitación efectiva presente en el año, por lo que esta se debe contabilizar al consultar los requerimientos decenales de riego.

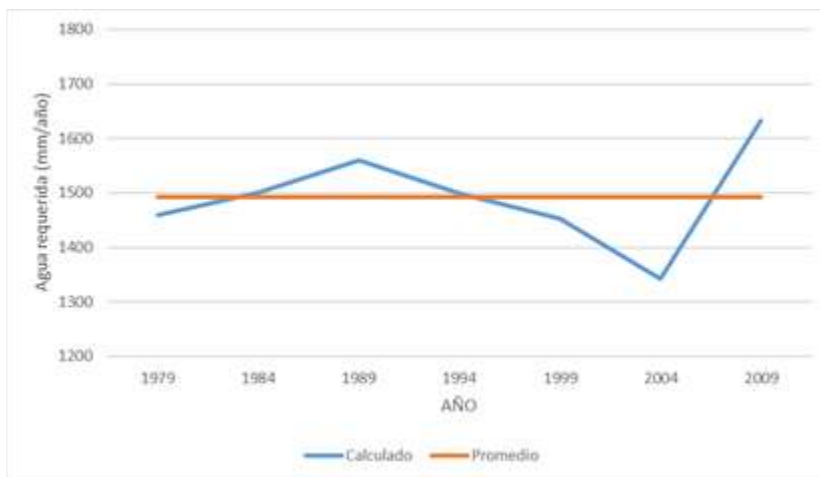


Figura 2. Oscilación de los requerimientos hídricos para nogal la zona de estudio.

Evapotranspiración de referencia. La Figura 3 presenta la Evapotranspiración de referencia (ETo) de dos épocas diferenciales. Los valores observados representan la demanda por agua de la atmosfera. La evapotranspiración de referencia es la suma de la evaporación del suelo y la transpiración de un cultivo de referencia como, por ejemplo, pasto o alfalfa y es un parámetro esencial para la estimación y optimización del riego de cultivos agrícolas (Howell, *et al*, 1998). En los últimos años, se han realizado muchas investigaciones en el campo, para calcular ETo, basado en variables meteorológicas medidas, aplicando modelos de evapotranspiración similares a los iniciales de Penman-Monteith (P-M). Existen diferencias significativas entre épocas y los valores calculados para cada una de ellas fue: 2107 y 2524 mm anuales, lo que representa una diferencia de aproximadamente 400 mm de lámina equivalente a dos riegos de auxilio de 20 cm de lámina.

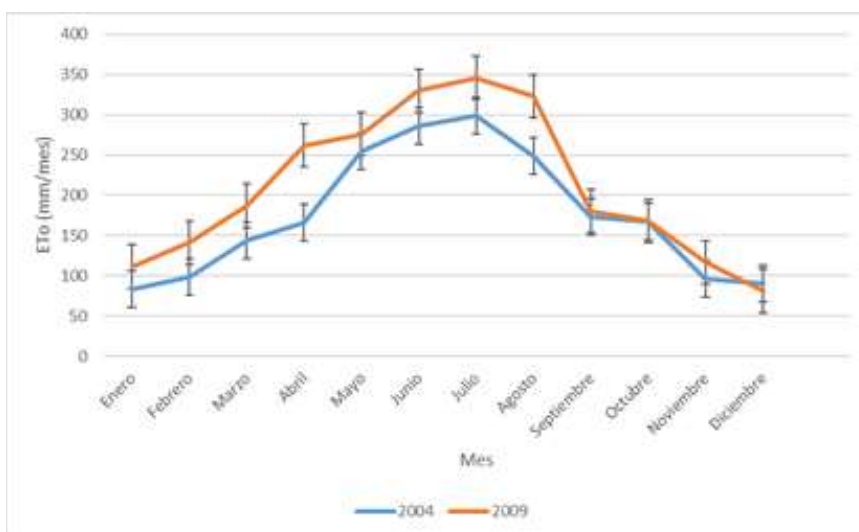


Figura 3. Evapotranspiración de referencia en dos épocas en la región de Zaragoza, Coah.

CONCLUSIONES

La estimación de valores históricos de requerimiento hídricos para los diferentes cultivos, constituye una herramienta que facilita y simplifica el cálculo de la lámina a aplicar al cultivo de interés, así como para establecer la programación del riego y optimizar el uso del agua de riego beneficiando con esto el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos y ayudando a mantener la sustentabilidad de un recurso tan preciado como lo es el agua.

BIBLIOGRAFIA

- CONAGUA. 2021a. Normales climatológicas por estado. Consulta 2 de agosto 2021.
<https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=son>
- 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.
- Markou, M.; Moraiti, C.A.; Stylianou, A.; Papadavid, G. 2020. Addressing Climate Change Impacts on Agriculture: Adaptation Measures for Six Crops in Cyprus. Atmosphere, 11, 483.
- 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 Agronomía 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.

CONTROL QUIMICO DE *Solanum elaeagnifolium* Cav. EN EL NORTE DE TAMAULIPAS

Miguel Ángel Valdez Hernández^{1*}, Rosendo Hernández Martínez¹, Martín Espinosa Ramírez¹ y Ma. Eugenia Cisneros López¹

¹INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Río Bravo, carretera Matamoros-Reynosa, km 61. C.P. 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México. *valdez.miguel@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el control químico de *Solanum elaeagnifolium* Cav. en el norte de Tamaulipas. El experimento se estableció el 06 de mayo de 2022 en el Campo Experimental Río Bravo del INIFAP. El diseño experimental consistió en bloques completamente al azar con 10 tratamientos (Testigo, Glifosato, Paraquat, Glufosinato de Amonio, Saflufenacil, 2,4-D Amina, Dicamba + 2,4-D, Picloram + 2,4-D, Glufosinato de Amonio + 2,4-D y Glifosato + 2,4-D) con cuatro repeticiones; así mismo, las unidades experimentales consistieron de 3 m de ancho por 7 m de largo. Para la evaluación de la toxicidad de los herbicidas sobre la maleza se utilizó la escala propuesta por la Sociedad Europea de la Investigación de la Maleza. Existieron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre los tratamientos en el control de maleza *Solanum elaeagnifolium* Cav. durante los tres periodos de evaluación. A los 7 DDA el mejor control lo obtuvieron los ingredientes activos Saflufenacil y Glufosinato de Amino + 2,4-D, al mostrar un control suficiente. A los 14 DDA el mejor control lo obtuvieron los ingredientes activos Saflufenacil, Glufosinato de Amonio + 2,4-D y Glifosato + 2,4-D, al observarse un control suficiente a buen control. A los 21 DDA el mejor control lo presentaron los ingredientes activos Glufosinato de Amonio + 2,4-D, Saflufenacil, Glifosato + 2,4-D y Picloram + 2,4-D, al mostrar control suficiente a buen control. Como herbicidas alternativos para el control de trompillo (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) se pueden utilizar los ingredientes activos Glufosinato de Amonio + 2,4-D, Saflufenacil, Glifosato + 2,4-D y Picloram + 2,4-D al superar el 85 % de efectividad y mostrar control suficiente a buen control.

Palabras clave: *Solanum elaeagnifolium* Cav., glifosato, toxicidad,

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the chemical control of *Solanum elaeagnifolium* Cav. in Northern Tamaulipas. The experiment was established on May 6, 2022 at the Río Bravo Experimental Field of INIFAP. The experimental design consisted of completely randomized blocks with 10 treatments (Control, Glyphosate, Paraquat, Glufosinate-ammonium, Saflufenacil, 2,4-D Amine, Dicamba + 2,4-D, Picloram + 2,4-D, Glufosinate-ammonium + 2,4-D and Glyphosate + 2,4-D) with four replications; likewise, the experimental units consisted of 3 m wide by 7 m long. For the evaluation of herbicide toxicity on weeds, the scale proposed by the European Weed Research Society was used. There were highly significant differences ($P \leq 0.01$) among treatments in the control of *Solanum elaeagnifolium* Cav. weeds during the three evaluation periods. At 7 DDA the best control was obtained by the active ingredients Saflufenacil and Glufosinate Amino + 2,4-D, showing sufficient control. At 14 DDA the best control was obtained by the active ingredients Saflufenacil, Glufosinate-ammonium + 2,4-D and Glyphosate + 2,4-D, showing sufficient to good control. At 21 DDA the best control was presented by the active ingredients Glufosinate Ammonium + 2,4-D, Saflufenacil, Glyphosate + 2,4-D y Picloram + 2,4-D, showing sufficient to good control. As alternative herbicides for the control of trompillo (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) the active ingredients Glufosinate Ammonium + 2,4-D, Saflufenacil, Glyphosate + 2,4-D, Picloram + 2,4-D can be used when exceeding 85 % of effectiveness and showing sufficient to good control.

Key words: *Solanum elaeagnifolium* Cav., glyphosate, toxicity.

INTRODUCCIÓN

El sorgo es el principal cultivo en el norte de Tamaulipas, con una superficie sembrada de 842 mil hectareas, seguido del maíz con 149 mil hectareas (SIAP, 2021). Sin embargo, la producción de granos es afectada por varios factores bióticos que limitan el potencial productivo de los cultivos establecidos, en la que destacan las malezas, ya que compite directamente por espacio, agua, luz y nutrientes (Kuttel *et al.*, 2016). En la zona norte de Tamaulipas, una de las principales malezas que se establece antes de la siembra es el trompillo (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) entre otras malezas de hoja ancha (Rosales *et al.*, 2011); esta maleza es una de las más invasoras a nivel mundial, ha sido reportada en cultivos como sorgo, maíz, trigo, algodón, tabaco, tomate, alfalfa, uva, olivo y durazno (Gitsopoulos *et al.*, 2017). Existen evidencias que una vez establecida esta maleza es difícil de controlar por su extenso sistema radical, ya que tiene la capacidad de producir nuevos tallos (Wu *et al.*, 2017). Actualmente existen en el mercado ingredientes activos que pueden ser utilizados en el control de esta especie. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el control químico de *Solanum elaeagnifolium* Cav. en el norte de Tamaulipas en pre-siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Norte de Tamaulipas, dentro de las instalaciones del Campo Experimental Río Bravo (CERIB) del INIFAP, durante el ciclo agrícola O-I 2021/2022. El día 06 de mayo de 2022 se estableció y realizó la aplicación de los herbicidas sobre la maleza trompillo (*Solanum elaeagnifolium* Cav.), el cual tenía un tamaño promedio de 10 cm de altura y una densidad de 35 plantas por metro cuadrado. La temperatura promedio (°C) durante el periodo de evaluación fue: máxima 31.7, mínima 21.5 y la media 27.2 °C. El diseño experimental fue en bloques completamente al azar con 10 tratamientos (Cuadro 1) y cuatro repeticiones, así mismo, las unidades experimentales consistieron de 3 m de ancho por 7 m de largo. La aplicación de los herbicidas se realizó con una aspersora de motor con un aguilón de seis boquillas de abanico plano 8002 a una distancia de 0.5 m entre cada una, con presión de salida de 40 libras (PSI), con un volumen de aspersión de 250 L ha⁻¹. Se utilizó agua de pozo (CERIB) con un pH de 7.5, a la cual se le agregó regulador de pH (Dap Plus) a una dosis de 1 ml L⁻¹ de agua y coadyuvante (Bionex) a dosis de 1.0 ml L⁻¹ de agua para todos los tratamientos. Para la evaluación de la toxicidad de los herbicidas sobre la maleza se utilizó la escala propuesta por la Sociedad Europea de la Investigación de la Maleza (EWRS) (Silva *et al.*, 2005), se evaluó mediante estimaciones visuales del 0.0 al 100.0 %; donde 0.0 indica sin efecto y 100.0 % la muerte de la planta (Cuadro 2), las evaluaciones de los herbicidas se realizaron a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación (DDA). Los resultados de los tratamientos se sometieron a un Análisis de Varianza y las medias se compararon con la prueba de Tukey (P ≤ 0.05). Para el análisis estadístico se utilizó el programa estadístico de SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2011).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados para el control de trompillo (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) en el Norte de Tamaulipas en el ciclo agrícola O-I 2021/2022.

Herbicida	Dosis (g i.a.ha ⁻¹)	Herbicida	Dosis (g i.a.ha ⁻¹)
Testigo	0	2,4-D Amina	598.7
Glifosato	726	Dicamba + 2,4-D	120 + 240
Paraquat	400	Picloram + 2,4-D	64 + 240
Glufosinato de Amonio	300	Glufosinato de Amonio + 2,4-D	300 + 479
Saflufenacil	28	Glifosato + 2,4-D	726 + 479

g = gramos; i.a. = ingrediente activo

Cuadro 2. Escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de maleza por herbicida.

Valor	Control de maleza (%)	Efecto sobre la maleza	Fitotoxicidad al cultivo (%)	Efecto sobre el cultivo
1	99.0-100.0	Muerte	0.0-1.0	Sin efecto
2	96.5-99.0	Muy buen control	1.0-3.5	Síntomas muy ligeros
3	93.0-96.5	Buen control	3.5-7.0	Síntomas ligeros
4	87.5-93.0	Control suficiente	7.0-12.5	Síntomas evidentes sin efecto al rendimiento
5	80.0-87.5	Control medio	12.5-20.0	Daño medio
6	70.0-80.0	Control regular	20.0-30.0	Daño elevado
7	50.0-70.0	Control pobre	30.0-50.0	Daño muy elevado
8	1.0-50.0	Control muy pobre	50.0-99.0	Daño severo
9	0.0-1.0	Sin efecto	99.0-100.0	Muerte

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza en el control de trompillo (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) en el Norte de Tamaulipas en el ciclo agrícola O-I 2021/2022.

FV	GL	Trompillo		
		DDA		
		7	14	21
TRAT	9	3839**	4290**	4611**
BLOQUE	3	45	99	115
ERROR	27	30.1	59.6	99.7
CV (%)		9.5	12.1	15.4

**= Altamente significativo ($P \leq 0.01$); FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; DDA= Días después de aplicación.

En el Cuadro 3, se muestra que existen diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre los tratamientos en el control de *Solanum elaeagnifolium* Cav. durante los tres periodos de evaluación. Lo cual, indica que existen herbicidas eficientes en el control de trompillo. Así mismo, se encontró un coeficiente de variación de 9.5 % a los 7 DDA hasta a 15.4 % a los 21 DDA; estos porcentajes son bajos y reflejan la confiabilidad de la investigación.

En el cuadro 4, se observa que a los 7 DDA el mejor control se obtuvo con los ingredientes activos Saflufenacil y Glufosinato de Amonio + 2,4-D al mostrar un control suficiente. Saflufenacil es un herbicida que actúa rápidamente con la presencia de la luz, al causar síntomas fitotóxicos como marchitamiento y necrosis del tejido de la maleza; así mismo, se puede utilizar en el cultivo de maíz antes de la emergencia por su amplio control de malezas dicotiledóneas (Grossmann *et al.*, 2010), mientras que Walsh *et al.*, 2012, mencionan que la combinación de herbicidas de diferente mecanismo de acción amplía el espectro de control de malezas, ya que de forma individual no mostraron buen control sobre la maleza.

A los 14 DDA el mejor control lo obtuvieron los ingredientes activos Saflufenacil, Glufosinato de Amonio + 2,4-D y Glifosato + 2,4-D al mostrar un control suficiente a buen control. A los 21 DDA el mejor control lo presentaron los ingredientes activos Glufosinato de Amonio + 2,4-D, Saflufenacil, Glifosato + 2,4-D, Picloram + 2,4-D al mostrar control suficiente a buen control y

ser diferentes al resto de los tratamientos. (En esta investigación se consideraron resultados aceptables aquellos que superaron el 85 % de control).

Estos datos difieren con lo reportado por Wu *et al.*, 2016, donde evaluaron a la sexta semanas el control de *S. elaeagnifolium* Cav. y encontraron que los ingredientes activos; 2,4-D Amina 937.5 g i.a. ha⁻¹, 2,4-D + Picloram 900 + 225 g i.a. ha⁻¹, Glifosato 1080 g i.a. ha⁻¹ y Glifosato + 2,4-D Amina 1080 + 937.5 g i.a. ha⁻¹, mostraron un control de 41, 65, 31 y 58 %, respectivamente. Estos resultados varían con los ensayos establecidos dentro de campo experimental, debido a las condiciones de tiempo, precipitación, tamaño y densidad de maleza al momento de la aplicación.

Cuadro 4. Efecto de los herbicidas en el control de *Solanum elaeagnifolium* Cav. a los 7, 14 y 21 DDA en el Norte de Tamaulipas en el ciclo agrícola O-I 2021/2022.

Tratamiento	Dosis (g i.a. ha ⁻¹)	DDA (% de control)		
		7	14	21
Testigo	0	0 g	0 e	0 c
Glifosato	726	10 g	10 e	10 c
Paraquat	400	73 cd	65 d	55 b
Glufosinato de Amonio	300	78 bc	63 d	63 b
Saflufenacil	42	93 a	95 a	91 a
2,4-D Amina	718.5	50 f	70 cd	76 ab
Dicamba + 2,4-D	120+ 240	55 ef	73 bcd	76 ab
Picloram + 2,4-D	64 + 240	60 def	79 abcd	89 a
Glufosinato de amonio + 2,4-D	300 + 479	90 ab	91 ab	94 a
Glifosato + 2,4-D	726 + 479	76 bc	89 abc	91 a

Medias con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). DDA: Días después de la aplicación.

CONCLUSIONES

Como herbicidas alternativos para el control de trompillo (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) se pueden utilizar los ingredientes activos Glufosinato de Amonio + 2,4-D, Saflufenacil, Glifosato + 2,4-D, Picloram + 2,4-D al superar el 85 % de efectividad y mostrar control suficiente a buen control.

REFERENCIAS

- Gitsopoulos, T. K., Damalas, C. A., and Georgoulas, I. 2017. Chemical options for the control of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*). *Planta Daninha*. 35: 1-8.
- Grossmann, K., Niggeweg, R., Christiansen, N., Looser, R., and Ehrhardt, T. 2010. The herbicide saflufenacil (Kixor™) is a new inhibitor of protoporphyrinogen IX oxidase activity. *Weed science*. 58(1): 1-9.
- Kuttel, W., Metzler, M., y Pividori, S. 2016. Evaluación exploratoria de alternativas para control químico de malezas gramíneas en sorgo granífero (*Sorghum bicolor*). *Serie de extensión Inta Panama*. 1-7.
- Rosales, R, E., Sánchez, C, R., y Cerda, G, P. A. 2011. Control químico de maleza de hoja ancha en sorgo para grano. *Revista fitotecnia mexicana*. 34(4): 269-275.
- SAS Institute (2011) SAS/STAT® 9.3 User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 8640 p.

- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2021. Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (junio 2022).
- Silva, F, M. A., Rodríguez, M, J. C., Díaz, G, O., y Bautista, M, N. 2005. Efectividad biológica de un derivado de ácido graso para el control de *Macrosiphum rosae* L. (Homoptera: *Aphididae*) y *Tetranychus urticae* Koch (Acari: *Tetranychidae*). *Agrociencia*. 39(3): 319-325.
- Walsh, M. J., Stratford, K., Stone, K., and Powles, S. B. 2012. Synergistic effects of atrazine and mesotrione on susceptible and resistant wild radish (*Raphanus raphanistrum*) populations and the potential for overcoming resistance to triazine herbicides. *Weed Technology*. 26(2): 341-347.
- Wu, H., Stanton, R., and Lemerle, D. 2016. Herbicidal control of *Solanum elaeagnifolium* Cav. in Australia. *Crop Protection*. 88: 58-64.

VARIACIÓN MORFOLÓGICA EN FRUTOS DE CHILE PIQUÍN (*Capsicum annum* L. var. *glabriusculum*) EN GUASAVE, SINALOA

¹Ramiro Maldonado Peralta, ¹Delfina Salinas Vargas, ¹Guadalupe Parra Bojórquez

Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Carretera a la Brecha, S/N. Burrioncito, Guasave, Sinaloa. CP. 81149. * ramiro.mp@guasave.tecnm.mx

RESUMEN

El fruto de chile piquín es un condimento de alto consumo en México por su centro de origen, domesticación y diversificación. Se planteó el siguiente objetivo para conocer la diversidad en los morfotipos en sus frutos en cada una de las poblaciones provenientes de cada lugar de origen, adaptadas en la región de Guasave. Se usaron trece genotipos de ocho estados; 1) Chiapas, 1) Guerrero, 1) Nayarit, 2) Oaxaca, 1) Puebla, 1) Querétaro, 2) Sinaloa y 3) Veracruz. Las variables medidas fueron: Peso fresco de fruto (g), diámetro polar (mm), diámetro ecuatorial (mm), largo de pedicelo (mm), 4) número semilla por fruto, peso de semilla fruto y 6) Peso seco de fruto. Los resultados muestran que todas las variables medidas en frutos de chiltepin resultaron significativamente ($P \leq 0.05$). El genotipo Oaxaca1 presentó los frutos de mayor peso más largo y anchos y el genotipo de Sinaloa1 resultó con 0.24 g fue el de menor peso y también de diámetro polar con 8 mm. Como conclusión tenemos que hay una diversidad de morfotipos y solo falta analizar la parte química y sensorial para complementar y ver cuál es mejor calidad.

Palabras clave: Fruto, genotipo, morfotipos, peso, diámetro

ABSTRACT

The chile piquín fruit is a highly consumed condiment in Mexico due to its center of origin, domestication, and diversification. The following objective is set to know the diversity in the morphotypes in its fruits in each of the populations from each place of origin, adaptations in the Guasave region. Thirteen genotypes from eight states were used; 1) Chiapas, 1) Guerrero, 1) Nayarit, 2) Oaxaca, 1) Puebla, 1) Querétaro, 2) Sinaloa and 3) Veracruz. The measured variables were: fresh weight of fruit (g), polar diameter (mm), equatorial diameter (mm), pedicel length (mm), 4) number of seeds per fruit, weight of seed and fruit and 6) dry weight of fruit. The results show that all the variables measured in chiltepin fruits were significantly ($P \leq 0.05$). The Oaxaca1 genotype presented the longest and widest fruits with the highest weight and the Sinaloa1 genotype with 0.24 g was the lowest weight and also had a polar diameter of 8 mm. As a conclusion we have that there is a diversity of morphotypes and we only need to analyze the chemical and sensory part to complement and see which is the best quality.

Key words: Fruit, genotype, morphotypes, weight, diameter

INTRODUCCIÓN

El fruto de chile piquín (*Capsicum annum* L. var. *glabriusculum*) es un condimento de alto consumo en México por su centro de origen, domesticación y diversificación. El chile piquín es considerado el ancestro común de todos los tipos de chiles de la especie *Capsicum annum* y ha sido parte de nuestra cultura desde épocas prehispánicas. En el país se distribuyen más de 100 morfotipos de chiles silvestres que se localizan desde el estado de Tamaulipas hasta Quintana Roo por el lado del Golfo, y desde Sonora y Baja California a Chiapas por el Pacífico y en el sur de los Estados Unidos de América (Aguilar-Rincón et al.,

2010). La gran variedad de formas y tamaños de sus frutos, desde redondas a ovaladas y su forma de crecimiento, ha propiciado que se le reconozca con diferentes nombres según la región donde se ubican o se siembran (Aguilar-Rincón et al. 2010; Torres-Morán et al., 2022); lo que muestra una amplia adaptabilidad ambiental, probablemente asociada con su diversidad genética. Dada la naturaleza predominantemente silvestre de esta especie, su fruto generalmente se obtiene por recolección en poblaciones silvestres y no de plantaciones comerciales, lo que podría amenazar su diversidad genética. Además, es un chile cotizado por sus características tamaño de fruto y picor. Sin embargo, debido al alto valor culinario que posee y a que es un material en su mayoría silvestre, su hábitat está siendo sobreexplotado y dañado derivado de las prácticas de recolección y de presiones en su mayoría antropogénicas (Díaz-Sánchez et al., 2019).

Algunos esfuerzos aislados por promover la siembra de esta especie para obtener mejores rendimientos y calidad de fruto se han realizado, pero la baja tasa de germinación de sus semillas (Hernández et al., 2012; Medina-Martínez et al., 2002; Medina-Martínez, 2010) ha dificultado su domesticación. Estudios previos indican que existe una buena germinación de diferentes poblaciones provenientes estados de la república para su reproducción, y debido a las condiciones climáticas de la región de Guasave, Sinaloa, surge la inquietud de conocer la diversidad en los morfotipos en sus frutos en cada una de las poblaciones provenientes de cada lugar de origen, adaptadas en la región de Guasave.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo durante los meses de diciembre de 2021 a abril 2022, en condiciones de riego en el lote del campo experimental, ubicado en el Instituto Tecnológico Superior de Guasave (ITGS) en el municipio de Guasave, Sinaloa; ubicado en las coordenadas 25°52' N y 108°37' O, a 15 msnm.

La siembra de las semillas se realizó el 11 de junio de 2021, en charolas germinadoras de poliestireno de 200 cavidades de 9 mL, en las que se utilizó turba como sustrato. Las charolas fueron previamente desinfectadas con cloro (2 %) y se dejó secar al ambiente, después se rellenó con sustrato húmedo y se colocó una semilla por cavidad de los trece genotipos de chile piquín, después se colocó una capa de vermiculita, se agregó agua para humedecer y se colocó el almacigo en bolsa negra para mantener la humedad durante seis días o hasta que se comience a emerger las plántulas y ya se sacan de la bolsa y se colocan en el invernadero de crecimiento.

Las plantas se regaron todos los días con agua y se esperó que se cumplieran sus 50 días para su trasplante en campo, después de una semana se cubrieron con Agribon® para protegerlo de plagas durante 50 días. El cultivo de chile se fertilizó con solución nutritiva universal al 50 % Steiner (1984) y la recolección de frutos fue a los cinco meses de edad.

Los genotipos se obtuvieron de ocho estados en mercados, campo y algunos de traspatios, como se aprecia en el Cuadro 1.

Para la comparación de los 13 genotipos se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro repeticiones (se tomaron cuatro frutos por planta).

Cuadro 1. Procedencia de los genotipos utilizados en Guasave, Sinaloa.

	Estados	Lugar de obtención
1	Chiapas	Mercado
2	Guerrero	Campo
3	Nayarit	Casa
4	Oaxaca 1	Campo
5	Oaxaca 2	Mercado
6	Puebla	Mercado
7	Querétaro	Campo
9	Sinaloa 1	Casa
10	Sinaloa 2	Campo
11	Veracruz 1	Mercado
12	Veracruz 2	Campo
13	Veracruz 3	Campo

Las variables morfológicas evaluadas en las frutas de chile piquín fueron: 1) Peso de fruto (g), diámetro polar (mm), 2) diámetro ecuatorial (mm), 3) largo de pedicelo (mm), 4) número de semilla por fruto, 5) peso de semilla por fruto que se determinó en todos los frutos de las plantas muestreadas, y 6) peso total (mg) que se determinó con todos los frutos colectados de cada genotipo, después de secar en una estufa con circulación de aire forzado (Riossa®, México) a 70 °C por 72 horas hasta peso constante.

Las variables morfológicas y peso total 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, los cuadros se elaboraron con el programa Microsoft Excel 2010®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que todas las variables medidas en frutos de chile chiltepín fueron significativamente ($P \leq 0.0$) como se puede ver en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Sumas de cuadrados (SC) de las variables morfológicas medidas en frutos de chile piquín producidos en campo en Guasave, Sinaloa.

		Peso de fruto (g)	Diámetro polar (mm)	Diámetro ecuatorial (mm)	Largo de pedicelo (mm)	Número de semilla por fruto	Peso de semilla (mg)	Peso total (mg)
FV	GL	Suma de cuadrados						
Trats.	11	14**	3886**	3787**	228.19**	132**	0.79**	1.8**
Error	108	2	1256	855	0.14	79	0.37	0.4
Total	119	16	5154	4642	228.34	211	1.16	2.2

** : Significancia estadística. FV; Fuente de Variación, Trats; tratamientos, GL: Grados de Libertad

Comparación de medias

En peso de fruto (g) (Cuadro 3.), los frutos de mayor peso resultaron los del estado de Oaxaca 1 y Nayarit (1.31 y 1.25 g) ya que son largos (diámetro polar) y anchos (diámetro ecuatorial) y el Sinaloa 1 resultó con 0.24 g, menor peso y también de diámetro polar de 8 mm, debido al tamaño pequeño y redondo que es una característica de los chiltepines, sin embargo, el

genotipo Sinaloa 2 presentó mayor tamaño en pedicelo (34mm) y también es la que tuvo 53.7 semillas en promedio. Aunque, eso no quiere decir que sus semillas tengan mayor peso. Mientras, el genotipo Nayarit tuvo semillas de 0.37 mg en promedio, por lo tanto, es el genotipo que se adaptado mejor a las condiciones climáticas de la región de Guasave. Por otra parte, el genotipo Chiapas tuvo mayor peso seco de fruto (56 mg). Semejantes patrones describieron Latournerie et al. (2002) en Yucatán, y Castañón-Nájera et al. (2008) en Tabasco, México. Esto indica que en cada región las comunidades aprovechan tanto las formas cultivadas como las formas silvestres y probablemente segregantes (introgresiones) que se forman con el cruzamiento natural de ambas (Jarvis y Hodgkin, 1999).

Cuadro 3. Comparación de medias de los 13 diferentes morfotipos en frutos de chile piquín

Variedad	Peso de fruto (g)	Diámetro polar (mm)	Diámetro ecuatorial (mm)	Largo de pedicelo (mm)	Número de semilla por fruto	Peso de semilla por fruto (mg)	Peso seco de fruto (mg)
Chiapas	0.93 bc	17 bc	10.2 ab	15 fg	37.9 bc	0.24 b	0.56 a
Guerrero	0.80 c	22 ab	8.0 c	19 ed	29.7 bcde	0.15 bcde	0.37 b
Nayarit	1.25 a	22 a	10.1 ab	29 b	41.6 ab	0.37 a	0.37 b
Oaxaca 1	1.31 a	23 a	10.6 ab	22 c	34.7 bcd	0.14 cde	0.27 cd
Oaxaca 2	0.36 d	11 de	5.9 de	14 g	12.2 e	0.07 e	0.33 bc
Puebla	0.75 c	13 cd	9.8 b	16 efg	23.4 def	0.17 bcd	0.22 ed
Querétaro	0.72 c	24 a	7.7 c	21 cd	28.4 cde	0.22 bc	0.23 d
Sinaloa 1	0.24 ab	8 e	6.8 cd	18 defg	21.8 ef	0.09 de	0.09 g
Sinaloa 2	1.16 ab	14 c	9.9 ab	34 a	53.7 a	0.21 bc	0.36 b
Veracruz 1	0.46 d	11 de	7.5 c	24 c	34.4 bcd	0.14 cde	0.15 def
Veracruz 2	0.78 c	24 a	11.1 a	20 ed	23.6 def	0.11 de	0.23 ed
Veracruz 3	0.38 d	23 a	5.3 e	19 edf	22.6 def	0.08 e	0.14 fg

Debido a la variabilidad morfológica del chile piquín, Hufford y Mazer (2003), mencionan que son distintos genotipos dentro de una especie, resultado de su adaptación local a condiciones ambientales específicas, capaces estos de hibridarse con otros morfotipos de la misma especie.

CONCLUSIONES

Existe variación morfológica en las variables largo y ancho de fruto, largo de pedicelo, número de semillas, peso seco total. Esto indica que los genotipos producen frutos de mayor y menor tamaño según las condiciones ambientales presentes en la región de Guasave.

Los factores determinantes en la variación morfológica están relacionados con la época de siembra, ya que el cultivo se estableció cuando el rango de temperatura en la región es alto. Por lo tanto, es necesario seguir evaluando los genotipos para su observación en épocas secas y frías del año en la región de Guasave.

REFERENCIAS

- Aguilar-Rincón, V. H., T. Corona T., P. López L., L. Latournerie M., M. Ramírez M., H. Villalón M., y J. A. Aguilar C. 2010. Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México: 114.
- Castañón-Nájera, G., L. Latournerie-Moreno, M. Mendoza-Elos, A. Vargas-López y H. Cárdenas-Morales (2008). Colección y caracterización de chile (*Capsicum* spp.) en Tabasco, México. *Phyton, International Journal of Experimental Botany* 77: 189-202.
- Díaz-Sánchez D. D., González-Hernández V. A., Silva-Rojas H. V., López P.A., López-Sánchez H., Gardea-Bejar A. A. 2019. Determinación de la calidad pre y postcosecha en chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 122 p.
- Hernández, V. S.; Flor, P. F.; Pacheco, O. A.; López, E. R. G., Villarreal, R. M.; Parra, T. S. y Osuna, T. 2012. Caracterización y variación ecogeográfica de poblaciones de chile (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) silvestre del noroeste de México. *Polibotánica*. 33:175-191.
- Hufford, K.M., y S. J. Mazer. 2003. Plantecotypes: genetic differentiation in the age of ecological restoration. *Trends in ecology and evolution*. 18(3): 147-155.
- Jarvis, D.I. y T. Hodgkin (1999). Wild relatives and crop cultivars: detecting natural introgression and farmer selection of new genetic combinations in agroecosystems. *Molecular Ecology* 8: 159-173.
- Latournerie, L., J.L. Chávez, M. Pérez, G. Castañón, S.A. Rodríguez, L.M. Arias y P. Ramírez (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.
- Medina, M. T. 2010. Manejo integral del chile piquín. *Ciencia UAT* 17(3): 28-29.
- Medina, T., H. Villalón., A. Carreón., M. Lara., A. Cardona., G. Gaona., L. Trejo., y A. Mora. 2002. Chili piquín (*Capsicum annuum*). Population and handling agro-forestry study in Northeastern México. Proceedings of the 16th International Pepper Conference Tampico, Tamaulipas, México. 33 p.
- Steiner AA (1984) The Universal Nutrient Solution. In: Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands. pp: 633-650.
- Torres-Morán M. I., Rodríguez-Guzmán E., Velasco-Ramírez A. P., Escoto-Delgadillo M., Riojas-López M. E., Durán-Puga N., Lépiz-Ildelfonso R. 2022. Estudio preliminar de identificación a nivel molecular de ecotipos de chile piquín. *E-CUCBA* 18(9): 192-197.

PERSISTENCIA Y DIVERSIDAD GENÉTICA DE VARIEDADES CRIOLLAS DE FRIJOL CULTIVADAS EN DURANGO

Saúl Santana Espinoza^{1*}, Donaji Sierra Zurita¹, Rigoberto Rosales Serna¹

¹INIFAP - Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango - El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. *e-mail: santana.saul@inifap.gob.mx

RESUMEN

La conservación y uso eficiente de la diversidad genética son factores importantes en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*), especie fundamental para la economía, nutrición y salud en México. El objetivo de este trabajo fue evaluar la persistencia y diversidad genética de variedades criollas de frijol cultivadas en Durango, México. Entre abril y mayo de 2022, se realizaron recorridos de colecta en sitios de acopio y comercialización de grano del frijol producido en Durango. Se visitaron personas clave en las localidades de Guadalupe Victoria, Francisco I. Madero, Ignacio Allende, Ramón Corona, San Bernardino de Milpillas, San Juan de Guadalupe, Santa Clara, Canatlán y Nombre de Dios. Se dio preferencia a la recolección de variedades criollas detectadas en los centros de acopio y corroboradas en su identidad, con la ayuda de personal especializado. Las muestras de grano obtenidas en forma aleatoria, en cada variedad, mostraron variación de peso total (tres a cinco kilogramos). El grano se limpió manualmente, para eliminar la materia inerte y semillas con daños que limitaban de forma evidente su viabilidad. Las muestras se almacenaron a temperatura ambiente hasta su caracterización, siembra y envío para su resguardo en bancos de germoplasma. Los datos obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva. Se obtuvieron 26 colectas de variedades criollas de frijol, en cinco localidades ubicadas en diferentes municipios de Durango. Las clases comerciales con más frecuencia fueron: bayo, pinto y flor de mayo. La clase comercial con un número mayor de variedades fue el bayo, con cuatro denominaciones (bayo, bayito, bayo blanco y bayo grueso). Otras clases como canario (garbancillo), Querétaro (Río Grande o bayo), sangre de toro (morado) y borroso (rebocero) generaron discrepancia debido a las variaciones en su denominación. Se pudo detectar diversidad genética en el germoplasma de frijol cultivado en Durango, a pesar de la predominancia general de las variedades mejoradas Pinto Saltillo y germoplasma criollo como Negro San Luis. La clase comercial pinto fue la que mostró más frecuencia de sitios de colecta (cuatro) y diversidad genética, debido a que se pudieron detectar variedades como Pinto Nacional y Pinto Mexicano. Otras clases comerciales con frecuencia alta (tres sitios de colecta) fueron: bayo (bayito, bayo blanco, bayo grueso) y flor de mayo, las cuales mostraron también diversidad varietal. Los sitios con diversidad mayor estuvieron alejados de la zona principal de cultivo (Los Llanos de Durango), como fueron Santa Clara (bayo, blanquito, flor de mayo, negro brillante y pinto) y San Bernardino de Milpillas, donde se colectó frijol borroso (rebocero), canario (garbancillo), sangre de toro (morado), flor de mayo y otra especie conocida como frijol cualima (*Vigna* sp.). Se observó avance considerable en la adopción de las variedades de frijol mejoradas (Pinto Saltillo) y criollas (Negro San Luis), que ocupan buena parte de la superficie cultivada actualmente con frijol en Durango. A pesar del incremento en el uso de las variedades mejoradas de frijol, se observó persistencia de los criollos tradicionales, debido a que los productores los consideran superiores en adaptación, rendimiento, tolerancia a factores adversos y sabor del grano cocido.

Palabras clave. *Phaseolus*, conservación, calidad, sostenibilidad.

ABSTRACT

The conservation and efficient use of genetic diversity are important factors in common bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivation, considered as a fundamental product for the economy, nutrition, and human health in México. The objective of this work was to evaluate the persistence and genetic diversity of common bean landrace cultivars grown in Durango, México. During two-month period (April to May 2022), collection tours were carried out in several sites for shopping, storage and marketing of common beans produced in Durango. Key people were visited in locations such as: Guadalupe Victoria, Francisco I. Madero, Ignacio Allende, Ramón Corona, San Bernardino de Milpillas, San Juan de Guadalupe, Santa Clara, Canatlán and Nombre de Dios. Preference was given for collecting native cultivars detected in shopping centers, corroborated with the help of specialized personnel. The grain samples were obtained randomly, in each variety container, and showed variation in total weight (three to five kilograms). The grain was manually cleaned to remove inert matter and seeds with damage that clearly limited their viability. The samples were stored at room temperature until their characterization, planting, and shipment for storage in germplasm banks. The data obtained were analyzed using descriptive statistics. Twenty-six common bean landraces were collected in five locations at different municipalities of Durango. The most frequent commercial classes were bayo, pinto and flor de mayo. The bayo type was the commercial class showing the largest number of varieties, with four denominations (bayo, bayito, bayo blanco and bayo grueso). Other classes such as canario (garbancillo), Querétaro (Río Grande or bayo), sangre de toro (morado) and borroso (rebocero) generated discrepancies due to variation in their denomination. Genetic diversity was detected in common bean germplasm grown in Durango, despite the general predominance of improved cultivars such as Pinto Saltillo and introduced landraces such as Negro San Luis. Higher frequencies were detected in the pinto and bayo (bayito, bayo blanco, bayo grueso) commercial classes showing high number for collection sites (four) and genetic diversity, because Pinto Nacional and Pinto Mexicano were obtained. Other commercial classes with high frequency (three sites) were bayo (bayito, bayo blanco, bayo grueso) and flor de mayo, which also showed cultivar diversity. Locations showing high diversity for common bean landraces were observed outside from the main cultivation area (Los Llanos de Durango), such as Santa Clara (bayo, blanquito, flor de mayo, shiny black and pinto) and San Bernardino de Milpillas, where borroso (rebocero), canario (garbancillo), sangre de toro (morado) and flor de mayo common beans were collected. Considerable progress was observed for the adoption of improved common bean cultivars (Pinto Saltillo) and landraces (Negro San Luis), occupying most of the area currently cultivated with common beans in Durango. Despite the increase in the use of improved common bean cultivars, persistence of traditional (landraces) varieties was observed because producers consider them superior in adaptation, yield, tolerance to adverse factors and satisfying flavor of cooked grains.

Key words. *Phaseolus*, conservation, quality, sustainability.

INTRODUCCIÓN

En Durango, se cuenta con germoplasma de frijol, de tipo endémico e introducido, con diferente grado de evolución. Es decir se tienen poblaciones de germoplasma de frijol silvestre, semidomesticado (intermedio), criollo y mejorado (Gill *et al.*, 2008; Lépiz *et al.*, 2010; Jiménez *et al.*, 2012). El frijol silvestre se ha colectado en varios municipios de Durango (Wallander *et al.*, 2022), aunque sobresalen las poblaciones encontradas en los alrededores del área arqueológica de La Ferrería, cerca de la capital del estado. En ese sitio es posible observar las formas silvestres y semidomesticadas, éstas últimas con granos similares a los obtenidos con las variedades criollas y mejoradas de frijol común (*Phaseolus vulgaris*). Por su parte, las variedades criollas persisten en siembras comerciales de esta entidad, aunque en las últimas décadas se ha observado menor frecuencia de este tipo de germoplasma, debido al éxito productivo y comercial de las variedades mejoradas de frijol Pinto Villa y Pinto Saltillo. Con información proporcionada por una empresa comercializadora de granos y semillas, se

estableció que en 2019 la distribución de semilla a los productores de la región de Los Llanos fue de 60% para Pinto Saltillo (mejorada), 30% para Negro San Luis (criolla) y 10% para Pinto Centauro (mejorada).

El avance de la superficie sembrada con variedades mejoradas de frijol, como Pinto Villa y Pinto Saltillo, causó pérdida de diversidad de la especie en Durango y otros estados del Altiplano Semiárido de México. Por ello, es cada vez menos frecuente observar variedades criollas tradicionales, como es el caso de pinto nacional, negro bola (Negro San Luis), bayo rata, bayo blanco, canario (garbancillo) y ojo de cabra, que fueron cultivadas durante décadas por los productores locales. Con base en lo anterior, se decidió evaluar el estado actual de la diversidad genética que se maneja actualmente en siembras comerciales de frijol, especialmente en la región de Los Llanos, que es la zona más importante para la producción de esta leguminosa en Durango.

La recolección, caracterización y uso eficiente del germoplasma de frijol representan una necesidad para la conservación de la agrobiodiversidad. Además, se podrá incrementar el rendimiento y la sostenibilidad de la producción de alimentos en Durango. Una cantidad considerable de la diversidad genética del frijol común se encuentra bajo resguardo de los bancos de germoplasma del INIFAP, que se mantienen en los Campos Experimentales del Valle de México (CEVAMEX) y Zacatecas (CEZAC); así como, en el Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG). Existen otras instituciones mexicanas (Universidad Autónoma Chapingo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y la Universidad de Guadalajara) y extranjeras (Centro Internacional de Agricultura Tropical; United States Department of Agriculture-Agricultural Research Service-National Plant Germplasm-System) que cuentan con accesiones de frijol, con grado diferente de evolución. A pesar de los esfuerzos de representación de la diversidad genética de frijol en México y otros países, la selección e hibridación genética, natural y artificial, generan nuevos recombinantes que hacen necesaria la actualización constante de los niveles de variabilidad contenida en las plantas cultivadas de interés comercial, alimenticio y nutricional.

Las características que demandan los integrantes de la cadena producción-consumo de frijol propiciaron la utilización de variedades mejoradas uniformes y con mayor calidad comercial del grano. A pesar de la presión para incrementar la calidad del grano de frijol ejercida por comerciantes, industriales y consumidores, se ha observado persistencia de algunas variedades que son del gusto de los productores, por su rendimiento y sabor luego de la cocción del grano. Algunas de estas variedades tradicionales son: Pinto Nacional, Bayo Rata, Negro San Luis, Flor de Mayo Media Oreja, Canario, Querétaro (Río Grande) y otras variedades de frijol ojo de cabra. También, se ha observado presencia de germoplasma que se considera introducido en Durango, como son sangre de toro y ojo de pato, entre otras. El objetivo de este estudio fue evaluar la persistencia y diversidad genética de las variedades criollas de frijol cultivadas en Durango, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. Entre abril y mayo de 2022, se realizaron recorridos de colecta en sitios clave para el acopio, almacenamiento y comercialización de grano del frijol producido en Durango. Se visitaron acopiadores de grano de frijol en las localidades de Guadalupe Victoria, Francisco I. Madero, Ignacio Allende, Ramón Corona, San Bernardino de Milpillan, San Juan de Guadalupe, Santa Clara, Canatlán y Nombre de Dios. Se dio preferencia a la recolección de variedades criollas y con la ayuda de personal especializado, se descartaron las variedades mejoradas que se detectaron en todos los centros de acopio, como fueron Pinto Saltillo, Pinto Centauro y Negro San Luis.

Manejo de muestras. Las muestras de semilla obtenidas de forma aleatoria, en los costales de cada variedad, mostraron variación en el peso con un intervalo entre tres y cinco

kilogramos. El grano se limpió manualmente, para eliminar la materia inerte (piedras, terrones, paja) y semillas con daños que limitaban de forma evidente su viabilidad. Las muestras se almacenaron en bolsas de polietileno a temperatura ambiente hasta su caracterización, siembra y envío para su resguardo en bancos de germoplasma.

Información obtenida. Se obtuvo información sobre la localidad de recolección de las variedades criollas, en la que se incluyó la fecha, sitio de colecta, nombre del acopiador rural y denominación local de la variedad.

Análisis Estadístico. Los datos obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva (frecuencias).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron 26 colectas de variedades criollas de frijol, en cinco sitios ubicados en diferentes municipios del estado de Durango (Cuadro 1). Las clases comerciales con más frecuencia en el germoplasma criollo colectado en Durango fueron el bayo, pinto y flor de mayo. La clase comercial con mayor diversidad de nombres locales fue el bayo, del cual se conocen cuatro denominaciones (bayo, bayito, bayo blanco y bayo grueso) para la diferenciación de variedades. Otras clases como el canario, muestran confusión debido a que en otras entidades de México se conoce como garbancillo. Existe también, la variedad Río Grande que se conoce como Querétaro y bayo; o la clase sangre de toro que en algunos sitios se conoce como morado. Se colectó una variedad conocida localmente como borroso, aunque en los mercados nacionales se denomina como rebocero. Se pudo detectar diversidad genética en el germoplasma de frijol cultivado en el estado de Durango, a pesar de la predominancia general de las variedades mejoradas Pinto Saltillo, Pinto Villa, Pinto Centauro y las variedades criollas Negro San Luis, Negro Querétaro y Flor de Mayo Media Oreja.

La clase comercial pinto fue la que mostró más frecuencia de sitios de colecta (cuatro) y diversidad genética, debido a que se pudieron detectar Pinto Nacional y Pinto Mexicano (semillas redondas y fondo gris). Otras clases comerciales con frecuencia alta (tres sitios) fueron bayo y flor de mayo, las cuales también mostraron diversidad y en el caso de las variedades de grano bayo son conocidos localmente como bayito, bayo blanco y bayo grueso. Los sitios con mayor diversidad estuvieron alejados de la zona principal de cultivo (Los Llanos de Durango) y entre éstos, sobresalieron las localidades de Santa Clara con cinco clases (bayo, blanquito, flor de mayo, negro brillante y pinto). Otra localidad sobresaliente fue San Bernardino de Milpillas, ubicado en la zona serrana del municipio de Durango, donde se colectó frijol borroso (reboero o rebocero), canario (garbancillo), sangre de toro (morado), flor de mayo y otra especie conocida como frijol cualima, aunque pertenece al género *Vigna*.

Se observó avance considerable en la adopción de las variedades mejoradas de frijol, principalmente Pinto Saltillo, que ocupa buena parte de la superficie cultivada actualmente con frijol en Durango (>80%) y en 2021 alcanzó 172 mil ha (SIAP, 2022). Otras variedades comunes en las áreas de cultivo, centros de acopio y mercados fueron Negro Bola (Negro San Luis), Negro Querétaro (mejorada) y Flor de Mayo Media Oreja, las cuales provienen principalmente de material criollo cultivado en el Altiplano Semiárido de México. A pesar del incremento en el uso de las variedades mejoradas se observó persistencia de los materiales criollos tradicionales. Los comentarios de las personas que las conservan fueron, que tienen rendimiento alto y adaptación a las condiciones locales de cultivo. Además, producen en condiciones adversas, en años “buenos” pueden producir cosecha abundante (> 1.5 t/ha) y algunas personas consideran que tienen mejor sabor, con respecto a Pinto Saltillo. Los resultados concuerdan con lo obtenidos en otros estudios estatales, en los que se demostró que se conserva la diversidad genética en frijol, aunque se ha reducido considerablemente la superficie sembrada con algunas variedades criollas y se incrementó la dedicada a las mejoradas, como fue el caso de Jamapa (Lagunes *et al.*, 2006). Las características como sabor, calidad de cocción, estabilidad de rendimiento, más que el rendimiento *per se* y

adaptabilidad local, son atributos importantes que llevan a los agricultores de bajos recursos a conservar sus variedades criollas, manteniendo la riqueza genética de sus cultivos agrícolas (Lagunes *et al.*, 2006).

Cuadro 1. Clases comerciales y frecuencia de recolecta de germoplasma criollo de frijol en Durango. 2022.

Clase Comercial	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa (%)	Sitios de Colecta
Bayo (Bayito, Bayo Blanco, Bayo Grueso)	7	26.9	*SJG, RC, SC
Blanquito	2	7.7	SC
Borroso (Rebosero)	1	3.8	SBM
Canario (Canario, Garbancillo)	2	7.7	GV, SBM
Sangre de Toro (morado)	2	7.7	SBM, IA
Flor de Mayo	3	11.6	SC, SBM, GV
Negro Brillante	1	3.8	SC
Ojo de Cabra	1	3.8	SJG
Ojo de Pato	1	3.8	GV
Pinto	4	15.5	SC, SJG, GV, IA
Querétaro (Río Grande)	2	7.7	GV, IA
Total	26	100	

*SJG = San Juan de Guadalupe (Siete Zacates), RC = Ramón Corona, SC= Santa Clara, SBM= San Bernardino de Milpillan, GV= Guadalupe Victoria e IA = Ignacio Allende.

CONCLUSIONES

En Durango, los avances del programa de mejoramiento genético de frijol son considerables en la generación y adopción de variedades resistentes a algunos patógenos, tolerantes al estrés hídrico (sequía) y con calidad comercial de grano. A pesar de lo anterior, se observó persistencia de algunas variedades (criollas o derivadas de germoplasma criollo) que los productores de Durango consideran superiores en adaptación, rendimiento, tolerancia a factores adversos y sabor del grano cocido. Dicho, germoplasma debe ser colectado, caracterizado y conservado para fortalecer el mejoramiento genético de frijol y abastecer el mercado del frijol criollo, existente en México.

REFERENCIAS

- Gill L., H. R., R. Rosales S., y N. Mayek P. 2008. Caracterización morfoagronómica y molecular de variedades criollas de frijol del Altiplano de México. Memorias del Primer Congreso Internacional y Feria Nacional del Frijol 2008. Celaya, Gto. Méx. p. 139-140.
- Jiménez G., J. C. y J. A. Acosta G. 2012. Caracterización de genotipos criollos de frijol Tepari (*Phaseolus acutifolius* A. Gray) y común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo temporal. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3(8): 1565-1577.
- Lagunes E., L. del C., F. Gallardo L., H. Becerril H., y E. D. Bolaños A. 2008. Diversidad cultivada y sistema de manejo de *Phaseolus vulgaris* y *Vigna unguiculata* en la región de La Chontalpa, Tabasco. Revista Chapingo Serie Horticultura 14(1): 13-21.
- Lépiz I., R., J. J. López A., J. J. Sánchez G., F. Santacruz R., R. Nuño R., E. Rodríguez G. 2010. Características morfológicas de formas cultivadas, silvestres e intermedias de frijol común de hábito trepador. Revista Fitotecnia Mexicana 33(1): 21-28.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. Anuario estadístico de la producción agrícola. Documento consultado en línea. 21 de julio de 2021. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Wallander C., L., N. Almaraz A., G. Alejandro I., J. N. Uribe S., J. A. Ávila R., R. Torres R., Y. Herrera A., y A. A. Delgado A. 2022. Variación fenológica y morfométrica de *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) de cinco poblaciones silvestres de Durango, México. *Botanical Sciences* 100(3): 563-578.

DIVERSIDAD GENÉTICA EN GERMOPLASMA CRIOLLO DE FRIJOL CULTIVADO EN DIFERENTES MUNICIPIOS DE DURANGO

Saúl Santana Espinoza^{1*}, Donaji Sierra Zurita¹, Rigoberto Rosales Serna¹

¹INIFAP - Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango - El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. *e-mail: santana.saul@inifap.gob.mx

RESUMEN

Es necesario actualizar el nivel de diversidad genética presente en frijol común (*Phaseolus vulgaris*) cultivado en Durango. El objetivo fue evaluar la diversidad genética presente en el germoplasma criollo de frijol cultivado en diferentes localidades de Durango, México. Se utilizó un grupo de 26 variedades criollas colectadas en diferentes centros locales de producción, acopio y comercialización de frijol. Las variedades se colectaron en Guadalupe Victoria, Francisco I. Madero, Ignacio Allende, Ramón Corona, San Bernardino de Milpillan, San Juan de Guadalupe y Santa Clara, Durango. Se separaron las variedades mejoradas predominantes, como lo es Pinto Saltillo, y se realizó la caracterización mediante los atributos, continuos y discretos de la semilla. Los datos obtenidos se utilizaron para realizar el análisis de componentes principales (ACP) y clúster. El análisis de clúster incluyó la obtención de un dendrograma generado mediante el cálculo de distancias Euclídeas entre variedades criollas, para lo cual se tomó como base el método UPGMA (Unweighted Pair Grouping with Arithmetic Averages) y el gráfico del clúster se generó con el método Ward, en ambos casos con el programa de cómputo R ver. 2.3. El ACP mostró niveles bajos de explicación de la varianza y se requirieron siete componentes (CP7) para alcanzar un nivel superior a 90%. En el CP1, el color secundario de la testa mostró el nivel más alto en la explicación de la varianza (>15%), seguido por el tipo e intensidad del color de la semilla (>10%). Para el CP2, se observó que el peso y anchura del grano (>20%) presentaron nivel alto para la explicación de la varianza. Se registró agrupamiento de variables relacionadas con el color del grano y atributos morfológicos como grado de curvatura del grano, anchura calificada en forma discreta y la intensidad del color secundario. Otro grupo reunió variables relacionadas con las dimensiones cuantitativas de la semilla, especialmente longitud, anchura y peso. Por último, se agruparon variables como brillo de la testa y calificación discreta de la longitud de la semilla. Se observó agrupamiento de las variedades de grano bayo, colectadas en diferentes sitios de la región de Los Llanos y áreas aledañas. Entre éstas variedades, se diferenció bayo blanco y en un nivel más alto se separó bayo grueso. Otro grupo cercano incluyó a las variedades conocidas como canario (garbancillo) y Querétaro, con grano crema-beige de tamaño pequeño, provenientes de la recombinación genética entre germoplasma de la raza Durango y Jalisco. Otras variedades similares fueron las de grano blanco pequeño, conocido como blanquito o güerito, que tienen tamaño y patrones de venación en la testa parecidos al tipo canario (garbancillo). La distancia más avanzada hacia el germoplasma de la raza Jalisco lo representaron las variedades de la clase comercial sangre de toro, con granos morados. De la misma forma, las variedades rebocero y ojo de pato, resultaron similares, aunque por su coloración estuvieron más cercanas al grupo con más de un color en la testa (flor de mayo, pinto y ojo de cabra). En ese grupo se observó la separación entre el germoplasma de la raza Durango (pinto y ojo de cabra) y las de la raza Jalisco (flor de mayo). Las variedades con nivel más alto de diferenciación (raza Jalisco) fueron Querétaro y negro brillante, la cual mostró heterogeneidad del grano, posiblemente por la recombinación genética y mezcla mecánica entre materiales. Los resultados mostraron que la morfología de la semilla contribuyó parcialmente a la diferenciación de las variedades de frijol; sin embargo, se requiere el uso de otros atributos morfo-agronómicos para la evaluación integral de la diversidad genética presente en Durango. Las variedades criollas que persisten en siembras comerciales en Durango mostraron variabilidad natural, que fue consistente con su origen geográfico. La heterogeneidad de los granos, en las variedades criollas colectadas en Durango, dificultó la caracterización con base en los atributos de la semilla, por lo que se requiere la evaluación

morfo-agronómica para la actualización precisa de la diversidad del frijol cultivado en Durango.

Palabras clave. *Phaseolus*, diversidad, conservación, mejoramiento genético.

ABSTRACT

An update is necessary to understand the level of genetic diversity present in common beans (*Phaseolus vulgaris*) cultivated in Durango. The objective was to evaluate the genetic diversity present in common bean germplasm grown at different locations in Durango, México. A group of 26 traditional varieties were collected at several production, storage, and marketing centers in the most important common bean production region at Durango. The common bean landraces were collected in Guadalupe Victoria, Francisco I. Madero, Ignacio Allende, Ramón Corona, San Bernardino de Milpillas, San Juan de Guadalupe and Santa Clara, Durango. The predominant improved cultivars were excluded, including Pinto Saltillo, and the characterization was carried out by using continuous and discrete traits evaluated in the seed. The data obtained were used to perform the Principal Component (PCA) and cluster analysis. The cluster analysis included the generation of a dendrogram by calculating Euclidean distances between landraces and the use of the UPGMA (Unweighted Pair Grouping with Arithmetic Averages) method and a conglomerate graphic generated with the method of Ward, in both cases using the computer program R ver. 23. The PCA showed low levels of variance explanation and seven components (PC7) were required to reach a level higher than 90%. In PC1, the secondary color of the seed coat showed the highest level in the explanation of the variance (>15%), followed by the type and intensity of the color of the seed (>10%). For PC2, it was observed that grain weight and width (>20%) showed a high level for the explanation of variance. The grouping was observed for variables related to seed color and morphological traits such as degree of grain curvature, discrete evaluation for seed width and intensity of the secondary seed coat color. Another group of variables related to the quantitative seed dimensions, especially length, width, and weight, was also detected. Finally, variables such as seed coat brightness and discrete classification of seed length were grouped. The landrace group was observed for bayo varieties, collected at different sites of "Los Llanos" region and surrounding areas. Among these varieties, bayo blanco was differentiated, and, at a higher level, bayo grueso was also separated. Another close group included the varieties known as canario (garbancillo) and Querétaro, with small cream-beige grains, originated from genetic recombination between germplasm of the Durango and Jalisco races. Other similar landrace cultivars were those with small white grains, known as blanquito or güerito, which registered seed size and seed coat venation patterns like those observed in the garbancillo seed type. The most advanced distance towards the germplasm of the Jalisco race was represented by the varieties of the commercial sangre de toro class, with purple grains. In the same way, the rebocero and ojo de pato varieties were similar, although due to their seed color they were closer to the group with more than one color on the seed coat (flor de mayo, pinto and ojo de cabra). In this group, the separation between the germplasm of the Durango race (pinto and ojo de cabra) and those of the Jalisco race (flor de mayo) was observed. The varieties with the highest level of differentiation (Jalisco race) were Querétaro and Negro Brillante, which showed grain heterogeneity, possibly due to genetic recombination and seed mechanical mixing between common bean materials. The results showed that the morphology of the seed partially contributed to the differentiation of the common bean landraces; however, the use of other morpho-agronomic traits is required for the comprehensive evaluation of the genetic diversity present in Durango. Common bean landraces that persist in commercial plantings in Durango showed natural variability, which was consistent with their geographic origin. The heterogeneity of the grains, in the landraces collected in Durango, made it difficult to characterize them based on the attributes of the seed, thus additional morpho-agronomic evaluation is required to accurately update the diversity of the common bean planted in Durango.

Key words. *Phaseolus*, diversity, conservation, genetic breeding.

INTRODUCCIÓN

La región de Los Llanos es la principal área productora de frijol en el estado de Durango, donde se cuenta con germoplasma de tipo endémico e introducido de la especie. Algunas de las variedades criollas, observadas desde la década de los 40, persisten en siembras comerciales de esta entidad (Cárdenas *et al.*, 1996). En las últimas décadas se ha observado disminución de la frecuencia de este tipo de germoplasma, ocasionado principalmente por el éxito productivo y comercial de las variedades mejoradas de frijol, como han sido Pinto Villa y Pinto Saltillo. En 2019, se estableció que la distribución de semilla, realizada por una empresa comercializadora local, a los productores de la región de Los Llanos fue de 60% para Pinto Saltillo (mejorada), 30% para Negro San Luis (criolla) y 10% para Pinto Centauro (mejorada).

Se considera que el avance de la superficie sembrada con variedades mejoradas de frijol ha causado pérdida de la diversidad de la especie en Durango y otros estados del Altiplano Semiárido de México. Por ello, es cada vez menos frecuente observar variedades criollas tradicionales, como es el caso de pinto nacional, bayo rata, bayo blanco, Flor de Mayo Media Oreja, canario (garbancillo) y ojo de cabra, que fueron cultivadas durante años por los productores locales. Se considera de suma importancia recolectar y conservar el germoplasma de frijol, con fines de caracterización y uso eficiente del germoplasma para mejorar genéticamente el rendimiento, tolerancia a factores adversos y la sostenibilidad de la producción de alimentos en Durango.

Se han realizado diferentes fases de recolección de materiales silvestres, intermedios, criollos y mejorados de frijol (Debouck, 1976), lo que favoreció la conservación de la diversidad de frijol en diferentes Bancos de Germoplasma nacionales e internacionales (Cárdenas *et al.*, 1996; Bellón *et al.*, 2009; Miranda *et al.*, 2021). Además, los productores, comerciantes y consumidores han conservado algunas variedades criollas de frijol debido a que consideran que tienen niveles altos de adaptación local, tolerancia a factores adversos y producen grano con calidad alta para la cocción y sabor (Gill *et al.*, 2014). Las variedades criollas de frijol que son consideradas como fuentes de genes para el mejoramiento genético de la especie en Durango son: Pinto Nacional, Bayo Rata, Negro San Luis, Flor de Mayo Media Oreja, canario, Querétaro (Río Grande) y otras variedades de frijol ojo de cabra. También, se ha observado presencia y adaptación de germoplasma que se considera introducido en Durango, como son las variedades sangre de toro, rebocero y ojo de pato, entre otras.

Se han establecido diferentes métodos para caracterizar el germoplasma de frijol, los cuales son de tipo morfológico (SNICS, 2017) y molecular (Gyang *et al.*, 2017). La caracterización morfológica y agronómica es la más factible de obtener por su facilidad de realización, ya que se evita la necesidad de equipo e insumos especiales para su implementación. La caracterización morfológica incluye la evaluación de atributos de la semilla, lo cual puede ayudar en la determinación de la diversidad genética del frijol común. El objetivo de este estudio fue evaluar la diversidad genética en germoplasma criollo de frijol cultivado actualmente en Durango, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización varietal. Se utilizó un grupo de 26 variedades criollas colectadas, entre abril y mayo de 2022, en diferentes centros de acopio y comercialización de frijol en Durango. Las variedades se colectaron en las localidades de Guadalupe Victoria, Francisco I. Madero, Ignacio Allende, Ramón Corona, San Bernardino de Milpillan, San Juan de Guadalupe y Santa Clara. Se separaron las variedades mejoradas predominantes en Durango, como son Pinto Saltillo, Pinto Centauro y otras, identificadas con el apoyo de personal especializado. Se realizó la caracterización varietal mediante los atributos, continuos y discretos, de la semilla incluidos en la guía técnica para la descripción varietal (SNICS, 2017).

Análisis estadístico. Los datos obtenidos se utilizaron para el estudio de la diversidad genética, mediante el análisis de componentes principales (ACP) y clúster. El análisis de clúster incluyó la obtención de un dendrograma generado mediante el cálculo de distancias Euclideas entre variedades criollas, se tomó como base el método UPGMA (Unweighted Pair Grouping with Arithmetic Averages) y el gráfico del clúster se generó con el método Ward. Todos los análisis se realizaron con el apoyo del programa de cómputo R ver. 2.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ACP de las variables relacionadas con atributos morfológicos de la semilla mostró niveles bajos de explicación de la varianza, por lo que se requirieron siete componentes (CP7), para alcanzar un nivel superior a 90% (Cuadro 1). Lo anterior, difirió de lo observado en otros estudios con frijol en los cuales se requirieron únicamente dos componentes principales para explicar 84.4% de la variación total observada, debido principalmente al uso de variables continuas (cuantitativas) de la semilla y el nivel mayor de variación, por la amplitud del área geográfica estudiada (Espinosa *et al.*, 2015). En el CP1, el color secundario de la testa mostró el nivel más alto de explicación de la varianza (>15%), seguido por el tipo y la intensidad del color de la semilla (>10%). Para el CP2, se observó que el peso y anchura del grano (>20%), mostraron nivel alto para la explicación de la varianza. La respuesta observada puede haber sido influenciada por la inclusión de variables discretas y continuas en el mismo análisis.

Cuadro 1. Importancia de los componentes obtenidos en el estudio de caracteres de la semilla de variedades criollas de frijol cultivadas en Durango.

Componente	Desviación Estándar	Proporción de Varianza (%)	Proporción Acumulada (%)
¹ CP1	2.3	32.4	32.4
CP2	2.0	22.7	55.1
CP3	1.7	17.6	72.7
CP4	1.1	7.3	80.0
CP5	0.9	5.1	85.1
CP6	0.9	4.6	89.7
CP7	0.7	3.2	92.9

¹CP= componente principal

En el primer cuadrante (I) se agruparon principalmente variables relacionadas con el color del grano (Figura 1), el segundo (II) incluyó las variables morfológicas como grado de curvatura del grano, anchura clasificada en forma discreta y la intensidad del color secundario. Este grupo tuvo continuidad en el cuadrante III, por la relación con otras variables relacionadas con la apariencia del grano. En el mismo cuadrante III y en el cuadrante IV se observó un grupo de variables relacionadas con las dimensiones de la semilla evaluadas de forma cuantitativa, especialmente longitud, anchura y peso del grano. Por último, en el cuadrante IV se observaron dos variables que muestran el brillo de la testa y calificación discreta de la longitud de la semilla. El color secundario del grano y el tamaño de la semilla fueron características importantes en la diferenciación de las variedades de frijol incluidas en el estudio.

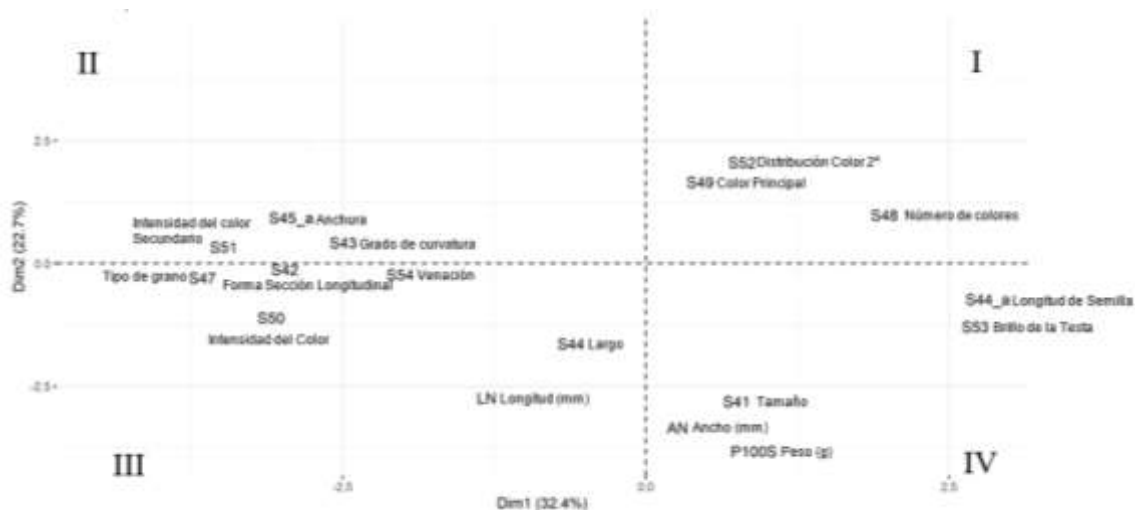


Figura 1. Agrupamiento con base en dos componentes principales de variables evaluadas en germoplasma criollo de frijol cultivado en Durango.

Se observó que uno de los grupos de variedades más cercanas entre sí, fue el de las de grano bayo, colectadas en diferentes sitios de la región de Los Llanos y áreas aledañas (Figura 2). Entre éstas variedades, se empezó a diferenciar la variedad conocida localmente como bayo blanco y en un nivel más alto se separó el bayo grueso. Otro grupo cercano fueron las variedades conocidas como garbancillo, canario y Querétaro, con grano crema-beige de tamaño pequeño, que puede provenir de la recombinación genética entre el germoplasma de la raza Durango y Jalisco. Lo anterior, debido a que dichos materiales muestran crecimiento exuberante, potencial alto de rendimiento y son tardíos (>110 días a madurez), que son características distintivas del frijol de la raza Jalisco. Otras variedades similares a dichos materiales fueron los de grano blanco pequeño, conocido como blanquito o güerito, que tienen tamaño y patrones de venación en la testa parecidos al frijol canario. La distancia más avanzada hacia el germoplasma de la raza Jalisco, lo representaron las variedades con grano de la clase comercial sangre de toro, con testa morada. De la misma forma, las variedades rebocero y ojo de pato, resultaron similares a estas variedades, aunque por su coloración estuvieron más cercanas al grupo de variedades de granos con más de un color en la testa del grano, como son las clases comerciales flor de mayo, pinto y ojo de cabra, que incluyeron variedades similares en cada clase. En ese grupo se observó la separación entre el germoplasma de la raza Durango (pinto y ojo de cabra) y las de la raza Jalisco (flor de mayo), con dos variedades recombinantes con grano pinto pero más cercanas a las variedades de la raza Jalisco.

Las variedades con nivel más alto de diferenciación fueron Querétaro y aún más lejana, se encontró una variedad de grano brillante, la cual mostró heterogeneidad del grano, con algunos similares a Negro San Luis (Negro Bola) y otros arriñonados, posible derivados de la recombinación genética con materiales de grano pinto y posiblemente, de la mezcla mecánica con otras variedades de grano negro (Negro Querétaro) sembradas en algunas áreas de Durango. La variedad Querétaro (Río Grande), mostró granos con color crema y amarillo claro, por lo que debió agruparse con Querétaro 2, aunque ambas mostraron heterogeneidad y la separación se debió principalmente al grado en el que predominó la variedad original con grano beige, en relación con las semillas de grano garbancillo, conocido en Durango como canario. Los resultados mostraron que la morfología de la semilla contribuyó parcialmente en la diferenciación de las variedades criollas de frijol cultivadas en Durango; sin embargo, el uso de otros atributos morfo-agronómicos permitirá la evaluación integral de la diversidad genética presente en esta entidad del norte de México.

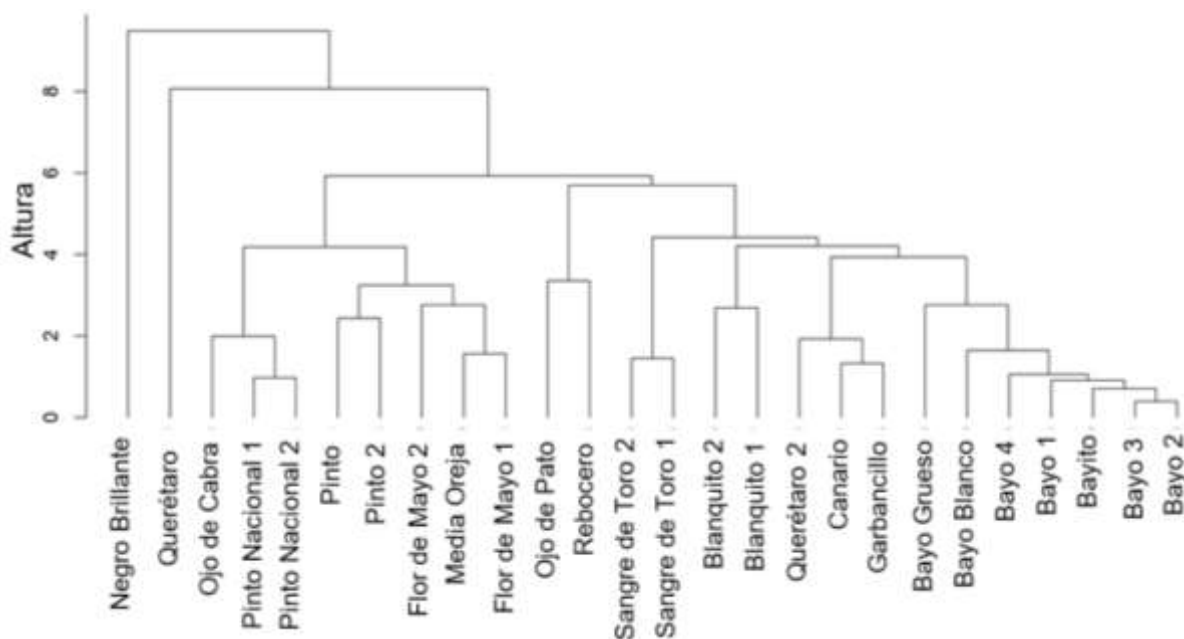


Figura 2. Dendrograma de variedades criollas cultivadas en Durango.

CONCLUSIONES

Las variedades criollas que persisten en siembras comerciales en Durango mostraron variabilidad natural, que fue consistente con su origen genético. El uso de características morfológicas de la semilla permitió la separación parcial de grupos de variedades similares en el germoplasma criollo de Durango. La heterogeneidad de los granos, observada en la mayoría de las variedades criollas colectadas en Durango, dificultó la caracterización con base en los atributos de la semilla, por lo que se requiere la evaluación morfo-agronómica en campo para incrementar el grado de certeza en el agrupamiento del germoplasma. Dicho, germoplasma debe ser colectado, caracterizado y conservado para fortalecer el mejoramiento genético de frijol y abastecer el mercado del frijol criollo existente en México.

REFERENCIAS

- Bellon, M. R., A. F. Barrientos P., P. Colunga G. M., H. Perales, J. Reyes A., R. Rosales S., D. Zizumbo V. 2009. Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas. Capítulo 8. *In*: R. Dirzo, R. González, I. J. March (comps.). Capital Natural de México Volumen II. Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México. p. 355-382.
- Cárdenas R., F. A., J. S. Muruaga M. y J. A. Acosta G. 1996. Catálogo: Banco de germoplasma de *Phaseolus* spp del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. INIFAP-CONABIO. Campo Experimental Toluca. Zinacancatepec, Edo. de Méx. México. 421 p.
- Debouck, D. G. 1979. Proyecto de recolección de germoplasma de *Phaseolus* en México CIAT-INIA, 1978-1979. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Palmira, Colombia. 149 p.
- Espinosa P., E. N., P. Ramírez V., M. M. Crosby G., J. A. Estrada G., B. Lucas F., y J. L. Chávez S. 2015. Clasificación de poblaciones nativas de frijol común del Centro-Sur de México por morfología de semilla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(1): 29-38.
- Gill L., H. R., R. Rosales S., S. Hernández D., and N. Mayek P. 2008. Morphological and molecular characterization of common bean landraces cultivated in semi-arid Mexican high plateau. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 49(4): 525-540.

- Gyang P. J., E. N. Nyaboga and E. K. Muge. 2017. Molecular characterization of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes using microsatellite markers. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology* 13(2): 1-15.
- Miranda, A., G. Tobar, C. Maldonado, M. Merida and M. Sørensen. 2021. Common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Biodiversity Online Journal* 1(5): 1-4.
- SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2017. Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Guía técnica para la descripción varietal (2ª Edición 2017). SAGARPA-SNICS. CDMX, México. 41 p.

PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE FORRAJE DEL FRIJOL GUAR CULTIVADO BAJO CONDICIONES DE RIEGO EN DURANGO

Saúl Santana Espinoza¹, Rigoberto Rosales Serna¹, Rafael Jiménez Ocampo¹, Esperanza Herrera Torres², y Donají Sierra Zurita¹

¹INIFAP – Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango – El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. ²Tecnológico 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: santana.saul@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se requieren cultivos de alternativa con niveles altos de productividad, proteína y adaptación en ambientes limitados de agua. *El objetivo fue evaluar la productividad y calidad forrajera del frijol guar [Cyamopsis tetragonoloba (L) Taub.] cultivado en riego. Se sembró una variedad de frijol guar en dos fechas de siembra (1^aFS = 27 de mayo y 2^aFS = 27 de junio, 2021). El suelo del sitio es franco-arcilloso, se fertilizó con la dosis 35-50-00 y se aplicó un riego de auxilio. Se evaluó el peso de forraje fresco (PF) y seco (PS) de hojas (PFH, PSH), tallos (PFT, PST), vainas (PFV, PSV) y biomasa total (PFBT, PSBT); así como la proporción de ceniza, proteína (CP), fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA) y extracto etéreo (EE). En madurez se evaluó la biomasa total (BTM) y rendimiento de grano (RG). El análisis de varianza se realizó con un diseño en bloques completos al azar y tres repeticiones. Se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$ y $p \leq 0.01$) entre fechas, para peso fresco y seco de hojas (PFH y PSH), tallos (PFT y PST), vainas (PFV y PSV) y biomasa total (PFBT y PSBT). El valor más alto para PFH (25.7 g/planta) y PSH (5.0 g/planta) se registró en la 2^aFS, lo que favoreció la calidad del forraje. Los valores PFT (35.0 g/planta), PST (7.7 g/planta), PFV (47.6 g/planta), PSV (6.6 g/planta), PFBT (95.9 g/planta), PSBT (17.4 g/plant), BTM (30.0 g/planta) y RG (2.8 g/planta) fueron significativamente mayores en la 1^aFS, comparados con la 2^aFS. Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.01$; $p \leq 0.05$) entre fechas de siembra para CP y FDA; aunque no se observó significancia estadística para el contenido de ceniza, FDN y EE. La proporción de ceniza fluctuó entre 9.7 a 10.7%, FDN entre 50.7 y 51.3% y EE de 1.0 a 1.1%. El CP fue mayor en la 2^aFS (19.6%), lo que demostró la influencia negativa de la maduración sobre esta variable. El contenido de FDN (51.3%) y FDA (26.7%) fue alto en la 1^aFS, lo cual redujo la preferencia, consumo y digestibilidad del forraje. La variedad evaluada, mostró niveles bajos de productividad de forraje, BTM y RG. La siembra temprana del frijol guar incrementó el forraje fresco, forraje seco y RG, aunque también la duración del ciclo biológico y el requerimiento hídrico. El frijol guar utilizado como forraje se debe cosechar durante el inicio del llenado de grano.*

Palabras clave. *Cyamopsis tetragonoloba*, guar, adaptación, rendimiento, forraje, sostenibilidad.

ABSTRACT

Alternative crops are required to obtain high levels of productivity, protein, and crop adaptation under limited moisture environments. The objective was to evaluate the productivity and forage quality of guar bean [*Cyamopsis tetragonoloba* (L) Taub.] grown under irrigation. A guar bean variety was planted in two sowing dates (1st SD = May 27th and 2nd SD = June 27th, 2021). The soil in the site is clay-loam, fertilizer was applied at the 35-50-00 dose and an auxiliary irrigation was applied. The weight was evaluated for fresh (FW) and dry (DW) forage of leaves (FWL, DWL), stems (FWS, DWS), pods (FWP, DWP) and total biomass (FWTB, DWTB), as well as the proportion for ash, protein (PC), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF)

and ethereal extract (EE). At maturity, total biomass (MTB) and grain yield (GY) were evaluated. The analysis of variance was performed using a randomized complete block design with three replications. Significant differences ($p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$) were detected between sowing dates, for the fresh and dry weight in leaves (FWL, DWL), stems (FWS, DWS), pods (FWP, DWP), and total biomass (FWTB, DWTB). The highest value for FWL (25.7 g/plant) and DWL (5.0 g/plant) was recorded in the 2ndSD, which favored forage quality. Values for FWS (35.0 g/plant), DWS (7.7 g/plant), FWP (47.6 g/plant), DWP (6.6 g/plant), FWTB (95.9 g/plant), DWTB (17.4 g/plant), MTB (30.0 g/plant) and GY (2.8 g/plant) were significantly higher in the 1stSD compared to those observed at the 2nd SD. Significant differences ($p \leq 0.01$; $p \leq 0.05$) were observed between sowing dates for PC and ADF; although no significant differences were observed for the ash, NDF and EE content. Values for ash content fluctuated between 9.7 to 10.7%, NDF between 50.7 to 51.3%, and EE between 1.0 to 1.1%. The PC was higher on the 2nd SD (19.6%), which showed the negative influence of the plant maturity on this trait. The content of NDF (51.3%) and FDA (26.7%) was high on the 1st SD, which negatively affects forage preference, intake, and digestibility. The guar bean variety showed low levels for fresh and dry forage productivity, MTB and GY. Early sowings for guar bean increased fresh and dry forage weight and GY, although an increased life cycle duration and water requirement were also observed. When guar bean is used as a forage, then plants need to be harvested during the early grain-filling period.

Key words. *Cyamopsis tetragonoloba*, guar, adaptability, yield, forage crops, sustainability.

INTRODUCCIÓN

El frijol guar, conocido también como frijol clúster, es una leguminosa originaria de India (APEDA, 2011), apreciada por los usos múltiples de las galactomanasas (goma guar) contenidas en el endospermo de la semilla (Singla *et al.*, 2016). Esta especie fue introducida en México, para determinar su adaptabilidad en diferentes áreas de cultivo del trópico seco (Sinaloa y Nayarit) y trópico húmedo (Yucatán, Veracruz y Chiapas) (Ramírez *et al.*, 2019). Durango fue el único estado, en el Altiplano Semiárido de México, que mostró potencial para el cultivo de frijol guar en condiciones de temporal, con 2,010 ha de potencial alto y 2,856 ha con potencial medio, para un total de 4,866 ha (Ramírez *et al.*, 2019). En esta entidad existe déficit de proteína para alimentación del ganado bovino, por lo que durante años se han buscado fuentes alternas y sostenibles para la obtención de este insumo de costo alto en la actualidad.

Se han realizado ensayos de rendimiento de frijol guar en la comarca lagunera (Figuroa, 2013) y bajo condiciones de riego, donde se obtuvo un rendimiento promedio de 1,218 kg/ha. Existen otras regiones con potencial para producir frijol guar en Durango, cercanas al sitio de procesamiento (Torreón, Coah.), como son los valles del Guadiana, Poanas y Canatlán. Además, es posible encontrar algunas áreas con potencial alto en el sur de Cuencamé, donde actualmente se cultivan variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) con ciclo intermedio y tardío, como es el caso de Pinto Saltillo y Negro San Luis (Rosales *et al.*, 2021).

Es necesario evaluar la adaptabilidad de las variedades de frijol guar disponibles en México, en áreas con potencial para el cultivo de esta especie. La selección de especies de alternativa contribuirá al incremento de la disponibilidad de forraje y grano de calidad alta en riego, para favorecer la reconversión productiva en municipios dedicados a la producción de frijol común en monocultivo, tanto en áreas de temporal favorable como en riego. Con ello, los agricultores de Durango contarán con opciones productivas que favorezcan la obtención de proteína de costo bajo para alimentación del ganado; así como, recursos económicos que incrementen su nivel de vida, al mismo tiempo que se contribuye a la sostenibilidad de la producción agropecuaria. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar la productividad y calidad del forraje de frijol guar cultivado bajo condiciones de riego en Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético. Se utilizó una variedad de frijol guar introducida, la cual mostró variabilidad poblacional para algunas características morfoagronómicas.

Descripción del sitio de siembra. El experimento se sembró el ciclo primavera-verano de 2021, 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 (Kastañozem lúvico; INEGI, 2007), con capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 2% y pH de 8.2. La mayoría de los suelos de la región son pobres en contenido de materia orgánica ($\leq 1.5\%$), fósforo y nitrógeno. El clima es templado semiárido con régimen de lluvias en verano, muestra variación fuerte de temperatura [BS₁ Kw (w) (e)] y la media anual para esa variable es 17.4 °C (García, 1987). La lluvia promedio, acumulada durante el año, alcanza 500 mm y registra valores altos entre junio y septiembre (Medina *et al.*, 2005).

Manejo agronómico. La siembra del experimento se realizó en dos fechas (27 de mayo y 27 de junio, 2021), con surcos de 0.81 m de separación y para ello, se depositó una semilla cada 0.10 m, con lo que se estableció una densidad de población de 123,000 plantas/ha. Para el control de la maleza se realizaron dos escardas mecanizadas y dos deshierbes manuales. Se fertilizó en la primera escarda con la dosis 35-50-00 para nitrógeno (N), fósforo (P₂O₅) y potasio (K₂O) y se aplicó un riego de auxilio para evitar el estrés hídrico severo en las plantas.

Variables evaluadas. En la etapa de llenado de grano se evaluaron las variables: rendimiento de forraje fresco y seco (g/planta) en hojas, tallos y vainas, para luego calcular la biomasa total. Para determinar dichas variables, en cada una de las repeticiones de campo se evaluaron ocho plantas y luego se calculó el valor promedio que se utilizó en los análisis de varianza. En madurez se determinó la biomasa total (BTM) y el rendimiento de grano.

En el laboratorio de posgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia- Universidad Juárez del Estado de Durango) se determinaron las variables: contenido de cenizas, proteína cruda, fibras y extracto etéreo (AOAC, 1990), todas ellas con base seca. La proporción de cenizas se determinó mediante la incineración de una submuestra a 550 °C. El contenido de proteína fue evaluado mediante el método microKjeldahl, multiplicando el valor de nitrógeno total por el factor de 6.25. El contenido de grasa cruda (extracto etéreo) se midió por el método de extracción continua en el aparato Soxhlet con éter de petróleo. La fibra en detergente neutro (FDN) y ácido (FDA) se determinaron en dos repeticiones de campo, se usó el sistema ANKOM y se atendieron las recomendaciones del fabricante del equipo (ANKOM, Technology).

Análisis estadístico. El análisis de varianza, de los datos obtenidos en campo y laboratorio, se realizó con un diseño en bloques completos al azar y tres repeticiones. Cuando se detectaron diferencias significativas se realizó la comparación de medias con base en la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Forraje fresco. De acuerdo al análisis de varianza se encontraron diferencias significativas entre fechas de siembra, para el peso fresco de hojas (PFH), tallos (PFT), (PFV) y biomasa total (PFBT) (Cuadro 1). La primera fecha de siembra sobresalió estadísticamente en las variables PFT (35.0 g/planta), PFV (47.6g/planta) y PFBT (95.9 g/planta). La segunda fecha de siembra sobresalió estadísticamente en la variable PFH (25.7 g/planta), esta variable es importante, debido a que la proporción hoja/tallo es determinante de la calidad del forraje, por la digestibilidad mayor de los tejidos foliares, en comparación con los tallos y ramas (Jung, 2012). Es importante establecer la utilidad del frijol guar, si es para forraje, es necesario cortar

en el momento en el que se obtengan valores altos para el contenido de hoja y niveles bajos de lignificación del tallo, lo cual se observó en las etapas iniciales del llenado de grano de la segunda fecha de siembra. Para el caso de la producción de grano, se observó que en la primera fecha de siembra la proporción de vainas fue mayor, por lo que se puede recomendar la siembra del frijol guar la segunda quincena de mayo o primera de junio, para obtener un nivel alto del rendimiento y todos sus componentes, lo que se refleja también en una cantidad alta de biomasa total.

Forraje seco. El análisis de varianza mostró que la primera fecha de siembra sobresalió estadísticamente en la mayoría de las variables PST (7.7 g/planta), PSV (6.6 g/planta) y PSBT (17.4 g/planta); mientras que la segunda fecha de siembra lo fue para la variable PSH (5 g/planta) (Cuadro 2). Con base en los resultados, se observó la importancia de establecer fechas tempranas de siembra (mayo-principios de junio), para el frijol guar, con la finalidad de incrementar el rendimiento de forraje y grano. En estudios previos se estableció que las fechas tempranas favorecieron el incremento de la producción de biomasa; así como, del rendimiento de grano y sus componentes en frijol guar (Singla *et al.*, 2016). Con ello, se pueden obtener valores altos de productividad, similares a los que se registraron en trabajos anteriores con esta especie (Satyavathi y Vanja, 2017).

Cuadro 1. Promedio para el peso verde y seco del forraje en diferentes órganos de frijol guar cultivado en dos fechas de siembra. 2021.

Fecha de Siembra	Hoja	Tallos	Vaina	¹ BT	BTM	Ren
Peso Fresco (g/planta)						
27 de mayo	16.3 ^b	35.0 ^a	47.6 ^a	95.9 ^a	--	--
27 de junio	25.7 ^a	22.9 ^b	18.2 ^b	66.8 ^b	--	--
Promedio	21.0	29.0	32.9	81.4	--	--
Peso Seco (g/planta)						
27 de mayo	3.2 ^b	7.7 ^a	6.6 ^a	17.4 ^a	30.0 ^a	2.8 ^a
27 de junio	5.0 ^a	4.5 ^b	1.8 ^b	11.3 ^b	9.5 ^b	0.2 ^b
Promedio	4.1	6.1	4.2	14.4	19.8	1.5

¹BT = biomasa total, ¹BTM = biomasa total en madurez, Ren = rendimiento de grano. Las letras en cada columna representan diferencias significativas entre fechas de siembra (^{a-b}) Tukey ($p \leq 0.05$).

Biomasa y rendimiento de grano. Se detectaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre fechas de siembra para la biomasa total en madurez y rendimiento de grano (Cuadro 1). Los valores de BTM (30.0 g/planta) y rendimiento de grano (2.8 g/planta) fueron estadísticamente superiores en la primera fecha de siembra. La biomasa total en madurez (68%) y el rendimiento (93%) fueron considerablemente superiores en la primera fecha de siembra, en comparación con la segunda (Figura 1). Los resultados mostraron la importancia que tiene la siembra temprana de frijol guar (Singla *et al.*, 2016), para favorecer la obtención de rendimientos altos de grano, aunque esto también genera un requerimiento mayor de agua de riego, por el periodo más amplio entre la siembra a la madurez.

En la primera fecha de siembra, el forraje seco en hojas de frijol guar fue 36% inferior (Figura 1) en comparación con la obtenida en la segunda fecha; mientras que, para el resto de los componentes se registraron niveles mayores en la siembra temprana en tallos (42%), vainas (73%) y biomasa total (35%). El componente reproductivo de las plantas de frijol guar (vainas) fue el más afectado por el retraso en el momento de la siembra, aunque se incrementó considerablemente la proporción de hojas y esto favoreció la calidad del forraje. En madurez, se observó que la siembra temprana incrementó 68% la biomasa total y 93% el rendimiento

de grano, entonces si el destino del cultivo será producción de semilla, es recomendable iniciar el cultivo de frijol guar en el mes de mayo-junio.

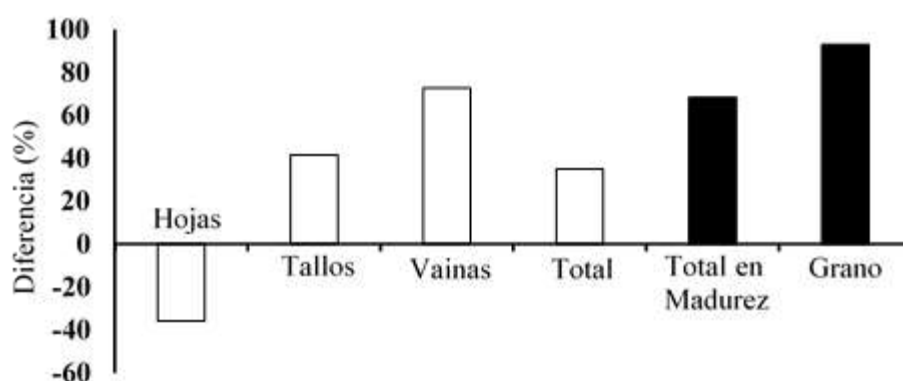


Figura 1. Diferencia observada para la acumulación de biomasa seca en diferentes órganos de la planta de frijol guar al comparar entre la primera y segunda fecha de siembra.

Composición química. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre fechas de siembra, para el contenido de proteína (CP); significativas ($p \leq 0.05$) para la fibra en detergente ácido (FDA) y no se observó significancia estadística para ceniza, fibra en detergente ácido (FDN) y extracto etéreo (EE) (Cuadros 2). Los valores de EE fluctuó entre 1.0 y 1.1%, lo cual mostró niveles similares a los registrados en otros estudios con frijol guar (1.2 a 2.1%; Amasaib *et al.*, 2016), este parámetro es importante porque influye en el contenido de grasa de los productos animales, como la leche (Ileri y Erkovan, 2021). El contenido de cenizas fue bajo en comparación con los niveles registrados en otros estudios con frijol guar, en los que se observaron valores entre 11.7 y 13.4% (Amasaib *et al.*, 2016) y otras leguminosas usadas como forraje, como el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), con contenidos de 9.2% sin otro tipo de forraje ni complemento (Díaz *et al.*, 2019).

Los valores de proteína registrados para el frijol guar fueron inferiores al obtenido con alfalfa (23.0 a 23.9%) (Vázquez *et al.*, 2010); aunque en prefloración se han observado niveles similares a los obtenidos en el presente estudio (Ball *et al.*, 2001). Se observó que el incremento en el número de días después de la siembra influyó negativamente en el contenido de proteína y proporción de las hojas, al mismo tiempo que se incrementó el nivel de las fibras en tallos (Ball *et al.*, 2001).

El contenido de FDN fue alto, en comparación con otros estudios (38.2 a 45.5%) (Amasaib *et al.*, 2016), lo que puede afectar negativamente la preferencia y consumo voluntario del forraje de frijol guar producido en Durango. El contenido de FDA fue significativamente mayor en la primera fecha de siembra (26.7%), en comparación con la segunda (23.1%). Lo anterior, se relacionó con la lignificación del tallo, ya que se incrementó el contenido de fibras y se redujo la proporción de proteína (Ball *et al.*, 2001). Los valores de FDA fueron inferiores a los registrados en estudios con varios materiales de frijol guar, donde se observaron niveles entre 28.9 a 34.5% (Amasaib *et al.*, 2016), lo cual incrementa los problemas de digestibilidad del forraje. Los resultados muestran la necesidad de decidir el destino de la producción en frijol guar y se puede decir que cuando la biomasa se utiliza como forraje, entonces se debe cosechar durante al inicio del periodo de llenado de grano, para reducir las fibras e incrementar la proteína.

Cuadro 2. Promedio registrado para variables del análisis químico proximal de plantas de frijol guar cultivadas en dos fechas de siembra. 2021.

Fecha de Siembra	Cenizas (%)	Proteína (%)	¹ FDN (%)	FDA (%)	Extracto Etéreo (%)
27 de mayo	9.7	16.8 ^b	51.3	26.7 ^a	1.0
27 de junio	10.7	19.6 ^a	50.7	23.1 ^b	1.1
Promedio	10.2	18.2	51.0	24.9	1.1
² C. V. (%)	7.6	3.2	6.4	11.2	9.7

¹FDN = fibra en detergente neutro y FDA = fibra en detergente ácido. Las letras en cada columna representan diferencias significativas entre fechas de siembra (^{a-b}) Tukey ($p \leq 0.05$).

²C. V. = coeficiente de variación.

CONCLUSIONES

La variedad de frijol guar introducida en Durango, mostró niveles bajos de productividad de forraje fresco y seco, así como de biomasa total en madurez y rendimiento de grano. Se observó que la siembra temprana del frijol guar, realizada en mayo, incrementó el peso del forraje fresco y seco y el rendimiento de grano, aunque también aumentó la duración del ciclo biológico y el requerimiento de agua de riego. Es necesario establecer el destino de la biomasa producida por el frijol guar, para dar el manejo apropiado y hacer el corte en la etapa fenológica que favorezca la calidad nutricional del forraje y el rendimiento de grano. Además, es necesario el estudio sistemático del germoplasma de frijol guar para realizar selecciones e incrementar su nivel de adaptación, mediante mejoramiento genético y manejo agronómico del cultivo.

LITERATURA CITADA

- Amasaib, E. O., S. S. Elgorahi, and A. H. Abdalla. 2016. The nutritional value of seven guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) forage genotypes. *International Journal of Science, Environment and Technology* 5(5): 2667-2678.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.
- APEDA (Agri Exchange). 2011. Commodity: Guargum. https://apeda.gov.in/apedaweb/site/six_head_product/Guargum_final_Profile.pdf
- Figueroa V., U. 2013. Validación de la tecnología de producción de guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) en la comarca lagunera. Documento de circulación interna. INIFAP - Campo Experimental La una. Matamoros, Coah., México. 8 p.
- Ball, D. M., M. Collins, G. D. Lacefield, N. P. Martin, D. A. Mertens, K. E. Olson, D. H. Putnam, D. J. Undersander, and M. W. Wolf. 2001. *Understanding forage quality*. American Farm Bureau Federation Publication 1-01. Park Ridge, IL. USA. 17 p.
- Díaz B., D. Y., E. Delgado, R. Rosales S., F. O. Carrete C., and H. Medrano R. 2019. Maize silage proteic and mineral enrichment using common bean fresh biomass in Durango, México. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative* 62: 69-70.
- 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 S., R., H. Flores G., y S. Santana E. 2020. PID 1, variedad mejorada de frijol pinto para el estado de Durango. Folleto Técnico Núm. 117. INIFAP-CIRNOC- Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Dgo., México. 21 p.
- Satyavathi, P. and M. Vanja. 2017. Performance of cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L. Taub.) genotypes under different environmental conditions. 7th International Conference on Innovation in Chemical, Agricultural, Biological and Environmental Sciences (ICABES-2017) London (UK). pp. 85-92.

Singla, S., K. Grover, S. V. Angadi, S. H. Begna, B. Schutte, and D. Van Leeuwen. 2016. Growth and yield of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) genotypes under different planting dates in the semi-arid southern high plains. *American Journal of Plant Sciences* 7: 1246-1258.

LA TÉCNICA DE SOLARIZACIÓN COMBINADA CON APLICACIÓN DE ALCOHOLES PARA INCREMENTAR LA GERMINACIÓN Y MEJOR PRODUCCIÓN DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)

Avila-Cisneros; R¹., Rocha-Quiñones; J.L¹., Ogaz; A¹., Peña-Revuelta, B.P². y Avila-Berúmen; M.Y³.

- 1) Profesores e Investigadores del cuerpo académico en consolidación UAAAN-CA-34 de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna del Dpto. de Ciencias Básicas U.L., rafael.avila @uaaan.edu.mx
- 2) Profesora e Investigadora del UAAAN-CA-40 de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna del Dpto. de Ciencias Básicas U.L.
- 3) Consultora independiente de Calidad e Inocuidad en alimentos.

RESUMEN.

La investigación agropecuaria que a continuación se presenta se realizó en el CIBA-UAAAN Unidad Laguna en el verano- otoño de 2020. Fue un estudio sobre solarización de terrenos para cultivar frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con la finalidad de disminuir los efectos de *Rhizoctonia solani* y *Fusarium spp.* que tienden a disminuir el % de germinación y la producción de grano seco del frijol de la variedad pinto Villa. Fue un diseño de experimentos bloques al azar con 3 tratamientos (A= solarización con plástico negro + alcohol comercial, B= alcohol comercial en la repeticiones y C= testigo) y 3 repeticiones con un alfa del .05. La hipótesis a comprobar es que la técnica de la solarización más la adición de alcoholes comerciales reflejan efectos positivos sobre la germinación del frijol al inhibir la presencia de hongos patógenos. Los resultados generados en más de 100 días de trabajo arrojan diferencia estadística a favor del tratamiento A en el % de germinación y en altura de planta a los 18 días de desarrollo de la planta. En lo relacionado con la producción de grano seco; fue el tratamiento A el que se acerca a una producción proyectada de 2 Toneladas Ha⁻¹ misma que es muy respetable pues se acerca a la producción de grano seco que tiene USA de 2.04 THa⁻¹. En general la hipótesis y los objetivos se cumplieron al buscar alternativas que minimicen los efectos de patógenos como *Rhizoctonia solani* y *Fusarium spp.*

Palabras clave: Solarización, *Rhizoctonia solani*, frijol, germinación

ABSTRACT.

The agricultural research presented below was carried out at the CIBA-UAAAN Laguna Unit in the summer-autumn of 2020. It was a study on solarization of land to grow beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in order to reduce the effects of *Rhizoctonia solani* and *Fusarium spp.* which tend to decrease the percentage of germination and dry grain production of the Pinto Villa bean variety. It was a randomized block design of experiments with 3 treatments (A= solarization with black plastic + commercial alcohol, B= commercial alcohol in the repetitions and C= control) and 3 repetitions with an alpha of .05. The hypothesis to be tested is that the

solarization technique plus the addition of commercial alcohols reflect positive effects on bean germination by inhibiting the presence of pathogenic fungi. The results generated in more than 100 days of work show a statistical difference in favor of treatment A in the percentage of germination and in plant height at 18 days of plant development. Regarding the production of dry grain; it was treatment A that was close to a projected production of 2 Tons Ha⁻¹, which is very respectable since it is close to the production of dry grain that the USA has of 2.04 THa⁻¹. In general, the hypothesis and the objectives were fulfilled when looking for alternatives that minimize the effects of pathogens such as *Rhizoctonia solani* and *Fusarium* spp.

Key word: Solarization, *Rhizoctonia solani*, bean, germination

INTRODUCCIÓN.

El frijol se originó y domesticó en América Latina con dos orígenes geográficos (Mesoamérica y los Andes) genéticamente diferenciables que derivan de un ancestro común de 100,000 años de antigüedad. En México y América del Sur, el frijol se domesticó de manera independiente hace aproximadamente 8,000 años; se tienen registros de semillas cultivadas de *Phaseolus vulgaris* de 3,000 años de antigüedad (Lara-Flores; M. 2015). Además, el frijol es una planta leguminosa y como tal (al igual que muchos seres vivos) la temperatura es un factor importante que interviene en los procesos de crecimiento y desarrollo vegetativo; las altas temperaturas (como es el caso de la Comarca Lagunera) ocasionan daños en sus diferentes etapas; y esto se reflejará en su contenido nutricional, en el tamaño de su área foliar y en la acumulación de materia seca, entre otros durante su ciclo biológico (Barrios-Gómez; y Colaboradores. 2009). De ahí la importancia de contar con variedades del *Phaseolus vulgaris* para cada una de las regiones de México. En México al cultivo del frijol se le considera un cultivo básico para la población mexicana y por ende un cultivo de importancia social y económica (Borja-Bravo; M. y Colaboradores; 2018). El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) se produce en todo México pues es uno de los principales cultivos que generan beneficios económicos para los agricultores. Mantener bajos costos de producción es un gran reto para los productores de cualquier región; y para eso se requieren prácticas de manejo agronómico que se adecuen y propicien un rendimiento potencial y con características comerciales viables (Flores- Gallardo; H. Y Colaboradores; 2018); y desde hace años esa ha sido la noble tarea de los investigadores mexicanos.

En investigaciones con frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Llevadas en los últimos tres años en el campo experimental San Antonio de los Bravos de la UAAAN Unidad Laguna por el cuerpo académico en consolidación UAAAN-CA-34 el principal problema ha sido la germinación y el secado prematuro de plantas en el primer mes de desarrollo. Y es que entre las enfermedades que afectan al frijol es la pudrición de raíz causada por los hongos *Fusarium spp* y *Rhizoctonia solani*; estás dos patógenos se consideran las más importantes debido a la amplia distribución

en todas las zonas de producción de frijol y a la reducción de rendimientos; además la pudrición por *Rhizoctonia solani* con frecuencia afecta a la semilla durante la germinación, en las plántulas induce muerte pre o pos emergente y en las plantas; pudre la raíz. Se observa flacidez del follaje y posteriormente el secado total (DGSV-CNRF; 2020).

La pudrición por *Rhizoctonia solani* con frecuencia afecta a las semillas durante la germinación, en las plántulas induce muerte pre o post emergente y en plantas, pudre la raíz. Las lesiones son ovals, hundidas, de color café rojizo y seco. Se observa flacidez del follaje y posteriormente el secamiento total. (Navarrete – Maya R; y Colaboradores)

El amarillamiento por *Fusarium* es una enfermedad de importancia en el cultivo del frijol; los síntomas causados por *Fusarium oxysporum f. sp Phaseoli* se presentan en la época de floración mediante el amarillamiento y marchitamiento repentino de la planta. El patógeno coloniza la raíz y produce una pudrición seca en el sistema vascular del frijol. Y en relación a la pudrición radical por *Rhizoctonia solani* se ha detectado en cultivos de frijol ubicados en zonas donde persisten condiciones de humedad alta en el suelo y temperaturas frías. El patógeno puede causar la pudrición de la semilla en pre emergencia o la pudrición de la raíz y chancras en el tallo debajo y encima de la superficie del suelo (Sánchez-García y Colaboradores; 2006).

Las experiencias agronómicas buscando solucionar los problemas generados por *Fusarium spp* y *Rhizoctonia solani* en diferentes cultivos han llevado a buscar diferentes técnicas tendientes a resolver los daños provocados por estos hongos. En Argentina y con el cultivo de la soja se aplicó la *trichoderma harzianum* fresca más protectores solares y fue un método efectivo para combatir la *Rhizoctonia solani* ; ésta técnica alienta el uso de bio agentes como forma de controlar la podredumbre basal por el hongo citado en la soja (Wagner Bettiol; 2014). Una experiencia en la república de Chile y con el cultivo de tomate buscando solucionar el hongo de *Rhizoctonia solani* fue utilizar la solarización aplicando fumigación combinada de trichoderma y bromuro de metilo; ésta se realizó con una dosis equivalente a 75.5 gramos/m² expuesto al gas mediante solarización por 10 días; sin embargo los resultados no presentaron diferencia estadística (Santander C. y Colaboradores; 2003).

En la Cuba antillana se realizó un experimento in vitro para controlar la *Rhizoctonia Solani* en frijol común en condiciones controladas; se utilizaron las bacterias *Pseudomonas fluorescens* y *P. aeruginosa* ; y éstas inhibieron totalmente el crecimiento in vitro de *R. Solani*. (Hernández-Pérez D. Y Colaboradores; 2018). Sin embargo para métodos de campo es la técnica de solarización combinada la que mejor eficiencia ha tenido.

La solarización complementada con algunas enmiendas efectivas tales como los residuos de crucíferas, estiércol, etc.; y cuando éstas enmiendas se añaden al suelo, quedan expuestas a la degradación microbiana, lo que resulta en la producción de compuestos volátiles biatómicos, tales como el alcohol, aldehídos y otros compuestos volátiles que pueden

estimular la germinación de propágulos fúngicos e incrementar el antagonismo microbiano en el suelo. Esto ha probado ser efectivo para diferentes hongos del suelo como *R. Solani*, nematodos y muchas malezas (Braga R. Y Colaboradores; 2003).

Pero además de técnicas que puedan ayudar al combate de hongos no benéficos; utilizar variedades de frijol que sean resistentes a éste tipo de micro flora en el suelo es tomar decisiones inteligentes. En una investigación realizada con diferentes genotipos de frijol en campo y en invernadero se obtuvo como resultado que la variedad de frijol "Pinto Villa" junto con otras 3 variedades; mostraron resistencia intermedia y tolerancia a *Fusarium spp* y *Rhizoctonia solani* (Navarrete-Moya R. y Colaboradores; 2009)

Planteamiento del problema: La presencia de hongos *Rhizoctonia Solani* y *Fusarium spp* en los suelos de la Comarca Lagunera merman la productividad del frijol ante el bajo % de germinación y la alta incidencia de secado de plantas

Objetivo general: Incrementar el % de germinación y la producción de frijol en grano seco (*Phaseolus vulgaris L.*). Mediante la técnica combinada de solarización y aplicación de alcoholes al suelo.

Hipótesis: La solarización de las superficies de producción de frijol y la aplicación de alcoholes en éste proceso; disminuyen los impactos perjudiciales de hongos *Rhizoctonia Solani* y *Fusarium spp*.

MATERIALES y MÉTODOS.

En el ciclo agrícola verano – otoño del 2020 se estableció un experimento bloques al azar con tres tratamientos y tres repeticiones de frijol de la variedad pinto villa; cada repetición presentó la dimensión de 9 m² es decir; en total se realizaron actividades agrícolas en una superficie de 81 m²; El Centro de Investigación Básica y Aplicada (CIBA) de la Unidad Laguna de la UAAAN fue el espacio geográfico dónde le llevó a cabo la investigación. Los tratamientos presentaron las siguientes características: A= solarización con plástico negro + 10 litros de alcohol comercial, B=10 litros de alcohol comercial por cuadrante y; C= testigo. El desarrollo del trabajo abarcó los meses de la segunda semana de junio, y hasta la primera semana de diciembre de 2020; fecha en que se cultivó el grano seco. Para el análisis estadístico se utilizó el software libre Excel 2010 y las fórmulas propuestas por Rocha-Valdez y Avila-Cisneros (2017). La siembra se realizó en la tercera semana de julio del año arriba mencionado depositando entre 10 y 12 plantas por metro lineal, en el período de aplicaron 5 riegos (1 de presembrado y 4 de auxilio) y 3 aplicaciones de un piretroide de amplio espectro a razón de 3ml por cada 15 litros de agua con la finalidad de atacar la mosquita blanca (*Bemisia tabac*) que fue de la fauna no benéfica que se presentó con más regularidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En la tabla 1 se presentan los resultados del análisis de varianza de los 3 tratamientos con un alfa del 5% relacionado con los datos de los porcentajes de germinación de los 3 tratamientos; se presentó diferencia entre los tratamientos comparados donde el tratamiento A se acercó a un 70% de germinación mientras que B y C se comportaron de manera similar.

Tabla 1: Comparación de medias de % de germinación con un $\alpha = 0.05$

TRATAMIENTOS	% DE LAS MEDIAS DE GERMINACIÓN	INTERPRETACIÓN
A	68.7	a
B	57.5	b
C	49.6	b

$p < 0.05$; letras diferentes indican diferencia estadística entre los tratamientos

En la tabla 2 se puede apreciar los resultados del ANOVA para la variable altura de planta a los 18 días después de la siembra; destacamos la diferencia de letras en la comparación de medias donde el tratamiento A logró diferencia al acercarse a los 18 cm de altura, y el tratamiento testigo C se rezagó con una altura de planta en promedio que superó los 14 cm.

Tabla 2: comparación de medias de altura (cm) a los 18 días con un α del 5%

Tratamientos	Altura	Interpretación
A	17.17	a
B	15.13	ab
C	14.5	b

$p < 0.05$; letras diferentes indican diferencia estadística entre los tratamientos

En la tabla 3 se puede observar como la pérdida de plantas desde el día 1 a el día 95 se fueron perdiendo para cada uno de las repeticiones. Destaca el tratamiento testigo con 31 plantas perdidas en la parte final del ciclo vegetativo; y el tratamiento A perdió en el mismo tiempo solamente 12 plantas.

Tabla 3: Plantas perdidas en números absolutos a los 95 días del ciclo por tratamiento

$A1 = 64 - 61 = 3$	$C2 = 39 - 35 = 4$	$B3 = 43 - 39 = 4$
$B1 = 49 - 35 = 14$	$A2 = 46 - 46 = 2$	$C3 = 37 - 27 = 10$
$C1 = 49 - 32 = 17$	$B2 = 43 - 36 = 7$	$A3 = 60 - 53 = 7$

En la tabla 4 se presenta la suma aritmética de las plantas perdidas en términos absolutos para cada uno de los 3 tratamientos. Se puede observar que en el experimento se perdieron en total 66 plantas donde en términos porcentuales el tratamiento testigo perdió de ese total un 47%; mientras que el tratamiento A fue del 18 %.

Tabla 4: plantas perdidas por tratamiento

Tratamiento	No de plantas
A	12/66 = 18 % de plantas perdidas
B	25/66 = 38 % de plantas perdidas
C	31/66 = 47% de plantas perdidas

En la tabla número 5 podemos ver la producción de grano seco por cada uno de los cuadrantes de frijol de la variedad pinto villa; resalta por su cantidad la repetición A3 que superó los 2 kilogramos de producción de grano; además vemos el rezago de la repetición C1 que con algo de trabajo superó el medio kilogramo.

Tabla 5: producción de grano seco (gms.) por cuadrante de 3x3 m

A1= 1675	C2=1750	B3=1410
B1=760	A2=1550	C3=1380
C1=665	B2=1015	A3=2085

En la tabla 6 se realiza el reporte del ANOVA para uno de los resultados más importantes; esto es la producción de grano seco en promedio por cuadrante de 9 m² de la variedad pinto villa; resalta la producción de casi 2 kilogramos en promedio para el tratamiento A; y se puede observar como el tratamiento B que solo se aplicó alcohol como elemento para atacar patógenos generó la menos producción de frijol. En relación a esta variable no presentó diferencia estadística entre los tratamientos es decir la producción de grano seco de los cuadrantes solarizados e irrigados con alcohol comercial han generado una producción de grano de casi 2 kilogramos por cada 9 m²; esto al multiplicarlo por los 10 000 m² que abarca la hectárea nos da una producción de casi 2 toneladas para el tratamiento A; mismos que proyectando para ingresos por venta y a un precio de garantía para el frijol de \$ 16 mil pesos se acercan a casi \$32 mil pesos (SADER; 2022); mismos que para un productor del sector social es muy bueno.

Tabla 6: comparación de medias de producción de grano seco (gms) por bloque

Tratamiento	Producción de grano seco por bloque (gr)	Interpretación
A	1770	a
B	1061	a
C	1265	a

p>0.05; letras iguales indican no diferencia entre los tratamientos

CONCLUSIONES.

La investigación sobre el frijol en terrenos solarizados que se llevó a efecto en el CIBA-UAAAN Unidad Laguna generó excelentes resultados; en lo relacionado al por ciento de germinación se logró acercar en el tratamiento A; a un 70%; muy superior al logrado por Can-Chulín y colaboradores (2014) en un estudio realizado que reportan con un 54.7% de germinación. El tratamiento A fue capaz de soportar la presencia de los hongos patógenos presentes en el suelo y en el lapso de 98 días solo se presentó la pérdida del 18 % de las plantas registradas al momento de la germinación. Relacionado con la variable altura de planta a los 18 días de desarrollo de la planta; fue el tratamiento A el que logró diferencia estadística con una altura promedio de más de 17 centímetros. En la variable producción de grano seco (sin lograr diferencia estadística) fue nuevamente el tratamiento A el que logró una producción promedio de casi 2 kilogramos por cada cuadrante de 9 m². Sobre esa variable se ha realizado una proyección de producción de THa⁻¹ y el resultado obtenido nos arroja 1770 kilogramos/ Ha. Esta es una producción que está por encima de la producción nacional que en México es de 0.7 THa⁻¹ según datos del CEDRSSA (2020) dentro del periodo 2012 – 2018, y se acerca a los 2.04 THa⁻¹ que reporta la misma fuente para USA. En general el objetivo e hipótesis de este trabajo se han cumplido y además arrojan nuevas líneas de investigación para posteriores estudios.

REFERENCIAS.

- 1.- Barrios-Gómez; E.J., López-Castañeda; C. 2009. Temperatura, base y extensión foliar en frijol. Revista Agrociencia. Vol. 43(1). Colegio de Posgraduados, Montecillos Estado de México. Montecillos Estado de México. 56230.
- 2.- Borja-Bravo; M., Osuna-Ceja; E.S., Arellano-Arciniega; S., García-Hernández; R.V., y Martínez- Gamiño; M.A. 2018. Competitividad y eficiencia en la producción de frijol en condiciones de temporal con tecnología tradicional y recomendada. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 41(4). INIFAP- Pabellón de Arteaga; Aguascalientes.
- 3.- Braga R., Ladrada R., Fornasari L. 2003. Manual para la capacitación de trabajadores de extensión y agricultores. Alternativas al bromuro de metilo para la fumigación del suelo. FAO-PNUMA. 74 pp.
- 4.-Cámara de Diputados. LXIV Legislatura. CEDRSSA . 2020. Mercado del frijol, situación y perspectiva. Consultado el 22 de julio de 2022 en: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/todo-lo-que-debes-conocer-sobre-el-programa-de-precios-de-garantia>
- 5.- Can-Chulín; A., Ramírez-Guerrero; L.G., Ortega-Escobar; H.M., Cruz-Crespo; E., Flores-Román; D., Sánchez-Bernal; E.I., Madueña-Molina; A. 2014. Germinación y crecimiento de plántulas de *Phaseolus vulgaris* L. en condiciones de salinidad. Revista Mexicana de Ciencias, 5(3). Texcoco estado de México.
- 6.- DGSV-CNRF. 2020. Pudrición de la raíz, *Rizoctonia solani*. Sader-Senasica. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha técnica. Tecámac, Estado de México. 10 p.
- 7.- Flores-Gallardo; H., Rosales-Serna; R., Santana-Espinoza; S., Nieves-Martínez; M.A. 2018. Dosis de fertilización y su relación con el rendimiento potencial de las variedades de frijol pinto cultivadas en Durango, México. Revista Compendio científico en Ciencias

- Agrícolas y Biotecnología. Vol. 2. Instituto de ciencias agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- 8.- Hernández-Pérez; D., Díaz-Castellanos; M., Quiñones-Ramos; R., Santos-Bermúdez; R., Portal-González; N., Herrera-Isla; L. 2018. Control de *Rhizoctonia solani* en frijol común con rizobacterias y productos naturales. Revista Centro Agrícola. 45(2): 55-60
 - 9.- Lara-Flores; M. 2015. El cultivo del frijol en México. Revista digital Universitaria-UNAM. Vol. 16(2). ISSN: 1607 – 6079. México, D.F.
 - 10.- Navarrate-Maya; R., Trejo-Albarrán; E., Navarrate-Maya; J., Prudencio-Sains; J.M., Acosta-Gallegos; J.A. 2009. Reacción de genotipos de frijol a *Fusarium spp.* Y *Rhizoctonia solani* bajo condiciones de campo e invernadero. Agrícola Técnica en México, 35(4):459-470
 - 11.-Rocha-Valdez; J.L. y Avila-Cisneros; R. 2017. Bioestadística aplicada a la medicina veterinaria e investigación pecuaria. Editorial Académica Española. Primera edición . ISBN: 978-3-639-83223-5. 180 p.
 - 12.- Sánchez-García; B.M., González-Flores; F., Pons-Hernández; J.L., Acosta-Gallegos; J.A., Cabral-Enciso; M., Fraire-Valázquez; S., June Simpson y Rodríguez-Guerra; S. 2006. *Fusarium Lateratium*: Nuevo patógeno en la raíz del frijol en México. Agricultura Técnica en México , 32(3):251 - 257
 - 13.- Santander; C., Montealegre; J.R., y Herrera; L. 2003. Control biológico de *Rhizoctonia solani* en tomate en suelos previamente sometidos a solarización y bromuro de metilo. Ciencia e investigación agraria, 30(2):107 – 112
 - 14.- Wagner Bettiol (Coordinador). 2014. Control biológico de enfermedades de plantas en América Latina y El Caribe. Primera Edición. ISBN:978 – 9974- 0 – 1091 – 8. Consultado el 19 de julio de 2022 en: <https://www.researchgate.net/publication/272086422>
 - 15.- Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural .2022. Consultado el 22 de julio de 2022 en: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/todo-lo-que-debes-conocer-sobre-el-programa-de-precios-de-garantia>

ADAPTABILIDAD DE LA VARIEDAD DE HIGUERILLA SAB 14 EN VARIOS AMBIENTES DEL NORTE-CENTRO DE MÉXICO

Sergio Arellano Arciniega^{1*}, Rigoberto Rosales Serna², Rafael Jiménez Ocampo², Mercedes Borja Bravo¹ y Ernesto Martínez Reyes¹

¹INIFAP – Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5. Pabellón de Arteaga, Ags., México. C. P. 20660. ²INIFAP – Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango – El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. Autor responsable: arellano.sergio@inifap.gob.mx

RESUMEN

La industria de los biocombustibles requiere insumos abundantes, obtenidos de forma sostenible, como el aceite y biomasa lignocelulósica. El objetivo fue evaluar la adaptabilidad de la variedad de higuierilla SAB 14 en varios ambientes de producción en el Norte-Centro de México. En 2020 y 2021, se sembró la variedad de higuierilla SAB 14 en cuatro ambientes de los estados de Durango y Aguascalientes. La siembra se estableció en parcelas semi-comerciales, para evaluar la adaptabilidad y potencial de rendimiento de la variedad SAB 14 generada en México y se incluyó el híbrido comercial K 855 como testigo. En Durango, el experimento se sembró en las coordenadas 23° 59' 21" N, 104° 37' 33" O y una altitud de 1,877 m; mientras que, en Aguascalientes el sitio se ubicó 22° 09' 21" N, 102° 17' 29" O y una altitud de 1,918 m. La siembra se realizó el 31 de marzo (Durango, 2020), 13 de abril (Aguascalientes 2020), 27 de mayo (Durango 2021) y en Aguascalientes se cultivaron rebrotes durante 2021. Se utilizaron surcos con 0.81 m de separación y una densidad de 15,000 plantas/ha. Se evaluó la altura de planta (AP), longitud de la espiga (LE), rendimiento, peso de 100 semillas (P100S) y % de brotación (PB) en el segundo ciclo de cultivo. El análisis de varianza se realizó en un diseño en bloques completos al azar, combinado entre localidades (años) y seis repeticiones. La comparación de medias se obtuvo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre localidades (L) y materiales (M) de higuierilla para AP, LE, rendimiento y P100S. La interacción L x M fue significativa, lo que se relacionó con la modificación de la respuesta de uno de los materiales entre localidades de siembra. La AP fluctuó entre 193.7 y 285.1 cm entre localidades y la variedad SAB 14 (281.5-357.2 cm) mostró mayor AP en Durango y Aguascalientes, en comparación con el híbrido comercial (103.0-213.0 cm). La LE en Durango 2020 (67.1 cm) fue mayor, con respecto a Aguascalientes 2020-21 (48.5-62.9 cm). En ambas localidades la LE fue significativamente mayor en el híbrido K 855 (72.0 cm y 66.5 cm) en 2020, aunque en 2021 con el cultivo de rebrote SAB 14 (60.3 cm) resultó significativamente superior al testigo comercial (36.7 cm). En ambas localidades la variedad SAB 14 (2,012 kg/ha - 2,906 kg/ha) mostró valores altos de rendimiento, en relación con el híbrido comercial K 855 (692 a 2,669 kg/ha), únicamente en Durango 2021 se obtuvo productividad baja por efecto del

exceso de lluvias. La variedad SAB 14 mostró tamaño intermedio de la semilla (40.8-50.8 g/100 semillas), por lo que superó significativamente al híbrido comercial (33.1 a 39.0 g/100 semillas). El PB fue bajo en Durango 2021 (0 a 1%), debido a la ocurrencia de heladas tardías; lo que no ocurrió en Aguascalientes (53 a 69%). Se corroboró la adaptación de la variedad SAB 14, la cual ha mostrado rendimiento alto y sus semillas, de tamaño mediano, fueron de calidad aceptable, por lo que puede incluirse en la optimización del rendimiento y calidad del grano de higuera producido en el Norte-Centro de México.

Palabras clave. *Ricinus communis*, rendimiento, cultivos energéticos, sostenibilidad.

ABSTRACT

The biofuel industry requires abundant inputs, obtained in a sustainable way, such as oil and lignocellulosic biomass. The objective was to evaluate the adaptability of the castor variety SAB 14 in various production environments in North-Central Mexico. In 2020 and 2021, the SAB 14 castor variety was planted in four environments in the states of Durango and Aguascalientes. The sowing is established in semi-commercial plots, to evaluate the adaptability and yield potential of the SAB 14 variety generated in Mexico and the commercial hybrid K 855 is closed as a control. In Durango, the experiment was planted at coordinates 23° 59' 21" N, 104° 37' 33" W and an altitude of 1,877 m; while in Aguascalientes the site was located 22° 09' 21" N, 102° 17' 29" W and an altitude of 1,918 m. Sowing was carried out on March 31 (Durango, 2020), April 13 (Aguascalientes 2020), May 27 (Durango 2021) and shoots were cultivated in Aguascalientes during 2021. Furrows were used with 0.81 m separation and a density of 15,000 plants/ha. Plant height (AP), spike length (LE), yield, weight of 100 seeds (P100S) and % sprouting (PB) were evaluated in the second crop cycle. The analysis of variance was performed in a randomized complete block design, combined between locations (years) and six replications. The comparison of means was obtained with the Tukey test ($p \leq 0.05$). Highly significant differences ($p \leq 0.01$) were observed between localities (L) and castor materials (M) for AP, LE, yield and P100S. The L x M interaction was significant, which was related to the modification of the response of one of the materials between planting locations. The AP fluctuated between 193.7 and 285.1 cm between locations and the variety SAB 14 (281.5-357.2 cm) showed higher AP in Durango and Aguascalientes, compared to the commercial hybrid (103.0-213.0 cm). The LE in Durango 2020 (67.1 cm) was higher, compared to Aguascalientes 2020-21 (48.5-62.9 cm). In both locations, the LE was significantly higher in the hybrid K 855 (72.0 cm and 66.5 cm) in 2020, although in 2021 with the regrowth crop SAB 14 (60.3 cm) it was significantly higher than the commercial control (36.7cm). In both locations, the SAB 14 variety (2,012 kg/ha - 2,906 kg/ha) showed high yield values, in relation to the commercial hybrid K 855 (692 to 2,669 kg/ha), only in Durango 2021 low productivity was obtained due to effect of excessive rainfall. The SAB 14 variety showed

intermediate seed size (40.8-50.8 g/100 seeds), which significantly exceeded the commercial hybrid (33.1 to 39.0 g/100 seeds). The CP was low in Durango 2021 (0 to 1%), due to the occurrence of late frosts; what did not happen in Aguascalientes (53 to 69%). The adaptation of the SAB 14 variety was corroborated, which has shown high yield and its seeds, of medium size, were of acceptable quality, so it can be included in the optimization of the yield and quality of the castor bean produced in the North- Center of Mexico.

Key words. *Ricinus communis*, yield, energy crops, sustainability.

INTRODUCCIÓN

En México, se buscan insumos alternativos para la producción de biocombustibles, ante la necesidad de fuentes de energía renovable y menos contaminantes, con respecto a los combustibles fósiles. Además, se busca incrementar los ingresos económicos de los productores agropecuarios en zonas marginadas. En los últimos años, se han validado diferentes especies de plantas relacionadas con la producción de insumos para la elaboración de biocombustibles con el fin de contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y avanzar hacia la sostenibilidad productiva (Reveles *et al.*, 2010). La higuera es una especie que utiliza eficientemente los recursos del medio, produce aceite, biomasa lignocelulósica y tiene usos industriales múltiples (Jiménez *et al.*, 2014). El aceite extraído de esta especie puede usarse en la producción de biodiésel, tiene uso industrial variado y se ha demostrado su utilidad como biolubricante (Jiménez *et al.*, 2014). La higuera puede utilizarse también, en la obtención de pastas proteicas para alimentación animal y elaboración de biocombustibles con los residuos lignocelulósicos (Suárez y Martín, 2009; Reveles *et al.*, 2010; Jiménez *et al.*, 2014; Rosales *et al.*, 2017).

La planta de higuera es herbácea y tiene 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. A pesar de lo anterior, la higuera se considera como un cultivo de importancia económica reducida en México, por lo que la superficie sembrada es inferior a 500 hectáreas. En Durango y Aguascalientes, existen áreas con potencial para producir grano de higuera y por su localización, se reducen costos de transporte a los centros de procesamiento ubicados en Jalisco y Querétaro. En la actualidad existe disponibilidad baja de semilla, lo cual incrementa significativamente el precio de este insumo y en combinación con la carencia de maquinaria apropiada, para la cosecha del grano y recolección de la biomasa lignocelulósica, desalientan el cultivo de higuera.

En Durango y Aguascalientes, la carencia de semilla de higuera incrementa considerablemente los costos de producción y se depende en más de 80% de las importaciones para el establecimiento de siembras comerciales de esta especie. Con base en

lo anterior, se generó la variedad SAB 14 que puede utilizarse en la producción de semilla de costo bajo y favorece la siembra de variedades de higuierilla adaptadas localmente, para dejar de depender de semilla de híbridos importados, cuyo valor es alto. Las variedades de higuierilla deben mostrar niveles bajos de latencia y pérdida de viabilidad de la semilla, para evitar fallas de emergencia, resiembra forzada e incremento en los costos de producción. Por ello, se han generado híbridos y variedades que muestran latencia reducida o nula, uniformidad en la germinación y emergencia; así como, valores altos de rendimiento y calidad de grano.

La variedad mejorada de higuierilla SAB 14 se desarrolló en Durango, mediante el proceso de selección aplicado en una población recolectada localmente. Esta variedad, produce grano apto para la extracción de aceite de ricino y durante el proceso se genera pasta proteica que puede ser detoxificada, para su uso como alimento animal. SAB 14 tiene ciclo intermedio-tardío y muestra rendimiento alto (2,133-2,906 kg ha⁻¹) de grano, con peso medio (44.7-46.2 g/100 semillas) y contenido alto en grasa (>35%). Esta variedad está adaptada a condiciones de riego en Durango y Aguascalientes, donde puede usarse para producir aceite e incrementar la rentabilidad de la producción agropecuaria. Además, produce cantidades altas de biomasa que puede utilizarse en la elaboración de pélets para biocombustible y como abono orgánico en la producción de cultivos agrícolas. Se considera que el uso de la variedad de higuierilla SAB 14 reducirá la dependencia del extranjero y al mismo tiempo, aumentará la disponibilidad de la semilla y disminuirá su costo. El objetivo fue evaluar la adaptabilidad de la variedad de higuierilla SAB 14 en varios ambientes de producción establecidos en el Norte-Centro de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético. Se sembró la variedad de higuierilla denominada como SAB 14, con semilla producida en el Campo Experimental Valle del Guadiana (INIFAP), en Durango, Dgo. Se incluyó el híbrido comercial K 855, como testigo de comparación. En 2021, se sembró en Durango únicamente la variedad SAB 14 y en Aguascalientes se cultivaron rebrotes del cultivo realizado en 2020.

Descripción del sitio de siembra. Se obtuvieron datos en los ciclos primavera-verano de 2020 y 2021, en los estados de Durango y Aguascalientes. En Durango, el suelo predominante es franco-arcilloso, con capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 2% y pH de 8.2. La mayoría de los suelos de la región son pobres en contenido de materia orgánica ($\leq 1.5\%$), fósforo y nitrógeno. El clima es templado semiárido con régimen de lluvias en verano, muestra variación fuerte de temperatura [BS₁ Kw (w) (e)] y la media anual para esa variable es 16.3 °C (García, 1987; Medina *et al.*, 2005). La lluvia acumulada durante el año alcanza 500 mm y registra valores altos entre junio y septiembre.

En Aguascalientes, se sembró en el Campo Experimental Pabellón, donde el suelo predominante es franco-arenoso, con capacidad intermedia-baja para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 3% y pH de 7.9. La mayoría de los suelos de la región muestran contenido bajo de materia orgánica ($\leq 1.5\%$), fósforo y nitrógeno. El clima es templado semiárido con régimen de lluvias en verano, muestra variación fuerte de temperatura [BS₁ Kw (w) (e)] y la media anual para esa variable es 16.9 °C (García, 1987). La lluvia anual promedio alcanza 477 mm y registra valores altos entre junio y septiembre.

Manejo agronómico. En Durango, se sembró 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). En 2021, se sembró nuevamente la variedad SAB 14 y en los dos años de estudio se realizaron dos escardas mecanizadas y dos deshierbes manuales para el control de la maleza. Además, se fertilizó en la primera escarda con la dosis 60-46-00 para nitrógeno (N), fósforo (P₂O₅) y potasio (K₂O) y se aplicaron de dos a ocho riegos de auxilio para evitar el estrés hídrico en las plantas. En Aguascalientes, se sembró el 13 de abril de 2020, la parcela experimental fue de 12 surcos de 10 m de largo y 0.81 m de separación entre surcos y plantas, para obtener una densidad de 15,000 plantas/ha. Se realizaron dos deshierbes manuales, con azadón, para el control de la maleza. La fertilización se aplicó 30 días después de la siembra (DDS) y se utilizó la dosis 60-30-00. Se aplicó riego por cintilla, para mantener la humedad aprovechable por arriba del 60% y con ello, evitar estrés hídrico severo en las plantas de higuera. En 2021, se realizó el cultivo de rebrotes en el mismo sitio sembrado durante 2020.

Variables evaluadas. Se evaluaron variables morfológicas, como altura de la planta y longitud de la espiga. La altura se midió desde la superficie del suelo y hasta el ápice de la espiga del tallo principal; mientras que, la longitud de la espiga se evaluó desde su inserción en el tallo y hasta el ápice de este órgano. Se tomaron seis muestras para la determinación del rendimiento, las cuales consistieron en dos surcos de 5 m de longitud (8.1 m²/cada una). En cada muestra se cosecharon todas las espigas de las plantas, para luego trillarlas en un proceso de dos pasos, que incluyó labor manual (separación de las cápsulas del raquis) y mecánica (separación de la semilla de los carpelos). Después, se limpió el grano para determinar el rendimiento por hectárea (kg/ha) y peso de 100 semillas, las cuales fueron tomadas al azar en la muestra de grano cosechada en cada repetición.

Se determinó el porcentaje de brotación en mayo de 2021, luego que se redujeron las probabilidades de heladas, las cuales son causadas por la temperatura baja. En las determinaciones, se consideró el número potencial de plantas con brotación y para ello, se contaron los tocones de los 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

brotación temprana, los tallos y hojas tiernas resultaron dañados por heladas tardías, ocurridas en Durango durante el mes de abril de 2021.

Análisis estadístico. El análisis de varianza de los datos obtenidos en campo se realizó bajo un diseño en bloques completos al azar combinado entre localidades (años) y seis repeticiones. La comparación de medias, en las variables que presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los materiales de higuierilla, se obtuvo con base en la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los resultados para la brotación se analizaron mediante estadística descriptiva (media). En los análisis se utilizaron los programas de cómputo SAS ver. 9.4® y MicroSoft Excel®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización morfo-agronómica. Se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre localidades (L) y Materiales (M) de higuierilla para altura de planta y longitud de la espiga (Cuadro 1). El valor más alto para la altura de la planta se registró en Durango 2020 (285.1 cm), que superó significativamente a Aguascalientes en 2020 (198.9 cm) y 2021 (193.7 cm). La variedad SAB 14 mostró el valor más alto para la altura de la planta con 357.2 cm (Durango 2020) y valores entre 281.5 cm y 284.3 cm (Aguascalientes 2020-21) y superó de forma significativa al híbrido comercial (103.0 a 213.0 cm). Los valores de altura de la planta observados en este estudio fueron inferiores a los de otros trabajos con higuierilla, en los cuales se registró un valor máximo de 400.0 cm (Barrios *et al.*, 2018). Debe considerarse que los valores que superan los 200.0 cm para altura de la planta son indeseables en higuierilla, debido a la dificultad para la cosecha mecánica (Soratto *et al.*, 2011).

Cuadro 1. Valores medios para características morfológicas de materiales de higuierilla cultivados bajo condiciones de riego en Durango y Aguascalientes, Méx.

Variedad	Altura de Planta (cm)	Longitud de Espiga (cm)
	Durango 2020	
K 855	213.0 ^b	72.0 ^a
SAB 14	357.2 ^a	62.2 ^b
Promedio	285.1 ^A	67.1 ^A
	Aguascalientes 2020	
K 855	116.3 ^b	66.5 ^a
SAB 14	281.5 ^a	59.2 ^b
Promedio	198.9 ^B	62.9 ^A
	Aguascalientes 2021	
K 855	103.0 ^b	36.7 ^b
SAB 14	284.3 ^a	60.3 ^a
Promedio	193.7 ^B	48.5 ^B

Las letras en cada columna representan diferencias significativas entre localidades (^{A-B}) y variedades (^{a-d}) de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

En Durango, la longitud de la espiga fue mayor (67.1 cm) en comparación con Aguascalientes (48.5-62.9 cm). El híbrido K 855 mostró espigas significativamente más largas, tanto en

Durango (72.0 cm), como en Aguascalientes (66.5 cm), aunque en 2021, con el cultivo de rebrotes mostró tamaño inferior (36.7 cm). Los valores que se registraron en los materiales de este estudio, con base en la longitud de la inflorescencia, estuvieron en el intervalo observado en un grupo diverso de germoplasma de higuera, donde se obtuvieron longitudes entre 16.6 y 73.0 cm (Solís *et al.*, 2016; Llaven *et al.*, 2019).

Rendimiento y Peso de 100 Semillas. Se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre localidades y materiales para rendimiento y peso de cien semillas (Cuadro 2). La interacción (L x M) resultó altamente significativa ($p \leq 0.01$) para el rendimiento, lo que se relacionó con la modificación de la respuesta, entre las localidades de siembra, en al menos uno de los materiales de higuera evaluados. La variedad SAB 14 mostró el valor más alto para rendimiento en Durango 2020 (2,906 kg/ha) y Aguascalientes 2020 (2,408 kg/ha) (Cuadro 2). En Durango 2020, el rendimiento de SAB 14 resultó estadísticamente superior al mostrado por el híbrido comercial K 855 (2,669 kg/ha). Los valores de rendimiento de K 855 y SAB 14 se situaron en el intervalo más alto, que se registró en otros estudios realizados con higuera en Sinaloa (2,234 a 3,249 kg/ha) (Llaven *et al.*, 2019). Aunque, en 2021 se observó reducción del rendimiento, por efecto del exceso de lluvia, la variedad SAB 14 mantuvo niveles aceptables de productividad (1,617 kg/ha).

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 y costo alto de la semilla en el mercado nacional. Dicha variedad, puede ser incluida en programas de validación para avanzar en el ajuste del manejo agronómico que optimice el rendimiento y calidad del grano de higuera producido en Durango y Aguascalientes. En el caso de la calidad, deben determinarse las posibilidades de realizar selección para incrementar el contenido de grasa y proteína en el grano de la higuera cultivada en la región Norte-Centro de México.

Cuadro 2. Valores medios para características evaluadas en materiales de higuera cultivados bajo condiciones de riego en Durango y Aguascalientes, Méx. 2020-21.

Variedad	Rendimiento kg/ha	Peso de 100 Semillas (g)	% Brotación
Durango 2020			
K 855	2,669 ^b	33.1 ^b	--
SAB 14	2,906 ^a	46.2 ^a	--
Promedio	2,788 ^A	39.7 ^B	--
Aguascalientes 2020			
K 855	2,400 ^a	39.0 ^b	--
SAB 14	2,408 ^a	50.8 ^a	--
Promedio	2,404 ^A	44.9 ^A	--
Durango 2021			
K 855	--	--	0
SAB 14	1,617	40.8	1
Promedio	1,617	40.8	1

Aguascalientes 2021			
K 855	692 ^b	37.5 ^b	53
SAB 14	2,012 ^a	51.0 ^a	69
Promedio	1,352 ^A	44.3 ^A	61

Las letras en cada columna representan diferencias significativas entre localidades (^{A-B}) y variedades (^{a-d}) de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

El valor medio para el peso de 100 semillas fue significativamente más alto en la variedad SAB 14 tanto en Durango (46.2 g/100 semillas) como en Aguascalientes (50.8-51.0 g/100 semillas); mientras que, el nivel más bajo se registró en testigo (33.1 a 39.0 g/100 semillas). El tamaño de la semilla fue bajo en relación con los niveles registrados en otros estudios, 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 a 50.8 g/100 semillas), lo cual resultó aceptable, aunque es necesario establecer la estabilidad del contenido de grasa y proteína.

En Durango 2021, la brotación fue baja en la variedad y el híbrido de higuierilla, con un valor promedio de 1.0%. Los resultados mostraron la necesidad de sembrar nuevamente, debido a los daños ocasionados por la temperatura baja en brotes tiernos, observados en marzo y abril de 2021. En Aguascalientes, se registró un nivel de brotación más alto (61.0%) y la variedad SAB 14 mostró 69.0% de las plantas con rebrotes, seguida por el híbrido comercial (53%). Los materiales de higuierilla evaluados mostraron diferente grado de rebrote, con base en el sitio de siembra y las condiciones de temperatura mínima registradas en cada localidad durante los meses de marzo y abril. Es recomendable realizar la siembra de higuierilla cada año, para mantener la densidad de población y con ello, incrementar el rendimiento de grano (de Oliveira *et al.*, 2017).

CONCLUSIONES

La variedad local SAB 14 mostró adaptabilidad amplia, crecimiento vegetativo intermedio, productividad alta y sus semillas, de tamaño mediano, se consideraron con calidad aceptable. Lo anterior, le permitió igualar o superar al híbrido comercial K 855, el cual presentó altura de planta menor y valores altos de rendimiento y longitud de la espiga. La variedad SAB 14 representa una opción para productores del Norte-Centro de México, debido a su adaptación y disponibilidad de semilla, la cual puede producirse localmente.

LITERATURA CITADA

- Barrios G., E. J., J. Canul-Ku, M. G. Hernández A., y J. L. Solís B. 2018. Evaluación de dos ciclos de higuierilla en Morelos, México: siembra y rebrote. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(8): 1663-173.
- de Oliveira, A. B., J. B. de B. Neto, G. D. Cardoso and L. S. do Vale. 2017. Growth and yield of castor bean (*Ricinus communis* L.) CV. 'BRS Energia' under different spacings. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 20(2017): 289-285.

- 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.
- Jiménez O., R., E. Hernández B., y R. Rosales S. 2014. Preferencia de pastas proteicas de higuierilla 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., y P. A. Domínguez M. 2015. Rendimiento de variedades e híbridos de higuierilla cultivados en diferentes ambientes de Durango, México. AGROFAZ 15(1): 135-146.
- Llaven V., G., A. Borbon G., X. M. Ochoa E., O. Antuna G., A. Hernández H., y J. L. Coyac R. 2019. Productividad de higuierilla (*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.
- 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.
- 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 higuierilla (*Ricinus communis* L.) en Montecillo, Estado de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7(2): 311-323.
- Soratto, R. P., G. D. Souza-Schlick, B. M. San Giacomo, M. D. Zanotto, and A. Fernandes. 2011. Low-height castor bean row spacing and plant population for mechanical harvest. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 46(3): 245-253.
- 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/>

EFFECTO DE BIOFUNGICIDAS CONTRA ROYA DE LA HOJA (*Puccinia triticina*) SOBRE EL RENDIMIENTO EN LA VARIEDAD DE TRIGO CRISTALINO CIRNO C2008

Ivón Alejandra Rosas - Jáuregui *, José Luis Félix – Fuentes*, Guillermo Fuentes - Dávila *, Alma Angélica Ortiz - Avalos*, Juan Manuel Cortes - Jiménez *

*INIFAP, CAMPO EXPERIMENTAL NORMAN E. BORLAUG
Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, entre 800 y 900, Valle del Yaqui, Cd. Obregón, Sonora, México 85000. Correo electrónico:rosas.ivon@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se estableció la variedad comercial CIRNO C2008 en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB). La siembra se estableció el 02 de diciembre de 2021, con una densidad de siembra de 100 kg/ha. El control de maleza se realizó mediante una escarificada entre hileras y dos deshierbes manuales. Se aplicó un riego de siembra y tres riegos de auxilio durante el ciclo. Durante el desarrollo del cultivo se realizó la aplicación de dos biofungicidas para el control de roya de la hoja. Las variables evaluadas fueron: a) número de granos por espiga, b) peso de granos por espiga (g), c) longitud de grano (cm), d) peso de mil granos (g) y e) rendimiento de grano por parcela (t/ha). La severidad de *P. triticina* fue menor en las plantas que no recibieron ningún tratamiento (T3) con un 25% de daño, seguida de las plantas del T2 con 27% de daño. Todos los tratamientos fueron estadísticamente diferentes, en este sentido se destaca principalmente el efecto del T1 el cual se diferenció de los demás tratamientos T2 y T3 con los mayores niveles de severidad. El mayor número de granos por espiga lo obtuvo el T2 con 51 granos. El peso más alto de granos fue alcanzado por el T2 con 3.57 g, seguido del T1 con 2.82 g superando el testigo sin tratar que alcanzo un peso de 2.70 g. El promedio de peso de mil granos fue 65.43 g con un intervalo de 63.5 a 66.8 g. El T2 mostró el peso más alto con 66.8 g, seguido del T1 con 66.0 g. El rendimiento medio de grano por parcela fue de 6.79 t/ha, con un intervalo de 6.12 y 7.22 t/ha. El mayor rendimiento de grano lo presentó el T2 con 7.22 t/ha, seguida del T1 con 7.03 t/ha los dos tratamientos lograron superar al testigo sin tratar.

Palabras clave: tratamientos, parcelas, siembra

ABSTRACT

The commercial variety CIRNO C2008 was established at the National Institute for Agricultural and Livestock Forestry Research (INIFAP), Norman E. Borlaug Experimental Field (CENEB). Sowing was established on December 2, 2021, with a sowing density of 100 kg/ha. Weed control was carried out by scarifying between rows and two manual weedings. One sowing irrigation and three auxiliary irrigations were applied during the cycle. During crop

development, two biofungicides were applied to control leaf rust. The variables evaluated were: a) number of grains per spike, b) weight of grains per spike (g), c) grain length (cm), d) weight of a thousand grains (g) and e) grain yield per plot (t/ha). The severity of *P. triticina* was lower in plants that did not receive any treatment (T3) with 25% damage, followed by T2 plants with 27% damage. All treatments were statistically different, in this sense the effect of T1 stands out, which differed from the other treatments T2 and T3 with the highest levels of severity. The highest number of grains per spike was obtained by T2 with 51 grains. The highest grain weight was reached by T2 with 3.57 g, followed by T1 with 2.82 g, surpassing the untreated control that reached a weight of 2.70 g. The average weight of a thousand grains was 65.43 g with a range from 63.5 to 66.8 g. T2 showed the highest weight with 66.8 g, followed by T1 with 66.0 g. The mean grain yield per plot was 6.79 t/ha, with an interval of 6.12 and 7.22 t/ha. The highest grain yield was presented by T2 with 7.22 t/ha, followed by T1 with 7.03 t/ha, the two treatments managed to surpass the untreated control.

Key words: treatments, plots, sowing

INTRODUCCIÓN

En Mexico la producción nacional de trigo en el 2019 fue de 3.2 millones de toneladas obtenidas en una superficie sembrada de 598,233 ha. Destacan los estados de Baja California, Guanajuato, Michoacán, Sinaloa y Sonora como los de mayor producción en condiciones de riego (ciclo otoño-invierno) y Guanajuato, Estado de México, Oaxaca, Puebla y Tlaxcala en condiciones de temporal (ciclo primavera- verano) (SIAP, 2019).

Las enfermedades foliares causadas por hongos son la mayor restricción biótica que limita el rendimiento y la calidad en trigo (*Triticum aestivum* L.) (Simón *et al.*, 2013). Las royas son las enfermedades más importantes del trigo, causan pérdidas significativas en ausencia de un control químico o genético adecuado. Roya de la hoja (*Puccinia triticina*), roya amarilla (*P. striiformis* f. sp. *tritici*) y tallo (*P. graminis* f. sp. *tritici*), son las tres enfermedades más importantes en el cultivo de trigo. Si alguna de estas royas alcanza un nivel epidemiológico, pueden ocurrir pérdidas de rendimiento devastadoras y desaparecer el 100 % de la cosecha en campos con variedades susceptibles (Dubin *et al.*, 2009). *Puccinia triticina* (organismo causal de roya de la hoja) es un patógeno biotrófico policíclico que obtiene los nutrientes únicamente de tejidos vivos y utiliza estos recursos para su crecimiento y esporulación (Ney *et al.*, 2013). A nivel mundial, Roelfs *et al.*, (1992) han mencionado que las pérdidas debidas a *P. triticina* son usualmente pequeñas (menores al 10%), pero pueden ser severas (30% o más). Por otro lado, Huerta-Espino *et al.*, (2011) establecen que las pérdidas de rendimiento ocasionadas por la enfermedad pueden alcanzar el 50%.

La utilización extensiva de compuestos químicos para el control de enfermedades, la emergencia de patógenos resistentes a fungicidas y el deterioro en la salud de productores y consumidores, ha promovido la búsqueda de alternativas viables que garanticen una mayor sostenibilidad en la producción agrícola, minimizando el impacto sobre el medio ambiente (Janisiewicz *et al.*, 2002). El objetivo del presente estudio fue evaluar la eficiencia de dos fungicidas orgánicos microbianos contra roya y su efecto sobre el rendimiento del grano de trigo, en la región del Valle del Yaqui, Sonora.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se realizó en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB), ubicado en Block 910 del Valle del Yaqui, a 27° 22' de latitud norte y 109° 55' de longitud oeste, a 37 msnm. durante el ciclo otoño-invierno 2021-2022. Se estableció la variedad comercial CIRNO C2008, la cual actualmente es considerada una variedad susceptible a la enfermedad. La siembra se realizó el 02 de diciembre de 2021, con una densidad de siembra de 100 kg/ha. Respecto al control de maleza se realizó una escarificada entre hileras y dos deshierbes manuales. Se aplicó un riego de siembra y tres riegos de auxilio durante el ciclo. Los productos evaluados fueron un fungicida orgánico microbiano, que consiste en extracto de clavo + *Bacillus subtilis* (1×10^8 cfu/mL) + emulsificante, acondicionadores y diluyentes, el segundo fungicida orgánico a base de *Bacillus* spp. (1×10^7 cfu/mL) + *Azotobacter* spp. (1×10^5 cfu/mL) + *Pseudomonas* spp. (1×10^5 cfu/mL) + extractos de plantas + acondicionadores y estabilizantes. Se incluyó un control sin tratar (Tabla 1). Diez días después de la primera aplicación de los productos se inoculó el patógeno (*Puccinia triticina*), por aspersión manual con una concentración 1×10^8 . El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones. Las parcelas (unidad experimental) fueron de tres camas a doble hilera con 0.80 m de separación por 5 metros de largo. Los tratamientos se aplicaron con mochila de aspersión Swissmex con 10 L de capacidad, con un volumen de 300 L/ha. La severidad de la enfermedad se evaluó visualmente. Para determinar el efecto de los productos sobre el rendimiento, se determinaron las siguientes variables: a) número de granos por espiga, b) peso de granos por espiga (g), c) longitud de grano (cm), d) peso de mil granos (g) y e) rendimiento de grano por parcela (t/ha).

Tabla 1. Fungicidas biológicos evaluados en aplicaciones foliares para el control de la roya de la hoja en el cultivar de trigo cristalino Cirno C2008, durante la temporada 2021-22 en el Valle del Yaqui, Sonora, México.

Tratamiento	Dosis (L/ha)	Fechas de aplicación	Etapa fenológica del cultivo
1	2	14 Febrero, 24 Febrero y 06 de Marzo	Embuche, Espigamiento y Floración
2	2	14 Febrero, 24 Febrero y 06 de Marzo	Embuche, Espigamiento y Floración
3			

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La severidad de *P. triticina* fue menor en las plantas que no recibieron ningún tratamiento (T3) con un 25% de daño, seguida de las plantas del T2 con 27% de daño. En este sentido se destaca principalmente el efecto del T1 el cual se diferenció de los demás tratamientos T2 y T3 con los mayores niveles de severidad. El mayor número de granos por espiga se observó en el T2 con 51 granos (Figura 1A). El peso más alto de granos lo presentó el T2 con 3.57 g, seguido del T1 con 2.82 g superando el testigo sin tratar que alcanzó un peso de 2.70 g (Figura 1B). En la longitud de granos se registró un promedio de las tres repeticiones de 0.77 cm siendo el T2 el que mostró la mayor longitud con 0.78 cm, mientras que el testigo sin tratar fue el de menor longitud (Figura 1C). El promedio de peso de mil granos fue 65.43 g con un intervalo de 63.5 a 66.8 g. El tratamiento 2 mostró el peso más alto con 66.8 g, seguido del T1 con 66.0 g (Figura 1D). El rendimiento medio de grano por parcela fue de 6.79 t/ha, con un máximo de 7.22 t/ha. El mayor rendimiento lo presentó el T2 con 7.22 t/ha, seguida del T1 con 7.03 t/ha (Figura 1E) los dos tratamientos lograron superar al tratamiento sin aplicación. Schierenbeck *et al.*, (2016) menciona que las enfermedades foliares pueden producir efectos variables en los componentes de rendimiento del cultivo. En este sentido, determinaron que tanto *P. triticina* como *Py. tritici-repentis* disminuyen la radiación interceptada y absorbida por tejido verde, aunque *P. triticina* causa un mayor efecto sobre la eficiencia de uso de radiación. Se ha documentado que las enfermedades causadas por patógenos biotróficos (como *P. triticina*) producen profundos cambios en la fisiología de los hospedantes, ya que alteran el metabolismo de las plantas al parasitar las células vivas. Su presencia en el cultivo puede producir reducciones en la acumulación de biomasa debido a una disminución del área y de la capacidad fotosintética de las hojas, un aumento de la tasa respiratoria, la transpiración y una reducción de la tasa de translocación de los órganos afectados (Serrago *et al.*, 2009; Schierenbeck *et al.*, 2016).

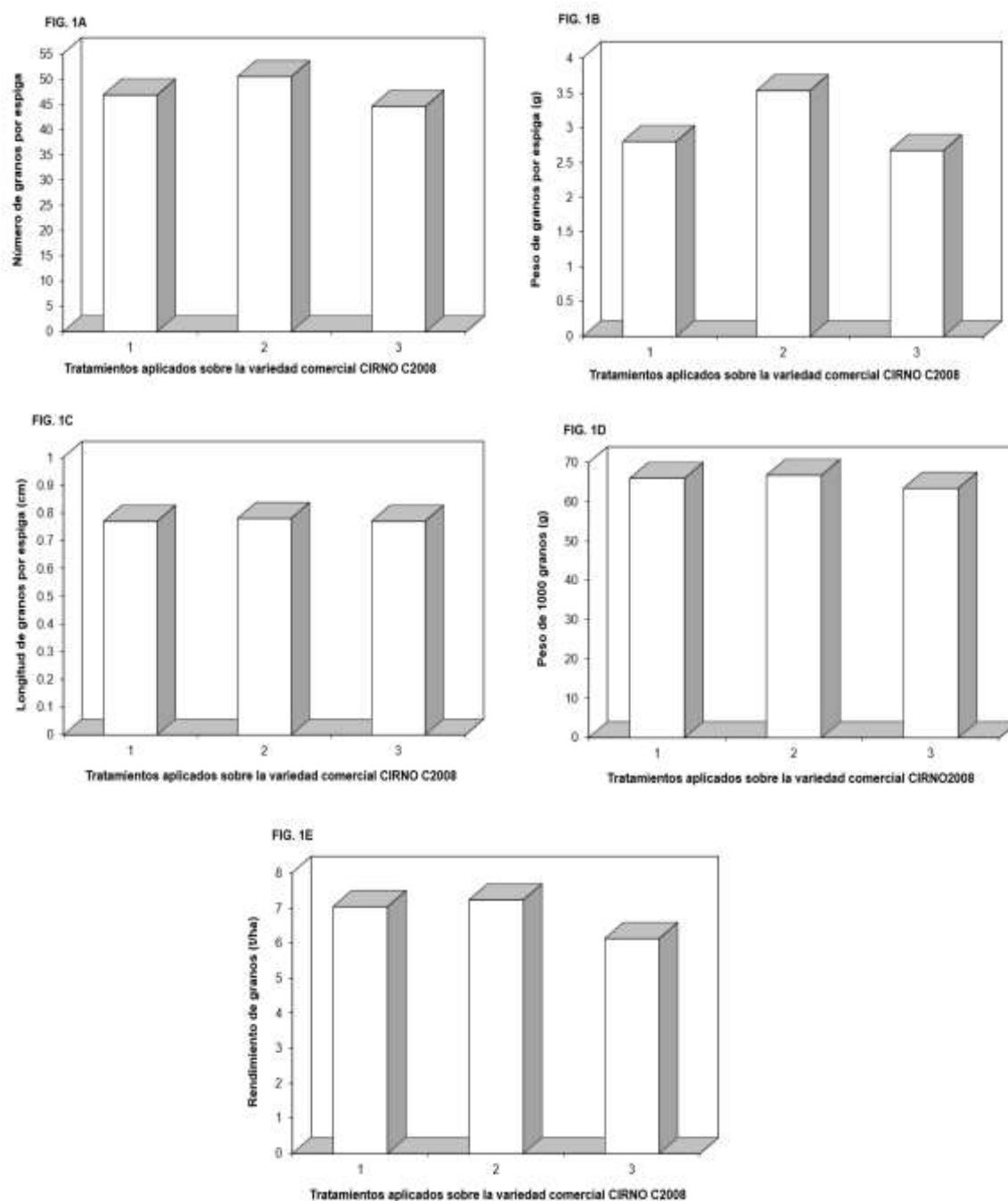


Figura 1. Resultados obtenidos en los diferentes parámetros agronómicos evaluados en la variedad de trigo cristalino CIRNO C2008 tratada con biofungicidas; 1A) Número de granos por espiga, 1B) Peso de granos por espiga (g), 1C) Longitud de granos por espiga (cm), 1D) Peso de 1000 granos (g) y 1E) Rendimiento de granos (t/ha).

CONCLUSIONES

Los biofungicidas aplicados no mostraron un control de la enfermedad. Por otro lado, los biofungicidas lograron impedir que el patógeno causara una disminución en el rendimiento de grano de trigo. Es necesario profundizar en el conocimiento de los mecanismos ecofisiológicos

por el cual *P.triticina* reduce la generación de biomasa y rendimiento, ya que podrían ser útiles para mejorar la toma de decisiones de manejo de los productores.

REFERENCIAS

- Dubin, HJ.; and Brennan, JP. 2009. Fighting a “Shifty Enemy”: The international collaboration to contain wheat rusts. In Millions Fed: Proven successes in agricultural development. Spielman, David J.; Pandya-Lorch, Rajul (Eds.). Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute (IFPRI).2:19-24.
- Huerta EJ, Singh RP, Germán S, McCallum BD, Park RF, W. Chen Q, Bhardwaj SC, and Goyeau H. 2011. Global status of wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina*. *Euphytica* 179(1):143-160.
- Janisiewicz W, y Korsten L. 2002. Biological control of postharvest diseases of fruits, *Ann. Rev. Phytopathol.* 40: 411-441.
- Ney B, Bancal MO, Bancal P, Bingham IJ, Foulkes J, Gouache D, Paveley N, and Smith J. 2013. Crop architecture and crop tolerance to fungal diseases and insect herbivory. Mechanisms to limit crop losses. *Eur J Plant Pathology* 135:561– 580.
- Roelfs AP, Singh RP, and Saari EE. 1992. Rust diseases of wheat: concepts and methods of disease management. México, D.F. Cimmyt.81. pp.
- Schierenbeck M., Fleitas MC, Miralles DJ, and Simón MR. 2016. Does radiation interception or radiation use efficiency limit the growth of wheat inoculated with tan spot or leaf rust? *Field Crop Research* 199: 65-76.
- Serrago RA, Carretero R, Bancal MO, and Miralles DJ. 2009. Foliar diseases affect the ecophysiological attributes linked with yield and biomass in wheat (*Triticum aestivum* L.). *European Journal of Agronomy* 31: 195-203.
- SIAP, Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera. 2019. Anuario estadístico de la producción agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gob.mx. Consulted on June 25, 2022).
- Simón MR, Fleitas MC, and Schalamuck S. 2013. Recent advances on integrated foliar disease management with special emphasis in Argentina wheat production. *Fungicides—Showcases of Integrated Plant Disease Management from Around the World.*327p.

EFFECTO DE DENSIDADES DE POBLACIÓN SOBRE TAMAÑO DE BULBO Y RENDIMIENTO DE CEBOLLA BAJO FERTIRRIGACIÓN EN CELAYA, GTO.

EFFECT OF POPULATION DENSITIES ON ONION YIELD AND BULB SIZE UNDER FERTIGATION IN CELAYA, GTO.

Alejandro Rodríguez Guillén^{1*} alejandrorodriguezguillen1@inifap.gob.mx, Salvador Villalobos Reyes², Pedro Antonio Dávalos González³

¹Uso y Manejo de Agua y Suelo, ²Horticultura Protegida, ³Mejoramiento Genético. Campo Experimental Bajío (CEBAJ) Carr. Celaya-San Miguel Allende, Celaya, Gto. A.P. 112.

RESUMEN

En el Campo Experimental Bajío (INIFAP), ubicado en Celaya, Gto., se estableció un experimento de cebolla (*Allium cepa* L.) bajo condiciones de fertirrigación empleando riego por goteo con cintilla, en el cual se evaluaron seis densidades de población. La densidad de población se varió al incorporar otra hilera de plantas respecto al testigo comercial de dos hileras cama⁻¹, establecidos a una distancia de 8 cm entre plantas, en camas de 1.0 m; mientras que, en los de alta densidad (de 6 y 8 hileras cama⁻¹) se probaron 8 y 10 cm entre plantas en camas anchas de 1.80 m. Los resultados de tamaño de bulbo y rendimiento se analizaron en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones por tratamiento y, para la comparación se medias, se aplicó la prueba de Tukey, a un nivel de significancia de 0.05 (P). Se obtuvieron rendimientos de cebolla comercial desde 98.3 t ha⁻¹ (Testigo, dos hileras cama⁻¹, a 8 cm entre plantas: 250 mil plantas ha⁻¹) hasta 120.4 y 120.8 t ha⁻¹ con los tratamientos de altas densidades (ocho hileras cama⁻¹, a 10 y 8 cm entre plantas: 555.5 y 444.4 mil plantas ha⁻¹, respectivamente), ambos con rendimientos iguales entre sí, pero superiores (P≤0.05) al resto de los tratamientos. El testigo de dos hileras por cama (250 mil plantas ha⁻¹) obtuvo el menor rendimiento (P≤0.05) de todos los que se evaluaron, con 98.3 t ha⁻¹, presentando diferencias significativas con el resto de los tratamientos. En este estudio también fue sobresaliente la baja lámina de riego consumida por el cultivo, la cual fue menor de 45 cm durante todo el ciclo, lo que significó alrededor de un 50% menos que la utilizada con riego por gravedad. El cultivo de cebolla mostró que tiene un gran potencial de producción bajo condiciones de fertirrigación, el cual se expresa principalmente al manejar altas densidades de población, pues con 463,000 plantas ha⁻¹ (cuatro hileras de plantas en camas de 1.80 m de ancho) se obtuvieron hasta 120.8 t ha⁻¹. Si se explora la producción de cebolla manejando diversos arreglos topológicos en condiciones de fertirrigación se realiza una cosecha más eficiente de la energía solar al aprovechar mejor el espacio y optimizar el aprovechamiento del agua y los nutrimentos. Además, se tiene la factibilidad de manipular el calibre del bulbo que se desee producir, principalmente para el mercado de exportación.

Palabras clave: densidad de población, *Allium cepa* L., fertirrigación, riego por goteo.

ABSTRACT

An onion (*Allium cepa* L.) experiment was established under fertigation conditions using drip irrigation with band, in which six population densities were evaluated at the Bajío Experimental Field (INIFAP), located in Celaya, Gto.,. The population density was varied by incorporating another row of plants with respect to the commercial control of two rows bed⁻¹, establishing a distance of 8 cm between plants, in beds of 1.0 m; while, in the high-density ones (with 6 and 8 bed⁻¹ rows), 8 and 10 cm between plants were tested in 1.80 m wide beds. The results of bulb size and yield were analyzed in a randomized block design with four repetitions per treatment and, for the comparison of means, the Tukey test was applied at a significance level of 0.05 (P). Commercial onion yields were acquired from 98.3 t ha⁻¹ (Control, two rows bed⁻¹, 8 cm between plants: 250 thousand plants ha⁻¹) up to 120.4 and 120.8 t ha⁻¹ with the high-density treatments

(eight rows bed⁻¹, at 10 and 8 cm between plants: 555.5 and 444.4 thousand plants ha⁻¹, respectively), both with equal yields, but higher ($P \leq 0.05$) to the rest of the treatments. The control of two rows per bed (250 thousand plants ha⁻¹) obtained the lowest yield ($P \leq 0.05$) of all those that were evaluated, with 98.3 t ha⁻¹, presenting significant differences with the rest of the treatments. In this study, the low level of irrigation consumed by the crop was also outstanding, which was less than 45 cm throughout the cycle, which meant around 50% less than that used with gravity irrigation. Onion cultivation showed that it has a great potential for production under fertigation conditions, which is expressed mainly by managing high population densities, since with 463,000 plants ha⁻¹ (four rows of plants in beds 1.80 m wide) acquired up to 120.8 t ha⁻¹. If onion production is explored by managing various topological arrangements under fertigation conditions, a more efficient harvest of solar energy is carried out by making better use of space and optimizing the use of water and nutrients. In addition, it is possible to manipulate the caliber of the bulb to be produced, mainly for the export market.

Keywords: plant population density, *Allium cepa* L., fertigation, drip irrigation.

INTRODUCCIÓN

En años recientes se ha reportado que la demanda mundial de cebolla ha aumentado un 16%, sobre todo en los mercados de Norteamérica, Europa y Asia. México es el primer productor mundial de cebolla en fresco con más de 1.4 millones de t año⁻¹, pero China es el principal productor de cebolla deshidratada con una producción de 18 millones de t año⁻¹. En México, la cebolla es la tercera hortaliza más importante, superada solo por tomate y chile. Cada año se siembran en el país cerca de 50 mil ha, con un volumen de producción promedio de 1.4 millones toneladas de cebolla en fresco. Los estados que más la cultivan son Chihuahua, Coahuila, Zacatecas, Michoacán, Durango y Guanajuato, donde se concentra 70% de la superficie nacional sembrada y 74% de la producción nacional (<http://www.sicde.gob.mx/>).

México se encuentra entre los principales productores y exportadores de hortalizas en el mundo (FIRA, 2018). Además, la producción de hortalizas mexicanas es de las pocas actividades que mantienen una balanza comercial positiva dentro del sector rural, ya que el volumen de hortalizas exportado fue 4.5 veces mayor que el importado desde 1961 a 2008 (FAO-FAOSTAT, 2013), por las ventajas comparativas que se tienen, sobre todo de clima, en relación a otros países. México ha ocupado el tercer lugar mundial en la exportación de cebolla con \$ 428.3 millones de dólares y cerca de 2 millones t año⁻¹, lo que representa el 12.7% del total del mundo (<http://www.worldstopexports.com/onions-exports-by-country/>). Del total de cebollas producidas, México exporta alrededor del 19.5%, de las cuales casi el 90% se envía hacia los EUA, lo que lo convierte en el principal mercado de cebolla mexicana.

En Guanajuato durante todo el año se siembran más de 5 mil ha de cebolla, ocupando el quinto lugar nacional y el tercero estatal en superficie sembrada bajo condiciones de riego (solo después de brócoli y chile verde), con un rendimiento medio de 28.3 t ha⁻¹. El volumen de agua aplicado a la superficie de cebolla en el estado es de 47.6 millones de m³, con una lámina total de riego de 86 cm en promedio (Marañón-Pimentel y Wester, 2000). Debido a sus raíces escasas y poco profundas, la cebolla es susceptible a la escasez de agua que se origina en una frecuencia de riego inadecuada causada por una frecuencia de riego insuficiente y anegamiento, lo que puede afectar la eficiencia del uso del agua (Wakchaure *et al.*, 2018). Guanajuato exporta más de la mitad de la superficie sembrada con hortalizas, lo cual genera un ingreso superior a los 50 millones de dólares anuales, produciendo un ingreso importante de divisas para el estado, además de los empleos que se generan directa e indirectamente en el sector rural, pues se requieren entre 80 y 120 jornales ha⁻¹ ciclo⁻¹.

Se realizó un estudio con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes densidades de población sobre el calibre del bulbo y el rendimiento de cebolla bajo en condiciones de fertirrigación, empleando riego por goteo con cintilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el Campo Experimental Bajío (INIFAP), localizado en Celaya, Gto., se estableció un experimento de cebolla (*Allium cepa* L.) bajo condiciones de fertirrigación empleando riego por goteo en la modalidad de cintilla, en el cual se evaluaron seis densidades de población (Cuadro 1). La densidad de población se varió al incorporar otra hilera de plantas respecto al testigo comercial de dos hileras cama⁻¹, ambos establecidos a una distancia de 8 cm entre plantas, en camas de 1.0 m; mientras que, en los de alta densidad (de seis y ocho hileras por cama) se probaron 8 y 10 cm entre plantas en camas anchas de 1.80 m. Los resultados de tamaño de bulbo y rendimiento se analizaron en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones por tratamiento y, para la comparación se medias, se aplicó la prueba de Tukey, a un nivel de significancia de 0.05, para lo cual se empleó el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión 6.12.

El suelo donde se realizó el estudio es característico del Bajío: de tipo vertisol éutrico, con alto contenido de arcilla, con 2.1% de materia orgánica, un pH de 7.1, 15 ppm de P-Olsen, 850 ppm de K extraíble con Acetato de Amonio y 55 kg de N-NO₃ ha⁻¹ en la profundidad de 0-90 cm, el cual se muestreó y analizó físico-químicamente antes de que se estableciera el experimento de cebolla. La fertilización del cultivo se realizó a través del sistema de riego presurizado, utilizando las fuentes más accesibles al productor y que llenaron los requisitos técnicos de solubilidad y pureza (nitrato de amonio, urea, ácido fosfórico, nitrato de potasio, nitrato de calcio, sulfato ferroso, sulfato de magnesio). Para el manejo de los riegos se empleó cintilla de 8 mil (milésimas de pulgada de espesor de la pared), con un caudal medio de 3.4 L h⁻¹ por metro lineal.

Cuadro 1. Densidades de población (planta ha⁻¹) evaluados en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) bajo fertirrigación, empleando riego por goteo con cintilla.

No. Tratamiento	Hileras por cama	Distancia entre plantas (cm)	Densidad de población (plantas ha ⁻¹)
1	2	8	250,000
2	3	8	375,000
3	6	10	333,300
4	6	8	416,625
5	8	10	444,400
6	8	8	555,500

Se

realizaron muestreos de biomasa en varias etapas fenológicas claves del cultivo, de acuerdo a la escala fenológica propuesta por Huerres y Caraballo (1988): a) 4-5 hojas; b) 7-8 hojas; c) Inicio de formación del falso tallo; d) Inicio de formación del bulbo; e) Crecimiento del bulbo y f) Pre-cosecha (Cuadro 2).

Cuadro 2. Principales etapas fenológicas del cultivo de cebolla bajo condiciones de riego por goteo en la Region de El Bajío.

Número	Etapas fenológica*	Días después del trasplante*
1	4-5 hojas	30
2	7-8 hojas	50
3	Inicio de formación del falso tallo	70
4	Inicio de formación del bulbo	90
5	Crecimiento del bulbo	110
6	Pre-cosecha	140

* Estos valores difieren en función del ciclo de cultivo, híbrido o variedad y fecha de trasplante.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio muestran que destaca significativamente el alto potencial que tiene la producción de cebolla manejando altas densidades de población de plantas conjuntamente con el sistema de fertirrigación por goteo usando cintilla. Lo anterior debido a que, se obtuvieron rendimientos de cebolla comercial desde 98.3 t ha⁻¹ (Testigo, dos hileras cama⁻¹, a 8 cm entre plantas: 250 mil plantas ha⁻¹) hasta 120.4 y 120.8 t ha⁻¹ con los tratamientos de altas densidades (ocho hileras cama⁻¹, a 10 y 8 cm entre plantas: 444.4 y 555.5 mil plantas ha⁻¹, respectivamente), ambos con rendimientos iguales entre sí, pero superiores ($P \leq 0.05$) al resto de los tratamientos.

En diversos estudios donde se ha evaluado densidades de población de cebolla sobre el rendimiento y sus componentes, se ha encontrado que el rendimiento total de los bulbos maduros aumenta con el incremento en el número de plantas por metro cuadrado hasta que se alcanza un óptimo y, posteriormente, el rendimiento disminuye (Singh & Sacha, 1999; Kanton *et al.*, 2002; Bleasdale, 2015), tal como ocurrió en el presente experimento. Otros autores señalan que es de suma importancia la elección de la variedad para la producción de bulbos, ya que algunas variedades de cebolla no producirán bulbos grandes, incluso si se cultivan a bajas densidades de plantas.

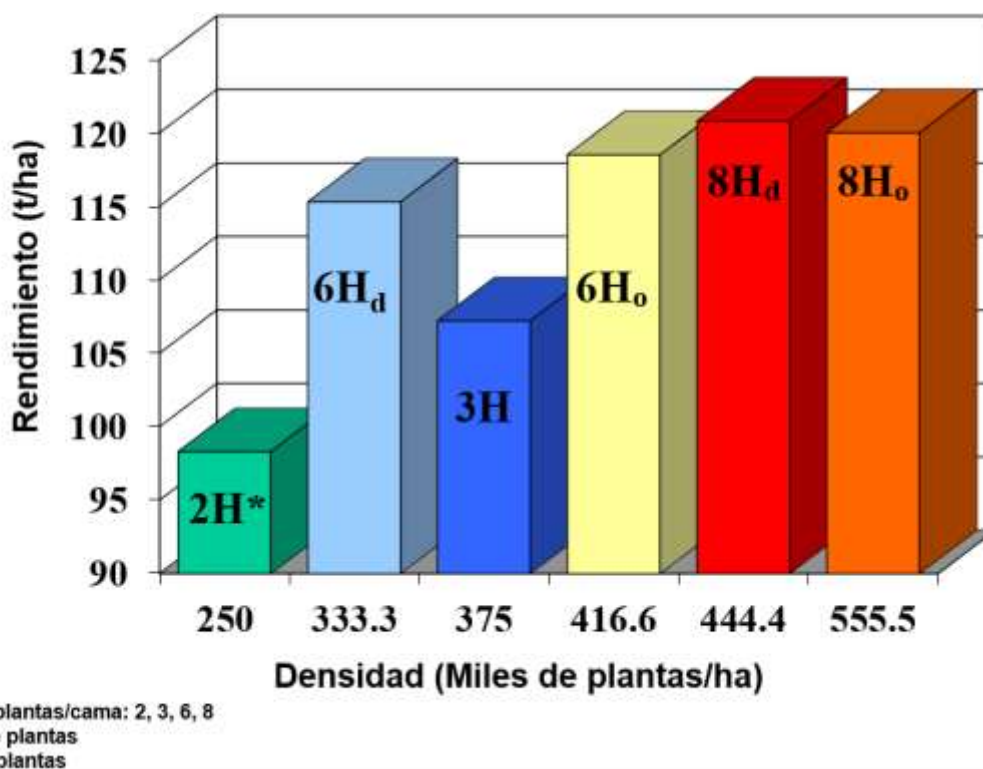


Figura 1. Rendimiento de cebolla (t ha⁻¹) para los diferentes tratamientos de densidad de población evaluados en el estudio.

El testigo de dos hileras por cama (250 mil plantas ha⁻¹) obtuvo el menor rendimiento ($P \leq 0.05$) de todos los que se evaluaron, con 98.3 t ha⁻¹, presentando diferencias significativas con el resto de los tratamientos. En este estudio destaca el gran potencial de rendimiento que se tiene en cebolla pues se obtuvieron producciones de hasta 120.8 t ha⁻¹ (Figura 1), lo que se logró con los tratamientos de altas densidades de población manejando ocho hileras de plantas en camas anchas de 1.8 m, para proporcionar una densidad de 444.4 mil plantas ha⁻¹. Mediante los diversos arreglos topológicos se realizó una cosecha más eficiente de la energía solar al aprovechar mejor el espacio y se maximizó la eficiencia en la absorción de

agua y nutrimentos. Además, con este tipo de sistemas se tiene la factibilidad de manipular el tamaño de bulbo que se desee producir, principalmente si es para el mercado de exportación, tal como lo indica (Jilani, 2004) al señalar que el control del espaciamiento entre plantas es una forma valiosa de controlar no solo el tamaño, sino la forma del bulbo y el rendimiento. Este sistema de producción se perfila como el de mayor potencial para cebollas amarillas, rojas y moradas las cuales, al no requerir ser cubiertas totalmente con suelo, se evita el riesgo de que la parte superior del bulbo se torne verde debido a la clorofila que se forma por el proceso de fotosíntesis en la parte basal de las hojas y la parte superior de los bulbos.

La disminución de la distancia entre hileras en una densidad de planta dada aumenta el rendimiento total de los bulbos. Con una población de 25 plantas m^{-2} , densidad adecuada para la producción de bulbo comercial, aumentó el rendimiento de bulbos grandes (>12.7 cm) en un rango de 10 a 30%, lo que concuerda a lo encontrado por Bleasdale (2015). Este autor afirma que el ajuste de un modelo matemático a los datos de densidad vs rendimiento ha mostrado que, si las variedades se clasificaran por rendimiento en cualquier densidad de plantas, esta clasificación se mantendría igual en todas las demás densidades de plantas. Sin embargo, encontró que las diferencias absolutas de rendimiento fueron mayores a bajas densidades de población de cebolla.

CONCLUSIONES

El cultivo de cebolla manejado a altas densidades de población y con fertirrigación mostró un gran potencial de producción, pues con 555.5 y 444.4 mil plantas ha^{-1} se obtuvieron 120.0 y 120.8 t ha^{-1} , respectivamente.

El tratamiento testigo (dos hileras de plantas por cama y una densidad 275 mil plantas ha^{-1}) obtuvo un rendimiento de 98.3 t ha^{-1} , el cual, sin embargo, duplica al rendimiento obtenido con el sistema convencional de riego superficial y, además ahorra alrededor del 50% de la lámina de agua total aplicada durante el ciclo de cultivo.

El mayor rendimiento y productividad de la cebolla cultivada a altas densidades de población, manejada con fertirrigación se atribuye a que se realiza una cosecha más eficiente de la energía solar al aprovechar mejor el espacio y optimizar la absorción de agua y nutrimentos aplicados al cultivo.

REFERENCIAS

- Bleasdale, J. K. A. 2015. The effects of plant spacing on the yield of bulb onions (*Allium cepa* L.) grown from seed. J. Hort. Sci. 41:145-153. <https://www.tandfonline.com/.../00221589.1966.1151>
- FAO-FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations Trade). 2013. FAO Statistical Yearbook. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i3107e/i3107e.pdf>, (ref. 12 agosto 2019).
- FIRA [Financiera Rural]. 2018. La producción de hortalizas en México. Dirección General Adjunta de Fomento y Promoción de Negocios Dirección Ejecutiva de Diseño de Programas y Productos. <http://www.sicde.gob.mx/>
- <http://www.worldstopexports.com/onions-exports-by-country/>
- Huerres P., C. y N. Caraballo L. 1988. Horticultura. Editorial Pueblo y Educación. P. imprenta La Habana, Cuba. 193 p.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática]. 2018. Anuario estadístico del Estado de Guanajuato. 382-83 pp.
- Jilani, M. S. 2004. Studies on the management strategies for bulb and seed production of different cultivars of onion (*Allium cepa* L.). M.Sc. dissertation. North West Frontier Province of Pakistan. Agriculture University, Peshawar, Pakistan.

- Kanton, R. A. L.; L. Abbey; R. G. Hills; M. A. Tabil & N. D. Jan. 2002. Density affects plant development and yield of bulb onion (*Allium cepa* L.) in Northern Ghana. *J. Veg. Crop Prod.* 8:15-25.
- Marañón-Pimentel, B., y P. Wester. 2000. Respuesta institucional para el manejo de los acuíferos en la cuenca Lerma-Chapala, México. IWMI, Serie Latinoamericana No. 17. México, D. F., México: Instituto Internacional del Manejo del Agua. XV, 53 pág.
- Singh S. R. & B. P. Sachan. 1999. Interaction of bulb size and spacing on seed yield and yield attributing trait of onion (*Allium cepa* L.). *Scient. Hort.* 6:126–128.

VALIDACIÓN DE LÍNEAS ELITE Y VARIEDADES DE CÁRTAMO (*Cartamus tinctorius* L.) EN EL VALLE DEL YAQUI

¹Xochilt M. Ochoa Espinoza, ¹Nestor Aguilera Molina, ¹Elco H. García Bolívar, ¹Lope Montoya Coronado, ³Eva Ávila Casillas.

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

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de Mexicali.

ochoa.xochilt@inifap.gob.mx

RESUMEN

Las líneas elite obtenidas en el programa de Mejoramiento Genético de Cártamo se evaluaron en varias regiones del país, para evaluar su respuesta a enfermedades y observar su estabilidad en rendimiento. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de las líneas elite y variedades comerciales en la región del Valle del Yaqui, Sonora, México. La parcela para la validación se estableció en el block 910 del Valle del Yaqui, durante el ciclo otoño-invierno 2021/2022 en el Campo Experimental Norman E. Borlaug. La siembra se realizó en húmedo, el día 9 de diciembre de 2021 en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron 5 líneas del tipo oleico y las variedades comerciales S-323, Semay-OL, Chey-OL, Huatson OL, S-390, CW-3268 y AS-23. Las variables que se midieron en campo fueron los días a floración, altura de planta, respuesta a cenicilla (en escala de 0 a 10, donde 0= cero daño y 10= 100% de daño), días a madurez fisiológica, porcentaje de aceite y rendimiento de grano (kg/ha). Se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias DMS con un $\alpha = 0.05$, usando el paquete estadístico SAS. Para el rendimiento de grano, el análisis estadístico mostró diferencias significativas entre tratamientos. La línea elite CC1635-1-1-1-2-1Y con 2742 kg/ha fue la de mayor producción de todos los materiales evaluados, siguiendo las variedades (testigo) S-323, Semay-OL y la línea C27-1Y-2Y-(A/N) con rendimientos de 2421, 2339 y 2311 kg/ha y la de menor rendimiento fue la línea CC1588-1-2-1-2-1Y con 1763 kg/ha. En cuanto a falsa cenicilla no se presentó dicha enfermedad en ninguno de los materiales debido a que no se presentaron las condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad. Por lo tanto, la línea CC1635-1-1-1-2-1Y tiene buen rendimiento y buen porcentaje de aceite y puede ser candidata a ser liberada como futura variedad.

Palabras clave: calidad, rendimiento y mejoramiento genético

ABSTRACT

The elite lines obtained in the Safflower Breeding program were evaluated in several regions of the country, to evaluate their response to diseases and observe their stability in yield. Therefore, the objective of this work was to evaluate the behavior of elite lines and commercial varieties in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico. The validation plot was established in the block

910 in the autumn-winter 2021/2022 in the Norman E. Borlaug experimental field. Sowing was done wet, on December 9, 2021 in a randomized block design with four replications. Five lines of the oleic type and the commercial varieties S-323, Semay-OL, Chey-OL, Huatson OL, S-390, CW-3268 and AS-23 were evaluated. The variables that were measured in the field were days to flowering, plant height, response to false mildew (on a scale from 0 to 10, where 0= zero damage and 10= 100% damage), physiological maturity, percentage of oil and yield. An analysis of variance and DMS means comparison test were performed with $\alpha = 0.05$, using the SAS statistical. For yield, the statistical analysis showed significant differences between treatments. The elite line CC1635-1-1-1-2-1Y with 2742 kg/ha was the best with the highest production of all the materials evaluated, following the varieties (check) S-323, Semay-OL and the line C27-1Y-2Y-(A/N) with yields of 2421, 2339 and 2311 kg/ha and the one with the lowest yield was the line CC1588-1-2-1-2-1Y with 1763 kg/ha. The false mildew, this disease did not appear in any of the materials because the optimal conditions for the development of the disease did not occur. Therefore, the CC1635-1-1-1-2-1Y line has a good yield and a good percentage of oil and may be a candidate to be released as a future variety.

Keywords: Quality, Yield and Genetic improvement.

INTRODUCCIÓN

La superficie nacional de cártamo cosechada durante el ciclo otoño-invierno 2020-2021 fue de 39,669 hectáreas con un rendimiento medio de 1.75 t/ha y una producción de 36,165 toneladas, de esto el estado de Sonora aportó el 45% del área sembrada y el 27.8% de la producción nacional (SIAP 2022). En el año 2001, el Programa de Mejoramiento Genético de Cártamo del Campo Experimental Norman E. Borlaug -CIRNO-INIFAP, inició los trabajos de cruzamientos para la generación de variedades tolerantes a cenicilla (Montoya,2010). Las líneas élite obtenidas de ese programa se evaluaron en varias regiones del país, para evaluar su respuesta a enfermedades y observar su estabilidad en rendimiento. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de las líneas elite y variedades comerciales en la región del valle del Yaqui, Sonora, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

La parcela para la validación se estableció en el block 910 del Valle del Yaqui, Sonora, México, en el ciclo otoño-invierno 2021/2022 en el campo experimental Norman E. Borlaug. El suelo es de textura arcillosa con problemas de compactación y conocido en la región como barrial compactado (Jiménez, 1999). Se utilizó una densidad de población de 15 plantas por metro lineal; el manejo agronómico del cultivo se realizó de acuerdo a las recomendaciones del INIFAP para la región. La siembra se realizó en húmedo, el día 9 de diciembre de 2021 en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones en una parcela experimental de 19.2 m² y la parcela útil fue de 6.4 m². Se evaluaron 5 líneas del tipo oleico (Cuadro 1) y las variedades

comerciales S-323, Semay-OL, Chey-OL, Huatson OL, S-390, CW-3268 y AS-23. Se aplicaron dos riegos de auxilio, se realizó un cultivo mecánico y un deshierbe manual, se fertilizó con la fórmula 150-52-00. Para el control de plagas se realizaron dos aplicaciones de cipermetrina 400 ml/ha, para gusano soldado, de la capsula y para chinches en las etapas de inicio de botones florales y llenado de grano, para enfermedades no se realizaron aplicaciones debido a que no se presentaron las condiciones climáticas para el desarrollo de enfermedades. Las variables que se midieron en campo fueron los días a floración, altura de planta, respuesta a cenicilla (en escala de 0 a 10, donde 0= cero daño y 10= 100% de daño), días a madurez fisiologica, porcentaje de aceite (se midió con el aparato Foss Tecator) y rendimiento de grano. Se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias DMS con un $\alpha = 0.05$, usando el paquete estadístico SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan las variables agronómicas de las líneas y variedades evaluadas. Se observa que son pocos los días de diferencia entre los materiales en cuanto a floración; la altura de la planta varió de 101 a 124 cm entre los materiales, por lo tanto, en estas variables no hubo diferencia significativa entre ellas. En cuanto a falsa cenicilla no se presentó dicha enfermedad en ninguno de los materiales debido a que no se presentaron las condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad como lo menciona Armenta 2007, que las condiciones que favorecen la incidencia de la falsa cenicilla son días con HR>90 % y temperatura de entre 15 y 25 °C.

En cuanto al porcentaje de aceite las líneas C27-1Y-2Y-(A/N) y P.R. Limpia tienen arriba del 40 % al igual que la variedad comercial S-390 con 40.2 % (Cuadro 1). Los demás materiales están por debajo del 40 % de aceite y un % de ácido oleico por encima del 75, sin embargo, son aceptables por la industria aceitera. El aceite con alto contenido de ácido oleico es muy requerido por la industria alimenticia e industrial, debido a que inhiben la absorción intestinal del colesterol, tanto dietario como biliar, sin modificar los niveles de las lipoproteínas de alta densidad, lo cual ayuda a prevenir la incidencia de problemas cardiovasculares, diabetes, arteriosclerosis entre otras (Martínez *et al.*, 2011). En los últimos años la investigación en la generación de materiales de cártamo se ha orientado a producir variedades comerciales con alto contenido de ácido oleico (Hamdan, *et al.*, 2012).

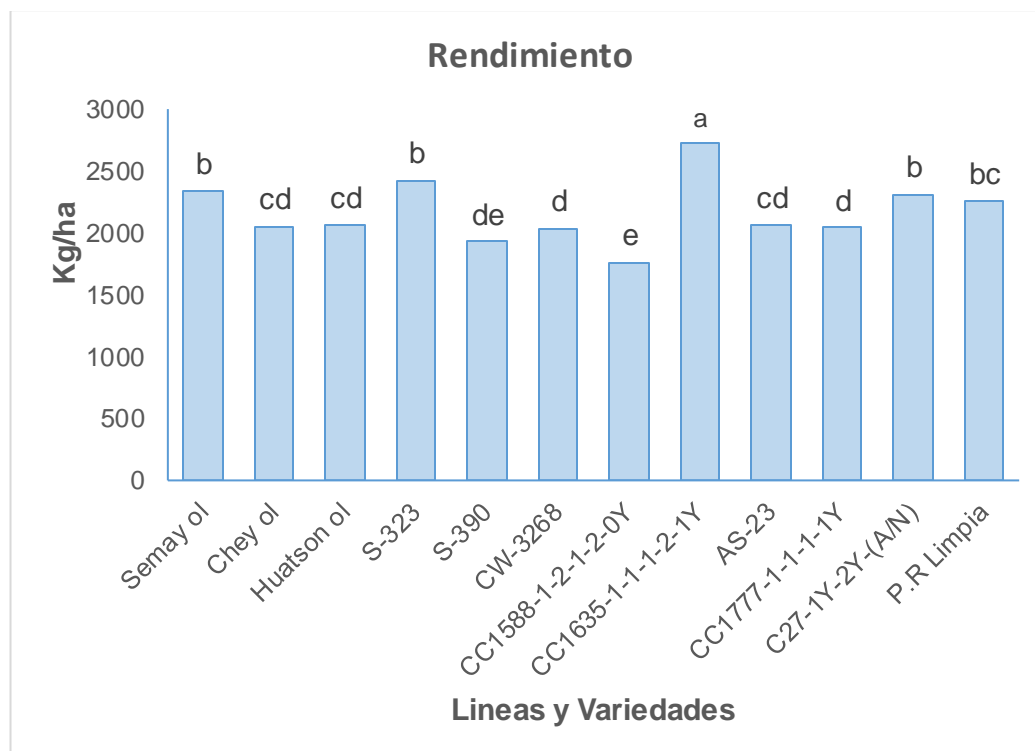
Cuadro 1. Características Agronómicas y calidad de líneas y variedades de Cártamo en el Valle del Yaqui. Ciclo O-I 2021-2022. CENEB-CIRNO-INIFAP.

Nº	Líneas y Variedades	Días a floración	Altura (cm)	*Cenicilla (0-10)	Días a madurez fisiológica	% Aceite	% Ácido Oleico
1	CC1635-1-1-1-2-1Y	109	114	0	129	38.65	75.1
2	S-323	107	101	0	136	39.74	75.2
3	SEMAY-OL	113	107	0	140	36.61	75.6
4	C27-1Y-2Y-(A/N)	110	113	0	136	40.47	74.0
5	P.R. Limpia	109	113	0	136	40.37	76.3
6	Huatson-OL	112	111	0	136	36.81	75.6
7	AS-23	110	113	0	129	37.46	77.4
8	Chey-OL	109	116	0	128	37.12	76.3
9	CC1777-1-1-1-1Y	108	111	0	138	38.85	75.9
10	CW-3268	112	116	0	140	37.57	77.2
11	S-390	111	120	0	137	40.20	76.2
12	CC1588-1-2-1-2-0Y	110	124	0	139	36.62	75.3

*0 = CERO DAÑO, 10 = 100% DE DAÑO (Ramírez, 2006).

Con respecto al rendimiento de grano, el análisis estadístico mostró diferencias significativas entre tratamientos, con un coeficiente de variación de 11.8 %, lo cual indica una buena confiabilidad de los datos analizados (Fig.1). La línea élite CC1635-1-1-1-2-1Y con 2742 kg/ha fue la de mayor producción de todos los materiales evaluados, siguiendo las variedades (testigo) S-323, Semay-OL y la línea C27-1Y-2Y-(A/N) con rendimientos de 2421, 2339 y 2311 kg/ha y la de menor rendimiento fue la línea CC1588-1-2-1-2-1Y con 1763 kg/ha.

Figura 1. Rendimiento de líneas y variedades de Cártamo en el Valle del Yaqui. Ciclo O-I 2021-2022. CENEB-CIRNO-INIFAP.



CONCLUSIONES

Debido a la pérdida de tolerancia a la enfermedad falsa cenicilla de las variedades y líneas élite de cártamo tanto nacionales como extranjeras, la producción de cártamo se encuentra en alto riesgo, por lo que es necesario continuar con el Programa de Mejoramiento Genético para la formación de variedades de esta especie y la validación de los materiales para liberación como variedades. Como la línea CC1635-1-1-1-2-1Y que tiene buen rendimiento y buen porcentaje de aceite de 38.6 y un contenido de ácido oleico de 75.1 %, lo cual puede ser candidata a ser liberada como futura variedad.

REFERENCIAS

- Armenta, C. C. M. 2007. Exploración de las condiciones ambientales que intervienen en la patogénesis de la falsa cenicilla en el cultivo de cártamo en el valle del mayo, Sonora. Informe técnico 2006/2007. CEVY-CIRNO-INIFAP.
- Hamdan, Y, A. S., García, M. M. J., Fernández, M. J. M., Velasco, L. and Pérez, V. B. (2012) Mapping of major and modifying genes for high oleic acid content in safflower. *Molecular Breeding*. 30: 1279-1293.
- Jiménez, G.E. 1999. El Campo Experimental Valle del Yaqui: Su importancia en la producción agrícola en el Sur de Sonora. Folleto Informativo N° 1. Cd. Obregón, Sonora, México. P:17.
- Martínez, A. Y., Martínez, Y. O., Córdova, L. J., Valdiviá, N. M. y Estarrón, E. M. (2011) Fitoesteroles y escualeno como hipocolesterolémicos en cinco variedades de semillas de Cucurbita máxima y Cucurbita moschata (calabaza). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 16(1): 72-81.

Montoya C. L. 2010. El cultivo del Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) En México. Libro Técnico Núm. 5. INIFAP-CIRNO. Obregón Sonora, México. 96 pp.

SIAP. 2022. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA), Sonora, México. <http://www.siap.gob.mx>.

EL CULTIVO DE TOMATE BAJO MALLA SOMBRA EN LA COMARCA LAGUNERA: INDICADORES TÉCNICOS Y ECONÓMICOS

Ignacio Orona Castillo¹, Misael Flores Vázquez¹, Cirilo Vázquez Vázquez¹, Florencio Jiménez Díaz¹, Juan Estrada Ávalos² y Homero Sánchez Galván³

Instituciones y Dirección

Facultad de Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Venecia, Durango.

Facultad de Biología. Universidad Juárez del Estado de Durango. Gómez Palacio, Durango. INIFAP – CENID RASPA. Gómez Palacio, Durango.

E-mail: orokaz@yahoo.com

RESUMEN

El cultivo del tomate es muy importante debido a su elevado consumo como ingrediente culinario y a su amplia adaptación a factores climáticos y edafológicos. México se encuentra en el décimo lugar a nivel mundial y este producto es de las hortalizas de mayor exportación principalmente a los Estados Unidos de Norteamérica. La Comarca Lagunera destinó en el año 2020 una superficie al cultivo 984 ha bajo malla sombra con una producción de 138 036 toneladas. Por la importancia económica y social en la región, el objetivo fue determinar los indicadores de productividad del agua, suelo, mano de obra y capital, lo que apoyará al productor a tomar mejores decisiones. Para realizar el estudio se seleccionaron mediante muestreo sistemático cinco unidades de producción bajo malla sombra que ocuparon el 50 % de la superficie total sembrada y por medio de una encuesta se obtuvo la información necesaria, encontrándose que el valor promedio de los indicadores fue de 11.9 kg de tomate por metro cuadrado; 54.3 kg de tomate por metro cúbico de agua, y de 61.9 y 99.7 pesos los ingresos netos obtenidos por metro cuadrado de superficie y metro cúbico de agua, respectivamente. Los mayores valores fueron registrados por las unidades de producción de mayor tamaño, concluyendo que este comportamiento obedece a la mayor economía de escala y mayor cuidado con que se maneja el cultivo.

ABSTRACT

(Tomato cultivation is very important due to its high consumption as a culinary ingredient and its wide adaptation to climatic and edaphological factors. Mexico is in tenth place worldwide and this product is one of the vegetables with the highest exportation, mainly to the United States of America. In 2020, the Comarca Lagunera allocated an area for cultivation of 984 ha under shade mesh with a production of 138,036 tons. Due to the economic and social importance in the region, the objective was to determine the productivity indicators of water, soil, labor and capital, which will support the producer to make better decisions. To carry out the study, five production units were selected by systematic sampling under shade mesh that occupied 50% of the total planted area and through a survey the necessary information was obtained, finding that the average value of the indicators was 11.9 kg of tomato per square meter of floor; 54.3 kg of tomato per cubic meter of water, and 61.9 and 99.7 pesos per square meter of soil and cubic meter of water, respectively. The highest values were recorded by the largest production units, concluding that this behavior is due to the greater economy of scale and greater care with which the crop is managed.

Palabras clave: Eficiencia de agua, suelo y rentabilidad

INTRODUCCION

En México, la producción de tomate creció a una tasa promedio anual de 4.8 % entre 2006 y 2016, para ubicarse en un máximo histórico de 3.3 millones de toneladas. Durante ese período, la superficie total destinada a este cultivo disminuyó a una tasa promedio anual de 2.5 %. Por el contrario, la superficie establecida con agricultura protegida (AP), malla sombra e invernadero, crecieron a una tasa promedio anual de 30.1 %. Así, el volumen de tomate obtenido con el uso de estas tecnologías pasó del 6.5 % en 2006 a 32.2 % en 2010, y 60.7 % del volumen total en 2016. (FIRA, 2017). El cultivo de tomate en AP representa 70 % de la superficie cultivada (INEGI, 2018).

México a nivel mundial se encuentra en la posición número 10 con una participación de 87,918 hectáreas cosechadas de tomate y con una producción de 4,271,914 toneladas (FAOSTAT, 2021). De acuerdo al SIAP (2020) el tomate es la principal hortaliza que se exporta. Para el año 2020 en La Comarca Lagunera se cosecharon 984 ha con una producción de 138,036 toneladas de las cuales el sistema predominante fue agricultura protegida con malla sombra (SIAP, 2020).

La agricultura protegida es un sistema de producción desarrollado con el objetivo de proporcionar a las plantas las condiciones ideales para su desarrollo, y con ello expresen el máximo potencial productivo (Vargas-Canales *et al.*, 2018). De igual forma, es posible manejar las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa, nutrición, agua, luz, etcétera) y algunos otros riesgos (plagas y enfermedades) para el mejor desarrollo de los cultivos (Marjorie *et al.*, 2017; INIFAP, 2012). El objetivo de este sistema de producción se centra en incrementar y mantener la productividad en cantidad, calidad y oportunidad comercial (Castañeda *et al.*, 2007; Moreno *et al.*, 2011).

Para México es muy importante evaluar estos indicadores ya que es el principal exportador de tomate a nivel mundial; en el 2016 contribuyó con el 25.11 % del valor de las exportaciones mundiales, cubriendo el 90.67 % de las importaciones de Estados Unidos de Norte América y 65.31 % de Canadá (SAGARPA, 2017).

Por todo lo anterior, los objetivos de éste trabajo fueron: a) evaluar la productividad de los recursos agua, suelo y capital utilizado en la producción de tomate bajo malla sombra a diferentes tamaños de superficie en la Comarca Lagunera, estableciendo como hipótesis que a mayor superficie establecida con malla sombra se obtienen mayores niveles de productividad de los recursos agua, suelo y rentabilidad por la economía de escala a que se practica el cultivo; b) determinar el destino y precio de la producción de tomate cultivado en la Comarca Lagunera.

Key words: Water efficiency, soil, and profitability.

MATERIALES Y METODOS

La zona de estudio fue la Comarca Lagunera, ubicada en el centro-norte de México, considerada como una zona agrícola e industrial localizada entre los meridianos 102° 50' y 103° 40' longitud Oeste, y los paralelos 25° 25' y 26° 30' latitud Norte; en los estados de Durango y Coahuila.

El clima de esta zona, según la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García (Cháirez y Palerm, 2013), corresponde a BWhw" (e'), que se caracteriza por ser muy seco o desértico, semi cálido con invierno fresco, con una temperatura media anual entre 18 y 22 °C, y del mes más frío menor a 18 °C, con una precipitación media de 250 mm y una evaporación potencial del orden de 2,500 mm anuales.

Para realizar este estudio se obtuvo el padrón de productores de tomate en las oficinas del Sistema Producto Tomate, integrado por nueve productores con malla sombra. Con base a este padrón se eligieron por muestreo sistemático cinco unidades de producción donde están

representadas todas las unidades de producción con tamaños diferenciados de superficie donde $(i) = N/n = 9/5 = 1.8$, es decir se seleccionó un productor de cada dos productores, ubicados en cuatro municipios, dos del estado de Coahuila (Matamoros y Francisco I. Madero) y dos del estado de Durango (Gómez Palacio y Tlahualilo), cuya superficie representó el 50 % de las 984 ha sembradas con tomate este año (SADER, 2022). Los datos se obtuvieron de un cuestionario integrado por 27 preguntas contestadas por los encargados de las unidades de producción bajo malla sombra y los técnicos de éstas. Esta etapa comprendió del mes de julio hasta el mes de septiembre del 2020. Revisada la información de los cuestionarios se procedió a su captura, utilizando para ello el Programa Microsoft Excel, donde se calcularon frecuencias, promedios, volúmenes, costos totales, ingresos netos, porcentajes de producción destinados al consumo interno y externo, etc., determinándose para cada unidad agrícola y el promedio de los indicadores de eficiencia en el uso de los recursos suelo, agua, capital (rentabilidad), habiéndose hecho el análisis comparativo correspondiente entre estas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Aspectos Técnicos

(Tamaño de la unidad de producción. El valor mínimo y máximo registrado para el tamaño de superficie sembrada con malla sombra del cultivo osciló entre seis y 230 ha respectivamente, encontrándose un tamaño promedio de 98.9 ha. La situación encontrada en la zona difiere a la prevalente a nivel nacional, donde el 86 % las unidades de producción de tomate son inferiores a 0.5 hectáreas; el 11.5%, de 0.51 a 5, y el 2.5% tienen más de 5 hectáreas, lo que limita su acceso a la tecnología, la capacitación y la asistencia técnica, así como a una mayor penetración en los mercados más exigentes (Ponce, 2013).

Rendimiento por hectárea. El rendimiento promedio alcanzado fue de 120.8 t ha⁻¹; el valor más alto lo registró la unidad agrícola de mayor tamaño con 170 t ha⁻¹ y el menor la unidad de menor tamaño, con 90 t ha⁻¹. Estos valores están por encima del registrado a nivel nacional para el cultivo en general, que son de 48.6 t ha⁻¹, lo que muestra las bondades del sistema de producción bajo malla sombra.

Densidad de planta por unidad de superficie. Esta variable osciló entre 23 y 33 mil plantas de tomate por hectárea, es decir, 2.3 a 3.3 plantas por metro cuadrado, registrándose un valor promedio de 27,400 plantas; la unidad agrícola de menor tamaño (6 ha) fue la que utilizó la menor densidad de todas y la que empleó la mayor densidad de plantas fue la unidad agrícola de mayor tamaño. Al respecto, Alvarado (2014) indica que la densidad de plantación bajo malla sombra va de 20 a 30 mil plantas por hectárea y Jasso *et al.*, (2012) señalan que puede variar en función del híbrido o variedad, pero puede alcanzar hasta 31 250 plantas.

Producción de tomate por metro cuadrado de superficie. Los kilogramos obtenidos por metro cuadrado oscilaron entre los 7.5 y 17 kilogramos; el valor más bajo correspondió a la unidad agrícola de menor tamaño y más alto a la de mayor tamaño. El valor promedio encontrado para este elemento fue de 11.9 kg por metro cuadrado. Es pertinente aclarar que dicho valor cambia según la variedad establecida. El valor reportado por Alvarado *et al.* (2014) para el noreste de México osciló entre 9.8 y 19.6 kg.

Fuente de agua y volumen de agua empleado. El total de los productores de tomate bajo malla sombra utilizan el agua subterránea para irrigar sus cultivos empleando para ello el sistema de riego por cintilla, determinándose que el volumen aplicado oscila entre 4,320 y 8,100 metros cúbicos de acuerdo al tipo de suelo (arenoso o arcilloso) por lo que, en promedio, se consideró un volumen aplicado de 6,210 m³ por hectárea desde el establecimiento del cultivo hasta su cosecha.

Productividad del agua de riego. Considerando los diferentes rendimientos obtenidos por las unidades agrícolas bajo estudio, se encontró que por cada metro cúbico de agua es posible obtener una producción promedio de 19.45 kg; sin embargo, se observa que la unidad agrícola de mayor superficie logra un valor de 23.37 y la de menor tamaño 14.49 kg.

Principales plagas del cultivo de tomate. Las unidades agrícolas de mayor tamaño fueron las que registraron menor cantidad de plagas: Mosca blanca (*Bremicia tabaci*) minador de la hoja (*Liriomyza bryoniae*) y las de menor tamaño las que registraron mayor número.

Aspectos económicos

Destino y precio de la producción. De las cinco unidades agrícolas estudiadas tres exportan en promedio el 74 % de su producción hacia el mercado de Estados Unidos; sin embargo, las que exportan el 79 y 85 % son las de un tamaño de 230 y 72 ha. Sólo la de menor tamaño destina toda su producción al mercado nacional (Figura 6). A este respecto, Estrategia Aduanera (2021) reportó que para el año 2020, aproximadamente 80% de los tomates que utilizan sistemas agrícolas protegidos se exportan y el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) proyecta un crecimiento de las exportaciones del 2 % para el ciclo 2021-2022.

Costos de producción por kg de tomate. De acuerdo a la información proporcionada, se advierte que el costo de producción promedio para producir un kilogramo de tomate asciende a 4.02 pesos; sin embargo, la línea de tendencia indica que a mayor superficie establecida, este valor disminuye.

Indicadores económicos. Se observó que los ingresos netos obtenidos por metro cuadrado de suelo son mayores en las U.A. de mayor superficie, al igual que los ingresos netos derivados del metro cúbico de agua utilizada. Sin embargo, el valor promedio de ambos indicadores es de 61.9 y 99.7, respectivamente.

CONCLUSIONES

La productividad alcanzada por el cultivo del tomate bajo malla sombra que se practica en la Comarca Lagunera es mayor en las unidades de producción con mayor superficie establecida; es decir, la hipótesis de que a mayor tamaño de la unidad agrícola establecida con tomate bajo malla sombra se alcanzan mayores niveles de productividad del agua, el suelo y el capital quedó comprobada, lo cual sugiere que a mayor inversión del productor, hay mayor nivel de exigencia en cuanto al manejo de la tecnología bajo malla sombra. El destino de la producción del tomate producido en ésta región es mayoritariamente para la exportación (80 %) hacia el mercado estadounidense, logrando con ello mayor precio por kilogramo vendido. La razón principal de esta situación obedece a que el total de las unidades agrícolas tomateras están certificadas ya que llevan a cabo las buenas prácticas agrícolas (BPA), establecidas por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad (SENASICA).

REFERENCIAS

Alvarado, C.M., Díaz, F.A. y Hernández, M.R. 2014. Tecnología para producir tomates en casa malla para el norte de Tamaulipas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto para productores No. MX-0-310301-49-0313-10-60. ISBN; 978-607-37-330-7. Río Bravo Tamaulipas. 31 p.

Castañeda-Miranda, R., Ventura-Ramos, E., Peniche-Vera, R. del R., & Herrera-Ruiz G. (2007). Análisis y simulación del modelo físico de un invernadero bajo condiciones climáticas de la región central de México. *Agrociencia*, 41(3), 317–335.

Cháirez, A. C. y Palerm, V. J. 2013. Organizaciones autogestivas en los distritos de riego: el caso del módulo III San Jacinto en el Distrito de Riego 017, Durango, México. En: *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol IV, núm 4., septiembre-octubre, 2013, pp. 19-46.

Estrategia Aduanera. Revista Mexicana de Comercio Exterior. 2021. <https://www.estrategiaaduanera.mx/marcan-records-exportaciones-de-tomate-de-mexico-a-estados-unidos/>

FAOSTAT. 2021. <https://www.fao.org/faostat/es/#data>

- FIRA, 2017. Panorama agroalimentario (Tomate Rojo 2017). Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. 25 p.
- INIFAP. 2012. Guía para cultivar jitomate en condiciones de malla sombra en San Luis Potosí. San Luis Potosí. Obtenido de <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/905.pdf>
- Jasso, Ch. C., Martínez, G. M.A., Chávez V. J.R., Ramírez, T. J.A. y Garza, U. E. 2012. Guía para cultivar jitomate en condiciones de malla sombra en San Luis Potosí. Folleto Técnico No. MX-0-310305-49-03-17-09-44 ISBN: 978-607-425-821-9. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental San Luis Potosí, S.L.P. 54 p.
- Marjorie, A.C., Salinas, P.L., Rodríguez A.F., Olivares, P.N., Riquelme, S.J., Antúnez, B. A., Martínez, C. JP., Corradini, S.F., Sepúlveda, S.P., Abarca, R. P., Guzmán, L.A., y Felmer, E.S. 2017. Manual de cultivo del tomate bajo invernadero, Boletín INIA No. 12.
- Moreno, R. A., Aguilar, D. J., & Luévano, G. A. (2011). Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 15(29), 763–774.
- Mugira A. 2022. Question Pro. <https://www.questionpro.com/blog/es/muestreo-sistemico/amp/>
- Ponce, C.P. 2013. Producción de tomates en invernadero en México. (<https://www.hortalizas.com/horticultura-protégida/produccion-de-tomates-en-invernadero-en-mexico/>).
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2017. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. México: Author. Retrieved from https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment_data/fi le/255627/Planeaci_n_Agr cola_Nacional_2017-2030-_parte_uno.pdf
- SIAP. 2020. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Agricultura protegida. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>.
- Vargas, C. J. M., Palacios-Rangel, M. I., Aguilar-Ávila, J., Ocampo-Ledesma, J., & Medina-Cuellar, S. E. (2018). Efficiency of small enterprises of protected agriculture in the adoption of innovations in Mexico. *Estudios Gerenciales*, 34(146), 52–62. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2018.146.2811>

ENSAMBLE MULTIMODELO HÍBRIDO PARA PREDICCIÓN DE LLUVIA TRIMENSUAL SOBRE ÁREAS AGRÍCOLAS EN MÉXICO

Miguel Ángel González-González¹, Arturo Corrales Suastegui, Mario Primitivo Narváez Mendoza, Luis Antonio González Jasso

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)¹ Campo Experimental Pabellón, Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20660. Correo-e: gonzalez.miguelangel@inifap.gob.mx

RESUMEN

Las predicciones de lluvia estacionales adquieren cada vez más importancia debido al impacto en desastres naturales en las actividades socioeconómicas de una zona(s) o región(es). El presente estudio muestra una propuesta de pronóstico trimensual de lluvia sobre las áreas agrícolas de México. La información presentada consiste en el ensamble del pronóstico de la cantidad de lluvia generada por los modelos numéricos globales y un pronóstico empírico en México. Debido a la baja resolución de los pronósticos numéricos (1° o 111 km), el pronóstico empírico PronEst en alta resolución (~6.5 km) es combinado con el ensamble de 15 modelos numéricos globales para poder ser utilizado a mayor detalle espacial como lo es sobre áreas agrícolas. Esta propuesta denominada Ensamble Multimodelo Híbrido (EMMH) muestra la prospectiva de lluvia para los meses agosto - octubre de 2022, el cual pronostica en agosto y septiembre 2022 lluvias dentro y por arriba del promedio histórico en amplias zonas de México, mientras que en octubre se esperan lluvias dentro y por debajo del promedio histórico en gran parte del país. Sin embargo, para ser operacional el EMMH será evaluado para los próximos periodos trimensuales de pronóstico para conocer su habilidad, así como una evaluación retrospectiva. EL EMMH consiste en combinar las máximas capacidades de los modelos numéricos globales generados hasta el momento y un modelo regional empírico con habilidad para poder tener aplicación práctica en el ámbito agroecológico y socioeconómico.

Palabras clave: EMMH, predicción trimensual de lluvia, áreas agrícolas en México.

ABSTRACT

Seasonal rainfall forecasts are becoming increasingly important due to the impact of natural disasters on socio-economic activities in specific areas or regions. The present study shows a proposal for a three-month rain forecast in the agricultural areas of Mexico. The information presented consists of the forecast ensemble of the amount of rain generated by global numerical models and an empirical forecast in Mexico. Due to the low resolution of the numerical forecasts (1° or 111 km), the high resolution empirical PronEst forecast (~6.5 km) is combined with the ensemble of 15 global numerical models to procure higher spatial detail as it is for agricultural areas. This proposal named Hybrid Multimodel Ensemble (EMMH) shows the rainfall forecast for August - October 2022, which predicts rainfall around and above the historical average during August and September 2022 in large areas of Mexico, whilst October is expected to be around and below the historical average in most of the country. However, to be operational the EMMH will be evaluated for the next three-month forecast periods, as well as the hindcasts. The EMMH consists of combining the maximum capabilities of the global numerical models generated so far and an empirical regional model to have practical application in the agroecological and socioeconomic sectors.

Keywords: EMMH, three-month rainfall forecast, agricultural areas in Mexico.

INTRODUCCION

Los pronósticos estacionales son social y económicamente relevantes por tener el potencial para informar sobre el manejo operacional de los sistemas de administración del agua, como lo es en las reservas en presas o los sistemas de riego en la agricultura (Wedgbrow *et al.*, 2002). La actividad agropecuaria está fuertemente ligada a la ocurrencia de períodos de abundantes lluvias y/o periodos secos. A nivel mundial la agricultura padece de un 63 % por las repercusiones por fenómenos hidrometeorológicos (FAO, 2021), por lo que es relevante conocer el desarrollo de las lluvias en las campañas agrícolas. En México la predicción estacional en el temporal de lluvia es estratégico por tener grandes extensiones destinadas a los cultivos de maíz, frijol, avena, trigo, solo por mencionar algunos de los principales (SIAP, 2022).

Los pronósticos numéricos estacionales incluyen los Modelos de Circulación General de la Atmósfera por medio de un conjunto de ecuaciones matemáticas que calculan el estado del tiempo en mallas espaciales de datos uniformes a través de condiciones sinólicas en superficie y altura en la atmósfera. El sistema océano-atmósfera es caótico, de tal manera que, cada modelo numérico produce un resultado diferente si las condiciones iniciales son alteradas (Harrison, 2005). Por ello, en el pronóstico estacional son realizadas múltiples corridas del modelo con diferentes condiciones iniciales para capturar o detectar la variabilidad climática de un rango de posibles resultados. Palmer *et al.* (2004) mencionan que debido a lo incierto de un solo modelo de MCGA los resultados suelen ser no confiables y que los ensambles (promedios o la mediana) de diferentes modelos desarrollados pueden obtener un resultado más representativo. Actualmente, existen instituciones de investigación de la atmósfera y el océano, como lo son la NASA (National Space Agency), NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) y el ECMWF (European Centre of Medium Range Forecasts), quienes generan y desarrollan modelos de pronósticos climáticos estacionales a resoluciones de más de un grado geográfico (110 km, aproximadamente); a su vez, tales pronósticos son recopilados por otras agencias para generar Ensamble Multimodelos (EMM), los cuales esta libres para pos-procesamiento en diferentes sitios on-line, por ejemplo, APEC (Asia-Pacific Economic Cooperation) y el IRI (international Research Institute), por nombrar algunos de los principales.

Los modelos empíricos son desarrollados con datos históricos para encontrar significancia estadística o relaciones entre uno o más predictores y la variable de interés. Las técnicas más utilizadas son las de años análogos, con base a predictores como el Niño (Gay *et al.*, 2004; Adams *et al.*, 2003), o regresiones lineales/multivariantes (González and Cariaga, 2009; Maldonado y Alfaro, 2010), y otros métodos como el uso de técnicas de aprendizaje (machine learning) como PronEst (Corrales *et al.*, 2014). PronEst es una tecnología de pronóstico trimensual que utiliza años Análogos, es decir, identifica años pasados que tengan similitud con las condiciones actuales del fenómeno de El Niño Oscilación Sur por medio de un árbol de decisión. Los datos que utiliza la tecnología PronEst para generar los pronósticos son las observaciones históricas en malla de Livneh *et al.* (2015) a resolución de ~6.5 km.

El uso combinado de modelos numéricos y estadísticos o empíricos se han estado realizando con relativo éxito en diferentes partes del mundo (NOAA, 2011; Esquivel *et al.*, 2018; Lazenby *et al.*, 2014, Recalde-Coronel, 2010), a través de herramientas como el CPT (Climate Predictability Tool del IRI), principalmente. Del mismo modo, en México existe la necesidad de desarrollar diferentes métodos de modelos combinados debido a la gran incertidumbre climática para un pronóstico extendido, en especial para la variable de precipitación. Por lo que el objetivo de este trabajo fue combinar los EMM y PronEst para mejorar la certeza y la

resolución de los pronósticos de lluvia, la cual es esencial para la planeación de las campañas agrícolas en México.

MATERIALES Y METODOS

El área de estudio abarca las áreas agrícolas de cada estado en la República Mexicana. Las áreas agrícolas se identificaron del mapa nacional de Uso de Suelo y Vegetación (USyV) para proporcionar la extensión de la frontera agrícola (temporal y riego) dentro del Shape (shp) de los estados de la República Mexicana (Figura 1). Lo anterior en el ambiente GIS (Sistemas de Información Geográfica) del software QGIS.



Figura 1. Áreas agrícolas sobre los estados de la República Mexicana

El conjunto de datos del EMM (ensamble de SCopS, BCC_CSM1.1m, ACCESS-S2, CMCC-SPS3, TCWB1Tv1.1, CANSIPsv2.1, SL-AV, MRI-CPS3, GloSea6GC3.2, SYS8, MGOAM-2, GEOS-S2S-2.1, CFSv2, PNU CGCMv2.0, GloSea6) fueron obtenidos en el portal web de la Climate Information toolKit (<https://cliks.apcc21.org/dataset/mme/6-MON>) a resolución temporal de cada mes (agosto - octubre 2022), a resolución espacial de 2.5° (~277 km) y en unidades de mm/día; mientras que el PronEst se obtuvo del INIFAP (González-González *et al.*, 2021) para el mismo periodo de pronóstico, pero a una resolución de ~6.5 km y en cantidades de lluvia mensual. Para el caso del EMM, sus unidades de mm/día fueron calculadas a los mm/mensuales o cantidades mensuales. El procedimiento de remallado a más alta resolución fue a través de interpolar los puntos de la malla de EMM con el método de Spline (Método Delta, Keller *et al.*, 2016) a la resolución de la malla de PronEst para cada uno de los tres meses de pronóstico (Figura 2).

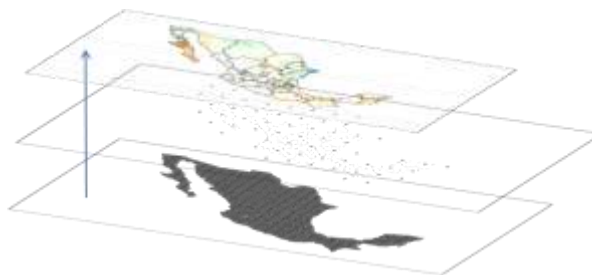


Figura 2. Combinación de la información de los modelos EMM (arriba) y el PronEst (abajo) para la generación del EMMH.

La sobreposición por medio del QGIS permitió calcular el promedio de la cantidad de lluvia de cada mes de pronóstico del $EMMH_i$ a partir de los modelos numéricos EMM_i y el empírico $PronEst_i$ mensual (Fórmula 1).

$$(1) EMMH_i = \frac{EMM_i + PronEst_i}{2}$$

A su vez, fueron calculadas las anomalías en porcentaje (Fórmula 2) en cada mes con respecto al promedio histórico base 1981-2010 de la base de datos de Livneh *et al.*, 2015.

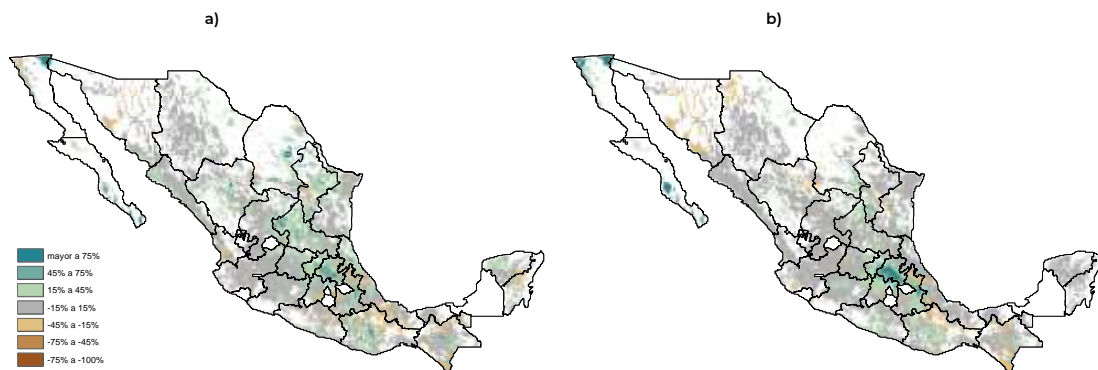
$$(2) AnomEMMH_i = \left(\frac{EMMH_i}{Climatología_i} \right) - 1 * 100$$

Donde $AnomEMMH_i$ es la anomalía de la cantidad de lluvia pronosticada del mes i del ensamble de los modelos geofísicos $EMMH_i$ y la $Climatología_i$ del mes en cuestión.

Con los valores mensuales de pronóstico del EMMH (agosto - octubre 2022), la delimitación de zonas agrícolas y estados, se calculo la estadística zonal (promedio estatal) para cada mes por medio de QGIS. Tal información fue presentada en forma de tablas para dar una interpretación más clara de lo esperado en cuanto a la cantidad de lluvia mensual en las áreas agrícolas dentro de los estados.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 3, para agosto 2022 se esperan condiciones de lluvia dentro del promedio histórico y por arriba del mismo (entre 20 % y -20 %, y arriba de 20%) en gran parte de las zonas agrícolas de la República Mexicana, en especial, por arriba del promedio histórico en el noreste del país, mientras que en zonas dispersas del sur-sureste, y noroeste del territorio nacional se estiman lluvias por debajo del promedio histórico en el mes (inferiores a -20 %). Los promedios estatales de las cantidades de lluvia en zonas agrícolas dentro de los estados indican cantidades de precipitación por arriba de los 100 mm en la mayor parte de los estados del país, solamente Baja California, Baja California Sur, Coahuila Nuevo león y Tamaulipas, se esperan lluvias menores a los 100 mm.



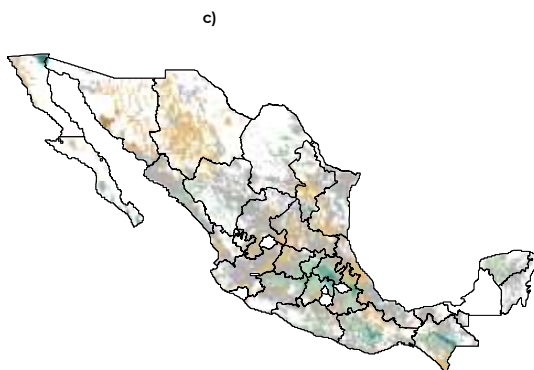


Figura 3. Anomalías de precipitación mensual (%) pronosticada para a) agosto, b) septiembre y c) octubre de 2022 del EMMH.

En septiembre 2022, el pronóstico indica condiciones de lluvia dentro y por arriba del promedio histórico en gran parte del país, principalmente en la región centro, mientras que en zonas localizadas de la región noroeste y sur-sureste se esperan condiciones de lluvia por debajo del promedio histórico. Mientras tanto, las cantidades de lluvia dentro de las zonas agrícolas de los estados estarán por debajo de los 100 mm en Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, Aguascalientes, y Guanajuato; el resto del territorio nacional estará por arriba de dicho umbral.

En el último mes del trimestre, se esperan lluvias dentro y por debajo del promedio histórico en la mayor parte del país, mientras que en el centro y en zonas de la región sur-sureste se esperan lluvias por arriba del promedio histórico. Solamente, en los estados de Puebla, Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, se estima que el promedio de las cantidades de lluvia estén por arriba de los 100 mm (Tabla 1).

Los pronósticos mensuales del EMMH muestran una relativa coherencia con el pronóstico oficial del SMN (<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/pronostico-climatico/precipitacion-form>) (Tabla 1). Lo anterior debido a la compleja dinámica atmosférica asociada al fenómeno de La Niña, la cual ha prevalecido en los últimos dos años (<https://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/enso/current/>), a los debilitamientos de las ondas de Kelvin (Zeng-Zhen *et al.*, 2014) y a la Oscilación de Madden-Julian (Barlow and Salstein, 2006), los cuales se encuentran presentes para este verano. Por lo que dichos fenómenos han influido en la habilidad de pronosticar el clima en México y Centroamérica.

Tabla 1. Promedio, máximo y mínimo de lluvia mensual pronosticada (mm) en zonas agrícolas dentro de cada estado del país con el EMMH.

Zonas Agrícolas Estado	Agosto			Septiembre			Octubre		
	Promedio Esperado	Mínimo esperado	Máximo esperado	Promedio Esperado	Mínimo esperado	Máximo esperado	Promedio Esperado	Mínimo esperado	Máximo esperado
Aguascalientes	127	89	154	82	68	105	30	19	36
Baja California	16	0	44	13	7	60	15	9	25
Baja California Sur	80	22	179	101	32	188	22	5	65
Campeche	179	134	223	200	162	291	155	122	251
Coahuila de Zaragoza	67	26	218	83	41	229	39	20	70
Colima	185	149	226	201	167	257	67	48	94
Chiapas	216	123	429	244	153	484	165	65	382
Chihuahua	117	44	202	71	20	126	25	14	45
Distrito Federal	133	102	158	148	126	163	61	54	69
Durango	123	41	257	86	42	195	32	21	84
Guansajuato	123	81	177	99	67	148	37	20	61
Guerrero	223	130	351	235	157	349	99	53	153
Hidalgo	159	94	348	180	115	320	87	45	167
Jalisco	174	93	294	147	66	300	47	23	137
México	138	97	250	149	107	219	66	47	119
Michoacán de Ocampo	188	114	364	175	102	318	69	33	163
Morelos	179	104	269	170	145	222	77	54	119
Nayarit	234	171	307	213	132	313	63	37	106
Nuevo León	85	42	197	127	79	258	47	31	120
Oaxaca	224	135	574	220	136	507	103	51	308
Puebla	208	117	586	220	137	481	103	48	285
Queretaro de Arteaga	121	96	197	124	96	212	53	39	98
Quintana Roo	133	98	155	180	150	226	146	122	179
San Luis Potosí	108	66	246	117	67	277	47	18	141
Sinaloa	211	140	292	152	100	256	51	28	89
Sonora	103	31	200	60	14	129	20	4	41
Tabasco	235	168	309	292	237	370	232	179	287
Tamaulipas	90	45	189	150	77	234	67	35	128
Tlaxcala	145	116	173	170	145	193	82	68	92
Veracruz-Llave	272	138	624	309	172	560	156	85	344
Yucatán	152	105	201	165	140	200	132	103	163
Zacatecas	111	55	196	84	55	152	33	20	57

CONCLUSIONES

La nueva propuesta del EMMH es un gran avance en comparación a los modelos empíricos como el PronEst, al incluir modelos numéricos globales que integran implícitamente la dinámica atmosférica. Sin embargo, la ventaja del PronEst radica una mayor resolución y por ende, tener mayor información espacial para su uso en diferentes ámbitos agroecológicos y socioeconómicos, como lo es en el sector agrícola presentado en este estudio. En el siguiente año se analizará el EMMH y comparará con el EMM y el PronEst para evaluar cuantitativamente su habilidad en los próximos pronósticos generados, además de la evaluación de pronósticos retrospectivos que darán más confiabilidad a este modelo Híbrido.

REFERENCIAS

- Adams, R. M., Houston, L. L., McCarl, B. A., Tiscareno, L. M., Matus, G. J., and Weiher, R. F. 2003. The benefits to Mexican agriculture of an El Niño-Southern Oscillation (ENSO) early warning system. *Agricultural and Forest Meteorology* 115: 183–194.
- Barlow, M., and Salstein, D. 2006. Summertime influence of the Madden Julian Oscillation on daily rainfall over Mexico and Central America. *Geophysical Research Letters*, 33, L21708. doi: 10.1029/2006GL027738.
- Corrales-Suastegui, A.; González-Jasso, L.A.; Narváez-Mendoza. M.P.; González González, M.A.; RuízÁlvarez, O.; y Maciel-Pérez, L. H. 2014. PronEst: aplicación informática para generar pronósticos estacionales de lluvias y heladas de uno a tres meses. Folleto Técnico Núm. 62, INIFAP-CIRNOC-CEPAB 21 p.
- Esquivel, A., Lizeth, Llanos-Herrera, D. A., Prager, S. D., Fernandes, K., Rojas, A., Valencia, J., Ramirez-Villegas, J. 2018. Predictability of seasonal precipitation across major crop growing areas in Colombia, *Climate Services*, 12: 36-47, ISSN 2405-8807, <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2018.09.001>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2021. The impact of disasters and crises on agriculture and food security. Rome. ISBN 978-92-5-134071.4. <https://doi.org/10.4060/cb3673en>.

- Gay C., Hernández M., Jiménez J., Lezama J., Magaña V., Morales T., Orozco S. (2004) Evaluation of climatic forecasts of rainfall for the Tlaxcala State (Mexico):1998-2002. *Atmósfera*. 17(3):127-150.
- González-González, M.A., Corrales-Suastegui, A., Narváez-Mendoza, M.P., González-Jasso, L.A., y Cruz-Vázquez, A. 2021. AgroPron-Componente quincenal de pronóstico térmico y humedad para la República Mexicana. Tecnología generada en 2021 y reportada en diciembre. Biblioteca Digital del Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP. <https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/Content>. 4p.
- González, M.H., and Cariaga, M. L. 2009. An approach to seasonal forecasting of summer rainfall in Buenos Aires, Argentina *Atmósfera*, 22(3):265-279.
- Harrison, D.E. 2005. Observing system research studies. The State of the Ocean and the Ocean Observing System for Climate. Annual Report, Fiscal Year 2004, NOAA/OGP/Office of Climate Observation. Section 3.19a: 187-189.
- Keller, D. E., Fischer, A. M., Liniger, M. A., Appenzeller, C., and Knutti, R. 2016. Testing a weather generator for downscaling climate change projections over Switzerland, *Int. J. Climatol.*, 37:928– 942. <https://doi.org/10.1002/joc.4750>.
- Lazenby, M.J., Landman, W.A., Garland, R.M. and DeWitt, D.G. 2014. Seasonal temperature prediction skill over Southern Africa and human health. *Met. Apps*, 21: 963-974. <https://doi.org/10.1002/met.1449>.
- Livneh, B., Bohn, T.J., Pierce, D.S., Munoz-Ariola, F., Nijssen, B., Cayan, D., Vose, R., and Brekki, L.D. 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.
- Maldonado & Alfaro E (2010) Predicción estacional para ASO-2010 de eventos extremos y días con precipitación sobre las vertientes Pacífico y Caribe de América Central, utilizando análisis de correlación canónica. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales* 11(21):182-214.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). 2011. 36th NOAA Climate Diagnostics and Prediction Workshop Special Issue. In: Seasonal forecasting using the climate predictability tool (CPT) Mason, S.J., 180-183.
- Palmer, T.N., Alessandri, A., Andersen, U., Cantelaube, P., Davey, M., Delecluse, P., Deque, M., Diez, E., Doblas-Reyes, F.J., Feddersen, H., Graham, R., Gualdi, S., Gueremy, J.F., Hagedorn, R., Hoshen, M., Keenlyside, N., Latif, M., Lazar, A., Maisonnave, E., Marletto, V., Morse, A.P., Orfila, B., Rogel, P., Terres, J-M., Thonspn, M.C. 2004. Development of a European Multi-Model Ensemble System for Seasonal to Inter-Annual Prediction (DEMETER). *Bulletin of the American Meteorological Society* 85(6):853-872.
- Recalde-Coronel, G. C. 2010. Predictability of February-April Rainfall in Ecuador (Master's thesis, New York/Columbia University/2010).
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2012. Cultivos anuales. Sitio en Internet: www.siap.gob.mx, consultado el 25 junio 2022.
- Wedgbrow, C.S., Wilby, R.L., Fox, H.R., and O'Hare, G. 2002. Prospects for seasonal forecasting of summer drought and low river flow anomalies in England and Wales. *Int. J. Climatol.*, 22:219-236.
- Zeng-Zhen, H., Kumar, A., and Jha, B. 2014. Why were some La Niñas followed by another La Niña?. *Climate Dynamics*. 42. 1029-1042. [10.1007/s00382-013-1917-3](https://doi.org/10.1007/s00382-013-1917-3).

FERTILIZACIÓN FOLIAR CON NANOPARTICULAS DE COBRE PARA MEJORAR CALIDAD NUTRACÉUTICA EN EL CULTIVO DE LECHUGA

Fortis-Hernández, Manuel¹; González-Rodríguez, Tony²; Espinoza-Palomeque, Bernardo³; Preciado-Rangel, Pablo¹; Zermeño-González, Héctor¹

¹Tecnológico 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.

²Maestría en Ciencias en Suelos. Tecnológico Nacional de México – Campus Instituto Tecnológico de Torreón. ³Universidad Tecnológica de Escuinapa. Escuinapa Hidalgo, Sinaloa. Camino al Gausimal S/N, Colonia Centro. CP 82400, Escuinapa, Sinaloa, México.

*Autor para correspondencia: fortismanuel@hotmail.com

RESUMEN

La baja calidad nutrimental en los alimentos afecta directamente a la salud humana, principalmente a los países en vía de desarrollo. La nanotecnología es una técnica prometedora para reducir los desórdenes alimenticios provocados por el déficit de micronutrientes, a través de la aplicación de nanopartículas para biofortificar los alimentos. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de nanopartículas de óxido de cobre (NPsCuO) en la morfología, rendimiento, calidad nutraceutica y concentración de cobre en hojas de lechuga. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con seis tratamientos y cinco repeticiones, los tratamientos fueron diferentes concentraciones de NPsCuO (0, 5, 10, 15, 20 y 25 mg L⁻¹). Se evaluaron variables fenológicas, el rendimiento, la calidad nutraceutica, actividad enzimática y determinación de cobre. La aplicación foliar de NPsCuO no afectó el rendimiento en el cultivo, sin embargo, la dosis de 15 mg L⁻¹ de NPsCuO mejoró el contenido de fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante. El uso de 25 mg L⁻¹ favoreció la bioacumulación de cobre en las hojas de lechuga. La aplicación foliar de NPsCuO podría ser una alternativa para incrementar la calidad nutraceutica en plantas de lechuga producidas en un sistema hidropónico NFT.

Palabras clave: *Lactuca sativa* L., fenoles, flavonoides, capacidad antioxidante.

SUMMARY

The low nutritional quality of food directly affects human health, mainly in developing countries. Nanotechnology is a promising technique to reduce eating disorders caused by micronutrient deficiencies, through the application of nanoparticles to biofortify foods. The objective of the research was to evaluate the effect of foliar application of copper oxide nanoparticles (NPsCuO) on the morphology, yield, nutraceutical quality and copper concentration in lettuce leaves. A completely randomized experimental design with six treatments and five repetitions was used, the treatments were different concentrations of NPsCuO (0, 5, 10, 15, 20 and 25 mg L⁻¹). Variables of phenology, yield, nutraceutical quality, enzymatic activity and copper determination were evaluated. The foliar application of NPsCuO did not affect crop yield, however, the dose of 15 mg L⁻¹ of NPsCuO improved the content of phenols, flavonoids and antioxidant capacity in lettuce plants. The use of 25 mg L⁻¹ favored the bioaccumulation of copper in the lettuce leaves. The foliar application of NPsCuO could be an alternative to increase the nutraceutical quality in lettuce plants produced in the NFT hydroponic system.

Keywords: *Lactuca sativa* L., phenols, flavonoids, antioxidant capacity.

INTRODUCCIÓN

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una de las principales hortalizas cultivadas y consumidas a nivel mundial, en el año 2019 su producción alcanzo los 29 134.653 mil toneladas (FAOSTAT, 2020). En el 2019 el principal productor de esta hortaliza fue China con 16 310.175 mil toneladas, México ocupo el noveno lugar con una producción de 516 000 toneladas (SIAP, 2020). La lechuga es una hortaliza saludable debido a su alto contenido en fibra, carotenoides, compuestos fenólicos, antioxidantes, vitaminas A, C y minerales. Existe una problemática a nivel mundial denominada hambre oculta, la cual es la deficiencia de micronutrientes y vitaminas que afecta alrededor de 2 000 millones de personas en el mundo, esto debido al consumo de alimentos con una baja calidad nutricional y dietas inadecuadas, lo cual contribuye a problemas de salud pública graves, especialmente para niños en edad preescolar, mujeres embarazadas y mujeres en edad reproductiva (FAO, 2014). En la actualidad el campo de la nanotecnología tiene un efecto prometedor y emergente para ser aplicado en la agricultura como nanofertilizantes, nanoinsecticidas y nanoferomonas. Con el uso de la nanotecnología en la agricultura se podría contribuir en varios países a reducir los desórdenes alimenticios provocados por el déficit de micronutrientes contenidos en los alimentos (Elemike *et al.*, 2019). La aplicación de nanoparticulas (NPs) es una de las técnicas actuales más prometedoras para la biofortificación de alimentos, debido a sus propiedades fisicoquímicas y biológicas. Las NPs se aplican mediante pulverización foliar o en solución nutritiva, con la finalidad de biofortificar los tejidos vegetales comestibles con elementos minerales esenciales en la dieta humana: Cobre (Cu) Zinc (Zn), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Yodo (I) (Freire *et al.*, 2020). Las NPs_{CuO} tienen un gran potencial debido a su actividad antimicrobiana de amplio espectro, además debido a su pequeño tamaño facilita su absorción por las plantas. El Cu es un oligoelemento esencial para humanos y animales, en plantas desempeña un papel importante en distintos procesos fisiológicos, como cadenas de transporte de electrones fotosintéticas y respiratorias, fijación de nitrógeno, actividad antioxidante, metabolismo de proteínas, componente estructural y catalítico de proteínas y enzimas. Resultados encontrados por Pérez-Labrada *et al.* (2019) mencionan que la pulverización de NPs_{CuO}, en el cultivo de tomate bajo condiciones de salinidad puede inducir la tolerancia al estrés salino al estimular los mecanismos de la planta, además induce una mayor acumulación de compuestos bioactivos en frutos de tomate. En este sentido, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de nanoparticulas de óxido de cobre (NPs_{CuO}) en la morfología, rendimiento, calidad nutracéutica y concentración de Cu en plantas de lechuga.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fueron evaluados seis tratamientos con las concentraciones de 0, 5, 10, 15, 20 y 25 mg L⁻¹, de NPs_{CuO}, bajo un diseño experimental completamente al azar con seis tratamientos y cinco repeticiones. Se sembraron semillas de lechuga tipo orejona el 22 de octubre del 2020, en semilleros de foami agrícola. El trasplante al sistema NFT se realizó a los 23 días después de la siembra (dds), cuando las plántulas alcanzaron alrededor de seis a siete hojas verdaderas, colocando una plántula en el centro de cada orificio del tubo de PVC hidráulico de cuatro pulgadas de diámetro. La nutrición del cultivo fue a través de Solución Nutritiva (SN) (Steiner, 1984). La concentración de la SN vario de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo y manteniendo un rango de conductividad eléctrica (CE) de 2.0 dS m⁻¹ y un pH de 5.5 a 6.0. Las NPs_{CuO} utilizadas en el experimento fueron proporcionadas por el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), Saltillo, Coahuila, México., a través de la Dra. Rebeca Betancourt Galindo. Las características que presentaron fueron 98% de pureza, tamaño entre

20 -60 nm y de estructura esférica. La aplicación se realizó vía foliar con atomizadores de 1 L, añadiéndose un surfactante penetrante (Inex-A) de la marca Cosmocel®. Se realizaron cinco aplicaciones, la primera fue a los siete días después del trasplante (ddt), luego fue a intervalos de 15 días hasta la cosecha. Las variables evaluadas fueron altura de planta, número de hojas, peso fresco y materia seca. Las variables nutraceuticas fueron: fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante, y la determinación de Cu mediante espectrofotómetro de absorción atómica (AOAC, 1990), los resultados fueron expresados en $\mu\text{g kg}^{-1}$ peso seco (PS). Los datos obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), en el programa estadístico SAS versión 9.0 (SAS, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La variable altura de planta no presentó diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$), por el efecto de la aplicación foliar de NPsCuO. Este resultado es similar a lo reportado por Trujillo-Reyes *et al.* (2014) quienes indican que la aplicación foliar en concentraciones 10 y 20 mg L^{-1} de NPsCuO en plántulas de lechuga reduce el crecimiento de la planta. Sin embargo, dicho incremento difiere a lo reportado por Zafar *et al.* (2020) quienes indican que aplicaciones de NPsCuO de 12.5, 25 y 50 mg L^{-1} en el cultivo de mostaza negra (*Brassica nigra*) incrementan la altura de planta. El incremento en el crecimiento de las plantas por efecto de las NPsCuO es debido a la inducción de la actividad en los cloroplastos, síntesis de enzimas antioxidantes y nitrato reductasa, dependiendo de la forma de las NPs, concentración, forma de aplicación, etapa de la aplicación y la especie vegetal. Para la variable número de hojas el tratamiento con la dosis de 15 mg L^{-1} reportó el mayor número de hojas con un valor de 50.80, siendo superior en 22.1% con respecto al tratamiento control (Cuadro 1). La aplicación foliar de NPsCuO a bajas concentraciones (10 a 20 mg L^{-1}) promueven efectos en el incremento del número de hojas en el cultivo de *Allium cepa* y mejoran la resistencia de la planta (Mottaleb *et al.*, 2021). Sin embargo, la aplicación de altas concentraciones entre 100 y 1000 mg L^{-1} de NPsCuO en el cultivo de *Lactuca sativa* L. var. disminuye el número de hojas y crecimiento, debido a una acumulación alta de Cu en la superficie de la hoja provocando toxicidad. En la variable ancho de hoja el tratamiento con la dosis de 15 mg L^{-1} mostro el mayor incremento con una media de 19.66 cm, resultando superior en 25.5% al tratamiento control (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación de medias para variables agronómicas en plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) producidas con aplicación foliar de NPsCuO.

NPsCuO mg L^{-1}	NH	AP cm	AH cm	PF	PS (g)
Control	41.60c	25.60	15.66b	808.33	48.80
5	43.60bc	30.40	17.66ab	810.66	48.93
10	46.00abc	29.40	17.33ab	811.66	50.33
15	50.80a	29.40	19.66a	814.00	51.03
20	48.80ab	30.00	17.33ab	811.33	50.33
25	47.60ab	28.90	17.00ab	811.33	50.13

*Valores con letras iguales dentro de cada columna son similares estadísticamente (Tukey; $P \leq 0.05$). NS= no significativo, *= significativo, NH= número de hojas, AP= altura de planta, TC= tamaño de corona, LH= largo de hoja, AH= ancho de hoja, PFR= peso fresco de raíz.

Los resultados de análisis de varianza para la variable peso fresco y peso seco no presentaron diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$). Estos resultados son similares con lo

reportado por Esparza-Rivera *et al.* (2014) quienes realizaron un bioensayo en plántulas de tomate, aplicando dos concentraciones de NPsCu 2000 mg L⁻¹, donde no encontraron diferencias estadísticas en las variables del peso seco y fresco. Sin embargo, altas concentraciones de NPsCuO pueden provocar problemas de toxicidad a nivel morfológico, fisiológico, bioquímico y en el rendimiento.

Respecto a fenoles el ANVA presento diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$), presentándose los mayores valores se registraron con las dosis de 10 y 15 mg L⁻¹, con medias de 323.41 y 325.00 mg Ac. Galico 100 g⁻¹ PF, este valor supera en 38.4 y 34.2% a los valores registrados en el tratamiento control (Cuadro 2). Estas concentraciones promueven un efecto positivo, comportamiento que coincide con lo establecido por López-Vargas *et al.* (2019), quienes realizaron aplicaciones foliares de NPsCuO a concentraciones de 250 mg L⁻¹ en el cultivo de *Solanum lycopersicum* L. y obtuvieron frutos de mejor calidad para la dieta humana, debido a la acumulación de compuestos bioactivos y la respuesta observada puede estar relacionada con la formación de ROS (Especies Reactivas de Oxígeno) debido a las NPsCuO. En cuanto al incremento de fenoles se debe a que el elemento Cu, estimula los mecanismos antioxidantes de la planta, es una estrategia factible para manejar y / o mitigar daño causado por el estrés salino en tomates (Pérez-Labrada *et al.*, 2019). Así como también juegan un papel importante en el cultivo, ya que protegen al fruto de daños causados por insectos, microorganismos y mejoran la calidad de color y apariencia de los frutos.

Cuadro 2. Efecto de la aplicación foliar de NPsCuO en el contenido de fenoles, flavonoides y capacidad antioxidantes en plantas de lechuga producidas en un sistema NFT.

NPsCuO mg L ⁻¹	Fenoles mg Ac. Gálico 100 g ⁻¹ (PF)	Flavonoides mg QE 100 g ⁻¹ (PF)	Capacidad antioxidante mg equiv. Trolox 100 g ⁻¹ (PF)
Control	41.60c	25.60	15.66b
5	43.60bc	30.40	17.66ab
10	46.00abc	29.40	17.33ab
15	50.80a	29.40	19.66a
20	48.80ab	30.00	17.33ab
25	47.60ab	28.90	17.00ab

*Valores con letras iguales dentro de cada columna son similares estadísticamente (Tukey; $P \leq 0.05$). NS= no significativo, *= significativo, PF=Peso Fresco.

Los resultados de análisis de varianza para la variable de flavonoides presento diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$), por efecto de la aplicación foliar de NPsCuO. La mayor concentración de fenoles se obtuvo con las dosis de 10 y 15 mg L⁻¹ con medias de 193.92 y 189.70 mg QE 100 g⁻¹ (PF), este valor supera en 34.2 y 31.1% con respecto al tratamiento control (Cuadro 2). Para la Capacidad antioxidante también presento diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$). La mayor concentración de capacidad antioxidante se obtuvo con las dosis de 10 y 15 mg L⁻¹, con una media de 106.43 y 101.07 mg equiv. Trolox 100 g⁻¹ (PF) superando en 28.2 y 21.8% respectivamente al tratamiento control. Estos resultados coinciden a los reportado por Hernández- Hernández *et al.* (2019) quienes evaluaron NPsCu y observaron un incremento de la actividad enzimática (Capacidad antioxidante) en frutos de tomate (Cuadro 2). Así mismo al evaluar dos aplicaciones foliares de NPsCuO en dosis de 25 (mg L⁻¹) en el cultivo de *Moringa oleífera* aumenta la capacidad antioxidante, debido a que la

aplicación de NPsCuO pueden generar un poco de estrés en la planta, lo que resulta un incremento de ROS, que a su vez activa el mecanismo de defensa antioxidante que como resultado la producción de una serie de compuestos antioxidantes enzimático.

Con respecto a la concentración de Cobre en las hojas de lechuga, las dosis utilizadas afectaron significativamente su contenido (Figura 1). Obteniéndose el mayor contenido Cobre en lechugas tratadas con 25 mg L⁻¹, con una media de 9.60 µg kg⁻¹ PS superando al resto de los tratamientos. Estos resultados contrastan por lo reportado por Xiong *et al.* (2021), quienes reportan un incremento del contenido de cobre en las hojas y la raíz de la planta con la aplicación foliar de concentraciones de 100 y 1000 mg L⁻¹, sin embargo, éstos pueden ser tóxicos para el consumo humano. Wang *et al.* (2019) han reportado que las concentraciones arriba de 200 a 400 mg kg⁻¹ respectivamente, incrementan la acumulación de Cu en las raíces los cuales pueden ser tóxicos al encontrarse restos en brotes y hojas, una alta concentración de Cu puede causar un tipo de estrés en la planta y afectar sus procesos fisiológicos.

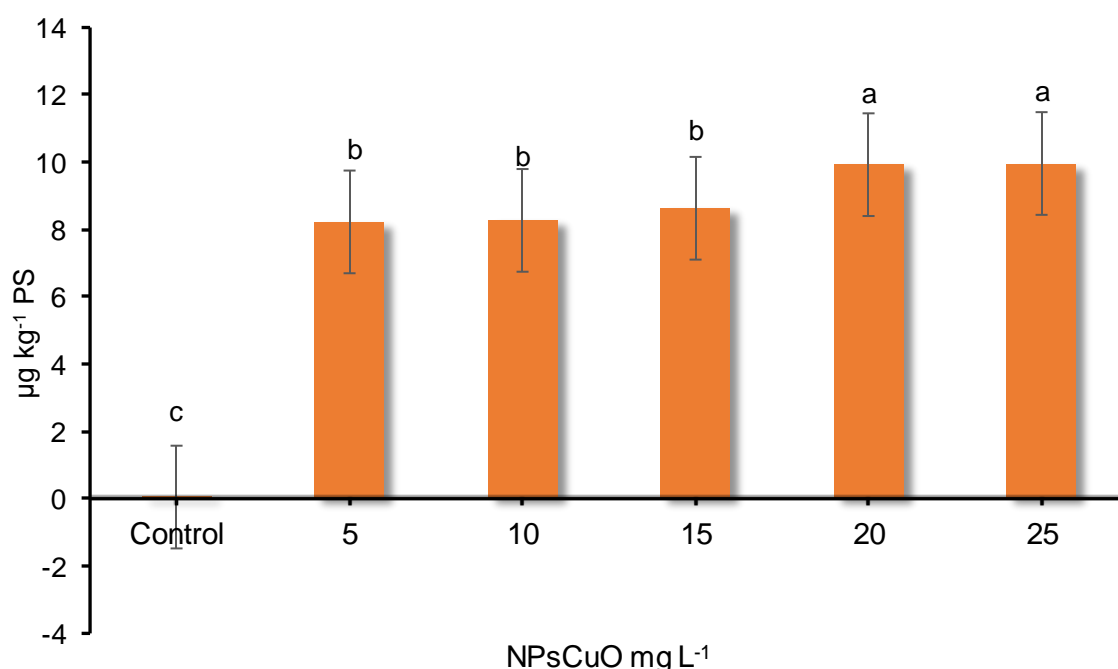


Figura 1. Efecto de la aplicación foliar de NPsCuO en el contenido de Cu en plantas de lechuga producidas en un sistema NFT. Los datos se muestran como medias (n= 30) ± desviación estándar. Barras con letras distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba Tukey ($P \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

La aplicación foliar de NPsCuO no afectó el rendimiento en el cultivo, sin embargo, aumentó la calidad nutracéutica en las lechugas. La dosis de 15 mg L⁻¹ de NPsCuO mejoró el contenido de fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante en plantas de lechuga producidas en el sistema NFT. También mejoró la actividad enzimática de la peroxidasa. El uso de 25 mg L⁻¹ favoreció la bioacumulación de cobre en las hojas de lechuga. Por lo que, la aplicación foliar de NPsCuO podría ser una alternativa para incrementar la calidad nutracéutica en plantas de lechuga producidas en el sistema hidropónico NFT y una alternativa para incrementar el contenido de cobre en las hojas de lechuga, sin riesgos para salud humana.

REFERENCIAS

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis*, 15th ed.; Association of Official Analytical Chemists: Washington, DC, USA.
- Elemike, E. E., Uzoh, I. M., Onwudiwe, D. C., and Babalola, O. O. (2019). The role of nanotechnology in the fortification of plant nutrients and improvement of crop production. *Applied Sciences*. 9(3): 499. <http://dx.doi.org/10.3390/app9030499>.
- Esparza-Rivera, E. L., Gallegos-Morales, G. D. A., Lira-Saldivar, R. H., y Hernández Suarez, M. (2015). *Actividad Antimicrobial de Nanopartículas de Cobre y Óxido de Zinc contra Hongos y Bacterias Fitopatógenas*. Tesis profesional, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista Saltillo Coahuila, México. 64 p.
- FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. Conferencia internacional sobre nutrición: hambre oculta. Disponible en <https://www.fao.org/about/meetings>. (Consultado el 10 de enero de 2021).
- FAOSTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2020. Base de datos estadísticos (Online Database). Disponible en: [http:// Faostat.fao.org](http://Faostat.fao.org). (Consultado el 03 de abril de 2021).
- Freire B.M., Pereira R.M., Lange C.N., and Batista B.L. (2020) Biofortification of crop plants: a practical solution to tackle elemental deficiency. In: Mishra K., Tandon P.K., Srivastava S. (eds) *Sustainable solutions for elemental deficiency and excess in crop plants*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-8636-1_7.
- Hernández-Hernández, H., Quiterio-Gutiérrez, T., Cadenas-Pliego, G., Ortega-Ortiz, H., Hernández-Fuentes, A. D., Cabrera de la Fuente, M., Valdés-Reyna, J., and Juárez-Maldonado, A. (2019). Impact of selenium and copper nanoparticles on yield, antioxidant system, and fruit quality of tomato plants. *Plants*. 8(10): 355. <https://doi.org/10.3390/plants8100355>.
- López-Vargas, E. R., Ortega-Ortiz, H., Cadenas-Pliego, G., de Alba Romenus, K., Cabrera de la Fuente, M., Benavides-Mendoza, A., and 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): 1020. <http://dx.doi.org/10.3390/app8071020>.
- Mottaleb, S. A., Hassan, A. Z., El-Bahbohy, R., and Mahmoud, A. W. M. (2021). ¿Are Copper Nanoparticles Toxic to All Plants? A Case Study on Onion (*Allium cepa* L.). *Agronomy*. 11(5): 1006. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy11051006>.
- Pérez-Labrada, F., Hernández-Hernández, H., López-Pérez, M. C., González-Morales, S., Benavides-Mendoza, A., and Juárez-Maldonado, A. (2020). Nanoparticles in plants: morphophysiological, biochemical, and molecular responses. In *Plant life under changing environment*. Academic Press. 289-322. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818204-8.00016-3>.
- Pinedo-Guerrero, Z. H., Hernández-Fuentes, A. D., Ortega-Ortiz, H., Benavides-Mendoza, A., Cadenas-Pliego, G., and Juárez-Maldonado (2017). Cu Nanoparticles in Hydrogels of Chitosan-PVA Affects the Characteristics of Post-Harvest and Bioactive Compounds of Jalapeño Pepper. *Molecules*. 22(6): 926. <https://doi.org/10.3390/molecules22060926>.
- SIAP (Servicio 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. https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2019/AtlasAgroalimentario/ (consultado el 10 abril de 2021).
- Steiner, A. A. (1984). The universal nutrient solution. In *International Society for Soilless Culture. Proceedings of the Sixth International Congress on Soilless Culture*, Lunteren (pp. 633-650). Wageningen, The Netherlands: Secretariat of ISOSC.
- SAS Institute. (2004). *Statistical Analysis System*. SAS Release 9.1.3. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.

- Trujillo-Reyes, J., Majumdar, S., Botez, C. E., Peralta-Videa, J. R., and Gardea-Torresdey, J. L. (2014). Exposure studies of core-shell Fe/Fe₃O₄ and Cu/CuO NPs to lettuce (*Lactuca sativa*) plants: are they a potential physiological and nutritional hazard. *Journal of Hazardous Materials*. 267: 255-263. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.11.067>.
- Wang, Y., Lin, Y., Xu, Y., Yin, Y., Guo, H., and Du, W. (2019). Divergence in response of lettuce (var. *ramosa* Hort.) to copper oxide nanoparticles/microparticles as potential agricultural fertilizer. *Environmental Pollutants and Bioavailability*. 31(1): 80-84.
- Xiong, T., Zhang, T., Xian, Y., Kang, Z., Zhang, S., Dumat, C., and Li, S. (2021). Foliar uptake, biotransformation, and impact of CuO nanoparticles in *Lactuca sativa* L. var. *ramosa* Hort. *Environmental geochemistry and health*. 43(1): 423-439. <https://doi.org/10.1007/s10653-020-00734-9>.
- Zafar, H., Aziz, T., Khan, B., Mannan, A., Rehman, R. U., and Zia, M. (2020). CuO and ZnO nanoparticle application in synthetic soil modulates morphology, nutritional contents, and metal analysis of *Brassica nigra*. *ACS omega*. 5(23): 13566-13577. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c00030>.

NANOPARTICULAS DE ÓXIDO DE ZINC Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD NUTRACÉUTICA Y ACTIVIDAD ENZIMÁTICA EN *Ocimum basilicum* L.

Fortis-Hernández, Manuel¹; De la Rosa-Reta, Claudia Verónica²; Preciado-Rangel, Pablo¹; Galindo-Guzmán, Magdalena³; Zermeño-González, Héctor¹

¹Tecnológico 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.

²Maestría en Ciencias en Suelos. Tecnológico Nacional de México – Campus Instituto Tecnológico de Torreón. ³Universidad Politécnica de la Región Laguna. Ejido Santa Teresa S/N, San Pedro de las Colonias, Coahuila, México. CP 27942

*Autor para correspondencia: fortismanuel@hotmail.com

RESUMEN

La desnutrición de micronutrientes afecta a más de la mitad de la población mundial y se considera uno de los desafíos globales más graves para la humanidad. Los alimentos, principalmente de origen vegetal, son la fuente de todos los minerales importantes, por lo que es fundamental mantener de forma regular una dieta buena y equilibrada que pueda proporcionarlos. En el caso de la biofortificación, ésta se ha realizado a través del uso de la nanotecnología o los nanofertilizantes, ya que pueden ser utilizados para alimentar a las plantas de forma gradual y controlada, a la inversa de lo que ocurre en el caso de fertilizantes convencionales. Por lo que el objetivo del trabajo fue evaluar la aplicación foliar de diferentes concentraciones de nanopartículas de óxido de zinc (NPs ZnO), sobre el rendimiento, calidad nutracéutica y actividad enzimática del cultivo de albahaca por ser una de las plantas aromáticas más importantes. Fueron evaluadas cinco concentraciones de nanopartículas de óxido de Zinc (NPs ZnO) (0, 5, 10, 15 y 20 mg L⁻¹), y aplicadas foliarmente. Se evaluaron variables morfológicas, variables enzimáticas y nutracéuticas. Se observó que la concentración de 20mg L⁻¹ fue significativamente mejor al control. La mayor concentración de CAT y POF se obtuvo con las dosis de 20 mg L⁻¹ con medias de 17.23 UCAT/mg de proteína y con medias de 0.20 UPOF/mg de proteína, respectivamente. La concentración de zinc más alta en las hojas de albahaca se obtuvo con las dosis de 20 mg L⁻¹ con medias de 32.47 µg kg⁻¹ PSH, este valor superó en 24 % al tratamiento control. La aplicación foliar de 20 mg L⁻¹, de nanopartículas de zinc, puede ser aplicada al cultivo de albahaca para mejorar su calidad nutracéutica y biofortificar con zinc en sus hojas.

Palabras clave: *Ocimum basilicum* L., fenoles, flavonoides, catalasa, peroxidasa.

SUMMARY

Micronutrient malnutrition affects more than half of the world's population and is considered one of the most serious global challenges for humanity. Food, mainly of plant origin, is the source of all important minerals, so it is essential to regularly maintain a good and balanced diet that can provide them. In the case of biofortification, this has been done through the use of nanotechnology or nanofertilizers, since they can be used to feed plants in a gradual and controlled manner, inversely to what happens in the case of fertilizers. conventional. Therefore, the objective of the work was to evaluate the foliar application of different concentrations of zinc oxide nanoparticles (NPs ZnO), on the yield, nutraceutical quality and enzymatic activity of the basil crop, as it is one of the most important aromatic plants. Five concentrations of zinc oxide nanoparticles (NPs ZnO) (0, 5, 10, 15 and 20 mg L⁻¹), and applied foliarly, were evaluated. Morphometric variables, enzymatic and nutraceutical variables were evaluated. It was observed that the concentration of 20mg L⁻¹ was significantly better than the control. The highest concentration of CAT and POF was obtained with the doses of 20 mg L⁻¹ with means

of 17.23 UCAT/mg of protein and with means of 0.20 UPOF/mg of protein, respectively. The highest zinc concentration in basil leaves was obtained with doses of 20 mg L⁻¹ with means of 32.47 µg kg⁻¹ PSH, this value exceeded the control treatment by 24 %. Foliar application of 20 mg L⁻¹ of zinc nanoparticles can be applied to basil crops to improve its nutraceutical quality and biofortify with zinc in its leaves.

Keywords: *Ocimum basilicum* L. phenols, flavonoids, catalase, peroxidase.

INTRODUCCIÓN

La desnutrición de micronutrientes afecta a más de la mitad de la población mundial y se considera uno de los desafíos globales más graves para la humanidad (Singh *et al.*, 2016). Los alimentos, principalmente de origen vegetal, son la fuente de todos los minerales importantes, por lo que es fundamental mantener de forma regular una dieta buena y equilibrada que pueda proporcionarlos (Buturi *et al.*, 2021). En las últimas décadas se han realizado esfuerzos para combatir la malnutrición mediante diversas estrategias, como el aumento de la producción de alimentos, la suplementación y la biofortificación, entre otras (Jha & Warkentin, 2020). En el caso de la biofortificación es un medio viable y rentable de suministrar micronutrientes a la población, sobre todo para aquellas en las que puedan tener acceso limitado a diversas dietas y micronutrientes (Bouis & Saltzman, 2017). Actualmente ya existen alternativas a las formas tradicionales de producción de cultivos, el enfoque es optar por tecnologías que podrían aumentar la productividad agrícola con los nutrientes necesarios, además de hacer un uso rentable y eficiente de los recursos. Lo que se busca es garantizar la seguridad de los nutrientes y elevar el valor de la producción e impulsar la economía de los agricultores. Esta tecnología utiliza materiales mejorados para agregar valor a la agricultura, al explotar las propiedades a nanoescala (Elemike *et al.*, 2019). La nanotecnología o los nanofertilizantes pueden ser utilizados para alimentar a las plantas de forma gradual y controlada, a la inversa de lo que ocurre en el caso de fertilizantes convencionales. Aparte de la propiedad de absorción rápida, los nanofertilizantes también exhiben lentitud de liberación, por lo que se requieren en cantidades pequeñas, reduciendo el consumo de fertilizantes y la contaminación ambiental (Liu and Lal, 2015). En el caso del zinc (Zn), éste realiza múltiples funciones biológicas, es requerido por más de 300 enzimas para su activación catalítica, participando así en varios procesos enzimáticos y procesos celulares metabólicos en el cuerpo humano. El Zn se encuentra presente en diversos alimentos, como el hígado, las carnes rojas, las aves de corral, el pescado, los camarones, las ostras y los cangrejos, entre otros. En algunos alimentos de origen no animal, como los cereales, las leguminosas y los tubérculos, la biodisponibilidad del Zn se encuentra reducida por la presencia de fitatos, fibra y lignina (Rosas y Covarrubias, 2020). Además, reportes han señalado de una posible toxicidad en las plantas por la aplicación de elevadas concentraciones de Zn, sin embargo, las plantas tienen mecanismos eficientes de desintoxicación de metales pesados, para superar las especies reactivas de oxígeno (ROS), activando una serie de enzimas antioxidantes como superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT) y peroxidasa (POX) (Venkatachalam *et al.*, 2017). En el caso del cultivo de la albahaca (*Ocimum basilicum* L.) es una de las plantas culinarias más utilizada para contribuir al aroma y gusto de los alimentos. Se ha cultivado desde hace siglos por sus cualidades de sabor y propiedades terapéuticas, se usan en fresco o seco, al igual que sus aceites esenciales y/o semillas. Se han identificado más de 60 compuestos químicos informados, incluidos fenoles, flavonoides, fenilpropanoides, terpenoides, derivados de ácidos grasos, aceite esencial, aceite fijo y esteroides (Singh *et al.*, 2018). Sin embargo, no se cuenta con suficiente información relacionada con nano fertilización que mejore rendimiento y calidad del cultivo de albahaca. Por lo que el objetivo del trabajo fue

evaluar la aplicación foliar de diferentes concentraciones de nanopartículas de óxido de zinc (NPs ZnO), sobre el rendimiento, calidad nutracéutica y actividad enzimática del cultivo de albahaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó durante el ciclo primavera-verano del año 2021, en un sistema hidropónico NFT instalado en una malla sombra en el Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), Municipio de Torreón, Coah., México. Fueron evaluadas cinco concentraciones de nanopartículas de óxido de Zinc (NPs ZnO) (0, 5, 10, 15 y 20 mg L⁻¹), y aplicadas foliarmente. El experimento se llevó a cabo bajo un diseño experimental completamente al azar, considerando cinco tratamientos con cinco repeticiones. Se sembraron y evaluaron plantas certificadas de albahaca (*Ocimum Basilicum*) tipo genovesa de la empresa Tree seeds®. Se aplicó Solución Nutritiva Steiner (1984), manteniendo una conductividad eléctrica (CE) de 2.0 dS m⁻¹ y un pH entre 5.5 a 6.0. Las nanopartículas fueron donadas por la Dra. Rebeca Betancourt Galindo, investigadora del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), Saltillo, Coahuila, México. Fueron sintetizadas a través de precipitación controlada de acuerdo con lo reportado por Ramírez Barrón *et al.* (2019), mediante el método de hidrólisis química. Las características que presentaron fueron 97% de pureza, color blanco, tamaño entre 20-60 nm y de forma estructural semiesférica y poligonal. Su aplicación se realizó con atomizadores industriales de 500 mL, añadiéndose un surfactante no iónico, humectante, adherente y penetrante (Cosmocel®). La primera aplicación se realizó a los 20 días después de la siembra (dds), la segunda a los 40 y la última a los 60 ddt. La cosecha se realizó a los 70 dds, cuando las hojas habían alcanzado su madurez comercial. Se evaluaron variables morfométricas, variables enzimáticas y nutracéuticas. Los datos obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza y prueba de separación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.5$) utilizando el paquete estadístico SAS versión 9.1 (Statistical Analysis System Institute).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables morfométricas

Los resultados del análisis de varianza para las variables altura de planta, número de hojas, peso fresco de hoja, peso fresco de tallo y área foliar, presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), por efecto de la aplicación de las distintas concentraciones evaluadas. Los resultados muestran que la concentración de 20 mg L⁻¹, fue la que presentó los mayores valores para peso fresco de hoja y tallo, área foliar, altura de planta y número de hojas, superando al tratamiento control (Cuadro 1). Estos resultados se pueden atribuir a que el zinc es considerado como uno de los ocho micronutrientes esenciales para las plantas, necesario en pequeñas cantidades, pero crucial para el buen desarrollo vegetativo, ya que este micronutriente es precursor en la producción de auxinas fito-reguladoras del crecimiento, las cuales influyen en la elongación y división celular. Mukherjee *et al.* (2014), reportan que las NPs influyen significativamente en diversos aspectos fisiológicos y en mayor crecimiento de la raíz y tallo en cultivos hortícolas como *Pisum sativum*. Por otra parte, Pandey *et al.* (2010), reportan la aplicación foliar en plantas de garbanzo (*Cicer arietinum*) de 1.5 y 10 mg L⁻¹ de NPs ZnO durante 15 días, induciendo mayor altura y biomasa seca. Se ha destacado que la aplicación de zinc en forma de nanofertilizante aplicado al follaje en dosis bajas, es más eficiente para promover el crecimiento vegetativo. Se ha señalado que este efecto se debe a que el zinc es requerido para la producción de biomasa y también porque este microelemento tiene una función muy importante en muchas enzimas involucradas en el proceso fotosintético,

así como en la integridad y mantenimiento de las membranas celulares de las plantas (Ambrogetti *et al.*, 2016; Burman *et al.*, 2013). El crecimiento de la planta depende de la masiva e irreversible expansión de células jóvenes, las cuales, son producidas por la división celular en los tejidos meristemáticos, esto concuerda con los resultados obtenidos por Salachna *et al.* (2021), donde la concentración de 50 mg L⁻¹ de nanopartículas incrementaron el área foliar en el cultivo perilla *frutescens* roja.

Cuadro 1. Comparación de medias para las variables peso fresco de hoja (PFH), peso fresco de tallo (PFT), área foliar (AF), altura de planta (AP) y número de hojas (NH) en plantas de albahaca, producidas con aplicaciones foliares de NPs ZnO.

Tratamientos (mg L ⁻¹)	PFH g	PFT g	AF cm ²	AP cm	NH
Control	166.6d	18.0c	1501.5e	45.0b	159.3c
5	232.1c	16.10b	2943.9d	47.0b	176.3b
10	253.9b	25.9b	3526.9c	45.0b	182.0ab
15	281.8a	31.2a	5952.0b	48.3b	186.3ab
20	296.0a	33.0a	7583.8a	53.0a	192.6a

*Valores con letras iguales dentro de cada columna son similares estadísticamente (Tukey; $P \leq 0.05$).

Variables nutraceuticas

Los resultados de análisis de varianza (ANVA) para la variable Fenoles totales (FT), presento diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$). Los mayores valores se registraron con la dosis de 20 mg L⁻¹, con media de 40.5 mg Ac. Gálico 100 g⁻¹ PF, este valor supera en 125% a los valores registrados en el tratamiento control (Cuadro 2). El papel del zinc en el uso del carbono para producir compuestos fenólicos en el ciclo del ácido shikímico y el acetato puede ser una de las razones de este aumento (Misra *et al.*, 2006). El zinc induce el estrés oxidativo y conducirá a la producción de radicales libres en la planta, la planta conducirá al estrés y superará a estas especies, su sistema de defensa antioxidante no enzimático (vitamina E, carotenoides y compuestos fenólicos), los compuestos fenólicos tienen un papel importante en esta acción y reducen la cantidad de daños causados por ella. En respuesta a este estrés, las plantas liberan varios compuestos defensivos conocidos como metabolitos secundarios antioxidantes incluyendo diferentes grupos de polifenoles (Paramo *et al.*, 2020).

Cuadro 2. Comparación de medias de fenoles, flavonoides y capacidad antioxidantes en plantas de albahaca producidas en un sistema NFT, con aplicaciones de NPs ZnO.

NPsCuO mg L ⁻¹	Fenoles Totales mg Ac. Gálico 100 g ⁻¹ (PF)	Flavonoides Totales mg QE 100 g ⁻¹ (PF)	Capacidad antioxidante mg equiv. Trolox 100 g ⁻¹ (PF)
Control	17.93e	2.09c	15.66b
5	29.86d	2.34c	17.66ab
10	33.30c	3.53b	17.33ab
15	35.01b	3.63b	19.66a
20	40.56a	4.39a	17.33ab

*Valores con letras iguales dentro de cada columna son similares estadísticamente (Tukey; $P \leq 0.05$).

Para flavonoides, el ANVA presentó diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$). La mayor concentración se obtuvo con las dosis de 20 mg L⁻¹ con medias de 4.3 mg QE 100 g⁻¹ (PF), este valor supera un 109% al tratamiento control (Cuadro 2). La producción de metabolitos secundarios suele mejorar en las plantas cuando se aplican nanopartículas, por lo tanto, las cantidades de ROS aumentan (citar). La nanotoxicidad y sus mecanismos exactos de acción en las plantas no están claramente reconocidos hasta ahora. Los radicales libres generalmente se producen como consecuencia del estrés oxidativo. Algunos radicales libres dañan las células, la membrana celular, los ácidos nucleicos y las proteínas. En el caso de los compuestos fenólicos se acumulan en las raíces y ayudan a la adaptación celular, cuando los ROS son producidos (Tariverdizadeh *et al.*, 2021). De hecho, las ROS se desintoxican en parte por compuestos fenólicos que sirven como donantes de electrones en orgánulos celulares (Mittler, 2017).

Para la variable capacidad antioxidante, también presentaron diferencia estadística significativas ($P \leq 0.05$), presentándose el mayor valor con la concentración de 20 mg L⁻¹ con medias de 17.33 mg equiv. Trolox 100 g⁻¹ PF. Este valor supera en 150% al tratamiento control (Cuadro 2). Se ha señalado que las nanopartículas de ZnO aplicadas a las plantas ocasionan un estrés abiótico, incrementando la calidad nutracéutica en las plantas. Esto se vio reflejado en esta variable, coincidiendo por lo reportado por Rivera *et al.* (2021) en el cultivo de melón cuando aplicó nanopartículas de óxido de zinc.

Actividad enzimática

Los resultados del análisis de varianza para la variable actividad enzimática catalasa (CAT), presentó diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$), por efecto de la aplicación foliar de NPs ZnO. La mayor concentración de CAT se obtuvo con las dosis de 20 mg L⁻¹ con medias de 17.23 UCAT/mg de proteína, este valor supera en 33% respecto al tratamiento control (Figura 2). Abdel *et al.* (2017), compararon diferentes concentraciones de nanopartículas de óxido de zinc, siendo la concentración de 20 mg L⁻¹ la que obtuvo un resultado de 4.52 UCAT en el cultivo de Lupino Albus (*Lupinus angustifolius* L.) cuya disminución en CAT podría deberse a la tasa creciente de eliminación de ROS por parte de las otras enzimas antioxidantes.

Para actividad enzimática de la Polifenoloxidasas (POF) la mayor actividad se presentó con la concentración de 20 mg L⁻¹, con medias de 0.20 UPOF/mg de proteína, este valor superó en 128% al tratamiento control (Figura 2). Estas enzimas actúan como iniciadores para aumentar la resistencia de las plantas a diversos tipos de estrés, así como la formación de compuestos fenólicos. En nuestra investigación los resultados mostraron que la actividad enzimática aumentó significativamente en las plantas de albahaca al incrementar la concentración de las nanopartículas aplicadas, coincidiendo con lo reportado por Abdelaziz *et al.* (2021).

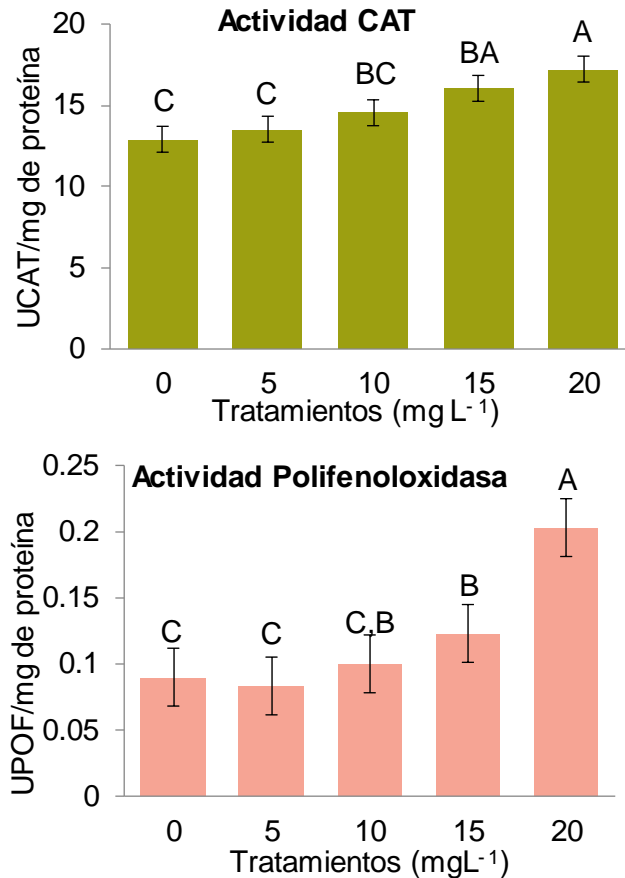


Figura 1. Comparación de medias de la actividad enzimática Catalasa (CAT) y Polifenoloxidasas en plantas de albahaca producidas con aplicaciones foliares de nanopartículas de óxido de zinc (NPs ZnO). Los datos se muestran como medias ($n=25$) \pm desviación estándar. Barras con letras distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba Tukey ($P \leq 0.05$).

Contenido de zinc en hoja

Los resultados del ANVA para el contenido de zinc en las hojas de albahaca, presento diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$). La mayor concentración se obtuvo con las dosis de 20 mg L⁻¹ con medias de 32.47 $\mu\text{g kg}^{-1}$ PSH, este valor superó en 24 % respecto al tratamiento control; observándose una tendencia creciente a medida que se incrementan las concentraciones (Figura 2).

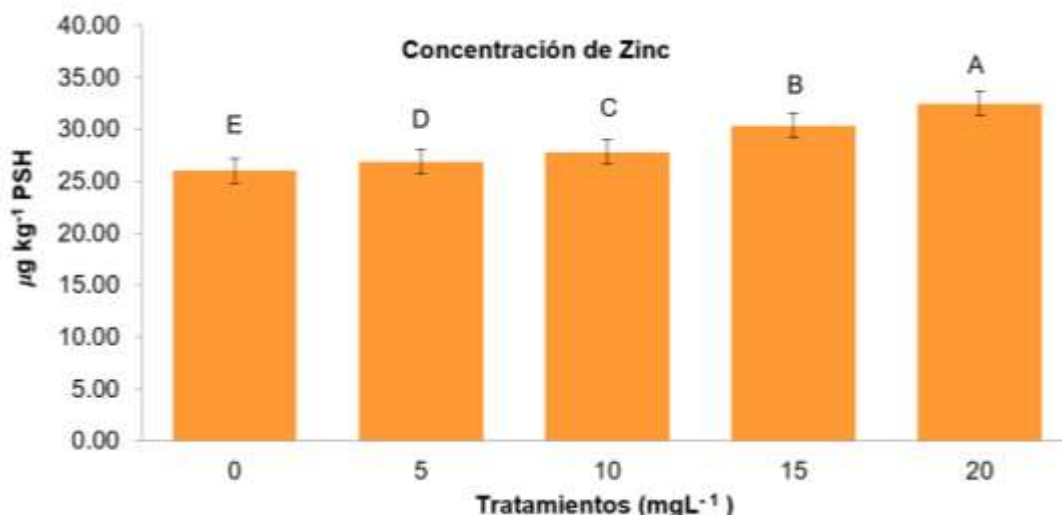


Figura 2. Comparación de medias del contenido de zinc en el cultivo de albahaca con aplicaciones foliares de nanopartículas de óxido de zinc (NPs ZnO). Los datos se muestran como medias (n= 25) ± desviación estándar. Barras con letras distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba Tukey (P ≤ 0.05).

Las NPs ingresan al sistema foliar a través de los estomas, la penetración de la cutícula, los hidátodos y heridas, junto con Fe o Ca, es uno de los nutrientes elementales que se presentan como cationes cargados positivamente, el apoplasto está dominado por una carga negativa, que es causada por los grupos carboxilo de los ácidos galacturónicos (los ácidos galacturónicos son parte de las pectinas de laminillas medias y paredes celulares primarias) que, a su vez, provoca la unión y posterior acumulación de cationes en el apoplasto (Rossi *et al.*, 2019).

CONCLUSIONES

La aplicación de NPs de ZnO mejoró significativamente el rendimiento, incrementó la producción de compuestos bioactivos antioxidantes, además de contribuir a la generación de enzimas oxidorreductasas que degradan los radicales libres de oxígeno que contribuye a un aumento de la actividad enzimática. La tendencia lineal de los resultados determino que conforme aumenta la concentración de zinc se genera una mayor producción de metabolitos beneficiosos para el cultivo. Se observó que la concentración de 20mg L⁻¹ fue significativamente mejor al control. La mayor concentración de CAT y POF se obtuvo con las dosis de 20 mg L⁻¹ con medias de 17.23 UCAT/mg de proteína y con medias de 0.20 UPOF/mg de proteína, respectivamente. La mayor cantidad de zinc en las hojas de albahaca se obtuvo con las dosis de 20 mg L⁻¹ con medias de 32.47 µg kg⁻¹ PSH, este valor superó en 24 % al tratamiento control. Por lo que, la aplicación foliar de 20 mg L⁻¹, de nanopartículas de zinc, puede ser aplicada en plantas de albahaca, producidas en un sistema hidropónico NFT, para incrementar su calidad nutracéutica y para incrementar el contenido de zinc.

REFERENCIAS

Abdel Latef, A. A. H., Abu Alhmad, M. F., & Abdelfattah, K. E. (2017). The possible roles of priming with ZnO nanoparticles in mitigation of salinity stress in lupine (*Lupinus termis*) plants. *Journal of plant growth regulation*, 36(1): 60-70. <https://doi.org/10.1007/s00344-016-9618-x>.

- Abdelaziz, A. M., Dacrory, S., Hashem, A. H., Attia, M. S., Hasanin, M., Fouda, H. M. & ElSaied, H. (2021). Protective role of zinc oxide nanoparticles-based hydrogel against wilt disease of pepper plant. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 35:102083.
- Ambrogetti, A. O.; Uliarte, E. M.; Montoya, M. A.; Haist, W.; del Monte, R. F. 2016. Evaluación de un panel para recuperación de deriva en aplicaciones fitosanitarias en viñedos. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.* 48(2): 83-94.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.009>.
- Burman, U., Saini, M., & Kumar, P. (2013). Effect of zinc oxide nanoparticles on growth and antioxidant system of chickpea seedlings. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 95(4), 605-612.
- Buturi, C. V., Mauro, R. P., Fogliano, V., Leonardi, C., & Giuffrida, F. (2021). Mineral biofortification of vegetables as a tool to improve human diet. *Foods*, 10(2), 223.
- Elemike, E. E., Uzoh, I. M., Onwudiwe, D. C., & Babalola, O. O. (2019). The role of nanotechnology in the fortification of plant nutrients and improvement of crop production. *Applied Sciences*, 9(3):499.
- Jha, A. B., & Warkentin, T. D. (2020). Biofortification of pulse crops: Status and future perspectives. *Plants*, 9(1):73. <https://doi.org/10.3390/plants9010073>
- Liu, R., and R. Lal. (2015). Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. *Science of the Total Environment* 514:131–139.
- Misra, A.; Dwivedi, S.; Srivastava, A. K.; Tewari, D. K.; Khan, A.; y Kumar, R. 2006. Low iron stress nutrition for evaluation of Fe-efficient genotype physiology, photosynthesis, and essential monoterpene oil (s) yield of *Ocimum sanctum*. *Photosynthetica*. 44(3):474-477.
- Mittler, R. (2017). ROS are good. *Trends in plant science*, 22(1):11-19.
- Mukherjee, A., Peralta-Videa, J.R. Bandyopadhyay, S. Rico, C.M., Zhao, L. y Gardea-Torresdey, J.L (2014). Physiological effects of nanoparticulate ZnO in green peas (*Pisum sativum* L.) cultivated in soil. *Metallomics*, 6:132-138. <https://doi.org/10.1039/c3mt00064h>
- Padayatt, S. J.; Daruwala, R.; Wang, Y.; Eck, P. K.; Song, J.; Koh, W. S.; Levine, M. (2001). Vitamin C: from molecular actions to optimum intake. In: handbook of antioxidants. Cadenzas, e.; packer, I. (eds) 2nd edition. Crc. press. Washington DC, USA. Pp 117-145.
- Paramo, L. A.; Feregrino-Pérez, A. A.; Guevara, R., Mendoza, S.; y Esquivel, K. (2020). Nanoparticles in agroindustry: Applications, toxicity, challenges, and trends. *Nanomaterials*. 10(9):1654. <https://doi.org/10.3390/nano10091654>
- 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. *Rev. Mexic. Ingen. Biomédica*. 40(1):201- 838.
- Rivera-Gutiérrez, R. G., Preciado-Rangel, P., Fortis-Hernández, M., Betancourt-Galindo, R., Yescas-Coronado, P., & Orozco-Vidal, J. A. (2021). Zinc oxide nanoparticles and their effect on melon yield and quality. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(5), 791-803.
- Rosas-Romero, R., & Covarrubias-Gómez, A. (2020). El papel del zinc en la salud humana. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 58(4), 477-485.
- Rossi, L., Fedenia, L. N., Sharifan, H., Ma, X., & Lombardini, L. (2019). Effects of foliar application of zinc sulfate and zinc nanoparticles in coffee (*Coffea arabica* L.) plants. *Plant physiology and biochemistry*, 135: 160-166. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.12.005>
- Salachna, P., Mizielińska, M., Płoszaj-Witkowska, B., & Jaszczak, A. (2021). Zinc Oxide Nanoparticles Enhanced Biomass and Zinc Content and Induced Changes in Biological

- Properties of Red Perilla frutescens. *Materials*, 14(20):6182. <https://doi.org/10.3390/ma14206182>
- SAS Institute. (2004). *Statistical Analysis System. SAS Release 9.1.3.* Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- Steiner, A. A. (1984). The universal nutrient solution. In *International Society for Soilless Culture. Proceedings of the Sixth International Congress on Soilless Culture*, Lunteren (pp. 633-650). Wageningen, The Netherlands: Secretariat of ISOSC.
- Singh, U., Praharaj, C. S., Chaturvedi, S. K., & Bohra, A. (2016). Biofortification: Introduction, approaches, limitations, and challenges. In *Biofortification of food crops* (pp. 3-18). Springer, New Delhi. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2716-8_1
- Singh, D., & Chaudhuri, P. K. (2018). A review on phytochemical and pharmacological properties of Holy basil (*Ocimum sanctum* L.). *Industrial Crops and Products*, 118, 367-382.
- Tariverdizadeh, N., Mohebodini, M., Chamani, E., & Ebadi, A. (2021). Iron and zinc oxide nanoparticles: An efficient elicitor to enhance trigonelline alkaloid production in hairy roots of fenugreek. *Industrial Crops and Products*, 162:113240. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113240>
- Venkatachalam, P., Jayaraj, M., Manikandan, R., Geetha, N., Rene, E. R., Sharma, N. C., & Sahi, S. V. (2017). Zinc oxide nanoparticles (ZnONPs) alleviate heavy metal-induced toxicity in *Leucaena leucocephala* seedlings: a physiochemical analysis. *Plant Physiology and Biochemistry*, 110, 59-69. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.08.022>

TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE BAJO COSTO PARA UNA CELDA DE CARGA

Martínez-Reyes, Ernesto¹, Hernández-Zamora, Kimberly², García-Hernández, Raúl Vidal¹ y Rojas-Santillán, Carlos¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. C.P. 20670 martinez.ernesto@inifap.gob.mx

²Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes. Av. Universidad No. 1001 Estación Rincón, Rincón de Romos, Aguascalientes. C.P. 20400

RESUMEN

La función principal de los sistemas de adquisición de datos es la toma de señales del mundo real y transformados de tal manera que se puedan manejar por un sistema digital. Existen una gran variedad de tarjetas y sensores para la adquisición de señales, sin embargo, un inconveniente es su alto precio y la necesidad de utilizar software con licencia. Por fortuna, existen alternativas como las tarjetas Arduino, las cuales con de bajo costo y han sido utilizadas en diversas aplicaciones. Con la finalidad de poder cuantificar una de las características que impactan en el desempeño de los implementos agrícolas, que es la fuerza de tiro, el objetivo del presente trabajo fue desarrollar una tarjeta de adquisición de datos que en interfaz con una celda de carga de tipo axial permitiera coleccionar los datos en campo y poderlos transferir a un ordenador. Se obtuvieron las características técnicas de la celda de carga y se seleccionaron los componentes que fueran compatibles, se procedió a realizar las conexiones de los diversos componentes y realizó la programación que permitiera la intercomunicación de los mismos. Se calibró y probó en campo, mostrando un comportamiento lineal, de las pruebas en campo se confirmó que es fiable en condiciones reales.

Palabras clave: Arduino, Fuerza de tracción, DAQ

ABSTRACT

The main function of data acquisition systems is to take signals from the real world and transform them in such a way that they can be used by a digital system. There are a wide variety of data acquisition board and sensors for signal acquisition, however, one disadvantage is their high price and the need to use licensed software. Fortunately, there are alternatives such as Arduino boards, which are inexpensive and have been used in various applications. In order to be able to quantify one of the characteristics that impact the performance of agricultural implements, which is the pulling force, the objective of this work was to develop a data acquisition board that, in interface with a load cell of the type axial allowed data to be collected in the field and transferred to a computer. The technical characteristics of the load cell were obtained and the components that were compatible were selected, the connections of the various components were made and the programming that allowed their intercommunication was carried out. It was calibrated and tested in the field, showing a linear behavior, from the field tests it was confirmed that it is reliable in real conditions.

Key words: Arduino, pulling force, DAQ

INTRODUCCION

A lo largo de la historia de la humanidad, se han hecho registros de datos de diversa índole, en épocas más recientes esta colección de datos se ha sistematizado y es de utilidad para la toma de decisiones. Los sensores electrónicos han facilitado ésta tarea y en la actualidad están presentes en todas las actividades del ser humano (Azúa-Barrón, *et al.*, 2017). La función principal de los sistemas de adquisición de datos es la toma de señales del mundo real y transfórmalos de tal manera que se puedan manejar por un sistema digital. Existen una gran variedad de tarjetas y sensores para la adquisición de señales, sin embargo, un inconveniente es su alto precio y la necesidad de utilizar software con licencia (Calderón-Godoy y González-Pérez 2018). Por fortuna, existen alternativas como las tarjetas Arduino, las cuales con de bajo costo y han sido utilizadas en diversas aplicaciones como variables meteorológicas (Correa, *et al.*, 2017) y señales biológicas (Pérez-Guzmán y González-Rivero, 2012), mismos que han tenido resultados satisfactorios.

El desempeño de los implementos de labranza está determinado por la demanda de fuerza de tiro, potencia y calidad de trabajo, mismos que dependerán de los ajustes del implemento, velocidad y profundidad de trabajo, así como características del suelo (Chávez-Aguilera *et al.*, 2005). Con la finalidad de poder cuantificar una de las características que impactan en el desempeño de los implementos agrícolas, que es la fuerza de tiro, el objetivo del presente trabajo fue desarrollar una tarjeta de adquisición de datos que en interfaz con una celda de carga de tipo axial permitiera coleccionar los datos en campo y poderlos transferir a un ordenador.

MATERIALES Y METODOS

El punto de partida para el desarrollo del sistema fue obtener las características técnicas de la celda de carga que se utilizaría, mismas que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Características técnicas de la celda de carga

Parámetro	Valor
Sensibilidad	2.0±0.05 mV/V
Temperatura de trabajo	-20°C a 80°C
Resistencia de entrada	350±20Ω
Resistencia de salida	350±5Ω
Voltaje de excitación recomendado	5 V a 15 V
Capacidad de carga	3000 kg
Seguridad de sobrecarga	150%

Posteriormente, se seleccionaron los componentes que fueran compatibles con las características de la celda de carga y al mismo tiempo con arduino, dichos componentes y sus características se enlistan en la Tabla 2.

Tabla 2. Componentes de la tarjeta de adquisición y sus características

Componente	Parámetro	Valor
Arduino MEGA	Voltaje operativo	5 V
	Pines de entrada/salida	54
	Pines de entrada análogos	16
	Memoria Flash	256 KB
	SRAM	8 KB
	Velocidad del reloj	16 MHz
Convertidor ADC HX711	Voltaje de alimentación	2.7 a 5.5 V
	Resolución de conversión	24 Bit
	Frecuencia de lectura	80 Hz
	Temperatura de trabajo	-40 a 85 °C
Módulo lector tarjeta Micro SD arduino	Voltaje de alimentación	3.3 a 5 V
	Formato	FAT 32
	Interfaz	SPI
LCD 16x2 HD44780	Voltaje de alimentación	4.7 a 5.3 V
	Modo de trabajo	4 y 8 Bits

Con los componentes seleccionados completos se procedió a realizar las conexiones de los diversos componentes, el diagrama se muestra en la Figura 1.

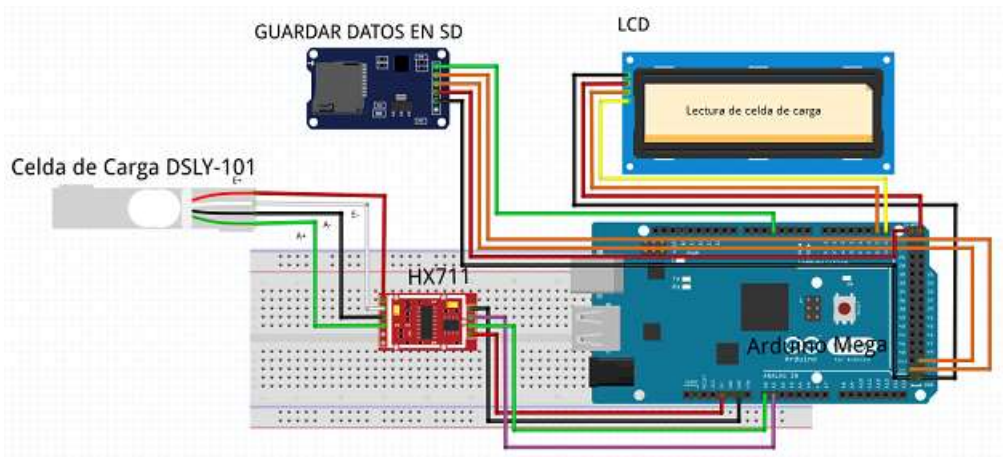


Figura1. Diagrama de conexiones de la tarjeta de adquisición

Una vez hechas las conexiones se inició la programación que permitiera la intercomunicación de los componentes, el código resultante se muestra a continuación.

```
//Programa final
#include "HX711.h"
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
//HX711 circuit wiring
const int DOUT=A1;
const int CLK=A0;
HX711 bascula;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
float factor_calibracion=1548;
void setup ()
```



```

Serial.begin(9600);
Serial.begin("Iniciando SD...")
if (!SD.begin(4))
{
Serial.println("Error al leer la tarjeta\n");
return;
}
Serial.println("Inicializacion exitosa");
if(!SD.exists("datalogi.csv"))
{
File dataFile=SD.open("datalogi.csv",FILE_WRITE);
dataFile.print(",");
if (dataFile){
Serial.println("Archivo nuevo, Escribiendo encabezado (fila 1)");
dataFile.println("Peso kg");
dataFile.close();
}
else{
Serial.println("Error con el archivo datalogi.csv");
}
}
bascula.begin(DOUT, CLK);
lcd.init();
lcd.backlight();
Serial.println("HX711 programa de calibracion");
Serial.println(bascula.read());
Serial.println("Quita cualquier peso de la bascula");
Serial.println("Iniciada la muestra de informacion, colocar peso conocido");
Serial.println("Press + or a to increase calibration factor");
Serial.println("Press - or z to decrease calibration factor");
bascula.set_scale();
bascula.tare();
long zero_factor = bascula.read_avergae();
Serial.print("Zero tactor: ");
Serial.println(zero_factor);
}
void loop() {
File dataFile = SD.open("datalogi.csv", FILE_WRITE);
bascula.set_scale(factor_calibracion);
float peso= bascula.get_units(10);
if(peso<1) peso=peso*-1;
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Peso: ");
lcd.setCursor(5, 0);
lde.print(peso, 1);
lcd.print(" kg");
if(dataFile)
{
Serial.print("Escribiendo SD: ");
Serial.print("Leyendo: ");
Serial.print(bascula.get_units(), 1);
dataFile.println(bascula.get_units(), 1);
Serial.print("kg");
Serial.print(" factor_calibracion: ");
Serial.print(factor_calibracion);
Serial.println();
dataFile.close();
}
}

```

```
}  
else  
{  
Serial.println("Error al escribir en datalogi.csv!!!\n");  
}  
if(Serial.available())  
{  
char temp=Serial.read();  
if(temp=='+'||temp=='a')  
factor_calibracion +=10;  
else if(temp=='-'||temp=='z')  
factor_calibracion-=1;  
}  
delay(20);  
}
```

Al revisar que tanto las conexiones como los circuitos funcionaran y guardaran datos en la memoria SD, se procedió a la calibración de la celda de carga, para lo cual se fueron colocando pesos conocidos, y se fueron registrando los valores arrojados por la tarjeta y los valores de peso conocidos, mismos que después se se graficaron y se obtuvo la curva característica. Que finalmente se agregó al código para que la celda usara la ecuación y arrojara los valores en kgf.

Finalmente, se hizo una prueba en campo con condiciones reales. Para realizar lo anterior se colocó un tractor con un arado de discos y se unió a otro por medio de una cadena y entre ambos le localizó la celda de carga (Figura 2), se introdujo el implemento a campo y se registraron los valores de fuerza, asegurándose de esta manera que el sistema funcionara en condiciones reales.



Figura 2. Pruebas en campo con la celda de carga y tarjeta de adquisición.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las conexiones físicas de la tarjeta de adquisición de datos se muestran en la Figura 3.



Figura 3. Conexiones físicas de la tarjeta de adquisición de datos.

El circuito construido funcionó con estabilidad, lo que permite su uso en campo manteniendo los componentes funcionando. Los resultados de la prueba de calibración se muestran en la Figura 4.

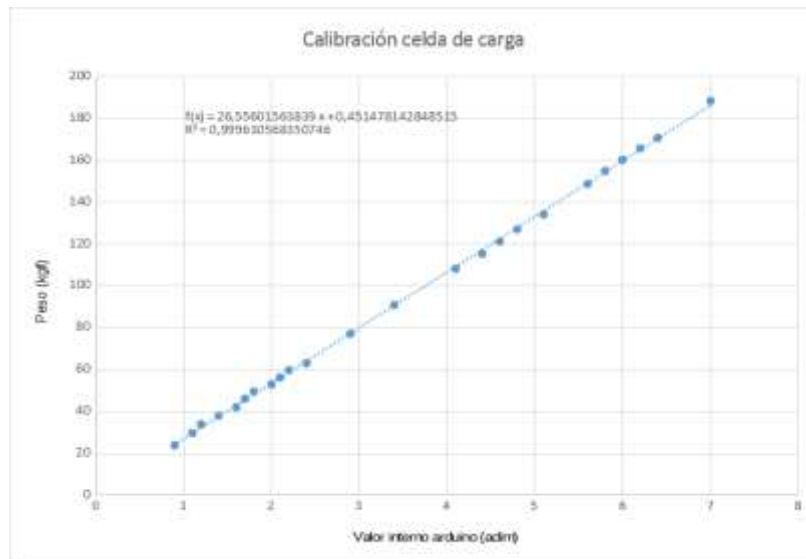


Figura 4. Curva de calibración de la celda de carga a través de la tarjeta de adquisición de datos

Se puede mostrar en la gráfica que presenta un comportamiento lineal y el coeficiente de determinación respecto a la curva calculada es de 0,999, por lo que se tendrán resultados confiables con la tarjeta desarrollada.

Finalmente en la Figura 5 se muestran los resultados de la prueba realizada en campo con un arado de discos.



Figura 5. Prueba del sistema con un arado de discos

Los datos colectados durante la prueba en campo muestran un comportamiento similar a los reportados por Cadena-Zapata *et al.* (2012), por lo que la tarjeta de adquisición de datos mostró su fiabilidad en campo para la colecta de datos de fuerza a través de una celda de carga que mide la demanda de tracción de algunos implementos agrícolas.

CONCLUSIONES

Se desarrolló una tarjeta de adquisición de datos para colectar información de una celda de carga, la cual es de bajo costo y además, usa software libre, lo que facilita su uso. El conjunto celda de carga-tarjeta de adquisición muestra un comportamiento lineal con un coeficiente de determinación muy cercano a la unidad, lo que demuestra su precisión. De las pruebas en campo se confirmó que es fiable en condiciones reales y los datos colectados muestran características similares a los reportados por otros autores.

REFERENCIAS

- Azúa-Barrón, Martín, Vázquez-Peña, Mario Alberto, Arteaga-Ramírez, Ramón, & Hernández-Saucedo, Raúl. (2017). Sistema de adquisición de datos de bajo costo con la plataforma arduino. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(1), 1-12. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i1.67>
- Cadena Zapata, Martín, Campos Magaña, Santos Gabriel, López Santos, Armando, & Zermeño González, Alejandro. (2012). Configuración de herramientas de labranza vertical para reducir demanda de energía. *Terra Latinoamericana*, 30(3), 279-288.
- Calderón-Godoy, A. J., y González-Pérez, I. (2018), Consideraciones sobre la utilización del microcontrolador arduino como sistema de adquisición de datos. *Actas de las XXXIX Jornadas de Automática*, Badajoz. <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497565.0546>
- Chávez Aguilera, Noel, & Ojeda López, Filipa, & Kuk Uc, Wilbert A, & Soca Cabrera, José Ramón (2005). Efecto del contenido de humedad del suelo sobre la fuerza de tiro horizontal requerida por un arado de tres discos-. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 14(1),5-9. ISSN: 1010-2760.
- Correa G. Noriel M., Santamaria L. Marciano, Guerra Sergio, Moreno José E. & Moreno Yarién E. (2017). Selección de sensores para la adquisición de datos atmosféricos utilizando la

plataforma de hardware libre arduino. *Tecnociencia*, Vol. 19, N°2
Pérez-Guzmán, Ricardo Enrique y González-Rivero, Oraymy (2016). Prototipo de adquisición de señales biológicas utilizando arduino. La Habana: Editorial Universitaria, 2012. ISBN 978-959-16-3191-6

FUERZA DE RUPTURA DE SEMILLAS DE PINO PIÑONERO (*Pinus cembroides* Zucc.)

Martínez-Reyes, Ernesto¹, Arellano-Arciniega, Sergio¹, Rojas-Santillán, Carlos¹ y García-Hernández, Raúl Vidal¹.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. Cp. 20670 martinez.ernesto@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los bosques aportan enormes beneficios al ambiente y al ser humano. El árbol *Pinus cembroides* Zucc, es parte del grupo de los pinos llamados piñoneros, y la principal característica de éstos es su semilla no alada y comestible, a la cual se conoce como piñón. La cual aporta ingresos económicos, además, también posee nutrientes que tienen impactos positivos en la salud humana. Con el objetivo de disminuir las fuerzas necesarias para romper la testa de algunas semillas, se ha propuesto incrementar el contenido de humedad por lo que el objetivo del presente trabajo fue cuantificar la fuerza que se requiere para la ruptura de las testas de semillas del piñón, y correlacionarla con el tiempo de sumersión en agua. De los resultados destaca que la fuerza de ruptura de los piñones se ve afectada por la sumersión en agua, sin embargo, entre las 48 horas y 12 horas de sumersión no hay diferencia significativa en la variación de la magnitud de la fuerza, por lo que con el fin de disminuir los riesgos de que los piñones sin cáscara absorban humedad, se recomienda que para facilitar el descascarado solo se sumerjan en agua por un lapso de 12 horas, lo cual permitió una disminución de la fuerza en un 31%.

Palabras clave: Piñón, Fuerza de ruptura, humedad de semillas

ABSTRACT

Forests provide enormous benefits to the environment and to human. The *Pinus cembroides* Zucc tree is part of the group of pines with their main characteristic is their wingless and edible seed, which is known as pine nut. Which provides economic income, in addition, it also has nutrients that have positive impacts on human health. In order to reduce the forces necessary to break the seed coat of some seeds, it has been proposed to increase the moisture content, so the objective of this work was to quantify the force required to break the seed coats of the pine nut, and correlate it with

the time of immersion in water. From the results it stands out that the breaking strength of the pine nut is affected by submersion in water, however, between 48 hours and 12 hours of submersion there is no significant difference in the variation of the magnitude of the force, so In order to reduce the risks of shelled pine nuts absorbing moisture, it is recommended that to facilitate shelling they should only be immersed in water for a period of 12 hours, which allowed a 31% decrease in strength.

Key words: Pine nut, ruptur force, moisture seeds

INTRODUCCION

Los bosques aportan enormes beneficios al ambiente y al ser humano. El árbol *Pinus cembroides* Zucc, es parte del grupo de los pinos llamados piñoneros, y la principal característica de éstos es su semilla no alada y comestible, a la cual se conoce como piñón (González-Ávalos *et al.*, 2006). El pino piñonero es una de las especies de pino de mayor distribución en México, sobre todo se localiza en la Sierra Madre Oriental al norte del Trópico de Cáncer (CONAFOR, 2022). El piñón es un producto comestible de origen forestal, que aporta ingresos principalmente a los ejidatarios en cuyas localidades existen poblaciones de este árbol (González-Ávalos *et al.*, 2006). Además de su importancia económica, también posee componentes como proteínas, flavonoides y antioxidantes, los cuales pueden ser nutrientes que tienen impactos positivos en la salud humana (Valero-Galván, *et al.*, 2019). Incluso Babich *et al.* (2017) estudió una especie de piñón que crece en Rusia y encontró que los piñones pueden ser considerados como un ingrediente promisorio para productos alimenticios en nutrición deportiva y en alimentos especiales. Ante la importancia de los piñones se han diseñado algunos prototipos de máquinas que permitan romper las cascara de tal manera que se pueda extraer la almendra, dichos prototipos usan tres principios básicos para su operación, que son: abrasión y fricción, impacto y fricción, y finalmente compresión y cortante (Bangale y Thriveni, 2017). Con el objetivo de disminuir las fuerzas necesarias para romper la testa de algunas semillas, se ha propuesto incrementar el contenido de humedad, Cárcel *et al.*, (2012), determinaron que en semillas de piñón *Pinus pinea* L., la fuerza de ruptura de las testas disminuye linealmente a medida que se incrementa la humedad. Es por lo anterior que el objetivo del presente trabajo es cuantificar la fuerza que se requiere para la ruptura de las testas de semillas del pino piñonero (*Pinus cembroides* Zucc.), y correlacionarla con

el tiempo de sumersión en agua. Dicha información será de utilidad como parámetros de diseño para prototipos de descascaradoras de piñón, así como para tomar acciones con el fin de facilitar el descascarado de los piñones.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras de piñones se colectaron en el estado de Querétaro, municipio de Cadereyta de Montes, en las coordenadas 20°48'32" de latitud norte y 99°38'04" de longitud oeste. Se extrajeron las semillas de los conos, los cuales la se encontraban secos y abiertos de manera natural. Las semillas se limpiaron y seleccionaron dejando únicamente aquellas comercializadas normalmente. Una vez en el laboratorio se determinó la humedad de las semillas por el método gravimétrico, usando una estufa eléctrica a 60°C por un tiempo de 72 horas. Con el fin de agregar humedad a las semillas se establecieron 5 tratamientos que consistieron en variar el tiempo de sumersión en agua (tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos del experimento

Tratamiento	Tiempo de sumersión en agua (h)
1	48
2	36
3	24
4	12
5	0

Posterior a este tiempo de sumersión en agua se sacaron las semillas y para medir la fuerza se utilizó un texturómetro Brookfield CT3-5000, el cual tiene una capacidad de 50 kgf y una precisión 5 g (Figura 1).



Figura 1. Prueba de fuerza de ruptura con el texturómetro.

La prueba consistió en aplicar fuerza entre dos platos horizontales con una semilla entre ambas superficies y medir la fuerza al momento que la testa se fracturaba, la velocidad de aplicación de la fuerza fue de 10 mm/s.

Otros parámetros medidos fueron; el peso de 100 semillas, para lo cual se utilizó una balanza granataria con precisión de 1 g, las medidas de largo, ancho y alto mediante un vernier con precisión de 0.1 mm, así como el ángulo de fricción en la interacción semilla-acero utilizando un goniómetro con precisión de 1°, el cual se determinó al ir inclinando una superficie sobre la que se colocaba un piñón y se tomaba la lectura cuando esta se deslizaba (Figura 2).



Figura 2. Determinación del ángulo de fricción en la interacción piñón-acero.

RESULTADOS Y DISCUSION

La humedad inicial de las semillas fue de 6.78%, los resultados de la fuerza promedio de en función del tiempo de inmersión se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Fuerza de ruptura en función del tiempo de inmersión

Tratamiento	Tiempo de sumersión en agua (h)	Fuerza promedio de ruptura (N)
1	48	179
2	36	181
3	24	184
4	12	198
5	0	288

Se puede notar que la fuerza de ruptura aumenta a medida que el tiempo de inmersión disminuye, sin embargo, las diferencias son mínimas, principalmente entre aquella que no se sumergió en agua, en la figura 3 se muestra el gráfico de cajas.

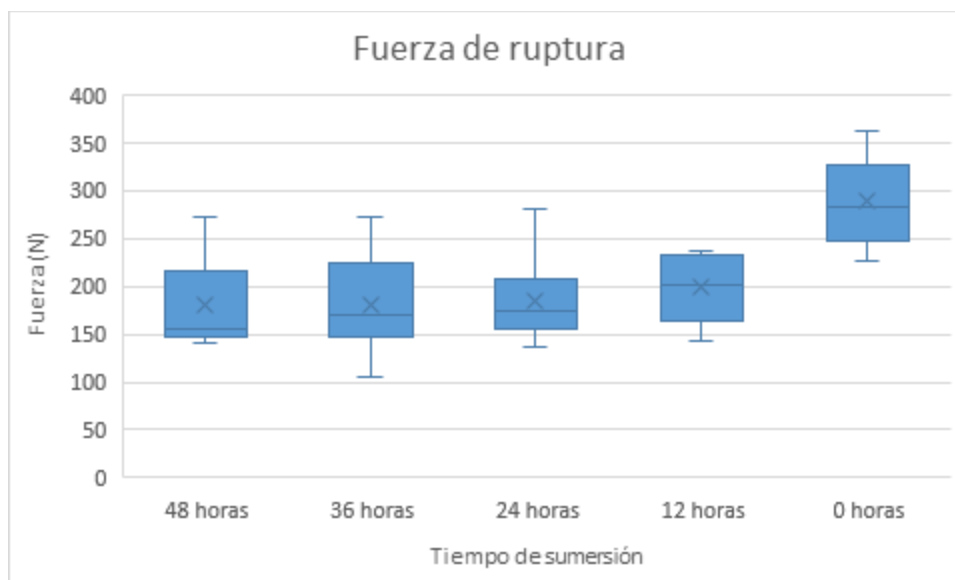


Figura 3. Gráfico de cajas de la fuerza de ruptura en función del tiempo de sumersión

Se puede notar que no hay diferencia significativa en la magnitud de la fuerza en relación al tiempo de inmersión, sin embargo, si hay diferencia entre el tratamiento que no se sumergió y el resto, lo que sugiere que es recomendable sumergir las semillas por un periodo de 12 horas, ya que de esta manera se disminuye la

posibilidad de que la almendra como tal absorba humedad y se active el proceso de germinación.

Los resultados de peso de 100 semillas, dimensiones de la semilla y ángulo de fricción se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Características físicas de los piñones

Dimensiones (mm)	Largo	14.4
	Ancho	8.6
	Alto	7.4
Peso de 100 semillas (g)		40.96
Ángulo de fricción piñón-semilla (°)		18.1

Los datos dimensionales de las semillas de pino son similares a los reportados por Valero-Galván *et al.* (2019), cuya longitud oscila entre 12.5 a 15.4 mm, así como el peso de cada semilla individual, que se encuentra entre 0.37 a 0.59 g. El ángulo de fricción no se encontró en la literatura, sin embargo, es un parámetro de diseño de maquinaria importante.

CONCLUSIONES

La fuerza de ruptura de los piñones se ve afectada por la sumersión en agua, sin embargo, entre las 48 horas y 12 horas de sumersión no hay diferencia significativa en la variación de la magnitud de la fuerza, por lo que con el fin de disminuir los riesgos de que los piñones sin cáscara absorban humedad, se recomienda que para facilitar el descascarado solo se sumerjan en agua por un lapso de 12 horas, lo cual permitió una disminución de la fuerza en un 31%. Las características dimensionales de los piñones son similares a las reportadas por otros trabajos. Los datos obtenidos en el presente trabajo sirven de base como parámetros de entrada para el diseño de máquinas descascaradoras de piñón.

REFERENCIAS

- Babich, Olga & Milenteva, I.S. & Ivanova, Svetlana & Pavsky, Valery & Kashirskikh, E.V. & Yang, Y.. (2017). The potential of pine nut as a component of sport nutrition. *Foods and Raw materials*. 5. 170-177. 10.21603/2308-4057-2017-2-170-177.
- Bangale R. A. & Thriveni V., (2017), Review on Advances in Nut Shelling Technology, in *Trends in Biosciences* 10(2), Print: ISSN 0974-8431, 508-511

- CONAFOR. (2022). *Pinus cembroides* Zucc. SIRE: CONABIO-SEMARNAP. Paquetes tecnológicos. México. 7p
- González-Ávalos, J., & García-Moya, E., & Vargas-Hernández, J. J. & Trinidad-Santos, A., & Romero-Manzanares, A., & Cetina-Alcalá, V. M., (2006). Evaluación de la Producción y Análisis de Conos y Semillas de *Pinus cembroides* Zucc. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 12(2),133-138. [fecha de Consulta 26 de Julio de 2022]. ISSN: 2007-3828.
- L.M. Cárcel, J. Bon, L. Acuña, I. Nevares, M. del Álamo, R. Crespo, (2012), Moisture dependence on mechanical properties of pine nuts from *Pinus pinea* L., *Journal of Food Engineering*, Volume 110, Issue 2, Pages 294-297, ISSN 0260-8774.
- Valero-Galván J, Reyna-González M, Chico-Romero PA, Martínez-Ruiz NDR, Núñez-Gastélum JA, Monroy-Sosa A, Ruiz-May E, González Fernández R. Seed Characteristics and Nutritional Composition of Pine Nut from Five Populations of *P. cembroides* from the States of Hidalgo and Chihuahua, Mexico. *Molecules*. 2019 May 30;24(11):2057.

PRODUCTIVIDAD DE TOMATE POR EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DOLOMITA COMO FUENTE DE CALCIO Y MAGNESIO

Báez-Pérez, Aurelio¹, Moreno-Gómez, Blanca¹, Olivares-Arreola, Edgar Adrián²

¹Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío. Km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato.

²Estudiante de maestría del Instituto Tecnológico Nacional de México, campus Roque. Km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Guanajuato.

Autor de correspondencia baez.aurelio@inifap.gob.mx

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como propósito evaluar dosis crecientes de dolomita y micro carbonato de calcio (MCC) en la producción y calidad de tomate. El estudio se llevó a cabo en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Agrícola Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato. El sustrato que se empleó en el presente estudio estuvo constituido por 55 % de un suelo franco limoso, 30 % de tezontle, 10 % de arena y 5 % de fibra de coco. Se estableció un ensayo de tomate en macetas para evaluar dosis crecientes de dolomita y micro carbonato de calcio (MCC). Se sembró tomate "Saladet" variedad "El Cid" de Harris Moran el 10 de junio de 2021 en invernadero. El trasplante se efectuó el 15 de julio 2021 en macetas de plástico de 8 kg de suelo. El ensayo se estableció en un invernadero y previo al trasplante se aplicaron 4 diferentes dosis de dolomita, 3 dosis de MCC y 2 mezclas al momento de hacer el sustrato. La aplicación de dolomita y MCC en la producción de tomate aumentó el rendimiento y el contenido de Ca y Mg en el fruto, que implicó una mejor calidad comparado con lo que se obtuvo en el tratamiento testigo, sin aplicación de estos productos. La dosis donde se mezcló dolomita y MCC (2 + 2 t ha⁻¹) fue el tratamiento que tuvo el mayor rendimiento y mayor número de frutos.

Palabras clave: tomate, nutrición de cultivos, agricultura protegida

ABSTRACT

The purpose of this work was to evaluate increasing doses of dolomite and micro calcium carbonate (MCC) in production and quality of tomato. The study was carried out on National Institute for Agricultural and Livestock Forestry Research (INIFAP), in Celaya, Guanajuato. The substrate used in the present study consisted of 55 % silty loam soil, 30 % tezontle, 10 % sand and 5 % coconut fiber. A potted tomato trial was established to evaluate increasing doses of dolomite and micro calcium carbonate (MCC). Tomato "Saladet" variety "El Cid" by Harris Moran was sowing on June 10, 2021 in a greenhouse. The transplant was carried out on July 15, 2021 in plastic pots with 8 kg of soil. The experiment was established in a greenhouse and prior to transplanting, 4 different doses of dolomite, 3 doses of MCC and 2 mixtures were applied at the time of prepared the substrate. The application of dolomite and MCC in tomato production increased the yield and the content of Ca and Mg in the fruit, which implied a better quality compared with the obtained in the control treatment, without application of these products. The dose where dolomite and MCC (2 + 2 t ha⁻¹) were mixed was the treatment with the highest yield and the highest number of fruits.

Key words: tomato, crop nutrition, protecting farmer

INTRODUCCIÓN

Los problemas de contaminación en la producción agrícola, por la aplicación excesiva de fertilizantes químicos y pesticidas, derivan en contaminación y problemas de salud pública. La demanda de productos inocuos es cada vez mayor; sin embargo, se requiere del empleo de

fertilizantes de origen natural o minerales e inocuos. La adecuada nutrición de las plantas proporciona resistencia de los cultivos a plagas y enfermedades. Elementos como calcio y silicio forman parte de las paredes celulares y la cutícula, que proveen de resistencia física. Por otra parte, el aporte al suelo, de estos elementos, en forma de dolomita suministra cantidades de calcio que mejora propiedades físicas y químicas del suelo; así como magnesio, que también es esencial para la nutrición de los cultivos. García-Ramos *et al.* (2018) documentó que la sílice contenida en la dolomita proporciona resistencia del tomate a *Fusarium oxysporum* Schtdl. En suelos ácidos la aplicación de dolomita y carbonato de calcio son ideales para neutralizar el pH y aumentar la disponibilidad de otros elementos, como el fósforo (Cano-Betancur, 2011). De acuerdo con Vázquez (2007) la finura en la molienda de la dolomita puede mejorar la disolución de calcio y magnesio y con esto, aumentar su absorción y aprovechamiento por los cultivos. Sin embargo, la disolución en realidad es lenta, aun con material fino, debido a la baja solubilidad de los carbonatos, por lo cual la aplicación vía foliar puede representar una opción para corregir las demandas de los nutrientes durante estadios críticos de los cultivos (Ferro *et al.*, 2015). El tomate es un cultivo ampliamente cultivado en México y el sistema de producción intensivo en condiciones de invernadero, y con tecnología de punta, es cada vez más generalizado. La adición de calcio y magnesio foliar mediante la aplicación de dolomita puede proporcionar condiciones para una mayor resistencia a plagas y enfermedades, considerando que el calcio es el elemento responsable de mantener unidas las paredes celulares de las plantas, por lo cual un adecuado suministro proporciona mayor resistencia. La absorción del calcio por la planta es pasiva y no requiere de una fuente de energía. El calcio se transporta en la planta junto con el agua, principalmente a través del xilema. Por lo tanto, la absorción de este elemento está directamente relacionada con la proporción de transpiración de la planta. Por otra parte, el magnesio es un nutriente esencial para el desarrollo de las plantas, y constituye el núcleo de la molécula de clorofila, importante durante la fotosíntesis. Jasso-Chaverría *et al.* (2012) mencionan que la aplicación de dolomita para cultivo de tomate es recomendable desde el sustrato en el cual se germinan las plántulas, previo al trasplante en invernadero. El presente trabajo tuvo como propósito evaluar dosis crecientes de dolomita y micro carbonato de calcio (MCC), en la producción y calidad de tomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Agrícola Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, el cual se ubica a 20° 35' 18.2" LN y 100° 49' 34" LO, a una altitud de 1706 m. La temperatura media anual es de 20.6 °C y la precipitación media anual es de 597 mm.

Dolomita y MCC

La composición de la dolomita micronizada estuvo constituida por una mezcla homogénea de carbonato de calcio con carbonato de magnesio: 60 % de CaCO₃, 39 % de MgCO₃, compuestos que aportan 24 % de Ca y 13 % de Mg. Por otra parte, el micro carbonato de calcio (MCC) está compuesto por carbonato de calcio natural obtenido a partir de piedra caliza de alta pureza, la cual es procesada por vía seca y clasificada con un tamaño de partícula extrafino, no higroscópica, inodora, insípida y libre de partículas extrañas. Contiene, al igual que la dolomita, 24 % de Ca y 13 % de Mg.

Sustrato

El sustrato que se empleó en el presente estudio estuvo constituido por 55 % de un suelo franco limoso, 30 % de tezontle, 10 % de arena y 5 % de fibra de coco. El suelo presentó una densidad aparente de 1.03 g cm⁻³ y capacidad de retención de humedad aprovechable para

las plantas de 16.4 %. El pH fue ligeramente ácido, el contenido de materia orgánica de 1.39 % y el N total de 0.075 %. La relación C/N fue de 10.8. El contenido de N inorgánico (N-NO₃+N-NH₄) fue de 32.3 ppm, lo que puede considerarse como alto, al igual que el P extractable Bray, K, Ca y Mg, no así el sodio que fue moderado. El contenido de Fe, Zn y Cu fue bajo, mientras que el de Mn fue moderadamente alto.

Tratamientos

Se estableció un ensayo de tomate en macetas, para evaluar dosis crecientes de dolomita y micro carbonato de calcio (MCC). Los tratamientos se describen en el Cuadro 1. El ensayo se llevó a cabo en macetas con capacidad de 8 kg de suelo seco en invernadero. En cada una de ellas se aplicó la dosis correspondiente de dolomita y MCC. El análisis de los datos se efectuó mediante un diseño experimental completamente al azar, con tres repeticiones. La comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

Manejo agronómico

Se sembró tomate "Saladet" variedad "El Cid" de Harris Moran el 10 de junio de 2021 en invernadero. El trasplante se efectuó el 15 de julio en macetas de plástico de 8 kg de suelo. El ensayo se estableció en un invernadero. Previo al trasplante se aplicaron las dosis correspondientes de dolomita y MCC al momento de hacer el sustrato, el cual estuvo constituido por 55 % de suelo franco limoso, 30 % de tezontle, 10 % de arena y 5 % de fibra de coco. Se implementó un sistema de riego automatizado para suministro de agua y nutrientes. A los 15 días del trasplante se efectuó el tutorado. Se aplicó para la nutrición de las plantas nitrato de calcio, cloruro de potasio, sulfato de amonio, superfosfato de calcio triple. Las fuentes de calcio se aplicaron sólo al inicio y más frecuentemente se aplicó cloruro de potasio y sulfato de amonio. Se aplicó en cuatro ocasiones la solución de Hoagland. Se aplicó en cuatro ocasiones dolomita y MCC en el riego y por aspersion. Se efectuaron 16 cortes del 7 de octubre de 2021 al 8 de enero de 2022.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos para la producción de tomate en el ciclo otoño-invierno 2021-2022. Campo Experimental Bajío, en Celaya, Guanajuato.

Tratamiento	Producto	Dosis t ha ⁻¹
1	Dolomita	0.0
2	Dolomita	1.0
3	Dolomita	1.5
4	Dolomita	2.0
5	MCC	1.0
6	MCC	1.5
7	MCC	2.0
8	Dolomita + MCC	1.0 + 1.0
9	Dolomita + MCC	2.0 + 2.0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los parámetros agronómicos se presentan en el Cuadro 2. La población promedio fluctuó entre 4.4 y 4.9 plantas m⁻². El número frutos m⁻², a nivel de promedio por corte, presentó diferencias estadísticas significativas (Cuadro 4). El tratamiento testigo (1) sin aplicación de dolomita ni MCC tuvo el nivel más bajo, mientras que, la aplicación de 2 + 2 t ha⁻¹ de estos productos, tuvo una producción de frutos 58 % mayor con respecto al tratamiento testigo. El número de frutos por corte en de los demás tratamientos, con aplicación de 1 a 2 t ha⁻¹ de dolomita y MCC (2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8), fue menor entre 14 y 23 % mayor respecto al testigo; sin embargo, las diferencias no fueron estadísticamente significativas, pero se observó la tendencia en la mayor emisión de frutos, que puede atribuirse a una mejor condición en el

desarrollo del cultivo. La variación experimental en este parámetro fue de cerca de 44 %, lo cual es normal por la naturaleza del ensayo. Por otra parte, la producción total de frutos fue de 72.3 unidades m^{-2} en el tratamiento testigo (1), en el nivel más bajo, y 113.5 unidades m^{-2} en el tratamiento con aplicación de 2 + 2 t ha^{-1} de dolomita y MCC (9). Si bien, hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre estos tratamientos, sin embargo, no se presentaron diferencias significativas entre los demás (2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8). El comportamiento fue semejante a lo explicado anteriormente, en el número de frutos por corte.

La producción total de tomate (15 cortes) tuvo su menor nivel en el tratamiento testigo donde se registraron 57.5 t ha^{-1} , es decir, 3.8 t ha^{-1} por corte, mientras que la mayor producción, cerca del doble, se alcanzó en el tratamiento con 2 + 2 t ha^{-1} de dolomita y MCC (Cuadro 2) y la producción fue semejante con lo que se obtuvo en los tratamientos 8 y 4, donde se reflejó el efecto de la aplicación de dolomita y MCC. La producción de tomate se relacionó estrechamente con el número de frutos ($R^2=0.90$).

Cuadro 2. Resultados de producción de tomate por efecto de la aplicación de Dolomita y MCC. Campo Experimental Bajío.

Trat.	Dolomita t ha^{-1}	MCC t ha^{-1}	Número plantas	Frutos		Rendimiento		Longitud	Diámetro
				corte	total	por corte	total	fruto	fruto
			m^{-2}		t ha^{-1}		cm		
1	-	-	4.2a*	4.8b	72.3b	3.8c	57.5c	6.7a	4.4a
2	1.0	-	4.9a	6.4ba	96.0ba	5.4bc	80.3bc	6.9a	4.9a
3	1.5	-	4.7a	6.0ba	90.7 ba	5.4bc	81.6bc	7.1a	5.2a
4	2.0	-	4.5a	6.6ba	98.7 ba	6.6ba	98.4ba	7.3a	5.3a
5	-	1.0	4.9a	5.9ba	88.9 ba	5.0bc	74.3bc	6.8a	4.8a
6	-	1.5	4.7a	6.3ba	94.3 ba	5.5bc	81.9bc	6.8a	4.9a
7	-	2.0	4.5a	6.6ba	98.2 ba	5.6bc	83.6bc	6.9a	4.9a
8	1.0	1.0	4.4a	6.5ba	96.8 ba	6.1ba	91.2ba	7.0a	5.1a
9	2.0	2.0	4.9a	7.6a	113.5a	7.5a	112.0a	6.9a	5.0a

*: Letras iguales son estadísticamente semejantes ($p < 0.05$).

Contenido de nutrientes

El contenido de N, P, K, Ca y Mg foliar al iniciar los cortes de tomate (primer muestreo) y al finalizar los mismos (segundo muestreo) se presentan en el Cuadro 3. Con base en los niveles de suficiencia nutricional, el contenido de N fue adecuado en todos los tratamientos en ambas evaluaciones, considerando un nivel de este elemento en el rango de 3 a 6 %. El nivel de fósforo (P) fue adecuado durante la primera evaluación; sin embargo, en la segunda fue deficiente considerando que el rango adecuado de este elemento en hoja es de 0.3 a 0.8 %. El potasio (K) debe encontrarse al menos en una concentración de 2.5 %; durante la segunda evaluación éste estuvo ligeramente por debajo de este rango. El calcio (Ca), elemento que aporta la Dolomita y el MCC, debe contener en esta especie un rango de concentración entre 2 y 6 %. Durante el primer muestreo el contenido de este elemento estuvo por encima de 3 % (Cuadro 3) y más de 4 % en el tratamiento con 2 t ha^{-1} de Dolomita (4), es decir, fue suficiente. Los tratamientos con aplicación de dolomita y MCC tuvieron entre 4 y 10 % mayor al contenido de Ca, que hubo en el testigo. Durante el segundo muestreo el contenido de Ca foliar estuvo cerca del límite superior, pero se observó que el tratamiento con aplicación de 2 + 2 t ha^{-1} de Dolomita + MCC (9) tuvo 25 % mayor Ca foliar que el testigo. Por otra parte, el contenido de Mg foliar se recomienda que se encuentre entre 0.5 y 1.0 %; durante ambos muestreos, el contenido de este elemento fue suficiente; sin embargo, los tratamientos con aplicación de

dolomita y MCC fueron mayores ($p < 0.05$) entre 16 y 22 %, con respecto al tratamiento testigo. De acuerdo con Pulido y Escobar (2009) los niveles de calcio y magnesio pueden mejorarse en el cultivo de tomate en invernadero a través de la incorporación de la cal dolomítica que se utiliza para elevar el pH del sustrato. Hay reportes de una respuesta adecuada a la producción de tomate mediante la aplicación de Ca y Mg mediante su aplicación de carbonato de calcio y dolomita en suelos ácidos (Cano-Betancur *et al.*, 2011).

El contenido de N, P, K, Ca y Mg, con base en su peso seco en fruto, al iniciar los cortes de tomate (primer muestreo) y a finalizar los mismos (segundo muestreo) se presentan en el Cuadro 4. Los niveles de suficiencia fueron adecuados. Los resultados coincidieron con lo reportado con González-Raya *et al.* (2004). Sin embargo, se observó, de manera general hubo una mayor acumulación de Ca y Mg en los tratamientos con aplicación de dolomita y MCC.

Cuadro 3. Resultados de contenido de nutrientes en hoja de tomate.

Trat	Dolomita	MCC	Primer muestreo					Segundo muestreo				
			N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
t ha ⁻¹			%					%				
1	0	0	5.13	0.53	2.54	3.44	0.67	3.02	0.24	2.37	5.04	0.58
2	1		4.57	0.46	2.81	3.51	0.78	3.47	0.26	2.20	5.72	0.58
3	1.5		4.43	0.42	2.68	3.56	0.81	3.15	0.20	2.52	6.01	0.78
4	2		4.70	0.44	2.81	4.57	0.75	4.03	0.32	2.31	5.62	0.62
5		1	5.28	0.55	2.60	3.51	0.78	3.29	0.27	2.98	5.14	0.53
6		1.5	5.93	0.60	3.27	3.51	0.83	3.32	0.23	2.59	5.29	0.61
7		2	5.04	0.49	2.31	3.59	0.84	3.11	0.23	2.05	5.88	0.96
8	1	1	5.96	0.51	2.85	3.63	0.85	3.30	0.22	2.29	5.54	0.81
9	2	2	5.88	0.50	2.99	3.79	0.88	3.07	0.27	2.38	6.30	0.84

Cuadro 4. Resultados de contenido de nutrientes en fruto de tomate.

Trat	Dolomita	MCC	PRIMER MUESTREO					SEGUNDO MUESTREO				
			N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
t ha ⁻¹			%					%				
1	0	0	2.79	0.46	3.33	0.23	0.15	3.10	0.44	3.28	0.19	0.15
2	1	0	2.65	0.52	3.53	0.27	0.18	2.91	0.49	3.97	0.26	0.17
3	1.5	0	2.52	0.60	3.60	0.29	0.19	3.15	0.41	3.61	0.23	0.17
4	2	0	2.95	0.47	4.15	0.26	0.20	3.10	0.45	3.64	0.28	0.17
5	0	1	2.81	0.45	3.31	0.26	0.17	3.18	0.45	4.30	0.24	0.22
6	0	1.5	3.40	0.57	3.37	0.24	0.17	2.80	0.39	3.67	0.24	0.24
7	0	2	2.93	0.52	3.37	0.27	0.17	3.15	0.44	3.69	0.32	0.25
8	1	1	5.12	0.52	3.49	0.27	0.17	2.74	0.39	3.31	0.23	0.24
9	2	2	5.09	0.56	3.73	0.27	0.18	2.82	0.43	3.19	0.31	0.27

CONCLUSIONES

La aplicación de dolomita y MCC en la producción de tomate aumentó el rendimiento y el contenido de Ca y Mg en el fruto, que implicó una mejor calidad comparado con lo que se obtuvo en el tratamiento testigo, sin aplicación de estos productos. La dosis de 2 + 2 t ha⁻¹ de dolomita y MCC fue el tratamiento que tuvo el mayor rendimiento y mayor número de frutos.

REFERENCIAS

Cano-Betancur, S.M., M. Gallego-Becerra, W. Chavarriaga-Montoya. 2011. Efecto de la aplicación de calcio y fósforo en un suelo ácido y la respuesta en el cultivo de tomate chonto (*Solanum lycopersicum* (L.) Mill). *agron.* 19(1): 77-87.

- Ferro, D., G. Millán, V. Merani, N. Machetti, L. Larrieu, L. Nughes, y M. Vázquez. 2015. Efectos del agregado de dolomita y fertilizantes cálcico-magnésicos en el rendimiento de Avena sativa L. en suelos ácidos de la región templada argentina. IAH 19:22-25.
- González-Raya, E., A. Benavides-Mendoza, H. Ramírez, V. Robledo-Torres, R. Maiti, A. Reyes-López, A.F. Aguilera-Carbo, L.O. Fuentes-Lara y R.E.M. Hernández-Valencia. 2004. Crecimiento de tomate y calidad de frutos con diferentes Concentraciones de nitrato. Terra Latinoamericana 23: 105-111.
- Jasso Chaverría, C., M.Á., Martínez-Gamiño, J.R. Chávez-Vázquez, J.A. Ramírez-Télles y E. Garza. 2012. Guía para cultivar tomate en condiciones de malla sombra en San Luis Potosí. Folleto Técnico número MX-0-310305-49-03-17-09-44, primera edición. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental San Luis Potosí. S.L.P. 12 p.
- Pulido, S. y H. Escobar. 2009. Propagación del tomate. In: Manual de producción de tomate bajo invernadero. Escobar, H. y R. Lee (eds.). Segunda edición. Universidad de Bogotá, Colombia. 22 p.
- Vázquez, M. 2007. Calcio y Magnesio del suelo. Encalado y enyesado. En: Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ed. Echeverría, H., F. García. INTA, 2da reimpresión. Primera edición. Cap. 8. pp:181-188.

AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE CEPAS DE HONGOS NEMATÓFAGOS PARA BIOCONTROL DE FITOPARÁSITOS QUE AFECTAN EL CULTIVO DE JITOMATE

Moreno-Gómez, Blanca¹, Báez-Pérez, Aurelio¹, Vázquez-Ramírez, Gabriela²

¹Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío. Km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato.

²Estudiante del Instituto Tecnológico Nacional de México, campus Roque. Km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Guanajuato

Autor de correspondencia moreno.blanca@inifap.gob.mx

RESUMEN

La producción de diversos cultivos hortícolas como el jitomate en el estado de Guanajuato está siendo limitada por el ataque del nemátodo nodulador *Meloidogyne spp.* La búsqueda de alternativas para el manejo de este fitoparásito surge como respuesta a esta problemática. Una opción biológica para el control de fitoparásitos es mediante el aislamiento e identificación de hongos nematófagos nativos del estado de Guanajuato. El objetivo de la presente investigación fue identificar hongos nematófagos existentes en suelos donde se producen cultivos en condiciones protegidas y susceptibles a *Meloidogyne spp.* El estudio se realizó en un periodo de 1 año de enero a diciembre de 2021 en tres municipios del estado de Guanajuato en cultivos de jitomate y chile donde se recolectaron muestras de suelo, las cuales fueron procesadas mediante el método de espolvoreado en placa (agua-agar). Para purificar y seleccionar hongos nematófagos, los aislamientos se transfirieron a placas con agar harina de maíz, identificándose las estructuras morfológicas para el diagnóstico a nivel género. Se obtuvieron 22 aislados, de los cuales 5 fueron identificados molecularmente con los géneros *Paecilomyces*, *Trichoderma* y *Verticillium*.

Palabras clave: Fitoparásitos, Hongos nematófagos, *Paecilomyces*, Jitomate, *Trichoderma*

ABSTRACT

Production of various horticultural crops such as tomatoes in the state of Guanajuato is being limited by attack of the root knot nematode *Meloidogyne spp.* The search for alternatives for the management of this phytoparasite arises in response to this problem. A biological option for the control of phytoparasites is through the isolation and identification of nematophagous fungi native to the state of Guanajuato. The objective of the present investigation was to identify nematophagous fungi existing in soils where crops are grown under protected conditions and susceptible to *Meloidogyne spp.* The study was carried out in a period of 1 year from January to December 2021 in three location of the state of Guanajuato in tomato and chile crops where soil samples were collected, which were processed using the sprinkling plate method (water-agar). To purify and select nematophagous fungi, the isolates were transferred to plates with agar cornmeal, identifying the morphological structures for diagnosis at the genus level. 22 isolates were obtained, of which 5 were molecularly identified with the genera *Paecilomyces*, *Trichoderma* and *Verticillium*.

Key words: Phytoparasites, Nematophagous fungi, *Paecilomyces*, Tomato, *Trichoderma*

INTRODUCCIÓN

El control biológico de nemátodos a través de hongos nematófagos es una alternativa prometedora para el manejo de los parásitos de las plantas (Singh et al., 2007). Por tanto, se han realizado estudios extensos de su taxonomía, filogenia, biología y ecología (Dong y Zhang 2006). Los hongos nematófagos son considerados un grupo importante de microorganismos

del suelo que pueden suprimir las poblaciones de nematodos parásitos de las plantas y animales. Se clasifican cuatro grupos de manera general con base en los mecanismos de ataque a los nemátodos a) trapeo de nematodos: estos utilizan mecánicamente nódulos o hifas adhesivas, pertenecen a un grupo de ascomicetos asexuales con especies definidas por su tipo de dispositivos de captura (Yang et al., 2007); b) hongos endoparásitos usando sus esporas; c) los hongos que utilizan las puntas de sus hifas para invadir hembras y huevecillos; y d) hongos productores de toxinas que inmovilizan a los nematodos (Liu et al., 2009). El control químico sigue utilizándose como la opción más rápida para enfrentar los problemas fitosanitarios. Sin embargo, la implicación ambiental es un tema muy discutido actualmente, y ante este panorama, el control biológico, surge como una alternativa promisoriosa en el control de patógenos y plagas incluidos los nematodos fitoparásitos. Los hongos nematófagos son habitantes del suelo que utilizan sus esporas o micelio para infectar nemátodos. Se les encuentra en diferentes tipos de sustratos y son capaces de sobrevivir en condiciones climáticas o nutricionales extremas en diferentes regiones geográficas del mundo (Gray y Soh, 1989). Los antagonistas de estos nemátodos han sido localizados en un amplio rango de organismos que incluyen hongos, bacterias, virus, plantas, protozoarios, turbelarios, tardígrados, ácaros e inclusive otros nemátodos (Jansson y Lopez-Llorca, 2001). Dentro de este amplio grupo de hongos nematófagos, los más importantes en la regulación de poblaciones de nemátodos son algunas especies de los géneros: *Arthrobotrys*, *Dactylella*, *Dactylellina*, *Gamsylella*, *Drechlerella*, *Monacrosporium*, *Monacrosporiella*, *Nematoctonus*, *Paecilomyces*, *Stylopage*, *Stropharia*, *Trichoderma*, *Didymozaophaga*, *Verticillium* (Chen y Dickson, 2004). Más de 200 especies de hongos nematófagos han sido descritas; un grupo con un alto potencial para ser usadas como agentes de control biológico para la supresión de nemátodos fitoparásitos (De Leij y Kerry, 1991; Khan y Akram, 2000; Kerry, 2000). El presente estudio contribuye al conocimiento de hongos nematófagos que pueden ser potenciales para control de fitoparásitos y como una alternativa al manejo integrado del nemátodo formador de nódulos en raíz *Meloidogyne spp.*

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron 3 muestreos en cultivo de chile y jitomate en el municipio de Juventino Rosas, Acámbaro y Salvatierra del estado de Guanajuato con productores cooperantes. Las muestras de suelo y planta fueron colectadas de la rizosfera en áreas naturalmente infestadas por el complejo de especies de *Meloidogyne* (figura 1). Cada muestra compuesta consistió de 2.5 kg de suelo en la etapa intermedia del cultivo. Para el aislamiento de los hongos nematófagos, las muestras se procesaron mediante el método de espolvoreado en placa descrito por Barrón (1977). La técnica consistió en utilizar por cada área de muestreo, cinco repeticiones colocando en cajas Petri de 9 cm de diámetro con agua-agar (A-A) y 1 g de la muestra de suelo tamizado. Con la ayuda de una espátula se realizó un estriado en la placa (A-A). Las cajas se incubaron a temperatura ambiente (27-30 °C) y luz fluorescente. A partir del cuarto día de incubación las cajas se observaron diariamente con un microscopio estereoscópico, en busca de hifas, conidios, esporas o nematodos parasitados. Las observaciones se realizaron por una semana más con el fin de aumentar la posibilidad de encontrar alguna estructura fúngica. Una vez observada la posibilidad de presencia de hongos nematófagos, se procedió a su aislamiento y purificación. Con la ayuda de una micropipeta y la observación bajo un microscopio compuesto, se tomaron conidios, micelio o nematodos parasitados y se colocaron en medio agar harina de maíz (CMA) (cornmeal-agar) 17 g/L con cloranfenicol al 0.1% (p/v) (Núñez, 2002), para evitar el crecimiento de bacterias, adicionalmente se preparó otro medio específico CMA 17 g/L más el reactivo rosa de bengala a 5 g/L, de acuerdo a lo descrito por (Pérez et al., 2007) para el crecimiento específico de *Pochonia chlamydosporia*. Las muestras se incubaron a temperatura ambiente (27-30°C) y una semana después se verificó el crecimiento de los hongos respecto a los crecimientos en medio (CMA + rosa de bengala) no

se observó crecimiento alguno; sin embargo, en las placas con medio agua-agar se observó crecimiento de micelio, las colonias obtenidas fueron transferidas en medio (CMA + cloramfenicol al 0.1%) (Núñez, 2002) para su purificación y posteriormente en medio CMA 17 g/L, sin antibiótico para su replicación. Los hongos identificados se conservaron en tubos de ensayo de 20 ml con medio CMA inclinado y aceite mineral a 4°C para su posterior utilización en pruebas de patogenicidad.

Para la identificación de los hongos nematófagos se prepararon montajes semipermanentes (Connell y Padgett, 1988) y se compararon estructuras como son: micelio en crecimiento, conidióforos y conidios.

La identificación molecular se llevó a cabo con la amplificación del gen 18s ribosomal. Los hongos fueron propagados en caldo de papa o en los medios selectivos en un periodo de incubación de 5 días a 25°C en agitación continua (Giraldo, 2009) y fueron preservados en tubo inclinado con PDA y aceite mineral. Para obtener el ADN fúngico se utilizó la técnica de extracción de CTAB (Rodríguez-Herrera, 2009). Posteriormente se realizó la técnica de PCR amplificando el gen que codifica para la región ribosomal 18s (rDNA), utilizando los iniciadores 31¶-CCG TTG GTG AAC CAG CGG AGG GAT C-¶31¶-TTC GCTTAT TGA TAT. La reacción se llevó a cabo en 35 ciclos utilizando una temperatura de alineación de 54°C (Cañedo, 2004). Finalmente se obtuvieron las secuencias de cada muestra amplificada a través de un proceso basado en la reacción de PCR asimétrico (BIG Dye); estas secuencias fueron depuradas y analizadas en la base de datos del NCBI para su identificación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los muestreos realizados de suelo y planta (figura 1) se obtuvieron 22 aislamientos de hongos nematófagos y nemátodos (figura 2) que fueron identificados según su morfología en microscopio (figura 3) y posteriormente identificados molecularmente mediante la amplificación de la secuencia del gen 18s ribosomal por PCR que dieron como resultado los géneros *Paecilomyces*, *Trichoderma* y *Verticillium* (figuras 3 y 4).



Figura 1. Muestreo de plantas de jitomate infectadas por nemátodos



Figura 2. Nematodos aislados de los nódulos de plantas infectadas

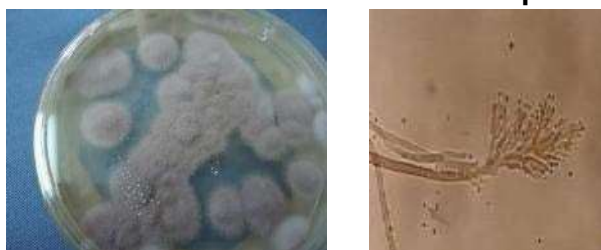


Figura 3. Cepas de hongos *Paecilomyces* según su morfología en medio de cultivo y microscopio.



Figura 4. Cepas de hongos de *Trichoderma* según su morfología en medio de cultivo y microscopio.

En trabajos reportados en Chile (Capstick *et al.*, 1957; Giurma y Cooke, 1972) afirman que los nematodos que viven en suelos normalmente serán colonizados por hongos parásitos, por lo tanto, se pueden aislar mediante la extracción de los nemátodos del suelo y transferidos en agar a bajas concentraciones. En estudios previos (Flores *et al.*, 2008; Franco *et al.*, 2009) han obtenido aislamientos de hongos nematófagos con un alto potencial de parasitismo promisorios al reducir las agallas en raíces de jitomate (Gan *et al.*, 2007) confirmando que las quitinasas en hongos nematófagos degradan los componentes quitinolíticos en los huevecillos de los nematodos de la raíz.

Cuadro 1. Identidad de los aislamientos obtenidos a partir de nematodos de plantas de jitomate basado en la amplificación del gen 18s ribosomal, según BLAST en NCBI.

Nombre cepa	Identidad	Género/especie	GenBank
B9	99%	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	GenBank: AY213665.1
B19	99%	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	GenBank: MN808335.1
B21	99%	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	GenBank: MN796095.1
N22	99%	<i>Trichoderma harzianum</i>	GenBank: KZ679679.1
B23	99%	<i>Verticillium lecani</i>	GenBank: NR126134.1

CONCLUSIONES

Los hongos entomopatógenos aislados de nematodos de plantas de jitomate de 3 municipios del estado de Guanajuato fueron identificados como: *Paecilomyces lilacinus*, *Trichoderma harzianum* y *Verticillium lecani*. El aislado más abundante de los hongos entomopatógenos procedentes de plantas de jitomate fue de *Paecilomyces lilacinus*. Se extrajo ADN cromosómico de buena calidad de los tres géneros de hongos aislados. Se obtuvieron amplificaciones del gen 18s ribosomal (1650 a 1850 pb) de los hongos entomopatógenos cuya secuencia permitió identificar las especies de *Paecilomyces lilacinus*, *Trichoderma harzianum* y *Verticillium lecani*. Mediante secuenciación molecular y comparando éstas con lo reportado en el banco del NCBI, se logró determinar la homología del 99 % para *Paecilomyces lilacinus*, *Trichoderma harzianum* y *Verticillium lecani*.

REFERENCIAS

- Barron, G. L. (1977). The nematode-destroying fungi. Topics in Mycology No. 1. Guelph: Canadian Biological Publications. 140 p
- Capstick, C.; Twinn, D. & Waid, J. (1957). Predation of natural populations of free living nematodes by fungi. *Nematologica*, 2:193-201
- Chen, S. & Dickson, D. W. (2004). Biological control of nematodes by fungal antagonist. Editorial *Nematology. Advances and perspectives*, Volume II. Beijing, China. 979-1039 p
- Connell, S. L. & Padgett, D. E. (1988). An improved technique for making permanent slide cultures of fungi. *Mycopathologia*. 101:165-166
- De Leij, F. A. & Kerry, R. B. (1991). The nematophagous fungus *Verticillium chlamidosporium* as a potential biological control agent for *Meloidogyne arenaria*. *Revue Nematol.* 14: 157-164.
- Dong, L. Q. & Zhang, K. Q. (2006). Microbial control of plant-parasitic nematodes: A five-party interaction. *Plant and Soil*. 288:31-45
- Flores, C. R.; Atkins, S. D; Manzanilla, L. R. H; Cid, Del P. I. & Martínez, G. A. (2008). Caracterización de aislamientos mexicanos de *Pochonia chlamydosporia* var. *chlamydosporia* (Goddard) Gams and Zare para el control biológico de *Nacobbus aberrans* (Thorne). *Revista Mexicana de Fitopatología*. 26:93-104.
- Franco, N. F.; Vilchis, M. K. & Miranda, D. J. (2009). New records of *Pochonia chlamydosporia* from Mexico: isolation, root colonization and parasitism of *Nacobbus aberrans*. *Nematropica*. 39:133-142.
- Gan, Z.; Yang, J.; Tao, N.; Liang, L.; Mi, Q.; Li, J. & Zhang, K. Q. (2007). Cloning of the gene *Lecanicillium psalliotae* chitinase *Lpchil* and identification of its potential role in the biocontrol of root knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 76:1309-1317.
- Giurma, A. & Cooke, R. (1972). Some endozoic fungi parasitic on soil nematodes. *Transactions of the British Mycological Society*. 59:213±218.
- Gray, A. F. & Soh, H. D. (1989). A nematicide seed treatment to control *Ditylenchus dipsaci* on seedling alfalfa. *Journal of Nematology*. 21:184-188.

Control biológico del damping off ocasionado por *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp., y *Pythium* sp. EN plántulas DE CHILE (*Capsicum annuum* L.)

BIOLOGICAL CONTROL OF DAMPING OFF CAUSED BY *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp. AND *Pythium* sp. IN CHILLI (*Capsicum annuum* L.) SEEDLINGS.

Ramírez-Valadez María Gabriela^{1*}, Martínez-Fernández Maihualy¹, Núñez-Soriano Paloma Alejandra²

¹INIFAP Campo Experimental Valle del Guadiana Km 4.5 carretera Durango-El Mezquital, Durango, Dgo. ²Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana. Carretera Durango – México Km 22.5 Ejido Villa Montemorelos, Durango. *Autor de correspondencia: ga_bi05@hotmail.com

RESUMEN

El cultivo de chile en México es importante desde el punto de vista socioeconómico, sin embargo, es afectado por diversas enfermedades que provocan pérdidas, una de las más importantes es el damping off. El objetivo de este trabajo fue determinar el control de *Trichoderma* spp., sobre *Fusarium* sp. y el control de *Bacillus* sp. sobre *Rhizoctonia* sp., y *Pythium* sp. Se evaluó la efectividad de los antagonistas aplicados 24 horas antes y 24 horas después de la inoculación de los hongos fitopatógenos. Se aplicó un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones. En los tratamientos en los cuales se inoculó *Bacillus* spp. 24 horas antes de la inoculación de hongos (*Rhizoctonia* spp. y *Pythium* spp.) se presentó la menor incidencia (25%), por el contrario en el tratamiento donde se aplicó *Trichoderma* spp. 24 horas después de la inoculación de *Fusarium* spp. se observó el 100% de las plantas infectadas. Los tratamientos T2 (*Rhizoctonia* spp. + *Bacillus* spp.), T3 (*Pythium* spp. + *Bacillus* spp.) y T4 (*Trichoderma* spp. + *Fusarium* spp.) presentaron los mismos valores de severidad con el 25% en el nivel 1 y 50% en el nivel 2. En las variables número de hojas, área foliar y peso seco se observó diferencia estadística significativa ($p > 0.05$).

Palabras clave: Incidencia, Severidad, *Bacillus* sp. y *Trichoderma* sp.

ABSTRACT

The cultivation of chili in Mexico is important from a socioeconomic point of view, however, it is affected by various diseases that cause losses, one of the most important is damping off. The objective of this work was to determine the control of *Trichoderma* sp., on *Fusarium* sp. and *Bacillus* sp. on *Rhizoctonia* sp., and *Pythium* sp. The effectiveness of the antagonists applied 24 hours before and 24 hours after of the inoculation of the phytopathogenic fungi was evaluated. A completely randomized experimental design with 10 repetitions was applied. In the treatments in which *Bacillus* sp. 24 hours before the inoculation of fungi (*Rhizoctonia* sp. and *Pythium* sp.) The lowest incidence (25%) occurred, on the contrary, in the treatment where *Trichoderma* sp. 24 hours after the inoculation of *Fusarium* sp. 100% of infected plants were observed. Treatments T2 (*Rhizoctonia* sp. + *Bacillus* sp.), T3 (*Pythium* sp. + *Bacillus* sp.) and T4 (*Trichoderma* sp. + *Fusarium* sp.) Presented the same severity values with 25% in level 1 and 50 % at level 2. In the variables number of leaves, leaf area and dry weight, statistical differences were obtained ($p > 0.05$).

Key words: Incidence, Severity, *Bacillus* sp. y *Trichoderma* sp.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, entre los factores más importantes que limitan la producción de diferentes cultivos se encuentran los patógenos de plantas transmitidos por el suelo, que incluyen los géneros *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Verticillium*, *Phytophthora*, *Sclerotinia*, *Sclerotium* y *Rosellinia*. Por este motivo, se han utilizado diferentes métodos para controlar estos patógenos, las prácticas culturales y el control químico mediante fungicidas sintéticos son los

métodos de control más utilizados (Soloneski y Larramendy, 2013), este último ha ocasionado resistencia en los fitopatógenos, contaminación ambiental en el suelo, agua, frutos y toxicidad en plantas (Larios et al., 2019). Estas razones son el motivo para la búsqueda de otros métodos más efectivos y no perjudiciales al ambiente y salud humana.

Una alternativa para reducir el efecto de estos patógenos vegetales es el uso de microorganismos antagonistas como; algunas especies del genero *Bacillus* el cual es reconocido como uno de los controles biológicos más efectivos, debido a sus propiedades sobre la inhibición de crecimiento de los patógenos (Soloneski y Larramendy, 2013), y la utilización de *Trichoderma* spp. como agente de control biológico por su antagonismo contra hongos y oomicetos fitopatógenos de las plantas (Guillén-Cruz et al., 2006).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Usos Múltiples del Campo Experimental Valle del Guadiana, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 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 y perlita. 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.

Se establecieron nueve tratamientos (Cuadro 1) en los cuales se inocularon los antagonistas y los hongos 24 horas antes y 24 horas después del trasplante, además de inocular solo los antagonistas y un testigo control. Para la inoculación de los patógenos (*Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp., y *Pythium* sp.) 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. La inoculación de antagonistas se llevó a cabo aplicando 5 mL de una suspensión concentrada a 1×10^8 esporas/mL de *Trichoderma* sp., la aplicación de las bacterias se realizó a través del raspado de la bacteria en medio BK con 5 mL de agua destilada estéril. Los antagonistas y hongos se aplicaron 24 horas antes y 24 horas después del trasplante.

Se evaluó la incidencia y severidad ocasionadas por la inoculación de los diferentes patógenos. La incidencia se calculó con la siguiente formula:

$$\text{Incidencia} = (\text{Número de plantas enfermas} / \text{Número total de plantas}) * 100$$

La severidad se evaluó de manera visual utilizando la siguiente escala N0 = planta sana, N1 = Inicio de formación de canchales, N2 = Cancros y pudrición radicular, N3 = Cancro, pudrición vascular y radicular y N4 = Planta muerta. Asimismo, se evaluaron las variables área foliar, número de hojas, volumen de raíz y peso seco. El área foliar se obtuvo mediante el programa ImageJ para Windows, para determinar el volumen de raíz se introdujeron en una probeta con un volumen de agua conocido y el volumen se obtuvo por deferencia, utilizando la siguiente formula.

$$V = V2 - V1$$

Dónde: V = Volumen de raíz, V2 = Volumen final y V1 = Volumen inicial.

Para obtener el peso seco, las muestras se secaron en estufa a 65 °C hasta obtener peso constante las variables se midieron a los 36 días después de la inoculación (36 ddi) de los hongos. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con nueve tratamientos y un testigo absoluto, cada uno con cuatro repeticiones. 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 DISCUSIÓN

Los resultados muestran que a los 36 ddt, en el T1 (*Fusarium* sp. + *Trichoderma* sp.) se presentó la mayor incidencia con el 100% de las plantas infectadas, los valores más bajos de infección, se presentaron en los tratamientos donde se aplicó *Bacillus* sp., antes del trasplante: T5 (*Bacillus* sp. + *Rhizoctonia* sp.) y T6 (*Bacillus* sp. + *Pythium* sp.). Los tratamientos T2 (*Rhizoctonia* sp. + *Bacillus* sp.), T3 (*Pythium* sp. + *Bacillus* sp.) y T4 (*Trichoderma* sp. + *Fusarium* sp.) presentaron los mismos valores de severidad con el 25% en el nivel 1, y el 50% en el nivel 2 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentajes de incidencia y severidad en los diferentes tratamientos evaluados

Trat.	Inoculo 24 horas antes del trasplante	Inoculo 24 horas después del trasplante	Incidencia (%)	Severidad (%)			
				N1	N2	N3	N4
T0	Agua destilada estéril		0	0	0	0	0
Trich	<i>Trichoderma</i> spp.		0	0	0	0	0
Bacill	<i>Bacillus</i> spp.		0	0	0	0	0
T1	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Trichoderma</i> spp.	100	50	25	25	0
T2	<i>Rhizoctonia</i> spp.	<i>Bacillus</i> spp.	75	25	50	0	0
T3	<i>Pythium</i> spp.	<i>Bacillus</i> spp.	75	25	50	0	0
T4	<i>Trichoderma</i> spp.	<i>Fusarium</i> spp.	75	25	50	0	0
T5	<i>Bacillus</i> spp.	<i>Rhizoctonia</i> spp.	25	0	0	25	0
T6	<i>Bacillus</i> spp.	<i>Pythium</i> spp.	50	25	0	25	0

Los resultados muestran que existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos en las variables número de hojas, área foliar y peso seco. La mayor cantidad de hojas se obtuvo en los tratamientos T3 (*Pythium* sp. + *Bacillus* sp.) y T6 (*Bacillus* sp. + *Pythium* sp.) con 9.25 y hojas en promedio teniendo como constante la aplicación del *Bacillus* y la menor cantidad en el T1 (*Fusarium* sp. + *Trichoderma* sp.). En la variable área foliar en las plántulas inoculadas con *Bacillus* sp. se obtuvo el mayor valor (81.46 cm²), la menor área foliar se presentó en los T2 (*Rhizoctonia* sp. + *Bacillus* sp.) y T4 (*Trichoderma* sp. + *Fusarium* sp.) con valores de 45.06 y 45.47 cm² respectivamente. En la variable volumen de raíz, no se encontraron diferencias estadísticas significativas, los valores de los diferentes tratamientos osciló entre 1.0 y 1.58 mL. El tratamiento inoculado con *Bacillus* sp. mostro el mayor pesos seco (0.33 g).

Cuadro 2. Pruebas de Tuckey (P<0.05) para evaluación del efecto de diferentes agentes de control biológico sobre los factores de rendimiento.

Tratamiento	No. hojas	Área foliar (cm ²)	Volumen de raíz (mL)	Peso seco (g)
T0	7.75 ab	44.89 b	1.18 a	0.19 b
Tricho	8.25 ab	53.25 ab	1.05 a	0.21 ab
Bacillus	9.00 ab	81.46 a	1.58 a	0.33 a
T1	7.00 b	50.39 ab	1.05 a	0.19 ab
T2	7.75 ab	45.06 b	1.13 a	0.22 ab
T3	9.25 a	80.36 ab	1.43 a	0.25 ab
T4	7.50 ab	45.47 b	1.00 a	0.22 ab
T5	8.25 ab	59.49 ab	1.13 a	0.27 ab
T6	9.25 a	69.38 ab	1.20 a	0.29 ab

Los resultados obtenidos permiten inferir que los tratamientos con *Bacillus* sp. empleados en este trabajo promueve el desarrollo de la planta, esto posiblemente se debe a que algunas bacterias del genero *Bacillus* inducen diferentes mecanismos relacionados con la producción de hormonas vegetales y sustancias promotoras del crecimiento como el ácido indolacético

Guillén-Cruz et al., (2006), mencionan que, generalmente, el modo de acción de *Bacillus* es la antibiosis al producir enzimas hidrolíticas extracelulares que descomponen polisacáridos y ácidos nucleicos, otras formas son: producción de antibióticos como bacitracina, polimixina, y gramicidina, competencia por ocupar un nicho ecológico y metabolizan los exudados radiculares o patógenos que afectan su crecimiento.

Además, la activación de la inducción de resistencia de la planta cuando se aplica *Bacillus* en raíces y hojas, induce a la planta a producir fitoalexinas que le dan resistencia contra el ataque



01460924Ok.docx

de hongos, bacterias, y nematodos patógenos, reduciendo de esta manera la incidencia de enfermedades (Soloneski y Larramendy, 2013).

Por otra parte, el antagonismo de *Trichoderma* spp. inoculado con *Fusarium* sp. mostro una disminución del 25% en la incidencia de daños en plantas inoculadas con *Trichoderma* primero y luego con *Fusarium*, esto posiblemente se debe a que *Trichoderma* sp. tiene una alta probabilidad de competir por espacio y fuentes de alimento primero, penetrar las paredes celulares y entrar en las células para tomar nutrientes y producir antibióticos que puedan atacar a las células fúngicas patógenas (Dwiastuti et al., 2016).

El género *Trichoderma* incluye varias especies que sirven como agente de control biológico con efecto estimulante en los cultivos e inductor de resistencia sistemática a diferentes patógenos en plantas, sin embargo, *Trichoderma* sp. en el control de patógenos que ocasionan pudriciones de raíz es limitado. Además, las especies del genero *Fusarium* sp. se adaptan y desarrollan a varias condiciones por lo que su eliminación o control pueden ser un reto (Sanchez-García et. al., 2017), esto es una posible razón por la cual *Fusarium* sp. se presenta con mayor frecuencia en la incidencia de damping off en el cultivo de chile.

CONCLUSIONES

La utilización de microorganismos del género *Bacillus* en la agricultura mejoran significativamente el crecimiento y desarrollo de las plantas, obteniendo plantas más vigorosas y sanas. *Bacillus* sp. demostró su eficacia para la prevención y control del damping off ocasionado por *Pythium* sp. *Trichoderma* sp. demostró ser un microorganismo antagonista de uso preventivo por lo que sería recomendable aplicarlo con tiempo previo al trasplante, en plántulas y en campo, esto lograría disminuir la población de los fitopatógenos del suelo e incrementar la resistencia de enfermedades en las plantas.

REFERENCIAS

- Dwiastuti, M. E., Fajri, M. N., and Yunimar., Y. (2016). Potencial de *Trichoderma* spp. como agente de control de *Fusarium* spp. Causas de la enfermedad de la marchitez en las plantas de fresa. *JURNAL HORTIKULTURA*, 25(4).
- Guillén-Cruz, R., Hernández-Castillo, F., Gallegos-Morales, G., Rodríguez-Herrera, R., Aguilar-González, C., Padrón-Corral, E., y 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.
- Larios Larios, E., Vadovinos Nava, J., Chan Capul, W., García López, F., Manzo Sánchez, G., y Buenrostro Nava, M. (2019). Biocontrol de Damping off y promoción del crecimiento vegetativo en plantas de *Capsicum chinense* (Jacq) con *Trichoderma* spp. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(3).
- Sánchez-García, B., Espinosa-Huerta, E., Villordo-Pineda, E., Rodríguez-Guerra, R., y Mora-Avilés, M. (2017). Identificación molecular y evaluación antagónica in vitro de cepas nativas de *Trichoderma* spp. sobre hongos fitopatógenos de raíz en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Montcalm. *Agrociencia*, 51(1).
- Soloneski, S., and Larramendy, M. (2013). *Weed and Pest Control: Conventional and New Challenges*. Rijeka: InTech.

EFFECTO DE LA PODA DE RAICES EN LA INOCULACIÓN DE *Fusarium* sp. EN PLANTULAS DE AGAVE (*Agave duranguensis* Gentry)

EFFECT OF ROOT PRUNING ON INOCULATION OF *Fusarium* sp. IN AGAVE PLANTS (*Agave duranguensis* Gentry)

Ramírez-Valadez María Gabriela^{1*} y Martínez-Fernández Maihualy¹

¹INIFAP Campo Experimental Valle del Guadiana Km 4.5 carretera Durango-El Mezquital, Durango, Dgo. *Autor de correspondencia: ga_bi05@hotmail.com

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la poda de raíces en plántulas de agave, inoculadas con *Fusarium* sp. Se establecieron cuatro tratamientos con 29 repeticiones cada uno, los tratamientos evaluados fueron los siguientes; T1 = Testigo sin inocular + con raíz, T2 = Testigo sin inocular + sin raíz, T3 = Inoculación con *Fusarium* + plantas con raíz, T4 = Inoculación de *Fusarium* + plantas sin raíz. Los tratamientos T3 y T4 se inocularon con 5 mL de una suspensión que contenía una concentración de 1×10^6 conidios/mL de *Fusarium* sp. Las variables respuesta fueron; número de hojas, peso fresco y seco de parte hojas, piñas y raíz, volumen de raíz, e incidencia de la enfermedad, las cuales fueron obtenidas seis meses después de la inoculación. Con los valores de las variables se realizó una prueba de comparación múltiples de medias de Tukey ($P < 0.05$). En el T4, se obtuvo una incidencia del 48.30% de la enfermedad, mientras que en el T3 solo se presentó la enfermedad en el 10.34% de las plántulas inoculadas, en los T1 y T2 no hubo incidencia de la enfermedad. Los resultados indican que en los tratamientos donde no se eliminó la raíz (T3 y T4) se presentó mayor peso fresco y seco de hojas, piña y raíz, aun cuando T3 fue inoculado con *Fusarium* sp.

Palabras clave: Incidencia, *Fusarium* sp., agave.

ABSTRACT

The effect of root pruning on agave seedlings inoculated with *Fusarium* sp. was evaluated. Four treatments with 29 repetitions each were established, the treatments evaluated were the following; T1 = Control without inoculation + with root, T2 = Control without inoculation + without root, T3 = Inoculation with *Fusarium* + plants with root, T4 = Inoculation of *Fusarium* + plants without root. Treatments T3 and T4 were inoculated with 5 mL of a suspension containing a concentration of 1×10^6 conidia/mL of *Fusarium* sp. The response variables were; number of leaves, fresh and dry weight of leaves, pine cones and roots, root volume, and incidence of the disease, which were obtained six months after inoculation. With the values of the variables, a multiple comparison test of Tukey's means was performed ($P < 0.05$). In T4, an incidence of 48.30% of the disease was obtained, while in T3 the disease only appeared in 10.34% of the inoculated seedlings, in T1 and T2 there was no incidence of the disease. The results indicate that in the treatments where the root was not removed (T3 and T4) there was a higher fresh and dry weight of leaves, pine cones and root, even when T3 was inoculated with *Fusarium* sp.

Key words: Incidence, *Fusarium* sp., agave.

INTRODUCCIÓN

La importancia económica actual de los agaves radica en la producción de bebidas fermentadas, pero sobre todo destiladas (tequila y mezcal) que ahora tienen una creciente demanda en mercados internacionales. El mezcal es una bebida alcohólica, tradicional de México, la cual es obtenida en su mayoría por procesos artesanales (Pérez et al., 2016). En 2021, la producción de mezcal fue de 8.1 millones de litros, que representó un crecimiento del 30% respecto al año anterior. De la producción total de mezcal, el 63.17% se exporta con un valor de la producción de 8,803 millones de pesos y el resto, 36.82%, se destina para el consumo nacional (COMERCAM, 2021).

En Durango el aprovechamiento de plantas de agave para la producción de mezcal, se realiza principalmente de poblaciones naturales, sin embargo, debido a la alta demanda del producto en el mercado se espera un incremento en la superficie sembrada de plantaciones comerciales, por lo que será necesario efectuar un manejo agronómico y fitosanitario adecuados para mantener la sustentabilidad de este cultivo, como se efectúa en otros agaves empleados en la producción de bebidas destiladas (Aguirre-Dugua y Eguiarte, 2013).

El incremento en la superficie del cultivo potencialmente podría incrementar la incidencia de plagas y enfermedades como ha sucedido en plantaciones de otras especies de agave (Ávila-Miranda et al., 2010). En agaves cultivados en vivero en Durango se han presentado enfermedades importantes, entre las que destaca la marchitez o pudrición del cogollo, síntoma que se ha asociado a fitopatógenos tales como *Erwinia* sp. y/o *Fusarium* sp. (Vélez et al., 1996).

El género *Fusarium* es un gran género cosmopolita de hongos imperfectos con un estimado de 1500 especies. Es un patógeno habitante natural del suelo y se pueden encontrar además del suelo, en el agua y en el aire (Roncero et al., 2003); Dado que *Fusarium* es predominantemente un patógeno de suelo sobrevive durante mucho tiempo, debido a la capacidad de las clamidosporas de sobrevivir en el suelo, aún sin la presencia del hospedero (Al-Hatmi, et al., 2016). Como patógenos de plantas, las diferentes especies de *Fusarium* causan pudrición de raíces y tallos, marchitez vascular y/o pudrición de frutos en varias especies de cultivos de gran importancia económica. Entre las enfermedades por *Fusarium*, la marchitez es el mayor problema en todo el mundo (Mahyar, 2022). En el cultivo de agave la marchitez causada por el hongo *Fusarium* sp. es uno de los problemas fitosanitarios que afecta significativamente su productividad (Trinidad-Cruz, 2017). Por lo que se evaluó el efecto de la poda de raíces en la infección de *Fusarium*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el del Campo Experimental Valle del Guadiana (CEVAG), localizado en el municipio de Victoria de Durango, Durango, México con coordenadas 23°59'23.6" N y 104°37'30.01" W, a una altitud de 1860 msnm, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Se utilizaron plantulas de *Agave duranguensis* de un año de edad las cuales se trasplantaron a vasos de poliestireno de 500 mL de capacidad, utilizando como sustrato una mezcla de peat moss y perlita (3:1 respectivamente), el cual fue esterilizado en autoclave a 121°C por 60 minutos. Se evaluó la infección de *Fusarium* en dos tipos de manejo de planta antes del trasplante (trasplante con eliminación total de raíces y trasplante con raíces). La cepa de *Fusarium* utilizada pertenece a la colección de hongos fitopatógenos del CEVAG. Las plántulas de agave fueron inoculadas con 5 mL de una suspensión de 1×10^6 conidios/mL, de *Fusarium* sp., se establecieron cuatro tratamientos con 29 repeticiones cada uno, los tratamientos evaluados fueron los siguientes; T1 = Testigo sin inocular + plantas con raíz, T2= Testigo sin inocular + plantas sin raíz, T3= Inoculación con *Fusarium* + plantas con raíz, T4=Inoculación de *Fusarium* + plantas sin raíz. Se evaluó la incidencia de la enfermedad causada por la inoculación con la siguiente formula:

$$\text{Incidencia} = (\text{Número de plantas enfermas} / \text{Número total de plantas}) * 100$$

Además se evaluaron las variables número de hojas, peso fresco y seco de hojas, piña y raíz y volumen de raíz seis meses después de la inoculación. El peso fresco se obtuvo pesando los diferentes órganos de las plantas en una balanza analítica, para obtener el peso seco, las muestras se secaron en estufa a 70 °C hasta obtener peso constante y se pesaron en balanza analítica, para determinar el volumen de raíz, las raíces completamente limpias se introdujeron en una probeta con un volumen de agua conocido y el volumen se obtuvo por deferencia, utilizando la siguiente fórmula.

$$V = V2 - V1$$

Dónde: V = Volumen de raíz, V2 = Volumen final y V1 = Volumen inicial.

Se estableció un experimento bajo un diseño experimental completamente al azar, con 29 repeticiones y con los resultados obtenidos se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) y una prueba de comparación múltiples de medias de Tukey ($P < 0.05$). Los datos se analizaron en el Programa SAS v. 9.0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Síntomas observados: A los seis meses después de la inoculación se observaron daños en la raíces de las plantas inoculadas, además de un ligero encarrujamiento en las hojas y al diseccionar las piñas se observó una coloración rojiza, en el centro de estas.

Los resultados muestran que se obtuvo una mayor incidencia de la enfermedad, cuando se realizan heridas en la raíz (Cuadro 1). Aun cuando se inoculó el patógeno y se ocasionaron grandes heridas en la planta (T4), se obtuvo solo un 48% de incidencia de la enfermedad. Esto debido a los diferentes niveles de susceptibilidad de las poblaciones de especies cultivadas a *Fusarium* (Samaniego–Gaxiola y Chew–Madinaveitia, 2007.) y a la especificidad de los hospederos, es decir pueden ser altamente patogénicos en un especie y patógenos débiles en otra, atacando solo cuando la planta se encuentra sometida a un estrés, como la eliminación completa de raíces.

Cuadro 1. Incidencia de la enfermedad en los diferentes tratamientos

Tratamiento	% de incidencia de la enfermedad
T1	0
T2	0
T3	10.34
T4	48.30

El efecto de la poda de raíces y la inoculación de *Fusarium*, sobre las variables fisiológicas de las plantas de agave se muestran en el cuadro 2. Los datos muestran que no se tiene diferencia estadística significativa en la variable número de hojas. Sin embargo, en las variables peso fresco y peso seco de las hojas, los datos muestran diferencia estadística significativa, teniendo mayor peso de hojas en los tratamientos donde no se eliminó la raíz (T1 y T3). Esto se debe a que los nutrimentos presentes en el suelo se solubilizan en el agua y de esta forma los absorben las raíces de la planta; dentro de estas, se incorporan a procesos metabólicos en la raíz o se movilizan a la parte superior, donde forman compuestos orgánicos, proteínas y grasas, (Zuñiga-Estrada, 2013). Sin embargo, en ausencia de raíces la planta dispone de toda su energía para la elaboración de estas, lo que le genera un gran costo energético, al detener su crecimiento en otros órganos como las hojas.

Cuadro 2. Medias (Tukey $p < 0.05$) de las variables morfológicas evaluadas en plántulas de agave inoculadas con *Fusarium* sp.

Tra	No. De hojas	PF de hojas (g)	PS de hojas (g)	PF de piña (g)	PS de piña (g)	PF de raíz (g)	PS de raíz (g)	Vol de raíz (ml)
T1	7.97 a*	53.04 a	23.10 a	23.14 a	8.66 a	26.39 a	4.31 a	23.94 a
T2	7.43 a	34.19 b	13.47 b	18.64 b	7.19 ab	13.62 c	2.34 b	13.71 b
T3	7.86 a	48.21 a	22.10 a	21.17 ab	7.83 ab	18.69 b	3.72 a	17.71 b
T4	7.45 a	37.70 b	14.26 b	19.98 ab	6.80 b	17.12 bc	2.13 b	15.55 b
DMS	1.14	8.32	4.29	4.09	1.70	4.88	0.82	5.57

* Valores con diferentes letras son estadísticamente diferentes, DMS (Diferencia, mínima significativa).

En las variables peso fresco y peso seco de la piña, los valores más altos se obtuvieron en el T1 (Testigo sin inocular y sin eliminación de raíces) con 23.14 g en peso fresco, siendo estadísticamente diferente solo al T2 (Testigo sin inocular + eliminación de raíces), en el cual se obtuvo un peso fresco de piña de 18.64 g. En peso seco, el valor más alto se presentó en el T1 y con 8.66 g y el valor más bajo se obtuvo en el T4 con un promedio de 6.80 g. Para esta variable los valores más bajos se presentaron en los tratamientos donde se eliminó la raíz. De acuerdo con Zuñiga-Estrada (2013), los nutrimentos obtenidos del suelo o mediante la adición de fertilizantes intervienen en el metabolismo de las plantas, durante el cual se elaboran las proteínas, las grasas y otros compuestos orgánicos que constituyen sus verdaderos alimentos y se utilizan para hacer nuevos tejidos y proporcionar energía para el crecimiento y desarrollo. En una deficiencia severa de nutrientes, las plantas se autoajustan, enviando las sustancias elaboradas presente en las hojas maduras hacia los órganos que requieren crecimiento. Ante esta situación, se afecta negativamente el rendimiento. En las variables peso fresco, seco y volumen de raíz, el tratamiento donde se obtuvieron los valores más altos fue el T1, seguido del T3, tratamientos a lo que no se les eliminó la raíz. Aun cuando en el T3 se inoculó *Fusarium*, se obtuvieron valores superiores al T2 en el cual no se inoculó *Fusarium* pero se realizó poda de raíces.

CONCLUSIONES

El retraso del crecimiento en las plantas de agave, fue consecuencia de la poda de raíces más que a la inoculación por *Fusarium*. Esto debido a que la cepa de *Fusarium* utilizada no es altamente patogénica de esta especie de agave (*Agave duranguensis*).

La poda de raíces en plantas de agave, es una práctica común que se lleva a cabo por cuestiones de practicidad para los productores antes y al momento del trasplante, sin embargo, le genera un alto costo energético a las plantas, retrasando su crecimiento y probablemente su rendimiento.

REFERENCIAS

- Al-Hatmi AMS, Meis JF, de Hoog GS. 2016. *Fusarium*: Molecular Diversity and Intrinsic Drug Resistance. PLoS Pathogens.;12(4):1-8.
- Aguirre-Dugua, X. and Eguiarte L.E. 2013. Genetic diversity, conservation and sustainable use of wild *Agave cupreata* and *Agave potatorum* for mezcal production in Mexico. Journal of Arid Environments 90: 36-44.
- Ávila-Miranda, M.E. López-Zazueta, J.G. Arias-Castro, C. Rodríguez-Mendiola, M.A. Guzmán-de Peña, D.A. Vera-Núñez, J.A. and Peña-Cabriales, J.J. 2010. Vascular wilt caused by *Fusarium oxysporum* in agave (*Agave tequilana* Weber var. Azul). Journal of the Professional Association for Cactus Development 12:166-180.

- COMERCAM (Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal). 2021. Informe de actividades. Disponible en: <https://comercam-dom.org.mx/wp-content/uploads/2022/06/INFORME-2022-II-SINTESIS.pdf>
- Pérez-Hernández E., Chávez-Parga M.C., González-Hernández J. C., 2016. Revisión del agave y el mezcal. Revista Colombiana de Biotecnología, vol. XVIII, núm. 1, pp. 148-164. DOI: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.49552>.
- Roncero G, MI. Hera, C. Ruiz-Rubio, M. García-Maceira, Fe I. Madrid, MP. Caracuel, Z. Calero, F. Delgado-Jarana, J. Roldán-Rodríguez, R. Martínez-Rocha, A.L. Velasco, C. Roa, J. Martín-Urdiroz, M. Córdoba, D. and Di Pietro, A. 2003. *Fusarium* as a model for studying virulence in soilborne plant pathogens. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 62(2):87-98.
- Samaniego-Gaxiola, J. A., y Chew-Madinaveitia, Y. 2007. Diversidad de géneros de hongos del suelo en tres campos con diferente condición agrícola en La Laguna, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78:383– 390.
- Trinidad-Cruz JR, Quiñones-Aguilar EE, Rincón-Enríquez G, López-Pérez L, Hernández-Cuevas LV. 2017. Mycorrhization of *Agave cupreata*: Biocontrol of *Fusarium oxysporum* and plant growth promotion. *Revista Mexicana de Fitopatología* 35: 151-169.
- Vélez GC, Álvarez de la C. y Rodríguez, G.B. 1996. Aislamiento de *Erwinia* del grupo carotovora como patógeno de *Agave tequilana*. Resumen XXIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología, Guadalajara, Jal. México.
- Zuñiga-Estrada, L. 2013. Nutrición de *Agave tequilana* y manejo de los fertilizantes en un sistema de producción intensiva (riego por goteo). Folleto Técnico. Núm. 32 INIFAP-CIRNO. Campo Experimental Las Huatecas, México. 58 p.

DEPRESIÓN ENDOGÁMICA EN CRUZAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) ÉLITE POR MATERIALES NATIVOS.

Bonilla-Barrientos Olga¹, Hernández-Leal Enrique^{2*}, Franco-Gaytán Iván², Lobato-Ortiz Ricardo³, García-Zavala J. de Jesús³.

¹Campo Experimental Delicias. Km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua. ²Campo Experimental La Laguna, Blvd. José Santos Valdez No. 1200 Pte. Col. Centro, Matamoros, Coahuila C.P. ³Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. *Correo electrónico: hernandez.enrique@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de los cultivos más importantes en México y en el mundo en superficie cultivada, volumen de producción y usos que se le da (FAO, 2011). Sin embargo, el cultivo ha tenido una gran evolución tecnológica, tanto en sistemas de producción como en mejoramiento genético (Grandillo et al., 1999); sin embargo, presenta una reducida variación genética resultado de su proceso de domesticación y de su sistema de reproducción por autogamia (Parra-Gómez et al; 2016).

Es por ello, que el mejoramiento genético requiere diversidad alélica o una base genética amplia para explorar rasgos deseables y desarrollar variedades con características novedosas (Canady et al., 2006). Por otro lado, el efecto de la depresión endogámica en híbridos comerciales de tomate ha sido previamente estudiado (Martínez-Solís et al., 2005; Magaña-Lira et al., 2013); no obstante, los estudios de efectos genéticos en híbridos derivados de material elite por nativo son limitados por lo que el objetivo de esta investigación fue estimar la depresión endogámica en la generación F₂ de híbridos intervarietales experimentales derivados de material elite por variedades nativas

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue establecido en el ciclo primavera-verano de 2016 en un invernadero del Colegio de Posgraduados, en Montecillo, Texcoco, Estado de México (19° 30" N y 98° 53" O). El diseño experimental fue bloques completos al azar, con tres repeticiones y 10 plantas por repetición. Se evaluaron un total de 47 genotipos (23 F₁s, 23 F₂s y un testigo comercial), resultados del cruzamiento entre nueve líneas avanzadas S₅ de tomate nativo tipo "pimiento o cuadrado" (LOR-79, LOR-81, LOR- 82, LOR-85, LOR-91, LOR-95, LOR-97, LOR-103 y LOR-111); tres líneas avanzadas (L, C, R) S₅ tipo "saladette". La siembra se realizó el 3 de febrero en charolas de polipropileno, depositando dos semillas por cavidad; el trasplante se realizó 45 d después de la siembra, se utilizaron bolsas de polietileno (40 x 40 cm) rellenas con tezontle rojo.

Las plantas se manejaron a un solo tallo y se tutoraron con hilo de rafia.

La fertilización se hizo con la solución nutritiva de Steiner (1984) modificándola según las etapas fenológicas de los genotipos, primero a una concentración de 50 % por planta antes de la floración, posteriormente se incrementó la concentración al 100 %, el pH de la solución se mantuvo entre 5.5 y 6.0. Para la prevención y control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*

Gennadius) (*Hemiptera*, Aleyrodidae) y paratrioza (*Bactericera cockerelli*) se realizaron aplicaciones periódicas de Confidor® (imidacloprid) y Ampligo® (lambda cialotrina y clorantraniliprol). Para enfermedades fungosas como el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) se realizaron aplicaciones periódicas de Captan® (captan), Cupravit® (oxicloruro de cobre) y Ridomil Gold® (Metalaxil).

Las variables evaluadas fueron peso total de frutos por planta (PTF, en g), peso promedio de fruto (PPF, en g), número total de frutos por planta (NTF), días a floración del tercer racimo (DFR3), contenido de sólidos solubles totales (SST, en grados brix, °Bx), número de lóculos (LOCU) y firmeza del fruto (FIR, en Newtons -N-). Las variables PPF, SST, LOCU y FIR se obtuvieron de una muestra de tres frutos representativos por planta. Los sólidos solubles totales se midieron con un refractómetro digital marca PAL-1® (Tokio, Japón) de rango de 0.0 a 53.0 °Brix.

Para el análisis estadístico se realizó una comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Se utilizó el modelo lineal general (PROC GLM). También se usó el procedimiento CONTRAST (SAS Institute, 2002), para comparar los promedios de las cruza F_1 con los de sus respectivas generaciones F_2 . La depresión endogámica (DEP, en %) se calculó con la diferencia de promedios $(F_1 - F_2) / F_1$, expresada en porcentaje (Escorcía et al. 2010), y multiplicada por (-1) para indicar una disminución de la magnitud de la variable a evaluar (Hernández-Leal et al., 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De manera particular, los contrastes ortogonales F_1 vs F_2 indicaron que solo once cruza de 23, mostraron diferencias significativas entre generaciones F_1 y F_2 para al menos una variable (Cuadro 1). Sin embargo, la cruza LOR85*L F_1 vs F_2 fue la única del total de 23 que mostró diferencias significativas en la variable peso total de fruto por planta (PT) y número total de frutos por planta (NF). Por su parte, Hernández- Leal et al. (2013) al evaluar F_1 y F_2 de siete híbridos de tomate comerciales tipo saladette no encontraron diferencias significativas para rendimiento total en las variedades 'Espartaco' y 'Loreto', es decir, la reducción del rendimiento en las generaciones F_2 fue mínima, lo cual sugiere que la depresión endogámica de una generación F_2 depende particularmente de la constitución genética de las líneas que hayan dado lugar al híbrido comercial. En este tipo de germoplasma, la depresión endogámica de una generación a otra resulta ser nula o muy baja; por ejemplo, para las demás cruza se observó que fueron significativas para una variable, por lo que puede indicarse que los contrastes resultaron significativos para al menos una de las variables entre las generaciones F_1 y sus respectivas F_2 s en las 23 cruza de tomate

Cuadro 1. Cuadrados medios de los contrastes entre generaciones filiales F₁ y F₂ de 23 cruzas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) para variables de rendimiento y calidad.

CRUZAS F ₁ vsF ₂	PT	PPF	NF	DFR3	SST	LOCU	FIR
LOR85*L F ₁ vsF ₂	3.526**	478.827	208.860*	29.040	0.000	0.000	0.000
LOR91*L F ₁ vsF ₂	0.015	8.402	2.535	2.535	0.882**	0.135	0.042
LOR95*L F ₁ vsF ₂	0.015	360.375	25.626	144.060**	0.0267	0.027	0.042
LOR103*L F ₁ vsF ₂	0.015	1.042	18.727	22.041	0.0267	0.167	0.0067
LOR81*L F ₁ vsF ₂	0.281	22.042	0.167	0.007	0.0067	0.0017	0.027
LOR79*L F ₁ vsF ₂	1.234	382.016	39.859	21.121	0.029	0.00030	0.030
LOR82*L F ₁ vsF ₂	0.027	3441.615**	117.041	30.375	0.0017	0.082	0.060
LOR111*L F ₁ vsF ₂	1.316	365.815	106.895	4.139	0.036	0.405	0.090
LOR97*L F ₁ vsF ₂	0.001	230.213	0.690	6.625	0.101	0.075	0.060
LOR85*C F ₁ vsF ₂	0.882	8.402	144.060	0.327	0.082	0.015	0.001
LOR91*C F ₁ vsF ₂	1.602	37.500	276.082**	35.527	0.427	0.000	0.007
LOR95*C F ₁ vsF ₂	0.135	321.202	0.240	79.935*	0.327	0.042	0.001
LOR103*C F ₁ vsF ₂	0.327	1.500	33.135	4.682	0.0150	0.107	0.042
LOR81*C F ₁ vsF ₂	0.602	504.167	5.227	20.907	0.042	0.0017	0.027
LOR79*C F ₁ vsF ₂	0.602	100.860	23.602	14.107	0.00	0.015	0.015
LOR82*C F ₁ vsF ₂	1.042	194.940	55.207	1.307	0.0417	0.060	0.107*
LOR111*C F ₁ vsF ₂	0.015	51.627	33.607	1.042	0.015	0.0067	0.167*
LOR97*C F ₁ vsF ₂	0.240	835.440	4.682	2.407	0.042	0.082	0.0017
LOR91*R F ₁ vsF ₂	0.202	436.907	9.882	21.660	0.060	0.375*	0.0067
LOR95*R F ₁ vsF ₂	0.735	513.375	1.707	6.615	0.540	0.041	0.0017
LOR103*R F ₁ vsF ₂	2.535*	261.360	38.001	26.460	0.0017	0.027	0.015
LOR81*R F ₁ vsF ₂	0.281	2.802	28.167	2.940	0.082	0.107	0.167*
LOR79*R F ₁ vsF ₂	0.048	54.954	26.498	44.565	0.036	0.0117	0.030

*, ** Significativo a P ≤ 0.05) y a P ≤ 0.01, respectivamente. PT = peso total de frutos por planta (g); PPF = peso promedio de fruto (g); NF = número total de frutos por planta; DFR3 = días a floración del tercer racimo; SST = contenido de sólidos solubles totales (°Brix); LOCU = número de lóculos; FIR = firmeza del fruto.

En el Cuadro 2 se muestra la comparación de medias entre las generaciones F₁ y F₂ de las mejores 10 cruzas con respecto a PT. Donde se observaron diferencias significativas únicamente para cuatro de siete variables evaluadas entre las generaciones F₁ y sus respectivas F₂s de algunas cruzas. La única craza que mostró diferencias significativas fue LOR103*R F₁ con valor de 4.2 kg, el cual fue superior al de su generación filial F₂ con 2.93 kg. PPF, DFR3 y LOCU no mostraron diferencias estadísticas entre los valores observados para ninguna craza. Martínez et al. (2005), encontraron que al compararon la F₁ vs F₂ de 37 híbridos comerciales tipo bola y saladette, de habito de crecimiento determinado como indeterminado, no presentaron diferencias significativas entre las generaciones filiales para rendimiento de planta y número de frutos para la mayoría de los híbridos evaluados, solo en cinco de ellos; así mismo, Hernández-Leal et al. (2013) tampoco encontraron diferencias significativas entre generaciones filiales (F₁ y F₂) para peso promedio de fruto de cuatro de siete híbridos de jitomate tipo "saladette".

Para Sólidos Solubles Totales (SST) hubo cruzas como LOR91*L F₂, LOR91*C F₂, LOR81*C F₂, LOR79*L F₂ con más de 4 °Brix, sin que la F₁ fuera significativamente superior a la F₂, excepto para LOR91*L F₂, donde la generación filial F₂ mostró un valor significativamente superior que su F₁. Por su parte, Santiago et al. (1998) mencionan que el contenido de SST es de 4 a 6 °Brix para tomates tipo bola, mientras que Cantwell (2004) menciona los SST depende de la variedad de tomate y puede estar entre 3.5 a 7.0 ° Brix. Algunas cruzas evaluadas en este experimento tuvieron valores de SST similares a los reportados por Hernández-Bautista et al. (2014). Las cruzas LOR103*RF1, LOR79*LF1, LOR81*RF1 presentaron los valores más altos en firmeza, con 1.467 N. Batu (2004) menciona que el valor mínimo de firmeza para los materiales que se comercializan debe ser de 1.45 N. Los valores de firmeza de estas cruzas fueron similares a los reportado por Hernández-Leal et al. (2013) los cuales estuvieron entre 1.3 a 2.4 N.

Cuadro 2. Comparación de medias entre las generaciones F₁ y F₂ de las mejores 10 cruzas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) para variables de rendimiento y calidad. Texcoco, Edo. de México, México.

Cruzas	GFIL	PT	PPF	NF	DFR3	SST	LOCU	FIR
LOR82*C	F ₁	4.333 a	136.23 a	42.133 a	42.333 a	3.833 a	3.167 a	0.967b
LOR82*C	F ₂	3.500 a	124.83 a	36.100 a	41.400 a	4.000 a	3.367 a	1.233 a
LOR103*R	F ₁	4.233 a	110.13 a	46.567 a	42.333 a	3.933 a	2.700 a	1.467 a
LOR103*R	F ₂	2.933 b	96.93 a	41.533 a	46.533 a	3.967 a	2.567 a	1.367 a
LOR91*C	F ₁	4.133 a	132.00 a	46.700 a	42.00 a	3.933 a	2.467 a	1.200 a
LOR91*C	F ₂	3.100 a	127.00 a	33.133 b	46.867 a	4.467 a	2.467 a	1.133 a
LOR91*L	F ₁	3.833 a	131.00 a	37.200 a	45.100 a	4.000 b	2.233 a	0.933 a
LOR91*L	F ₂	3.733 a	133.37 a	35.900 a	46.400 a	4.767 a	2.533 a	1.100 a
LOR95*R	F ₁	3.833 a	99.73 a	47.100 a	41.333 a	3.800 a	2.700 a	1.267 a
LOR95*R	F ₂	3.133 a	81.23 a	48.167 a	43.433 a	4.400 a	2.533 a	1.300 a
LOR85*C	F ₁	3.800 a	112.37 a	46.000 a	42.667 a	3.600 a	2.567 a	1.167 a
LOR85*C	F ₂	3.033 a	114.73 a	36.200 a	43.133 a	3.833 a	2.467 a	1.133 a
LOR81*C	F ₁	3.767 a	108.73 a	42.333 a	42.333 a	4.067 a	2.467 a	0.933 a
LOR81*C	F ₂	3.133 a	90.40 a	40.467 a	46.067 a	4.233 a	2.500 a	1.067 a
LOR79*L	F ₁	3.733 a	144.13 a	34.900 a	43.233 a	4.100 a	3.167 a	1.467 a
LOR79*L	F ₂	2.750 a	126.05 a	28.400 a	47.400 a	4.200 a	3.150 a	1.300 a
LOR81*R	F ₁	3.700 a	94.63 a	51.467 a	41.00 a	3.867 a	2.433 a	1.467 a
LOR81*R	F ₂	3.267 a	93.27 a	47.133 a	42.4 a	4.100 a	2.700 a	1.133 b
LOR79*C	F ₁	3.633 a	122.27 a	40.433 a	43.667 a	3.700 a	2.267 a	1.300 a
LOR79*C	F ₂	3.00 a	114.07 a	36.467 a	46.733 a	3.700 a	2.367 a	1.200 a

Medias en columna con la misma letra para cruzas entre generaciones (F₁ y F₂) son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05); GFIL = generación filial; PT = peso total de frutos por planta (g); NF = número total de frutos por planta; PPF = peso promedio de fruto (g); DMR3 = días a maduración del tercer racimo; SST = contenido de sólidos solubles totales (°Brix); LOCU = número de lóculos; FIR = firmeza del fruto.

Para la depresión endogámica de la F_{2s} (Cuadro 3) se observó en el peso total de fruto (PT) que hubo valores de 0 hasta 31.0 %, lo que indica que la depresión endogámica no fue de gran magnitud en comparación con el estudio realizado por Hernández-Leal et al. (2013),

donde en genotipos comerciales y sus respectivas F₂s encontraron que la depresión endogámica para PT fue de 17.5 a 66.1%. Por otra parte, Martínez-Solís et al. (2005) encontraron reducciones para la misma variable de 6 y del 22 %. Poehlman y Allen (2003) mencionan que tales diferencias de magnitudes entre poblaciones pudieran ser por el diferente grado de disminución de la heterocigosidad de las cruzas, la cual es afectada por el incremento de la frecuencia de loci homocigóticos. De acuerdo con la significancia de los contrastes, ninguna craza mostró un abatimiento significativo del rendimiento en la generación F₂, por el contrario, la F₂ superó a la F₁ de la craza LOR85*L, LOR103*L, LOR95*L con incrementos de 68.2, 3.1 y 3.6% respectivamente.

Para el número total de frutos, la depresión endogámica fue de 3.5% a 29.1% en la mayoría de las cruzas, mientras que siete cruzas no presentaron depresión, ya que la F₂ fue superior a su F₁ con valores de 0.7 y hasta el 37.1%. Para peso promedio de fruto, se encontró que las cruzas LOR 85*L (18.1%), LOR91*L (1.8%), LOR95*L (15.3%), LOR103*L (0.8%), LOR81*L (3.6%), LOR82*L (46.5%), LOR97*L (14.9%), LOR85*C (2%), LOR103*C (0.9%), LOR111*C (5.5%), y LOR79*R (6.9%) no tuvieron reducciones, pues los frutos de su F₂ fueron de mayor peso, este aumento se atribuye a la segregación transgresiva en generaciones avanzadas, la cual es muy común en algunas especies, como el tomate (Poehlman y Allen, 2003; Shivaprasad et al., 2012).

Para días a floración, solo las cruzas LOR85*L, LOR103*L, LOR111*L, LOR82*C, LOR111*C presentaron una reducción no significativa en sus F₂s, con valores de entre 1.7 a 9.2 %; sin embargo, en el resto de las cruzas las F₂s fueron superiores. Esto se debe a que la depresión endogámica en especies autóгамas es relativamente baja, comparado con las alógamas (Charlesworth y Charlesworth, 1987), porque las primeras el proceso de autofecundación recurrente tiene un efecto depurador de alelos recesivos deletéreos. Por otro lado, la mayoría de cruzas no tuvo una disminución de los SST en la F₂, por el contrario, hubo una ganancia numérica no significativa en sus F₂s con valores de 2 y hasta 15.8%, Hernández-Leal et al. (2013) reportaron que no hubo significancia en sus contrastes al comparar F₁ y F₂ de híbridos comerciales para SST y Firmeza.

Para firmeza, se encontraron valores negativos en LOR95*L (-15.4), LOR81*L (-9.1), LOR79*L, LOR82*L (-13.3), LOR85*C, LOR91*C (-8.3), LOR79*C (-7.7), LOR111*C, LOR81*R (-26.7), LOR97*C (-7.7), LOR103*R (-6.7), y LOR79*R (-15.4), para el resto de las cruzas, su F₂s superó en firmeza a la F₁ con valores hasta de 30%. Berry y Uddin (1991) mencionan que, durante la selección de plantas de tomate, además del rendimiento y la adaptabilidad, también se deben considerar la calidad del fruto (Chalukova y Manuelyan, 1991). Por otra parte, Gonzáles et al. (2004) mencionan que la firmeza, SST y pH del fruto determinan la calidad del tomate. En este sentido, los resultados de rendimiento y calidad de fruto de algunas cruzas indican que es posible generar híbridos promisorios.

Cuadro 3. Reducción porcentual de siete variables de 23 híbridos F₂S con respecto a sus F₁S de cruzas entre líneas S5 de jitomate nativo y de jitomate tipo "saladette".

CRUZAS	PT	NF	PPF	DFR3	BRIX	LOCU	FIR
LOR85*L	68.2	37.1	18.1	-9.2	0	0	0
LOR91*L	-2.6	-3.5	1.8	2.9	5	13.6	18.3
LOR95*L	3.1	-10.7	15.3	23.2	4.9	-7.7	-15.4
LOR103*L	3.6	10.3	0.8	-8.6	5	-10.7	0
LOR81*L	-11.4	0.7	3.6	0	2.3	0	-9.1
LOR79*L	-24.3	-18.6	-12.5	9.7	2.4	0	-13.3
LOR82*L	-3.3	-23.2	46.5	10.5	0	6.9	-13.3
LOR111*L	-28.6	-24.4	-14.4	-4.3	4.5	-22.2	30
LOR97*L	0	-3.7	14.9	5.4	7	12.5	27.3
LOR85*C	-21.1	-21.3	2	0.9	5.6	-3.8	-8.3
LOR91*C	-24.4	-29.1	-3.8	11.7	12.5	0	-8.3
LOR95*C	-11.5	1.1	-14.1	17.1	12.8	9.1	0
LOR103*C	-14.7	-12	0.9	4.1	-2.4	-11.5	8.3
LOR81*C	-18.4	-4.3	-16.8	9	2.4	0	18.3
LOR79*C	-16.7	-9.7	-6.7	6.9	2.7	4.3	-7.7
LOR82*C	-18.6	-14.3	-8.4	-2.1	5.3	6.2	23.7
LOR111*C	-3.4	14.9	5.5	-1.7	2.7	4	-26.7
LOR97*C	-14.5	4.9	-24.9	3.2	2.3	7.7	-7.7
LOR91*R	-8.8	-5.2	-17.8	9.6	5	21.7	9.1
LOR95*R	-18.4	2.3	-18.6	5.1	15.8	-7.4	0
LOR103*R	-31	-10.9	-12	9.9	0	-3.7	-6.7
LOR81*R	-10.8	-8.5	-1.4	3.4	5.1	12.5	-26.7
LOR79*R	-6.5	-11.6	6.9	4.7	4.9	-3.8	-15.4

PT = peso total de frutos por planta (g); NF = número total de frutos por planta; PPF = peso promedio de fruto (g); DFR3 = días a floración del tercer racimo; SST = contenido de sólidos solubles totales (° Brix); LOCU = número de lóculos; FIR = firmeza del fruto; (-) Valores positivos indican depresión endogámica; (+) Valores negativos indican segregación transgresiva.

CONCLUSIÓN

La depresión endogámica en este estudio fue baja y no significativa para la mayoría de las variables y cruzas, por lo que algunas cruzas pueden ser aprovechadas en generaciones tempranas al tener valores de rendimientos y calidad similares a su F₁. Además, algunas cruzas tuvieron segregación transgresiva en sus F₂s lo que puede ser aprovechadas por pequeños y medianos productores, para disminuir costos de producción sin que la calidad de fruto y el rendimiento se vean afectados drásticamente.

REFERENCIAS

- Batu A. (2004) Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 61:471-475
- Berry S. Z., Uddin M. R. 1991. Breeding tomato for quality and processing attributes. In: *Genetic Improvement of Tomato Monographs Theoretical and applied Genetics*. Ed. Kalloo, G. Vol. 14. Berlin: Springer. 197 p

- Canady M. A. and J. R. T. Chetelat (2006) Homeologous recombination in *Solanum lycopersicoides* introgression lines of cultivated tomato. *Genetics* 174:1775-1788.
- Cantwell, M. (2004) Fresh market Tomato Statewide Uniform Variety Trial Report Field and Postharvest Evaluations. South San Joaquin Valley. UCCE. University of California Cooperative Extension. Michelle Le Strange, UCCE Farm Advisor, Tulare & Kings Counties. 25 p.
- Chalukova M., Manuelyan H. 1991. Breeding for carotenoid pigments in tomato. In: Genetic Improvement of Tomato Monographs Theoretical and Applied Genetics. Ed. Kalloo, G. Vol. 14. Berlin: Springer. 179 p.
- Charlesworth D., Charlesworth B. 1987. Inbreeding depression and its evolutionary consequences. *The Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 18: 237-268
- Escorcía-Gutiérrez N, J D Molina-Galán, F Castillo-González, y J A Mejía-Contreras (2010) Rendimiento, heterosis y depresión endogámica de cruza simples de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 33: 271-279
- FAO, Food and Agriculture Organization (2011) The FAO statistical database. In: <http://faostat.fao.org/faostat>. (Agosto 2022).
- Grandillo S, D Zamir, S D Tanksley (1999) Genetic improvement of processing tomatoes: a 20 years perspective. *Euphytica* 110:85-97.
- González C.A., Salas S.M.C, Urrestarazu C.M. 2004. Producción y calidad en el cultivo de tomate cherry. In: Tratado de Cultivos sin Suelo. Urrestarazu Gavilán M. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp: 703-747.
- Hernández-Bautista A, R Lobato-Ortiz, S Cruz-Izquierdo, J J García Zavala, & J L Chávez-Servia (2014) Variación fenotípica, heterosis y heredabilidad de una crusa interespecífica de jitomate. *INTERCIENCIA* 39:327-332.
- Hernández-Leal E., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, D. Reyes-López, A. Méndez-López, O. Bonilla-Barrientos y A. Hernández-Bautista (2013) Comportamiento agronómico de poblaciones F2 de híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 36:209-215.
- Magaña-Lira N, A Peña-Lomelí, F Sánchez-del Castillo, J E Rodríguez-Pérez, y E D C Moreno-Pérez (2013). Comportamiento productivo de híbridos F1 de tomate y sus poblaciones F2. *Revista fitotecnia mexicana* 36:371-379.
- Martínez-Solís J, A Peña L, J E Rodríguez P, C Villanueva V, J Sahagún C, M G Peña O (2005) Comportamiento productivo en híbridos de jitomate y sus respectivas poblaciones F2. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 2:299-307.
- Parra-Gómez, M. A., Lobato-Ortiz, R., García-Zavala, J. J., Reyes-López, D., & Velasco-Alvarado, M. J. (2016). Evaluación de líneas de una crusa interespecífica de tomate. *Revista fitotecnia mexicana*, 39(1), 59-65.
- Poehlman J. M., Allen D. S. 2003. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Ed. Limusa. México, D.F. pp: 172-176
- Santiago J, M Mendoza y F Borrego (1998) Evaluación de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana* 9:59-65
- SAS Institute (2002) User's Guide of SAS (Statistical Analysis System). SAS Institute Inc. Cary, N. C. USA. 550 p
- Shivaprasad P V, R M Dunn, B A C M Santos, A Bassett, D C Baulcombe (2012) Extraordinary transgressive phenotypes of hybrid tomato are influenced by epigenetics and small silencing RNAs. *The EMBO Journal*, 31:257-266
- Steiner A A (1984) The universal nutrient solution. In: Proc. 6th International Congress on Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands. pp:633-650.

ETAPAS FENOLÓGICAS EN GENOTIPOS NATIVO Y CONVENCIONALES DE ALGODÓN (*Gossypium hirsutum* L.)

Bonilla-Barrientos Olga¹, Hernández-Leal Enrique*, Franco-Gaytán Iván², Maltos-Buendía Jorge², Martínez-Yáñez Beatriz³

¹Campo Experimental Delicias. Km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua. ²Campo Experimental La Laguna, Blvd. José Santos Valdez No. 1200 Pte. Col. Centro, Matamoros, Coahuila C.P. ³Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. *Correo electrónico: hernandez.enrique@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

Gossypium hirsutum L. es originario de México y Centro América; es el más cultivado en el mundo. En nuestro país, se pueden encontrar once de las trece especies silvestres de *Gossypium* (Pérez et al., 2016). China (25 %), Estados Unidos (19.9 %), India (13.1 %), Pakistán (9.8 %), Brasil (5.1 %) y Uzbekistan (4.2 %) son los principales países productores de algodón (USDA, 2017; Bonilla-Barrientos et al., 2020). En México, el principal estado productor es Chihuahua (51.4 %), seguido de Baja California (19.2 %), Coahuila (13.4 %), Sonora (10 %), Durango (3.7 %) y Tamaulipas (2 %) (OEIDRUS, 2013).

A pesar de la gran cantidad de empleos que genera en los campos agrícolas y de la importancia socioeconómica que genera al país, son pocos los estudios del comportamiento fenológico y de la calidad de fibra que presentan las especies silvestres, por el contrario, para las variedades transgénicas y convencionales que se cultivan comercialmente hay demasiada información. Al respecto, diversos autores reportan que morfológicamente la planta de algodón es simple, perenne, erecta y de porte arbóreo o arbustivo alcanzando hasta 4 m de altura, pudiendo encontrar especies de ciclo fenológico corto y largo (Gutiérrez et al., 2009).

Estudiar y describir el ciclo fenológico de las plantas implica observar, registrar e interpretar cada evento con el objetivo de conocer las diferentes etapas que se dan dentro de un ecosistema natural o agrícola y su interacción con el medio ambiente; además, la fenología varía según la especie (López & Gil, 2017; Matarrita, 1989). Las etapas consisten en la producción de hojas, flores y frutos de cada especie en relación con factores selectivos como son los abióticos y bióticos que influyen en cada fase fenológica (Fenner, 1998). El ciclo fenológico del algodón se divide en 3 etapas; la primera etapa es la vegetativa e incluye la emergencia, aparición de la tercera y quinta hoja verdadera; la segunda es la etapa reproductiva y va desde la aparición de los primeros botones florales hasta la formación y desarrollo de la bellota. Y por último esta la etapa de maduración, la cual comprende la apertura de las cápsulas y hasta que las fibras se noten plenamente (MINAG y SENAMHI, 2012).

Un factor de los más importantes que influyen en el ciclo fenológico del algodón es la temperatura, debido a que afecta la tasa de desarrollo de la planta, altas temperaturas acortan el ciclo fenológico y afecta su productividad. Por el contrario, la disminución de la temperatura puede incrementar el crecimiento vegetativo y prolongar el ciclo fenológico (Hatfield y Prueger, 2015).

Por eso, conocer el ciclo fenológico de los genotipos nativos es importante para la implementación de todo sistema agrícola, permitiendo que los productores tengan una mayor eficiencia en la planificación y programación de las diferentes actividades agrícolas incrementando la productividad y producción (Méndez & Alcorcés, 2007) al introducir genes exóticos procedentes de variedades nativas (Kwiatkowska & López, 2000).

En la actualidad, hay un interés por conocer, rescatar e incrementar la variabilidad genética del algodón, por lo antes mencionado el objetivo de fue conocimiento las fases fenológicas de 20 genotipos nativos de algodón.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en los ciclos de otoño-invierno del 2019 y primavera-verano del 2020 en el invernadero (25° 32' N y 103° 14' O) del Campo Experimental La Laguna del INIFAP, Matamoros, Coahuila. La población de estudio estuvo compuesta por 14 genotipos nativos de algodón, del jardín botánico del Campo Experimental-Iguala del INIFAP, dos accesiones del Banco de germoplasma de algodón de la Universidad Autónoma Chapingo y cuatro variedades convencionales de algodón como testigos (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Material biológico utilizado para evaluar las etapas fenológicas en 16 genotipos de algodón nativo y cuatro variedades convencionales.

Accesión	Origen	Variedad	Accesión	Origen	Variedad
TOA-03	INIFAP-C. E Iguala	Nativa	FZ-06A	INIFAP-C. E Iguala	Nativa
TOA-07	INIFAP-C. E Iguala	Nativa	GOS-17	INIFAP-C. E Iguala	Nativa
TOA-07	INIFAP-C. E Iguala	Nativa	GOS-22	INIFAP-C. E Iguala	Nativa
TOA-12	INIFAP-C. E Iguala	Nativa	GOS-27	INIFAP-C. E Iguala	Nativa
				Banco de	
TOA-14	INIFAP-C. E Iguala	Nativa	P1-195257	germoplasma- Chapingo	Nativa
				Banco de	
TOA-18	INIFAP-C. E Iguala	Nativa	P1-529277	germoplasma- Chapingo	Nativa
TOA-22	INIFAP-C. E Iguala	Nativa	NAZAS	INIFAP-C.E Laguna	Convencional
TOA-27	INIFAP-C. E Iguala	Nativa	CIAN PRECOZ.	INIFAP-C.E Laguna	Convencional
US-023	INIFAP-C. E Iguala	Nativa	JUAREZ	INIFAP-C.E Laguna	Convencional
FZ-13	INIFAP-C. E Iguala	Nativa	CIAN 95	INIFAP-C.E Laguna	Convencional

Diseño experimental y Manejo agronómico

El diseño experimental que se utilizó fue bloques completos al azar con 20 tratamientos, tres repeticiones y cinco plantas por repetición. Se realizó en condiciones de hidroponía, en bolsas de polietileno de color negro con capacidad de 12 L y se rellenaron con arena como sustrato. La siembra fue el 22 de octubre de 2019 y el trasplante fue a los 35 días después de la siembra

(DDS). La fertilización se hizo de acuerdo a las diferentes etapas de desarrollo con aminoácidos y algas marinas, para la etapa vegetativa se usó una concentración de 50 %, y a partir de la floración y hasta la fructificación se incrementó a 100 %. Se aplicó Captan®, Previcur® y Cupravit® como fungicidas en forma preventiva y Knock®, Sivanto® y Break Thru® para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci Gennadius*) (Hemiptera, Aleyrodidae) y pulgón (*Myzus Persicae*).

Se registraron datos en cada etapa fenológica de los días después de la siembra en la aparición de la tercera y quinta hoja verdadera, primer cuadro y floración y formación y apertura de bellota. Se realizó análisis de varianza a cada variable utilizando el procedimiento GLM de SAS y cuando se detectaron diferencias estadísticas entre variedades ($P \leq 0.05$) se aplicó la prueba de separación de medias de Tukey (SAS Institute, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los genotipos evaluados, se diferenciaron dos grupos; el primero estuvo conformado por ocho genotipos de algodón nativo de ciclo fenológico largo como fue TOA-14 que después de 137 DDT inicio su fase reproductiva, solo siete días menos de la variedad convencional CIAN PRECOZ que empezó con la apertura de bellotas. TOA-07 y P1-195157 necesitaron de 186 y 174 DDT respectivamente, para la apertura de bellotas, lo que comprueba que estos materiales son muy tardíos. Las variedad convencional CIAN-95 fue la más tardía debido a que necesito 180 días para la apertura de bellotas, lo que podría ser una característica negativa debido a la falta de agua y presencia de heladas tempranas en la región. Los materiales nativos TOA-03, TOA-12, TOA 22, FZ-06A y GOS-22 a los 152 DDT todavía estaban en la etapa reproductiva (Cuadro 2). Al respecto, López et al., (2017) reportaron que la especie *Gossypium raimondii* Ulbrich completa su ciclo fenológico en 207 días, de los cuales 5 a 50 días son de fase vegetativa, para la fase reproductiva de 65 a 165 días y en la fase de maduración empieza entre los 146 a 207 días.

El segundo grupo estuvo formado por genotipos de ciclo corto como fueron: TOA-18, TOA-27, FZ-13, GOS-17, GOS-27 y P1-529277, muy similar a las variedades convencionales Juárez, Nazas y Cian Precoz. Para la etapa de apertura de bellotas CIAN PRECOZ necesito de 144 (DDT), JUAREZ de 162 días, TOA-27 y P1-529277 presentaron un comportamiento similar con 150 días El proceso de maduración, entre el florecimiento y la primera apertura de las bellotas toma aproximadamente dos meses como se muestra en la Figura 1 (SAGARPA-FAO, 2014). Navarro et al., (2010) encontraron que la fase vegetativa de una variedad comercial precoz es de 30 a 33 días en la fase vegetativa, mientras que la floración inicia a los 53 días y la fase de maduración es a partir de los 100 días, pudiéndose extender hasta los 180. Ritchie et al., (2004), señalan que el periodo de floración dura de seis a ocho semanas, después de la polinización.

Wright y Sprenkel (2005), mencionan que en condiciones óptimas la planta necesita de 50 a 60 días desde la polinización a la apertura de una bellota. Sin embargo, en esta investigación todos los materiales convencionales y nativos requirieron mayor tiempo desde el trasplante a la floración, debido a las bajas temperaturas ($10^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$) que se presentaron entre diciembre 2019 y enero del 2020 cuando iniciaba la fase reproductiva, lo que afectó la tasa de desarrollo de la planta ya que este cultivo necesita una temperatura base de 15.5°C (Vargas, 1991;

Wanjura et al., 1967), mientras que la etapa de la floración requiere de una temperatura entre 20 a 30° C y para la maduración debe de estar entre los 27 y 30° C (SAGARPA-FAO, 2014).

Cuadro 2. Etapas fenológicas de 20 genotipos de algodón nativo y convencionales.

GENOTIPO	Tercer	Quinta	Formación	Floración	Formación	Apertura
	Hoja	Hoja	de Cuadro		Bellota	Bellota
JUAREZ	59 c	81 d	87 l	100 h	149 e	162 d
NAZAS	72 b	87 b	93 k	129 e	142 f	150 f
CIAN PRECOZ	87 a	98 a	108 g	121 f	129 g	144 g
CIAN-95	72 b	87 b	110 f	121 f	129 g	180 a
TOA-03	59 c	86 c	108 g	129 e	150 d	-
TOA-07	72 b	87 b	124 c	150 b	186 a	-
TOA-12	59 c	87 b	105 h	137 c	150 d	-
TOA-14	87 a	81 d	137 a	-	-	-
TOA-18	59 c	72 e	77 m	100 h	118 h	162 d
TOA-22	59 c	72 e	108 g	133 d	150 d	
TOA-27	59 c	87 b	100 i	129 e	142 f	150 f
FZ-06A	59 c	87 b	118 d	150 b	156 c	
FZ-13	59 c	72 e	87 l	100 h	118 h	160 e
US-023	59 c	81 d	98 j	137 c	150 d	174 b
GOS-17	41 d	59 f	76 n	105 g	118 h	162 d
GOS-22	59 c	86 c	114 e	137 c	156 c	
GOS-27	59 c	86 c	98 j	105 g	149 e	165 c
P1-195157	72 b	87 b	133 b	156 a	174 b	
P1-529277	59 c	72 e	77 m	91 i	108 i	150 f
DSH (0.05)	14	11	4	6	13	12

-: Expresa que las plantas todavía no alcanzaban la fase fenológica, al momento de la última toma de datos. Medias con letras iguales en las filas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). DSH: diferencia significativa honesta.

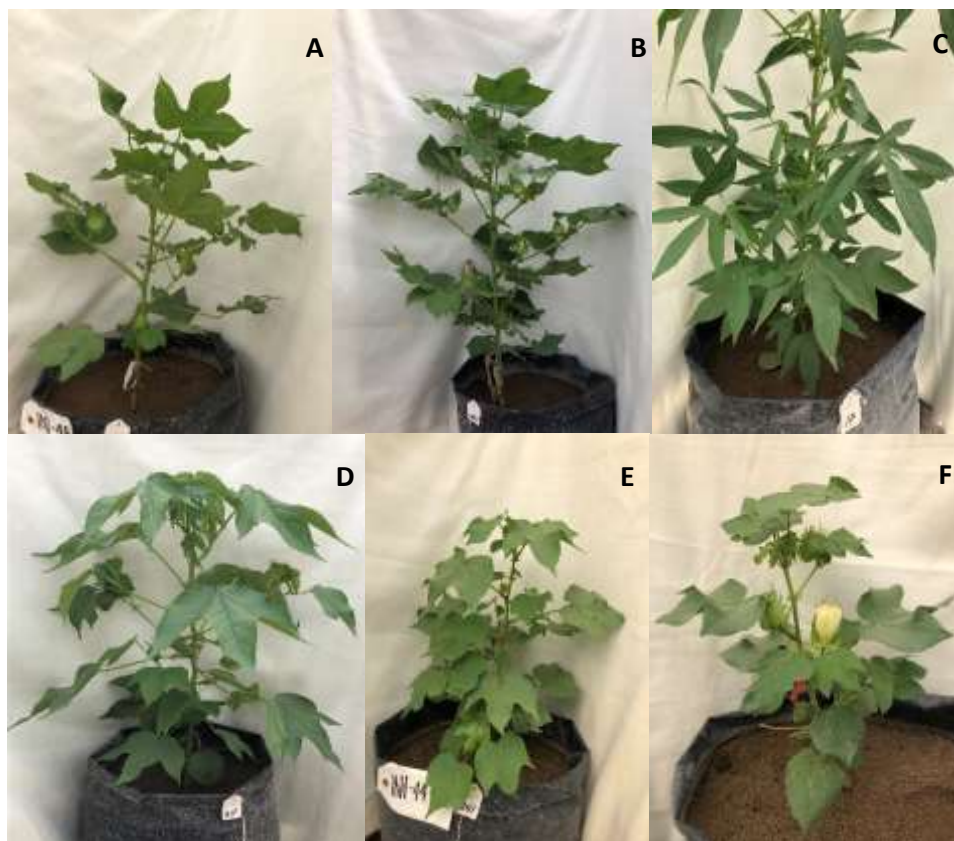


Figura 1. Plantas de algodón convencional y nativo en diferentes fases fenológicas. A: Juárez, en fase reproductiva. B: Nazas, en fase reproductiva. C: TOA-12. D: TOA-18. E: TOA-27. F: P1-529277.

CONCLUSIONES

TOA-27 y P1-529277 tuvieron un comportamiento similar a las variedades convencionales NAZAS y CIANPRECOZ en todas las etapas fenológicas, por lo que podrían ser usadas como fuente de variación para la generación de nuevas variedades en un corto o mediana plazo debido a su precocidad, además esta investigación permitió identificar genotipos nativos precoces, intermedios y tardíos con buenas características agronómicas.

BIBLIOGRAFÍA

- Bonilla-Barrientos, O. Hernández-Leal, E. Verastegui-Chávez, J., Maltos-Buendía, J. Bautista-Ramírez, E. Hernández-Bautista, A. y Isidro-Requejo, L.M. 2020. Productividad y calidad de fibra de variedades convencionales de algodón en la Comarca Lagunera, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 43(1): 3 – 9.
- Fenner, M. 1998. The phenology of growth and reproduction in plants. *Perspectives in Plant Ecology. Evolution and Systematics* 1(1): 78-91.

- Gutiérrez, M.; Trujillo, B.; Pérez, D.; Márques, A. Pacheco, W. 2009. Colecta y rescate del conocimiento local de algodones nativos en las costas de los estados Falcón y Aragua, Venezuela. *Agronomía Tropical* 59(1): 59-71
- Hatfield, J.L.; Prueger, J.H. 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes* 10(1): 4-10.
- Kwiatkowska, T., & López, R. 2000. Ingeniería genética y ambiental: problemas filosóficos y sociales de la biotecnología. Ciudad de México, México: Plaza y Valdés
- López Medina, E., & Gil Rivero, A. E. 2017. Fenología de *Gossypium raimondii* Ulbrich" algodón nativo" de fibra de color verde. *Scientia Agropecuaria*, 8(3), 267-271.
- Matarrita, A. (1989). Cultivo de algodón. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- MINAG Ministerio de Agricultura; SENAMHI Servicio Nacional de Meteorología del Perú. 2012. Manual de observaciones fenológicas. Gobierno del Perú. Lima, Perú. 99 pp.
- Méndez, J., & Alcorcés, N. 2007. Boll, seed and fiber traits of eight cotton cultivars under savanna conditions. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 24(1), 285-293.
- Navarro, R.; Gutiérrez M.; Alfonzo N.; Piñango. L. 2010. Cultivo del algodón en las zonas de vega del río Orinoco y sus afluentes. Editorial Taller de Artes Gráficas del INIA. Gobierno Bolivariano de Venezuela. Maracay, Venezuela. 70 pp.
- OEIDRUS, 2013. Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA). <http://www.oeidruss-sonora.gob.mx/>
- Pérez, M. C., Tovar, G. M.R., Obispo G. Q., Legorreta, P. F.J. y Ruiz, C. AJ. 2016. Recursos genéticos del algodón en México: conservación ex situ, in situ y su utilización. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7 (1): 5-16.
- SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2014. Análisis de la Cadena de Valor en la Producción de Algodón en México. SAGARPA-FAO. México, D. F. 98 p.
- SAS Institute. 2011. SAS/STAT® 9.3 9.3 User's Guide. SAS Institute. Cary, North Carolina, USA. 8621 p.
- Ritchie, G. L., C. W. Bednarz, P. H. Jost and S. M. Brown. 2004. Cotton growth and development. The University of Georgia. Cooperative Extension. Bulletin 1252. Tifton, GA. USA. 14 p.
- USDA. United States Department of Agriculture. 2017. Cotton Production Monthly Report. United States Department of Agriculture. Washington, D. C. <https://www.ams.usda.gov/>
- Vargas, C. J. 1991. Guía para cultivar algodón en el norte de Tamaulipas. INIFAP, Campo Experimental Río Bravo. Folleto para productores No. 11. Río Bravo, Tam. México. 17 p

Wanjura, D. F., E. B. Hudspeth, Jr., and J. D. Bilbro, Jr. 1967. Temperature-emergence relations of cottonseed under natural diurnal fluctuation. *Agron. J.* 59:217-219.

Wright, D. L. and R. K. Sprenkel. 2005. Cotton growth and development. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. Bulletin SS-AGR-238. Gainesville, FL. USA. 5 p.

EVALUACIÓN DE CRUZAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) ÉLITE POR MATERIALES NATIVOS

Bonilla-Barrientos Olga¹, Hernández-Leal Enrique^{2*}, Franco-Gaytán Iván², Lobato-Ortiz Ricardo³, García-Zavala J. de Jesús³.

¹Campo Experimental Delicias. Km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua. ²Campo Experimental La Laguna, Blvd. José Santos Valdez No. 1200 Pte. Col. Centro, Matamoros, Coahuila C.P. ³Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230.

*Correo electrónico: hernandez.enrique@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

En México, el tomate es un cultivo de suma importancia económica, ocupa el segundo lugar entre las hortalizas que más se producen, y además representa una de las fuentes de empleo rural más importantes debido al uso de mano de obra y las divisas que genera. La producción de esta hortaliza se ha incrementado aceleradamente durante los últimos años, por el uso de cultivares híbridos que han destacado por sus altos rendimientos, resistencia a enfermedades, calidad de fruto y vida de anaquel (Gur y Zamir, 2004).

El mejoramiento genético de tomate es desarrollado principalmente por empresas transnacionales, lo que incrementa el precio de las semillas (Scott 2008). Por esta razón, la mayoría de pequeños y medianos productores se les dificulta obtener semillas híbridas de empresas extranjeras (Juárez et al., 2000). Este incremento obliga a los productores al uso de semilla de la segunda generación filial (F_2) para ahorrar dinero, suponiendo que el rendimiento es similar al del híbrido F_1 (De Miranda y Anderson, 2001). Al respecto, Mohamed (1998) menciona que en la segunda generación filial pueden aparecer plantas de tomate similares a los híbridos e inclusive plantas con mayor rendimiento, debido a la segregación transgresiva (Shivaprasad et al., 2012; Magaña-Lira et al., 2013).

Una manera de obtener material genético mejorado de tomate en el corto y mediano plazo para los pequeños y medianos productores de México, es a partir de cruza intervarietales entre materiales elite por nativos o entre variedades locales (Martínez-Vázquez et al., 2016; Martínez-Vázquez et al., 2017). De esta forma, se puede aprovechar la amplia diversidad genética de los materiales nativos para obtener híbridos con altos rendimientos y características novedosas. Por otro lado, los estudios de efectos genéticos en híbridos derivados de material elite por nativo son limitados. Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el rendimiento y características de calidad de fruto en híbridos experimentales de jitomate de material élite por variedades nativas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en primavera-verano de 2016 en un invernadero del Colegio de Posgraduados, en Montecillo, Texcoco, Estado de México (19° 30" N y 98° 53" O). Se evaluaron 23 híbridos (F_1) provenientes del cruzamiento entre nueve líneas avanzadas S_5 de tomate nativo tipo "pimiento o cuadrado" (LOR-79, LOR-81, LOR-82, LOR-85, LOR-91, LOR-95, LOR-97, LOR-103 y LOR-111) y tres líneas avanzadas (L, C, R) S_5 tipo "saladette"

derivadas de híbridos comerciales, a excepción de la línea R que solo se cruzó con cinco líneas (LOR-79, LOR-81, LOR-91, LOR-95, LOR-103). También se incluyeron las respectivas generaciones F₂ de los híbridos experimentales y se utilizó el híbrido comercial 'El Cid', obteniendo un total de 47 genotipos (23 F₁s, 23 F₂s y un testigo comercial). El trasplante se realizó a los 45 días después de la siembra, se utilizaron bolsas de polietileno (40 x 40 cm) rellenas con tezontle rojo.

El diseño experimental fue un bloques completos al azar, con tres repeticiones y 10 plantas por repetición. Las plantas se manejaron a un solo tallo y se tutoraron con hilo de rafia. Para la fertilización se utilizó la solución nutritiva de Steiner (1984) modificándola según las etapas fenológicas de los genotipos, primero a una concentración de 50 % por planta antes de la floración, posteriormente se incrementó la concentración al 100 %, el pH de la solución se mantuvo entre 5.5 y 6.0. Para la prevención y control de mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius) (*Hemiptera*, Aleyrodidae) y paratíozoa (*Bactericera cockerelli*) se realizaron aplicaciones periódicas de Confidor® (imidacloprid) y Ampligo® (lambda cialotrina y clorantraniliprol). Para enfermedades fungosas como el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) se realizaron aplicaciones periódicas de Captan® (captan), Cupravit® (oxicloruro de cobre) y Ridomil Gold® (Metalaxil).

Se tomaron datos a cada material genético del peso total de frutos por planta (PTF, en g), peso promedio de fruto (PPF, en g), número total de frutos por planta (NTF), días a floración del tercer racimo (DFR3), contenido de sólidos solubles totales (SST, en grados brix, °Bx), número de lóculos (LOCU) y firmeza del fruto (FIR, en Newtons -N-). Las variables PPF, SST, LOCU y FIR se obtuvieron de una muestra de tres frutos representativos por planta. Los sólidos solubles totales se midieron con un refractómetro digital marca PAL-1® (Tokio, Japón) de rango de 0.0 a 53.0 °Brix.

Con los datos registrados se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), se utilizó el programa estadístico SAS V.9.0 (SAS Institute, 2002). Los datos se analizaron mediante el modelo lineal general (PROC GLM).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza se observó alta significancia ($P < 0.01$) entre genotipos para todas las variables, excepto para DFR3 que tuvo significancia de $P < 0.05$ (Cuadro 1), Estos resultados coinciden con los reportados por Parra et al., (2016), quienes evaluaron el potencial hortícola de 225 líneas S₃ derivadas de una cruce interespecífica entre *S. lycopersicum* y *S. pimpinellifolium*. Al partir los genotipos en generaciones, tanto entre genotipos F₁ como entre genotipos F₂ hubo significancia para todas las variables, excepto para DFR3 que resultó no significativa. La F₁vsF₂ resultó significativo solo para las variables PT, NF DFR3 y SST. Estos resultados indican que entre los materiales evaluados existen diferencias fenotípicas y genotípicas, y que se podrá discriminar entre genotipos F₁ y F₂ para algunas de las variables.

Los coeficientes de variación tuvieron valores de 6.5 a 19.3 %, por lo que es aceptable el control de la variación experimental. Estos valores coinciden con los reportados por Carrillo-Rodríguez et al. (2013), quienes observaron C.V. menores de 21 % para rendimiento por planta, y de 23 % para el número de frutos por racimo cuando estudiaron la variación estacional en poblaciones nativas de tomate.

Cuadro 1. Cuadrados medios de siete variables de cruzas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), sus generaciones filiales F₁ y F₂, y del contraste F₁vsF₂. Montecillo, 2016.

F.V.	G.L.	PT	PPF	NF	DFR3	SST	LOCU	FIR
Rep	2	5.023**	203.273	263.565**	0.611	0.085	0.211*	0.085*
Gen	46	0.982**	855.399**	88.657**	19.051*	0.192**	0.198**	0.067**
F ₁	23	1.186**	691.597**	94.469**	10.507	0.146*	0.189**	0.103**
F ₂	23	0.817**	1075.413**	82.932**	22.764	0.196**	0.208**	0.049*
F ₁ vsF ₂	1	4.854**	175.236	237.270*	133.800**	1.178**	0.0145	0.032
Error	134	0.388	251.045	34.888	10.793	0.071	0.063	0.024
C.V.		19.3	14.5	14.9	7.5	6.5	9.7	12.8

*, ** Significativo a $P \leq 0.05$ y a $P \leq 0.01$, respectivamente. F.V.= Fuentes de variación; GL = grados de libertad. Rep= Repeticiones; Gen= Genotipos; F₁, F₂= Generación filial; PT = peso total de frutos por planta (g); NF = número total de frutos por planta; PPF= peso promedio de fruto (g); DFR3 = días a floración del tercer racimo; SST = contenido de sólidos solubles totales (°Brix); LOCU = número de lóculos; FIR = firmeza del fruto, CV= Coeficiente de variación.

La comparación de medias entre las generaciones F₁ y sus respectivas F₂, considerando todos los genotipos en cada generación, indican que hubo diferencias significativas para las variables PT y NF en la F₁, mientras que la F₂ sobresalió en SST (Cuadro 2). Ambas generaciones filiales fueron similares en PPF, DFR3, LOCU y FIR, por lo que para estas variables no se observaron diferencias significativas entre sembrar una generación u otra, indicando esto que de manera general los productores de jitomate podrían sembrar la semilla F₂, tomando en consideración que los valores de variables como el PPF se mantendrían de una generación a otra, así como la firmeza del fruto y los días a floración. Estos resultados coinciden con los observados por Martínez et al., (2005), quienes tampoco encontraron diferencias significativas para peso del fruto entre las generaciones F₁ y F₂ en 18 híbridos de tomate de hábito determinado y lo que coinciden con reportado por Hernández-Leal et al., (2013), quienes estudiaron el comportamiento agronómico de poblaciones F₂ de híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y mencionan que el peso promedio de fruto (PPF) no hubo diferencias significativas entre las generaciones F₁ y F₂.

Cuadro 2. Prueba de medias para siete variables de híbridos de jitomate y sus respectivas generaciones filiales.

GFIL	PT	PPF	NF	DFR3	SST	LOCU	FIR
F ₁	3.387a	109.693a	40.684a	42.965a	4.023b	2.588a	1.223a
F ₂	3.006b	107.405a	38.022b	44.964a	4.211a	2.609a	1.192a
DSH	0.26	7.302	2.511	1.217	0.111	0.115	0.066

Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). DSH= Diferencia significativa honesta; GFIL =Generación filial PT = peso total de frutos por planta (g); PPF = peso promedio de fruto (g); NF = número total de frutos por planta; DFR3 = días a floración del tercer racimo; SST = contenido de sólidos solubles totales (°Brix); LOCU = número de lóculos; FIR = firmeza del fruto.

CONCLUSIONES

Las cruzas intervarietales de tomate derivadas de líneas de material élite por líneas de variedades nativas pueden ser una alternativa viable de aprovechamiento para el mejoramiento genético del cultivo, además de una alternativa de producción económica para

pequeños y medianos productores, ya que la generación F₂ de algunas cruza promisorias mostró una baja depresión endogámica en características de calidad y rendimiento de fruto.

REFERENCIAS

- Carrillo-Rodríguez J. C., J. L. Chávez-Servia, G. Rodríguez-Ortiz, R. Enríquez-del Valle y Y. Villegas-Aparicio (2013) Variación estacional de caracteres agromorfológicos en poblaciones nativas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6:1081-1091.
- De Miranda, P. C., y M. L. Anderson, (2001) La complejidad de los materiales híbridos. USA. *Seed News*. Año XV N. 6. Disponible en: http://www.seednews.inf.br/_html/site_es/content/reportagem_capa/index.php?edicao=60.
- Gur A and D Zamir (2004) Unused natural variation can lift yield barriers in plant breeding. *PLoS Biology* 2:1610-1615
- Hernández-Leal E, R Lobato-Ortiz, J J García-Zavala, D Reyes-López, A Méndez-López, O Bonilla-Barrientos, A Hernández-Bautista (2013) Comportamiento agronómico de poblaciones F₂ de híbridos de tomate (*Solanum lycopersicon* L.). *Rev. Fitotec. Mex.* 36:209-215.
- Juárez L G F, F Sánchez del C, E Contreras M (2000) Efectos del manejo de esquejes sobre el rendimiento de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en hidroponía. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6:19-23
- Magaña-Lira N, A Peña-Lomelí, F Sánchez-del Castillo, J E Rodríguez-Pérez, y E D C Moreno-Pérez (2013). Comportamiento productivo de híbridos F₁ de tomate y sus poblaciones F₂. *Revista fitotecnia mexicana* 36:371-379.
- Martínez-Vázquez, E A., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, D Reyes-López, (2016) Heterosis de cruza entre líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) nativo mexicano tipo pimiento y líneas tipo saladette. *Revista fitotecnia mexicana*, 39:67-77.
- Martínez-Vázquez, E A., A Hernández-Bautista, R Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, D Reyes-López, (2017) Exploring the breeding potential of Mexican tomato landraces. *Scientia Horticulturae*, 220:317-325
- Mohamed M F (1998) Characteristics and inheritance of natural facultative parthenocarpic fruit-set in 'Nadja' tomato under low temperature conditions. *Euphytica* 103:211-217.
- Parra-Gómez, M. A., Lobato-Ortiz, R., García-Zavala, J. J., Reyes-López, D., & Velasco-Alvarado, M. J. (2016). Evaluación de líneas de una crusa interespecífica de tomate. *Revista fitotecnia mexicana*, 39(1), 59-65.

- SAS Institute (2002) User's Guide of SAS (Statistical Analysis System). SAS Institute Inc. Cary, N. C. USA. 550 p
- Scott, J. W. (2008). Fresh market tomato breeding in the USA. *Acta horticulturae* 789:21-26
- Shivaprasad P V, R M Dunn, B A C M Santos, A Bassett, D C Baulcombe (2012) Extraordinary transgressive phenotypes of hybrid tomato are influenced by epigenetics and small silencing RNAs. *The EMBO Journal*, 31:257-266
- Steiner A A (1984) The universal nutrient solution. In: Proc. 6th International Congress on Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands. pp:633-650.

DISEÑO DE UNA ARQUITECTURA IoT PARA EL MONITOREO DE UN INVERNADERO INTELIGENTE

Palomares-Adame, Alma Veronica¹; Tobar-Gutiérrez, Javier²; Torrero-Flores, Claudia Josefina²; Hernández-Antúnez, Aleida³

¹TecNM-El Salto, Mesa del Tecnológico SN, Forestal, 34942 El Salto, Dgo.

²TecNM- La Laguna, Blvd. Revolución y Av. Instituto Tecnológico de La Laguna, Torreón, Coahuila, C.P. 27000

³TecNM-Torreón, Carretera Torreón-San Pedro Km 7.5 Ejido Ana, Torreón, Coahuila

RESUMEN

El trabajo de investigación, presenta el diseño de una arquitectura de bajo costo utilizando el paradigma del internet de las cosas (IoT del inglés *Internet of Things*), para medir dentro de un invernadero las variables involucradas en la producción agrícola. La arquitectura usa componentes de hardware como placas Arduino MKR GSM 1400, sensores de luz, temperatura, temperatura de la planta, humedad relativa, humedad del suelo y actuadores. El hardware tiene la capacidad de realizar una conexión utilizando tecnología GSM lo que facilita la comunicación a Internet para publicar los datos recopilados. Para determinar la confiabilidad de los datos, los sensores fueron calibrados con dispositivos especializados para medir las diferentes variables involucradas. Como punto de partida se realizó una investigación documental sobre el estado actual de arquitecturas similares; posteriormente se describe la metodología para el desarrollo de la arquitectura propuesta. La contribución de la arquitectura pretende ser una opción de bajo costo para desarrolladores e investigadores relacionados con el paradigma del internet de las cosas y la agricultura inteligente y de precisión.

Palabras clave

Arduino, Internet de las cosas invernadero inteligente

ABSTRACT

The research work presents the design of a low-cost architecture using the Internet of things (IoT) paradigm to measure the variables involved in agricultural production inside a greenhouse. The architecture uses hardware components such as Arduino MKR GSM 1400 boards, sensors for light, temperature, plant temperature, relative humidity, soil moisture and actuators. The hardware has the ability to make a connection using GSM mobile telephony which facilitates communication to the Internet to publish the collected data. To determine the reliability of the data, the sensors were calibrated with specialized devices to measure the different variables involved. As a starting point, documentary research on the current state of similar architectures was carried out; subsequently, the methodology for the development of the proposed architecture is described. The contribution of the architecture is intended to be a

low-cost option for developers and researchers related to the paradigm of the Internet of Things and intelligent and precision agriculture.

Keywords

Arduino, Internet of things, smart greenhouse

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la actividad agrícola enfrenta el reto de asegurar el abasto de alimentos para la población, sin embargo, su dimensión estará en función de la tasa de crecimiento poblacional, economía, infraestructura agrícola y recursos naturales de cada país. México no está exento a este fenómeno ya que aun cuando el área cultivable para el año 2015 era de 27.8 millones de ha (Baldivia & Ibarra; INEGI, 2015), se estima que esta superficie podría disminuir por el cambio de uso de suelo para construir viviendas. Tomando en cuenta esta situación, para incrementar la producción agrícola, más que abrir nuevas tierras de cultivo, los productores están preocupados por mejorar el rendimiento por cada unidad de producción.

Un elemento clave para lograrlo, es la adopción de tecnologías de vanguardia que permitan un mejor control de los elementos involucrados en el proceso productivo (clima, plagas, enfermedades, nutrientes, y suministro de agua). Esta adopción, se refiere a la migración tecnológica y las nuevas tendencias, que ofrecen un conjunto de aplicaciones que integran tecnologías del internet de las cosas, computación en la nube, computación en la niebla, sistemas embebidos, sensores inalámbricos, inteligencia artificial y sistemas de monitoreo y predicción (Campoverde Marca, Hernández Rojas, & Mazón Olivo, 2015). Existen muchas investigaciones en las que el uso de la tecnología del internet de las cosas (IoT del inglés, *Internet of Things*) ha mostrado resultados prometedores, tal es el caso de la denominada “agricultura inteligente” (Babu Loganathan, 2021), (Cicioğlu, Çalhan, & Engineering, 2021), (Friha, Ferrag, Shu, Maglaras, & Wang, 2021). A pesar de los buenos resultados, implementar las soluciones propuestas, requiere del uso de equipos costosos y difíciles de conseguir en el medio regional.

El objetivo principal de esta investigación es el diseño de una arquitectura de bajo costo basada en el internet de las cosas para el monitoreo de invernaderos, la cual puede ser considerada como alternativa de implementación, especialmente para los pequeños productores que están interesados en incrementar sus rendimientos a partir de un mejor aprovechamiento de los recursos y comprometidos con el medio ambiente, desarrollando una producción sustentable.

MATERIALES Y METODOS

Arquitectura propuesta IoT. El paradigma IoT es tan amplio y cubre tantos aspectos que no existe una homogeneidad acerca de cuál debería ser el modelo a seguir. Con el IoT han surgido diferentes propuestas arquitectónicas entre las que podemos encontrar: la arquitectura de 3 capas, la arquitectura de 5 capas, la arquitectura de nube, la arquitectura de niebla y la arquitectura de computación de borde entre muchas otras. En esta sección se presenta la arquitectura propuesta para el monitoreo de un invernadero. Figura 1.

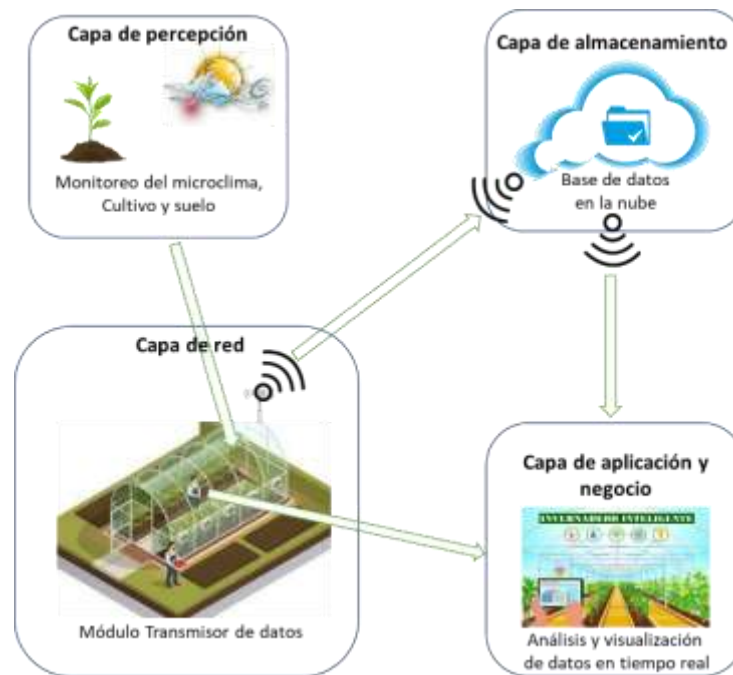


Figura 1. Arquitectura IoT propuesta para el monitoreo de variables climáticas, suelo y cultivo.

CAPA DE PERCEPCIÓN

En la capa de percepción se integran los diferentes sensores encargados de recoger datos del entorno. Aquí se "sienten" los parámetros físicos, o bien se identifican otros dispositivos inteligentes del entorno IoT.

El diagrama de conexión de la capa de percepción se puede ver en la Figura 2, este se compone de una serie de sensores y actuadores (temperatura, humedad relativa, humedad de suelo, temperatura de la planta, intensidad de luz y una bomba de agua), una placa arduino mkr gsm 1400.

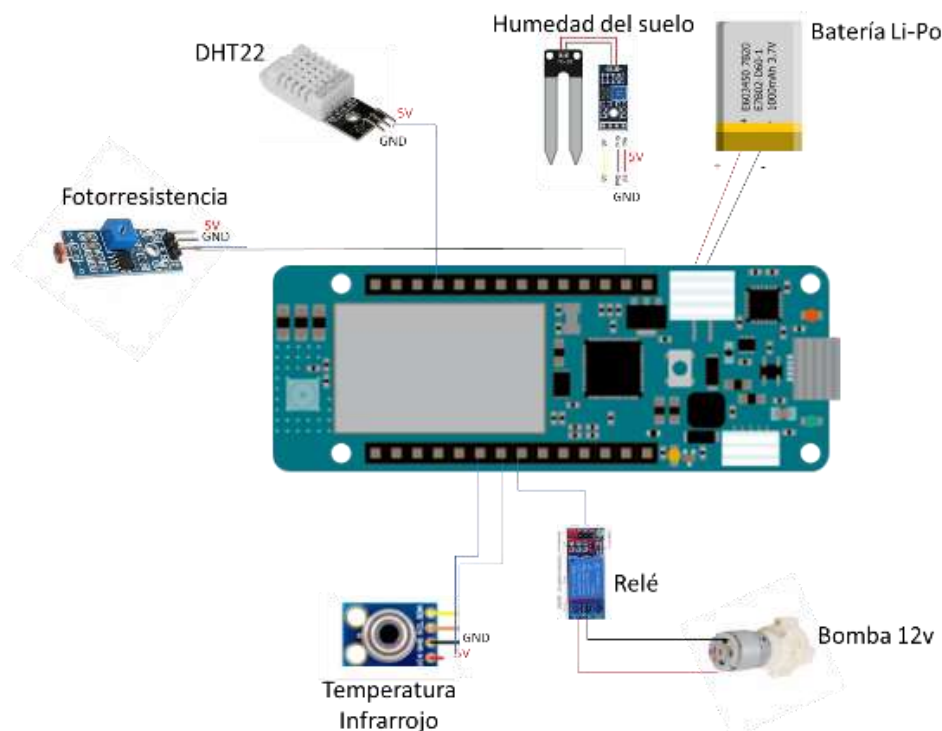


Figura 2.- Diagrama de conexión de la capa de percepción

Los datos son obtenidos a intervalos de un minuto y al momento de ser capturados se les aplica el filtro de Kalman para suavizar la señal ya que los sensores utilizados son de bajo costo y generan errores de medición.

Con la totalidad de los datos capturados y filtrados, estos son ordenados de acuerdo al protocolo de comunicación que será utilizado para su envío al servidor a través de un servicio web.

Monitoreo del suelo y planta. Para el monitoreo del suelo y planta se cuenta con el sensor de humedad en suelo HL-69 Higrómetro perfecto para detectar humedad en el sustrato, por medio de la conductividad del agua a través de sus terminales, puede ayudar a tomar mejores decisiones en la programación del riego, tales como el determinar la cantidad de agua a aplicar y cuándo aplicarla. Sensor infrarrojo MLX90614, utilizado para medir la temperatura de la planta sin contacto, esta es un elemento esencial para el desarrollo de las plantas. Junto con los niveles de luz, dióxido de carbono, humedad del aire, agua y nutrientes, la temperatura influye en el crecimiento de la planta y la productividad de las cosechas.

Monitoreo de variables climáticas. Humedad relativa y Temperatura. El DHT22 (AM2302) es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de buen rendimiento y bajo costo. Integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no posee salida analógica). Utilizado en aplicaciones de control automático de temperatura, aire acondicionado, monitoreo

ambiental en agricultura y más. Utilizar el sensor DHT22 con las plataformas Arduino/Raspberry Pi/Nodemcu es muy sencillo tanto a nivel de software como hardware. A nivel de software se dispone de librerías para Arduino con soporte para el protocolo "Single bus". En cuanto al hardware, solo es necesario conectar el pin VCC de alimentación a 3-5V, el pin GND a Tierra (0V) y el pin de datos a un pin digital en nuestro Arduino. Si se desea conectar varios sensores DHT22 a un mismo Arduino, cada sensor debe tener su propio pin de datos. Quizá la única desventaja del sensor es que sólo se puede obtener nuevos datos cada 2 segundos. Cada sensor es calibrado en fábrica para obtener unos coeficientes de calibración grabados en su memoria OTP, asegurando alta estabilidad y fiabilidad a lo largo del tiempo. El protocolo de comunicación entre el sensor y el microcontrolador emplea un único hilo o cable, la distancia máxima recomendable de longitud de cable es de 20m., de preferencia utilizar cable apantallado. Proteger el sensor de la luz directa del sol (radiación UV).

Actuadores. La arquitectura cuenta con un sistema de riego automático cuyo funcionamiento es por medio de una bomba eléctrica de 1hp conectada a un reservorio de agua y un sistema de tuberías de ½ pulgada. Su funcionamiento está gobernado por la información derivada del procesamiento de los datos obtenidos por el sensor de humedad del suelo. La toma de decisiones cuando y cuanto regar está en función del tipo de cultivo y su etapa de desarrollo.

CAPA DE RED

La capa de red, es la que realizan las negociaciones de conexión del módulo de monitoreo con el operador del servicio de telefonía utilizado para tener acceso a internet. Esta capa es la responsable del envío de los datos y recepción de comandos para ser ejecutados en la capa de percepción.

CAPA DE ALMACENAMIENTO

La capa de almacenamiento, se encuentra en un servidor web en la nube con soporte para las siguientes tecnologías: lenguaje de programación del lado del servidor php y un manejador de base de datos MySQL. Para el almacenamiento de los datos provenientes de la capa de red, se desarrolló una base de datos MySQL con una tabla, así mismo se implementó un servicio web programado con el lenguaje de programación php quién recibe los datos enviados por la capa de red, realiza la conexión a la base de datos, e inserta los datos en la tabla.

CAPA DE APLICACIÓN Y NEGOCIO

Por último, la capa de aplicación y negocio, es la encargada de la administración y desarrollo de la solución completa de IoT, su aplicación y la generación de casos de negocios, buscan

proveer valor tanto para el negocio como para el usuario final, conocer el mercado de los competidores y mejorar rentabilidad. Esta capa puede entenderse como la convergencia entre IoT y el productor.

Instalación de sensores y modulo transmisor de datos

La instalación de los sensores se llevó a cabo de la siguiente manera se instaló al centro del invernadero un sensor de temperatura y humedad del suelo, un sensor infrarrojo para medir la temperatura de la planta, un sensor de luz para medir su intensidad, un sensor de humedad del suelo para medir el porcentaje de humedad, todos los sensores están conectados al módulo transmisor a través de cable apantallado cat6. La distribución de los diferentes sensores se puede ver en la figura 4.

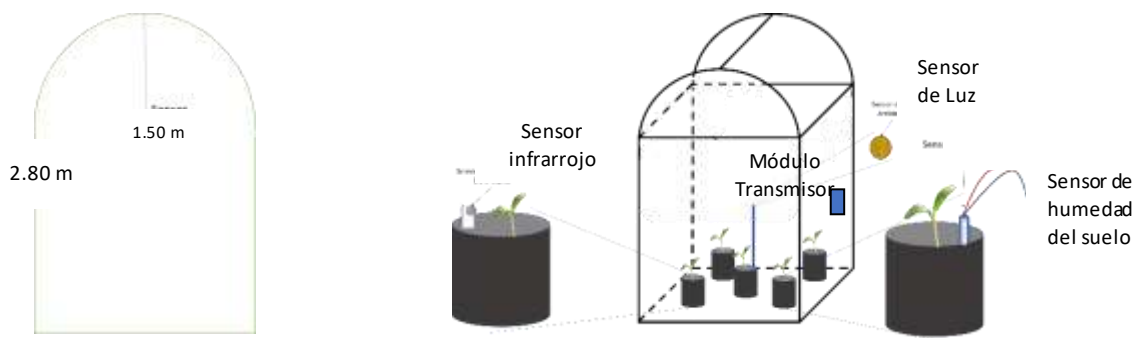


Figura 4.- Distribución de sensores dentro del invernadero

RESULTADOS OBTENIDOS

Las organizaciones modernas ya no dependen únicamente de sus activos tangibles, dependen cada vez más de sus activos intangibles como la información y el conocimiento, y por ello, necesitan trabajar continuamente en su estrategia basada en el conocimiento como fuente de ventaja competitiva.

La FAO a través de su plataforma TECA plantea que abordar conjuntamente la seguridad alimentaria y el cambio climático es posible, si se transforma la agricultura y se adoptan prácticas “climáticamente inteligentes” (TECA, 2021)

En la presente investigación se planteó el desarrollo de una arquitectura de bajo costo de fácil implementación con materiales que fácilmente se pueden adquirir e implementar, los resultados resultan favorables para el agricultor o investigador que dese implementarla ya que tiene la capacidad de monitorear las condiciones climáticas y del cultivo para una mejor toma de decisiones.

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Aprovechando la oportunidad que ofrece la combinación de herramientas hardware de bajo costo y software libre, se ha conseguido el diseño, implementación y despliegue de una arquitectura de bajo costo soportada en IoT. Esta cuenta con cuatro capas de operación comprendiendo la capa de percepción, capa de red, capa de almacenamiento y capa de aplicación y negocio; sirviendo como referencia para los agricultores e investigadores y la comunidad interesada en aprovechar las tecnologías emergentes basadas en IoT con la finalidad de buscar mejorar la productividad agrícola.

La implementación de esta arquitectura, en primera instancia pretende servir de referencia para que investigadores de distintas disciplinas puedan implementarla, ya que son arquitecturas fáciles de implementar y de bajo costos.

Aunque el caso de estudio fue un invernadero, estas arquitecturas son muy versátiles para su implementación en distintas áreas del conocimiento.

Como trabajo futuro, se pretende complementar la capa de aplicación y negocio de la arquitectura propuesta, mediante la inclusión de algoritmos de aprendizaje automático para el análisis de las variables involucradas en el cálculo de la evapotranspiración.

REFERENCIAS

- Babu Loganathan, G. J. I. J. o. M. A. (2021). Smart Agriculture System With E–Carbage Using IoT. *10*(1), 928-931.
- Baldivia, A. S., & Ibarra, G. R. La disponibilidad de alimentos en México: un análisis de la producción agrícola de 35 años y su proyección para 2050.
- Calaza, G. T. (2015). *Taller de arduino: Un enfoque práctico para principiantes*: Marcombo Ediciones Técnicas.
- Campoverde Marca, A. M., Hernández Rojas, D. L., & Mazón Olivo, B. E. (2015). Cloud Computing para el internet de las cosas. Caso de estudio orientado a la agricultura de precisión.
- Cicioğlu, M., Çalhan, A. J. C., & Engineering, E. (2021). Smart agriculture with internet of things in cornfields. *90*, 106982.
- Datasheets.es. (2020). Sensor de humedad y temperatura DHT 11 y DHT22. Retrieved from <http://www.datasheet.es/PDF/792210/DHT11-pdf.html>
- Friha, O., Ferrag, M. A., Shu, L., Maglaras, L. A., & Wang, X. J. I. C. J. A. S. (2021). Internet of Things for the Future of Smart Agriculture: A Comprehensive Survey of Emerging Technologies. *8*(4), 718-752.
- Halder, S., & Sivakumar, G. (2017). *Embedded based remote monitoring station for live streaming of temperature and humidity*. Paper presented at the 2017 International Conference on Electrical, Electronics, Communication, Computer, and Optimization Techniques (ICECCOT).
- Hoste, R., Suh, H., & Kortstee, H. (2017). *Smart farming in pig production and greenhouse horticulture: An inventory in the Netherlands*: Wageningen Economic Research.

- INEGI. (2015). Encuesta Nacional Agropecuaria 2014. In: Instituto Nacional de Estadística Guatemala.
- Khattab, A., Abdelgawad, A., & Yelmarthi, K. (2016). *Design and implementation of a cloud-based IoT scheme for precision agriculture*. Paper presented at the 2016 28th International Conference on Microelectronics (ICM).
- Math, R. K., & Dharwadkar, N. V. (2017). *A wireless sensor network based low cost and energy efficient frame work for precision agriculture*. Paper presented at the 2017 International Conference on Nascent Technologies in Engineering (ICNTE).
- Novillo-Vicuña, J., Rojas, D. H., Olivo, B. M., Ríos, J. M., & Villavicencio, O. C. (2018). *Arduino y el internet de las cosas* (Vol. 45): 3Ciencias.
- Rosales-Soto, A., & Ricardo, A.-V. (2020). Agricultura inteligente en México: Analítica de datos como herramienta de competitividad.
- Soumyalatha, S. G. H. (2016). *Study of IoT: understanding IoT architecture, applications, issues and challenges*. Paper presented at the 1st International Conference on Innovations in Computing & Net-working (ICICN16), CSE, RRCE. International Journal of Advanced Networking & Applications.
- TECA. (2021). Technologies and Practices for Small Agricultural Producers. Retrieved from <http://www.fao.org/teca/en>
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M.-J. J. A. s. (2017). Big data in smart farming—a review. 153, 69-80.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL NITRÓGENO (N-NO₃) EN UN SUELO DEDICADO A COCOTERO EN LA COSTA GRANDE DE GUERRERO, MÉXICO.

SPATIAL DISTRIBUTION OF NITROGEN (N-NO₃) IN A COCONUT DEDICATED SOIL IN COSTA GRANDE GUERRERO, MEXICO.

Ramírez-Silva, Jorge Humberto¹; **Cortazar-Rios, Matilde**²; **Ramírez-Jaramillo, Genovevo**¹; **Oropeza-Salín, Carlos Mariano**³ y **Rondón-Rivera, Dinosca Dulmary**⁴.

1 Centro de Investigación Regional Sureste del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Calle 6 Núm. 398 x 13, Avenida Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz, C.P. 97130. Mérida Yucatán, México

2 Campo Experimental Chetumal-INIFAP

3 Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY)

4 Investigadora Independiente, Yucatán.

Autor para correspondencia: cortazar.matilde@inifap.gob.mx

RESUMEN

La productividad del cocotero, en el estado de Guerrero, ha disminuido sustantivamente; expertos nacionales e internacionales han recomendado realizar un diagnóstico de las condiciones actuales antes de emprender un programa de reforestación. Se planteó conocer primero el potencial productivo de la zona y el diagnóstico de la fertilidad de los suelos antes de la toma de decisiones. Una buena opción fue la introducción del coco Enano Verde de Brasil por su alta productividad. Sin embargo, este material requiere mayor cantidad de nutrimentos que los criollos altos del pacífico; siendo el Nitrógeno (N) el más requerido en las primeras etapas de crecimiento. En el 2015 se realizaron los primeros trabajos sobre el diagnóstico de la fertilidad de los suelos donde se observó que los contenidos de Nitrógeno inorgánico como los Nitratos (N-NO₃) eran deficientes en todos los predios muestreados. En el 2019 se repitió el muestreo, pero considerando la importancia de conocer la distribución espacial del N en un predio con Enano Verde de Brasil. Para el caso, se seleccionó el predio *Las Tunas* en Costa Grande tomando 9 puntos de muestreo, uno en cada hectárea, a 0-30 y 30-60 cm de profundidad a un metro del tallo. Se determinó Nitrógeno como Nitrato (N-NO₃) en partes por millón (ppm). Se calculó la heterogeneidad con el Coeficiente de Variación (CV) en porcentaje. Usando el software Gammadesing se interpolaron los datos tipo Kriging. No se encontraron diferencias en la distribución del Nitrógeno a ambas profundidades. La superficie más pequeña, en color púrpura y negro, fue la que mostró los rangos más altos de N con 24 a 30 ppm, seguida, con valores más bajos, las dos superficies más grandes, la primera con 18 a 24 ppm en colores Verdes y la segunda con 15 a 18 ppm en colores anaranjados.

Palabras clave: Kriging, Nitratos, deficiencia, heterogeneidad

ABSTRACT

The productivity of the coconut palm, in the state of Guerrero, has decreased substantially; National and international experts have recommended carrying out a diagnosis of the current conditions before undertaking a reforestation program. At first, It was proposed to know the productive potential of the area and the the soil fertility before making decisions. A good option was the introduction of the Green Dwarf of Brasil due to its high productivity, but with high nutritional requirements; Nitrogen (N) being the most required in the early stages of growth. The 2015 first studies showed that available soil N ($N-NO_3$) was deficient in all sampled áreas and in 2019, the study was repeated, but considering to know the spatial distribution of N in a farm growing Green Dwarf of Brazil, as was the case of *Las Tunas* in Costa Grande. Nine sampling points were taken, one in each hectare, at 0-30 and 30-60 cm deep, one meter from the trunk. Nitrogen was determined as Nitrate ($N-NO_3$) in parts per million (ppm). Heterogeneity was calculated with the Coefficient of Variation (CV) and the data was geographically interpolated using the Gammadesign software with Kriging. No differences were found in the distribution of N at both depths. The smallest surface, in purple and black colors of the figures, was the one that showed the highest range of N with 24 to 30 ppm; followed by two lower values belonging to the two largest áreas. The first one, with 18 to 24 ppm in Green colors. and the second one with 15 to 18 ppm in orange colors.

. **Key words:** Kriging, nitrates, deficiency, heterogeneity

INTRODUCCIÓN

Es inminente que el estado de Guerrero es uno de los principales productores de copra en México y por ello, las políticas de gobierno han enfatizado mucho sobre la necesidad de plantear un programa de reforestación debido a que las plantaciones actuales son muy antiguas, arriba de 60 años, e improductivas.

En preocupación a ello, la zona enmarcada en Costa Chica y Costa Grande fue visitada por expertos nacionales e internacionales quienes recomendaron realizar un diagnóstico de las condiciones que tienen actualmente las plantaciones de coco.

Se planteó que los estudios del potencial productivo de la zona y el diagnóstico de la fertilidad de los suelos eran básicos para la toma de decisiones ya que ayudarían a la reubicación del cultivo en áreas de mejor potencial.

En ese momento se pensó que una buena opción era la introducción del coco Enano Verde de Brasil por su alta productividad, pero con altos requerimientos nutrimentales; siendo el Nitrógeno (N) el más requerido en las primeras etapas de crecimiento.

En el 2015 se realizaron los primeros trabajos sobre fertilización (Ramírez et al., 2015) donde se observó que los contenidos de Nitrógeno como Nitratos (N-NO₃) eran deficientes en todos los predios muestreados a 0-30 y 30-60 cm de profundidad. En el 2019 se repitió el muestreo, pero considerando la distribución espacial del N; en el predio Las Tunas de Costa Grande.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio se realizó en la estación seca del 2019 en el estado de Guerrero en el predio *Las Tunas* considerando para el muestreo 9 hectáreas con palmas de coco Enano Verde de Brasil en el municipio de Benito Juárez de Costa Grande con suelos Franco Arenoso, Franco Limoso y Franco Arcilloso ubicado en las coordenadas: 17.096790 Latitud Norte y 100.48046 Longitud Oeste.

Muestreo y análisis de suelos

Se tomaron 9 puntos de muestreo, uno en cada hectárea, a dos profundidades (0-30 y 30-60 cm) a un metro del tallo de la palma de coco. Las muestras se analizaron en Laboratorio Phytomonitor, (2019) de Culiacán Sinaloa para Nitrógeno (N) como Nitrato (N-NO₃) por el método de Brucina reportados en Partes por Millón (ppm). En la Figura 1 se muestra el esquema general de muestreo por Método Bidimensional Sistematizado y en la Figura 2 los puntos reales que se proyectan considerando Google Earth. El Coeficiente de Variación (CV) para los 9 datos puntuales del muestreo fueron calculados para considerar su heterogeneidad.

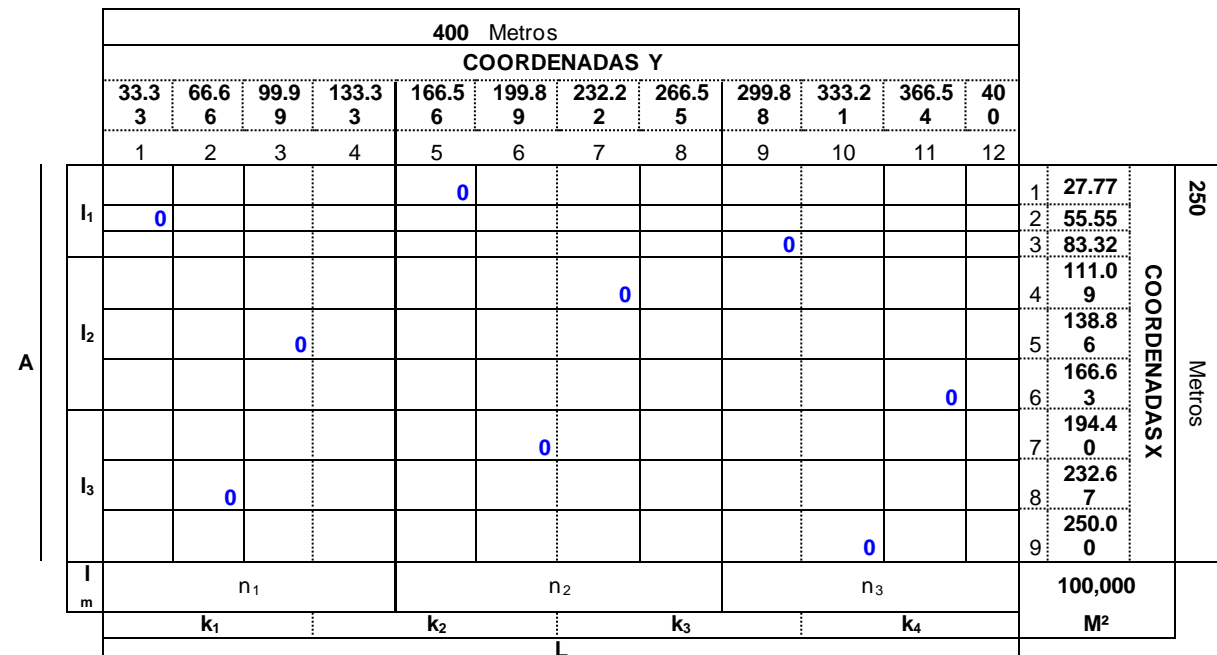


Figura 1. Ejemplo de muestreo por Método Bidimensional Sistematizado



Figura 1. Puntos de muestreo reales proyectados por Google Earth en Las Tunas.

Interpolación espacial de los valores de N-NO₃

Por medio del uso de herramientas geo-estadísticas incluidas en el software Gammadesing (2018), se realizaron interpolaciones espaciales. Este proceso geo-estadístico partió de los datos que fueron capturados en campo y registrados en partes por millón (ppm). Esto consistió en la generación de interpolaciones de tipo Kriging partiendo de datos ajustados bajo modelos deterministas aleatorios (Ryu et al., 2002). Posteriormente se predicen los valores de una variable a lo largo de un área (Hoef, 2018). Este método es atractivo ya que se puede obtener el error estándar de la predicción (Hoef, 2018). Para entender Kriging, se deben conocer los principios de auto-correlación espacial, y la variación de los datos, las cuales consisten en evaluar la forma en la que un fenómeno se transmite a través de un área (Vilalta y Perdomo, 2005), en este caso el fenómeno en estudio fueron las concentraciones de N-NO₃ en el suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información obtenida fue primeramente comparada con la clasificación de N inorgánico reportado en partes por millón (ppm) por la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT, 2002) lo cual sirvió para reclasificar, en colores (Figuras 3 y 4), los diferentes gradientes y distribución espacial del N a las dos profundidades. Los valores considerados fueron: Muy Bajo: 0-10; Bajo: 10-20; Medio: 20-40; Alto: 40-60; Muy Alto: Mayor a 60.

En el Cuadro 1, se notan los valores puntuales del N-NO₃ ((ppm) a las dos profundidades de muestreo, así como la variabilidad de los datos en función a los Coeficiente de Variación (%). Por otra parte, en las Figuras 3 y 4 se visualizan, en diferentes colores, la distribución espacial del N. La tendencia general es que a 0-30 cm, el contenido de N es 50% más alta calificada como MEDIO (29.6 ppm) que a 30-60 cm (19.7 ppm) calificada estrictamente como BAJA,

pero en los límites cercanos al MEDIO. La heterogeneidad calificada por los CV's también es más alta a una profundidad menor (90.2%) que en el subsuelo (82.3%) pero demasiado altas. Un CV es BAJO cuando es menor al 10%; MEDIO del 10% al 20%, ALTO del 20% al 30% y MUY ALTO arriba del 30% (Pimentel, 1985).

Cuadro 1. Contenido de N-NO₃ (ppm) en suelos de Las Tunas a dos profundidades.

MUESTREO	0-30 cm prof.	30-60 cm prof.
1	28.8 (M)	52.8 (A)
2	31.2 (M)	20.0 (M)
3	24.8 (M)	10.4 (B)
4	12.8 (B)	9.6 (MB)
5	16.8 (B)	23.2 (M)
6	16.8 (B)	3.2 (MB)
7	98.8 (MA)	36.8 (M)
8	13.6 (B)	4.0 (MB)
9	23.2 (M)	17.6 (B)
<i>PROMEDIO</i>	<i>29.6 (M)</i>	<i>19.7 (B)</i>
<i>CV (%)</i>	<i>90.2 (A)</i>	<i>82.3 (A)</i>

Nitrogeno en el suelo a 0 - 30 cm de profundidad

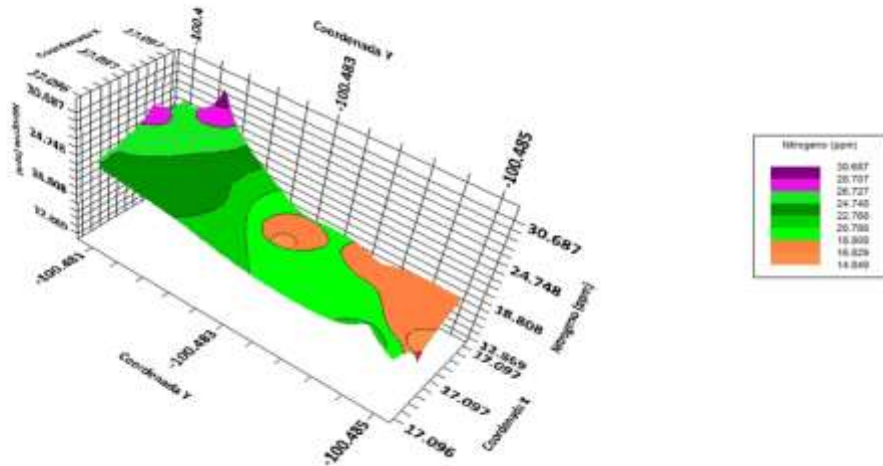


Figura 3. Distribución espacial del N-NO₃ en Las Tunas a 0-30 cm.

Nitrógeno en el suelo a 30-60 cm de profundidad

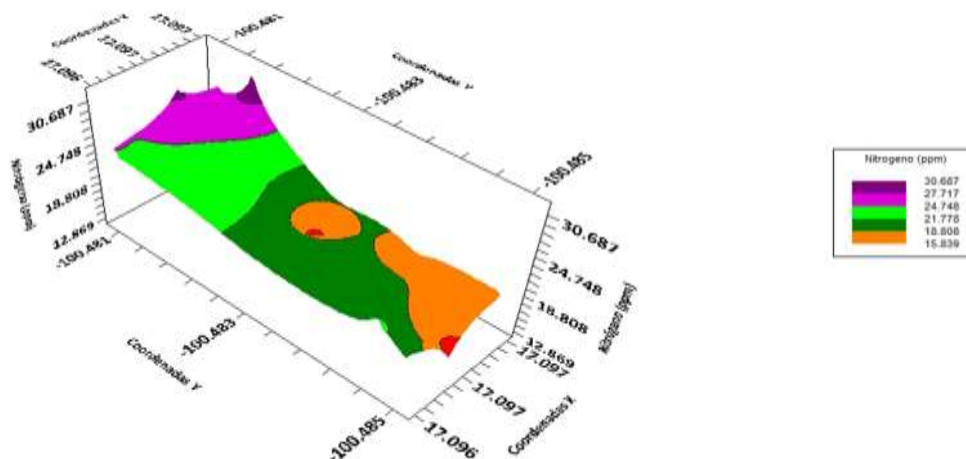


Figura 4. Distribución espacial del N-NO₃ en Las Tunas a 30-60 cm

El N-NO₃ se encuentra distribuido, en las 9 has, de igual manera a las dos profundidades sin cambios drásticos en la distribución, aun cuando los contenidos absolutos en cada punto de muestreo, entre profundidades, sean contrastantes. Sin embargo, el 66.66% de los 9 puntos muestreados tienen contenidos más bajos a 30-60 cm de profundidad y el 33.33% tiene contenidos más altos en la superficie a 0-30 cm. Las distribuciones de colores nos permiten inferir que la región de ANARANJADO es la superficie con mayor deficiencia de N en un rango de 14 a 18 ppm, en VERDE es una superficie intermedia de 18 a 24 ppm y en MORADO-NEGRO una superficie muy mínima de 24 a 30 ppm.

CONCLUSIONES

La distribución espacial de N-NO₃ es semejante a 0-30 y 30-60 cm de profundidad; siendo la superficie más pequeña (color Morado y Negro), de la 9 has muestreadas, la que mostró los rangos más altos con 24 a 30 ppm. Las superficies más grandes estuvieron en el rango de 18 a 24 ppm (Verdes) y de 15 a 18 ppm (Naranja); esta última catalogada como DEFICIENTE.

BIBLIOGRAFÍA

- Gamma Desing Software. (2018). GS+ Gammadesing. Plainwell, Michigan.
- Phytomonitor. (2019). Calzada Aeropuerto N° 7299-B. Colonia Bachigualato. Culiacán Sinaloa, México. CP. 80140.
- Pimentel, F. (1985). Curso de estadística experimental. Livraria Nobel S.A., São Paulo.
- SEMARNAT. (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudios, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial.
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>

- Ramírez Silva, J.H., Aguilar Duarte, Y., Ramírez Jaramillo, G., Oropeza Salín, C.M., Cano González, A. (2017). Macro y micronutrientes en suelos dedicados a cocotero en el estado de Guerrero, México. Memoria de la XXX Semana Internacional de la Agronomía. FAZ-UJED. Septiembre 2017. Venecia Durango, México. pp. 767-772
- Ryu, Je-Seon; Kim, Minsoo; Cha, Kyung; Lee, Tae; Choi, Dong-Hoon. (2002). Kriging interpolation methods in geostatistics and DACE model. *KSME International Journal*. 16. 619-632. 10.1007/BF03184811.
- Ver Hoef, Jay. (2018). Kriging Models for Linear Networks and non-Euclidean Distances: Cautions and Solutions. *Methods in Ecology and Evolution*. 10.1111/2041-210X.12979.
- Vilalta y Perdomo, Carlos J. (2005). Como enseñar autocorrelacion espacial. *Economía, Sociedad y Territorio*. México D.F.: El Colegio Mexiquense, vol. V, n° 18, pp. 323-333.

EVALUACIÓN Y PRODUCTIVIDAD DE GENOTIPOS DE PAPA DEL INIFAP POR RESISTENCIA AL TIZÓN TARDÍO.

Víctor M. Parga Torres,* Sarai Fuentes Soriano 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. (800) 088 22 22 ext. 83510. México. C.P. 25315.

parga.victor@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la resistencia y productividad de clones y variedades de papa del INIFAP, dentro de ellos cuatro genotipos del Programa Nacional de Papa del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y dos variedades comerciales. Fianna, introducida de Holanda y ampliamente utilizada en las regiones productoras de papa en el país y FL-2312, variedad utilizada en Estados Unidos de Norteamérica por su calidad de hojuela. La evaluación se realizó en el Ejido Rancho Nuevo "El puerto" en el Municipio de Arteaga, Coahuila. Las variables evaluadas fueron: Días a inicio de síntomas, días a muerte de la planta, intervalo de síntomas de planta, producción total por hectárea (ton/ha), producción comercial por hectárea (ton/ha). El análisis de productividad se realizó con el método beneficio/costo, también se realizó un Análisis de varianza (ANOVA), utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS) versión 9.0. Entre los genotipos hubo diferencias altamente significativas para el rendimiento total y en el caso del rendimiento comercial no existieron diferencias significativas. Para la evaluación de tizón tardío se estimó la tasa de infección y el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de cada genotipo, donde los valores más bajos corresponden a los genotipos más resistentes y los valores más altos a los más susceptibles. Los genotipos evaluados: 98-18-24 y Norteña tuvieron los valores más bajos en la tasa de infección y ABCP. El genotipo FL-2312 presenta el valor más alto con 4000.5 siendo el más susceptible. Respecto a la tasa de infección (r), Norteña, obtuvo un valor de 0.0019 y 98-18-24 de 0.0013, indicando buena resistencia ya que, el daño del patógeno fue lento e incrementando su severidad al final del ciclo. FL-2312 presentó el valor más elevado, de 0.0047. Lo cual supera tres veces más referente a la tasa de infección del genotipo 98-18-24 y dos veces más a la Norteña.

Palabras clave: Tizón tardío, producción, rentabilidad.

ABSTRACT

The aim of this project was to evaluate the resistance and productivity of potato clones and varieties from INIFAP, including four genotypes from the National Potato Program of the National Institute for Forest, Agricultural and Livestock Research (INIFAP) and two commercial

varieties. Fianna, introduced from the Netherlands and widely used in the country's potato-producing regions, and FL-2312, a variety used in the United States of America for its flake production quality. The evaluation was carry out in the Ejido Rancho Nuevo "El Puerto" in the Municipality of Arteaga, Coahuila. The variables evaluated were: days to symptom onset, days to plant death, plant symptom interval, total production per hectare (ton/ha), commercial production per hectare (ton/ha). The productivity analysis was performed with the benefit/cost method, an Analysis of Variance which was also performed, by using the Statistical Analysis System (SAS) version 9.0 program. Among the evaluated genotypes there were highly significant differences for the total yield and in the case of the commercial yield there were no significant differences. For the evaluation of late blight, it was registered the infection rate and the area under the disease progress curve (AUCP) of each genotype was estimated, where the lowest values correspond to the most resistant genotype and the highest values to the most susceptible. The evaluated genotypes: 98-18-24 and Norteña had the lowest values of infection rate and AUCP. The FL-2312 genotype presents the highest value with 4000.5 being the most susceptible. Regarding the infection rate (r), Norteña, obtained a value of 0.0019 and 98-18-24 of 0.0013, indicating good resistance since the damage of the pathogen was slow and its severity increased at the end of the cycle. FL-2312 presented the highest value, 0.0047. This exceeded three times more regarding the infection rate of the 98-18-24 genotype and twice more than of the Norteña variety.

Key words: Late blight, production, profitability

INTRODUCCIÓN

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). 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 esta enfermedad. Lo anterior, es preocupante por el riesgo que representa para los productores, trabajadores, consumidores y ecosistemas de la región. Las áreas productoras de papa de Coahuila y Nuevo León utilizan variedades altamente susceptibles a esta enfermedad. En México existe gran diversidad en especies de papa nativas que no son afectadas por el tizón tardío, principal enfermedad a nivel mundial (Henfling, 1987); muchas de ellas crecen silvestres, sobre todo en la mesa central. Estas especies, tienen un alto nivel de resistencia por la acumulación de genes deseables, que les ha permitido sobrevivir por miles de años, a pesar de estar expuestos constantemente a numerosas plagas, enfermedades y factores climatológicos adversos. Consecuentemente, estos materiales constituyen valiosos recursos en el mejoramiento genético de la papa que puedan permitir la solución a problemas presentes y futuros que afectan la productividad y sanidad del cultivo. (Flanders *et al*, 1993).

Actualmente mediante el proceso del fitomejoramiento, se han incrementado los rendimientos y la calidad. En muchas especies cultivadas, este mejoramiento es espectacularmente exitoso en producción. Desafortunadamente, la característica especial de resistencia a plagas y enfermedades ha sido con frecuencia menospreciada o aun deliberadamente sacrificada. Por lo anterior, se puede decir que los cultivos modernos son generalmente más susceptibles a plagas y enfermedades que sus antepasados silvestres, y que muchos no pueden ser cultivados sin el uso de pesticidas para protegerlos contra organismos dañinos. 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. El objetivo, fue el de evaluar la resistencia y productividad de Clones y Variedades de papa del INIFAP, en la región Sureste del Estado de Coahuila.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se estableció en el ejido Rancho Nuevo “El Puerto”, Municipio de Arteaga Coahuila, a una altura de 2700 msnm. Se evaluaron seis genotipos: cuatro del Programa Nacional de Papa del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y dos variedades comerciales. Fianna, introducida de Holanda y ampliamente utilizada en las regiones productoras de papa en el país y FL-2312, variedad utilizada en Estados Unidos de Norteamérica por su calidad de hojuela. La siembra se realizó el 06 de junio del 2021 en el Ejido Rancho Nuevo “El Puerto”, en el ciclo primavera-verano 2021. La semilla utilizada fue de tercera categoría bajo condiciones de riego por cintilla y la fertilización, fue a la siembra la dosis 60-200-100 y al segundo cultivo se complementó, con 60-00-100 (antes de cerrar el

cultivo). En la parcela se realizaron seis aplicaciones de insecticidas para la prevención de vectores. La parcela de validación constó, para cada genotipo, de tres surcos de 100 metros de largo y separación entre ellos de 0.80m, con una distancia entre plantas de 0.20 m. Para la estimación de las variables a evaluar la parcela útil se tomó del surco central. Para evaluar la susceptibilidad de los genotipos al tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary), la parcela fue, sin aplicación de fungicidas para la prevención y control del patógeno. La evaluación se hizo semanalmente, a partir de la emergencia. El porcentaje de daño se consideró al aparecer los primeros síntomas y hasta la muerte de la planta del surco central. Para la evaluación del daño por tizón tardío se utilizó el modelo del progreso de una enfermedad, área bajo la curva de progreso de una enfermedad (ABCPE) y la tasa de infección. El ABCPE, se calcula integrando los rectángulos formados por el punto medio de la intensidad de la enfermedad (incidencia o severidad) alcanzada entre los diferentes tipos en que se monitoreó y se expresa con la siguiente ecuación integrada:

$$A_k = \sum_{i=1}^{N_i-1} \frac{(y_i + y_{i+1})}{2} (t_{i+1} - t_i)$$

Donde, y_i es la intensidad de la enfermedad y t_i es el periodo de evaluación en días después de la siembra o cualquier otra escala desee usar en función del tiempo. En este caso las unidades serán %-días. Además, es bueno decir que este método de análisis epidémico considera la variación de la epidemia en el tiempo, para los análisis comparativos visuales que pudieran requerirse (Bautista-Martínez *et al*, 2019). Para la tasa de infección se tomó el siguiente modelo: Si la x observada en una epidemia policíclica se transforma al logaritmo natural de $x/(1-x)$ y los valores transformados se trazan contra t , el resultado será una línea recta con una inclinación del valor r y una intersección del valor del logaritmo natural de $x_0/(1-x_0)$. Para adaptar modelos a datos observados, es importante seleccionar el modelo basado en la biología conocida del patógeno en lugar de simplemente en la forma de la curva, para nuestro caso es un modelo policíclico por lo tanto tenemos que convertir los porcentajes a proporciones (x), pero esta vez la transformación que usamos es $\ln(x/(1-x))$. Graficando $\ln(x/(1-x))$ (a veces llamado el logit de x) versus t , se ajusta en una línea recta a los datos usando la regresión lineal. La ecuación de la recta de mínimos cuadrados (en forma punto-pendiente) es la siguiente:

$$y - \bar{y} = \frac{Cov(X, Y)}{s_x^2} (x - \bar{x})$$

El Coeficiente de Determinación R^2 es una medida de la bondad de ajuste del modelo, un modelo de regresión con mayor o igual a 75% se puede considerar bastante aceptable.

Para la estimación del rendimiento total y comercial, se realizaron tres sub muestreos por genotipo de tres metros lineales del surco central de cada parcela. Los tubérculos obtenidos en una superficie de 2.76 m² se pesaron en kg. Para identificar si existía diferencias entre los genotipos en la producción total y comercial, se realizó un Análisis de varianza (ANOVA), utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS) versión 9.0. Para calcular el beneficio/costó, se consideraron los costos incurridos, los precios de venta por categoría y el rendimiento total por cada categoría del genotipo y se utilizó la siguiente fórmula:

$$R = \text{Beneficios/Costos}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1, se presentan los valores obtenidos de la evaluación de la enfermedad desde inicio de síntoma a infección final (días después de emergencia). Tomando en cuenta los valores, el genotipo FL-2312 presentó el valor más alto con 100 por ciento de daño final, esto nos indica que todas las hojas y los tallos estaban muertos a los 108 días después de emergencia. Los genotipos 91-25-4, Fianna y 07-18 presentaron un daño final de 93, 90 y 90 por ciento, respectivamente, presentando así algunas hojas superiores con áreas verdes y tallos con lesiones extensas.

Cuadro 1. Evaluación de daño por Tizón tardío, en el ejido Rancho Nuevo "El puerto" Arteaga, Coahuila (p-v 2021).

Genotipo	Días a		Daño final (%)	ABCPE	Tasa de infección (r)
	Inicio de síntomas*	infección final*			
Norteña	66	115	55	1354.5	0.0019
FL-2312	45	108	100	4000.5	0.0047
91-25-4	52	115	93	3160.5	0.0031
Fianna	45	115	90	3941.0	0.0038
07-18	45	115	90	3461.5	0.0029
98-18-24	66	115	50	1127	0.0013

* Días después de emergencia

En cambio, los genotipos 91-18-24 y Norteña presentaron un daño final de 50 y 55 por ciento, menor a los genotipos antes mencionado donde las parcelas aún se observaban verdes, todas las plantas estaban afectadas; las hojas inferiores muertas, la infección final se dio a los 115 días después de emergencia. Para la evaluación de tizón tardío se estimó la tasa de infección y el ABCPE de cada genotipo, donde los valores más altos corresponden a los genotipos más susceptibles y los valores bajos a los más resistentes. Los genotipos evaluados: 98-18-24 y Norteña tuvieron los valores más bajos en la ABCPE, indicando que tuvieron un bajo progreso de la enfermedad. Estos resultados coinciden con los reportados por Zepeda-Villafán (2014) en el que Norteña y 91-18-24 fueron los de más bajos valores (Cuadro 1), con magnitudes de 1354.3 y 1127, respectivamente. En seguida, los genotipos 07-18, 91-25-4 y Fianna tuvieron los valores de 3461.5, 3160.5 y 3941 respecto al ABCPE teniendo un mayor daño de la enfermedad quedando como los genotipos más susceptibles junto con el genotipo FL-2312 muriendo a los 108 días después de emergencia. FL-2312 presenta el valor más alto con 4000.5. Respecto a la tasa de infección (r), Norteña, obtuvo un valor de 0.0019 y 98-18-24 de 0.0013, indicando buena resistencia ya que, el daño del patógeno fue lento e incrementando su severidad al final del ciclo. El CIP (2010) señala que las infecciones tardías son debidas al incremento de la frecuencia de razas capaces de superar la resistencia de los genes R de numeración alta (R5, R7, R8, R10 y R11) al final del ciclo de cultivo. Comúnmente estos genes se presentan en razas complejas. El genotipo resistente al tizón tardío identificado por su reducido progreso de la enfermedad a lo largo del período de cultivo sugiere que la resistencia, pudiera ser del tipo poligénica (Rivera-Peña, 2001). Los genotipos con tolerancia fueron 07-18, 91-25-4 y Fianna, que presentaron valores de 0.0029, 0.0031 y 0.0038, respectivamente. Estos genotipos requieren de aplicaciones desde el inicio de emergencia y/o aplicar un fungicida sistémico a la siembra. El genotipo FL-2312 presentó el valor más elevado, de 0.0047 lo cual supera tres veces más referente a la tasa de infección del genotipo 98-18-24 y dos veces más a la Norteña. El de medias (Cuadro 2), para el rendimiento total y comercial detectó diferencia altamente significativa. Los genotipos Norteña y 98-18-24 son estadísticamente superiores. Esto posiblemente se debió a que tuvieron mayor área foliar y menor tasa de infección que se reflejaron en mayor rendimiento.

Cuadro 2. Media de rendimiento en ton/ha de variedades evaluados por resistencia a Tizón tardío, en el Ejido Rancho Nuevo “El puerto” Municipio de Arteaga, Coahuila (p-v 2021).

GENOTIPO	RENDIMIENTO TON/HA	
	Total	Comercial
NORTEÑA	68.56 a*	46.49 a
98-18-24	64.79 a	36.48 b
FIANNA	37.14 b	11.10 de
91-25-4	36.29 b	18.91 c
07-18	33.42 b	15.50 cd
FL-2312	12.71 c	6.76 e

*Tratamientos con la misma letra entre columnas son estadísticamente iguales al 5%.

El genotipo FL-2312 fue el de más bajo rendimiento, para ambas producciones, ya que este cultivar presenta alta susceptibilidad al tizón tardío indicando que la tasa de infección (0.0047) fue mayor junto con ABCPE (4000.5) lo cual se reflejó en menor rendimiento. La mayor relación beneficio/costó del genotipo fue, para Norteña con \$5.391 y el genotipo 98-18-24 (\$3.677), lo cual demuestra que el mayor beneficio para el productor se obtiene al utilizar dichos genotipos.

CONCLUSIONES

Los resultados recomiendan que, por su resistencia, rendimiento, productividad, calidad e inocuidad, se deben de utilizar los genotipos Norteña y 98-18-24.

El uso de variedades introducidas sigue 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.

REFERENCIAS

- Bautista-Martínez N., Soto-Rojas L. y Pérez-Pacheco R. 2019. Tópicos Selectos de Estadística Aplicados a la Fitosanidad. Ed. Colegio de Postgraduados, México. pp 184 y 185.
- CIP (Centro Internacional de la Papa). 2010. Procedimientos para pruebas de evaluaciones estándar de clones avanzados de papa. Guía para Cooperadores Internacionales. M.

- Bonierbale, S. de Haan, A. Forbes y C. Bastos (eds.). Trad. T. Ames, Mc Lauchlanz. Lima, Perú. p. 151.
- Flanders, K.L., E. B. Radcliffe, J. G. Hawkes and F. Lauer. 1993. Association of insect resistance in wild potatoes with geographical factors and morphological and chemical defense mechanism. Summary. Am. Potato J. p. 810.
- Henfling J. W. 1987. El tizón tardío de la papa *Phytophthora infestans*. Boletín de Información Técnica 4. Centro Internacional de la papa (CIP). Lima, Perú. p. 4-6.
- 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.
- Zepeda-Villafán S. 2014. Evaluación Agronómica y Tolerancia de Genotipos de Papa (*Solanum tuberosum* L.) a Enfermedades Causantes del Síndrome de la Punta Morada. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. pp. 12.

CARACTERIZACIÓN DE VARIEDADES CRIOLLAS MEJORADAS DE AGUACATE DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN, MEXICO.

CHARACTERIZATION OF AVOCADO IMPROVED CREOLE VARIETIES FROM NUEVO LEÓN STATE, MEXICO.

Efraín Acosta Díaz¹, Isidro Humberto Almeyda León^{1*}, Carlos Miguel Ramos Cruz¹, J. Saúl Padilla Ramírez²

¹INIFAP- Campo Experimental General Terán. Carretera Montemorelos- China km 10.5, General Terán, Nuevo León, México. C.P. 67400. ²INIFAP-Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20668. halmeyda30@hotmail.com

RESUMEN

El aguacate es originario del centro y este de México, y de las partes altas de Guatemala. Se reconocen tres razas de aguacate: La raza mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*), la guatemalteca (*Persea americana* var. *guatemaltensis*) y la antillana (*Persea americana* var. *americana*). El Estado de Nuevo León, forma parte del centro de origen primario de *P. americana* var. *drymifolia*, donde las variedades utilizadas han sido seleccionadas por los productores en función de su producción, calidad y tamaño de la fruta, y son cultivares injertados con genotipos de interés denominados "variedades criollas mejoradas". El objetivo del trabajo fue determinar las características fenológicas, morfológicas y químicas que distinguen a las variedades criollas cultivadas en el Estado de Nuevo León. La colecta de los frutos para su caracterización se realizó en huertos comerciales de aguacate criollo bajo condiciones de riego en los municipios de Aramberri y Zaragoza en la región sur y en Sabinas Hidalgo y Bustamante en la región norte del Estado de Nuevo León. Se evaluó una muestra duplicada de frutos maduros de diez genotipos de aguacate y se determinaron las siguientes características: Contenido total de aceite, peso de fruto, peso de semilla, forma de fruto, color y aspecto de la piel, textura y color de la pulpa al madurar, entre otras. Se detectó una gran diversidad en las características evaluadas, resaltando el peso de fruto y el contenido de aceite. Los resultados obtenidos, destacan la importancia de preservar y aprovechar la diversidad existente ente los aguacates criollos cultivados en el Estado de Nuevo León.

Palabras clave: Aceite total, Peso de fruto, Color de pulpa

ABSTRACT

The avocado is native to central and eastern Mexico, and the upper parts of Guatemala. Three of avocado are recognized: The Mexican breed (*Persea americana* var. *drymifolia*), the Guatemalan (*Persea americana* var. *Guatemalans*) and the West Indian (*Persea americana*

var. *American*). The State of Nuevo León is part of the primary center of origin of *P. americana* var. *drymifolia*, where the varieties used have been selected by producers based on their production, quality, and size of the fruit, and are grafted cultivars with genotypes of interest called "improved creole varieties". The objective of the work was to determine the phenological, morphological and chemical characteristics that distinguish the creole varieties grown in the State of Nuevo León. The collection of the fruits for their characterization were carried out in commercial orchards of Creole avocado under irrigation conditions in the municipalities of Aramberri and Zaragoza in the southern region and in Sabinas Hidalgo and Bustamante in the northern region of the State of Nuevo León. A duplicate sample of ripe fruits of ten avocado genotypes were evaluated and the following characteristics were determined: Total oil content, fruit weight, seed weight, fruit shape, skin color and appearance, texture, and color of the pulp when ripe, among others. A great diversity was detected in the characteristics evaluated, highlighting the weight of the fruit and the oil content. The results obtained highlight the importance of preserving and taking advantage of the existing diversity among the Creole avocados grown in the State of Nuevo León.

Key words: Total oil, Fruit weight, Pulp color

INTRODUCCION

El aguacate es originario de las áreas montañosas del centro y este de México, y de las partes altas de Guatemala (Williams, 1977), de donde se ha dispersado al resto del mundo (Barrientos-Priego y López-López, 2002). En la actualidad se reconocen tres razas de aguacate: la raza mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*), la guatemalteca (*Persea americana* var. *guatemaltensis*) y la antillana (*Persea americana* var. *americana*). De acuerdo con los hallazgos de aguacates primitivos en áreas de la Sierra Madre Oriental, la región sur del estado de Nuevo León también forma parte del centro de origen primario de *P. americana* var. *drymifolia* (Storey *et al.*, 1986).

Las múltiples hibridaciones ocurridas en diferentes ambientes ecológicos de México y Centroamérica originaron el aguacate comestible en las regiones americanas, en donde se cultiva desde tiempos precolombinos; la producción proviene de fuentes distintas de árboles nativos o criollos y cultivares selectos reproducidos asexualmente, en las cuales el sabor y los valores nutritivos varían según la raza botánica (Mijares-Oviedo y López-López, 1998). La raza mexicana de aguacate incluye variedades criollas, conocidas con nombres locales, cuyos frutos se consumen y comercializan localmente, cultivadas en la mayoría de los Estados de México; sin embargo, su dispersión se dio después de la conquista de los españoles, quienes

llevaron el aguacate a España en 1,600 y posteriormente comenzó su distribución a nivel mundial (Smith *et al.*, 1992).

En México, aun cuando ya se habían iniciado las actividades de exploración y colecta por parte de investigadores de la California Avocado Society en búsqueda de materiales sobresalientes, las estadísticas sobre la producción y superficie a partir de 1927. La superficie registrada en la mayor parte del país se refiere a materiales criollos; de acuerdo a los registros de esa época, en Uruapan, Michoacán, la mayor parte de los árboles eran de traspatio porque lo consideraban sin valor económico. En la actualidad, el cultivo del aguacate criollo se realiza en la mayoría de los Estados, desde Baja California Norte hasta Yucatán, en los traspatios y en algunos casos en forma comercial, en áreas con clima tropical y subtropical, principalmente. En Nuevo León, las variedades utilizadas consisten en selecciones locales de plantas que se han cultivado durante varios años y que los productores han seleccionado en función de su producción, calidad y tamaño de la fruta, principalmente. Estos cultivares son árboles injertados con genotipos de interés y se llaman "variedades criollas mejoradas" (Gutiérrez-Díez *et al.*, 2009).

Con base en lo anterior, a partir del 2009 se realizaron estudios de investigación, con el objetivo de determinar la diversidad genética de variedades criollas mejoradas de aguacate, con relación a las características fenológicas, morfológicas y químicas del fruto en Nuevo León (Acosta *et al.*, 2020). Además de la conocida importancia alimenticia y económica del cultivo de variedades criollas cultivadas de aguacate en Nuevo León, la fruta posee un excelente sabor que le han valido ser reconocido en muchas partes del mundo como un fruto "gourmet" o "la mantequilla" de los vegetales. Con el propósito de coadyuvar a preservar y aprovechar la diversidad de aguacates criollos cultivados de Nuevo León, en el presente trabajo se presentan algunas características de un grupo de diez variedades promisorias como donadoras de yemas vegetales y una variedad como posible fuente de portainjerto. El objetivo del trabajo fue determinar las características fenológicas, morfológicas y químicas que distinguen a las variedades criollas cultivadas en el Estado de Nuevo León.

MATERIALES Y METODOS

La colecta de los frutos para su caracterización se realizó en huertos comerciales de aguacate criollo bajo condiciones de riego y que presentaban buenas características de adaptación a la zona, producción de frutos y buen estado fitosanitario en los municipios de Aramberri y Zaragoza (27° 49' latitud norte, 98° 26' longitud oeste y 1160 msnm) en la región sur y en los municipios de Sabinas Hidalgo (26° 29' 59" latitud norte, 100° 9' 48" longitud oeste y 313

msnm) y Bustamante (26° 31' 30" latitud norte, 100° 28' 24" longitud oeste y 425 msnm) en la región norte del Estado de Nuevo León.

Se evaluó una muestra duplicada de frutos de aguacate maduro de cada genotipo. El contenido total de aceite se determinó mediante el método 920.85 descrito por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC, 2016). El peso de fruto y semilla, se determinó con una báscula, con aproximación a gramos. El color de la piel y la pulpa se determinaron de manera visual en frutos maduros. La textura y aspecto de la piel, se registraron mediante el tacto de los frutos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Resultados de investigaciones previas señalan que existe una gran diversidad genética del género *Persea* mexicano en el Estado de Nuevo León. En la actualidad, se han identificadas 43 variedades criollas mejoradas, de las cuales 27 corresponden a la región sur y 16 a la región norte, todas ellas con características diferentes (Acosta-Díaz, *et al.*, 2012a; 2012b; Acosta-Díaz *et al.*, 2103; Acosta-Díaz *et al.*, 2019).

En este trabajo se reportan los resultados de la caracterización morfológica y contenido de aceite de un grupo de diez variedades criollas mejoradas, y se registró un amplio rango de variación en varias de sus características evaluadas. El contenido de aceite varió de 35.0% hasta 60.7%, sobresaliendo la variedad Plátano Grueso. El peso de fruto varió desde 74 hasta 249 g fruto⁻¹, destacando por su tamaño la variedad Calabo. El peso de la semilla también mostró una gran variabilidad, desde 24 g en la variedad Plátano Temprano, hasta 57 g en Huevo de Toro (Cuadro1, Figura 1).

De acuerdo con la disponibilidad del fruto, las 10 variedades se pueden clasificar en tres grupos. El primer grupo está representado por cuatro materiales de ciclo temprano (19 de junio al 15 de julio) con frutos de diferentes tonalidades de negro: Plátano Temprano, María Elena, Floreño y Leonor. El segundo grupo está constituido por tres materiales de ciclo intermedio, (16 de julio al 14 de agosto), de los cuales, dos tienen frutos de color morado a negro (Plátano Grueso y Larralde de Sabinas) y uno de color verde (Huevo de Toro). En contraste, el tercer grupo está formado por tres materiales de ciclo tardío (septiembre-febrero) con frutos de color verde (Mantequilla y Calabo) y uno de color morado a negro (Negro Santos) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características morfológicas y contenido de aceite de 10 Variedades Criollas Mejoradas de aguacate de Nuevo León.

Variedad Criolla Mejorada	Cont. Aceite (%)	Color piel al madurar	Peso fruto (g)	Disponibilidad	Forma de fruto	Peso semilla (g)	Aspecto Piel	Pulpa	Textura al madurar
Plátano Temprano	49.75	Café a negro	108	Junio a julio	Alargada	24	Lisa-suave-flexible	Verde pálido a amarillo	Sensible a presión
María Elena	57.50	Morado a negro	88	Junio a julio	Ovalada	28	Lisa-suave-flexible	Verde pálido a amarillo	Sensible a presión
Floreño	36.20	Negra	96	Junio a julio	Periforme	39	Lisa-suave-flexible	Verde pálido a amarillo	Sensible a presión
Plátano Grueso	69.70	Morado a negro	146	Julio a agosto	Alargada	40	Lisa-suave-flexible	Verde pálido a amarillo	Sensible a presión
Larralde de Sabinas	41.00	Morado a negro	135	Julio a agosto	Alargada	36	Lisa-suave-flexible	Verde pálido a amarillo	Sensible a presión
Huevo de Toro	35.0	Verde	206	Julio a agosto	Alargada	57	Lisa-suave-flexible	Verde pálido a amarillo	Sensible a presión
Mantequilla	60.8	Verde a amarillo brillante	81	Sept. a octubre	Periforme	26	Rugosa suave-flexible	Verde pálido	Sensible a presión
Calabo	65.2	Verde	249	Oct. a febrero	Alargada	40	Suave-delgada	Amarillo pálido verdosa	No es Sensible a presión
Negro Santos	38.2	Morado a negro	144	Oct. a nov.	Ovalada	46	Lisa-suave-flexible	Verde pálido a amarillo	Sensible a presión
Leonor	48.0	Morado a negro	74	Junio a julio	Periforme	37	Lisa-suave-flexible	Verde pálido a amarillo	Sensible a presión

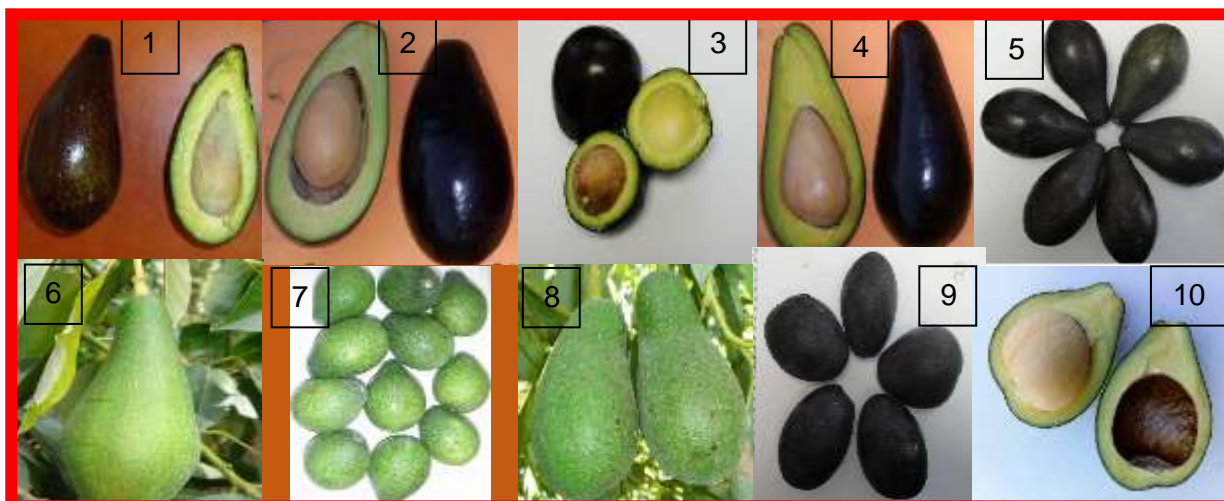


Figura 1. Color del fruto y de la pulpa a la madurez de 10 Variedades Criollas Mejoradas de aguacate de Nuevo León. 1= Plátano Temprano; 2= María Elena; 3= Floreño; 4= Plátano Grueso; 5= Larralde de Sabinas; 6= Huevo de Toro; 7= Mantequilla; 8= Calabo; 9= Negro Santos; 10= Leonor.

CONCLUSIONES

Se detectó una gran diversidad en los atributos evaluados en las 10 variedades criollas mejoradas de aguacate del Estado de Nuevo León, destacando las variedades Calabo, Huevo de Toro y Plátano Grueso por el peso de fruto, así como Plátano Grueso, Calabo y Mantequilla por el contenido de aceite. Por tal motivo, es de suma importancia preservar y aprovechar en programas de mejoramiento genético la gran diversidad existente, con la finalidad de poder generar variedades de interés comercial y al mismo tiempo reducir el riesgo de que desaparezcan por causas ambientales (bajas temperaturas) o por erosión genética, principalmente si la población está compuesta por un número pequeño de individuos.

REFERENCIAS

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2016. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 20th ed. AOAC, Rockville, USA.
- Acosta-Díaz, E., Hernández-Torres, I., Almeyda-León, I.H. 2012a Evaluación de aguacates criollos en Nuevo León, México: Región Sur. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3: 245-257.
- Acosta-Díaz, E., Almeyda-León, I.H., Hernández-Torres, I., Guzmán Maldonado, S.H. 2012b. Características morfológicas y de calidad del fruto de las principales variedades criollas de aguacate en Nuevo León. Folleto Técnico No. MX-0-310301-16-09-10. ISBN: 987-607-425-754-0. SAGARPA-INIFAP-CIRNE. Campo Experimental General Terán, General Terán, Nuevo León. 28 p.
- Acosta-Díaz, E., Almeyda-León, I.H., Hernández-Torres, I. 2013. Evaluación de aguacates criollos en Nuevo León, México: Región Norte. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4: 531-542.

- Acosta-Díaz, E., Álvarez-Ojeda, M.G., Guzmán-Maldonado, S.H., Almeyda-León, I.H. 2019. Variabilidad del contenido total de aceite y perfil de ácidos grasos de aguacates criollos de Nuevo León, México. *Revista Agronomía Mesoamericana* 30(3): 705-719.
- Acosta-Díaz, E., Álvarez-Ojeda, M.G., Rodríguez-Guerra, R. y Almeyda-León, I.H. 2020. Variabilidad morfológica y genética del germoplasma de aguacate criollo en Nuevo León, México. *Biotecnología y Sustentabilidad* 5(1): 91-108.
- Barrientos-Priego, A.F., López-López, L. 2002. Historia y Genética del Aguacate. *In: Memoria de la Fundación 'Salvador' Sánchez Colín. Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Aguacate en el Estado de México.* pp. 100-121.
- Gutiérrez-Díez, A., Martínez-de la Cerda, J., García-Zambrano, E.A, Iracheta-Donjuán, L., Ocampo-Morales, J.D., Cerda-Hurtado, I.M. 2009. Estudio de la diversidad genética del aguacate nativo en Nuevo León, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 32: 9-18.
- Mijares-Oviedo, P., López-López, L. 1998. Variedades de Aguacate y su producción en México. Departamento de Fitotecnia. Memoria 1998 de la Fundación 'Salvador' Sánchez Colín. Centro de Investigaciones y Tecnológicas del Aguacate en el Estado de México. Coatepec de Harinas. México. pp. 88-99. www.avocadosource.com/Journals/CICTAMEX/...1998/cictamex_1998_22-32.pdf.
- Smith, N.J.H., Williams, J.T., Pluncknett, D.L., Talbot, J.P. 1992. *Tropical Forests and their Crops.* Cornell University Press. U.S.A.
- Storey, W.B., Bergh, B., Zentmyer, G.A. 1986. The origin, Indigenous range, and dissemination of the avocado. *Calif. Avocado Soc. 1986 Yearb.* 70: 127-133.
- Williams, L.O. 1977. The avocados, a synopsis of the genus *Persea*, subg. *Persea*. *Economic Botany* 31: 315-320.

**IDENTIFICACIÓN GENÓTIPICA DE ACCESIONES DE NARANJO DULCE
MEDIANTE MICROSATÉLITES AMPLIFICADOS AL AZAR (RAMs)
GENOTYPICAL IDENTIFICATION OF SWEET ORANGE ACCESSIONS USING
RANDOM AMPLIFIED MICROSATELITES (RAMs)**

**Isidro Humberto Almeyda León^{1*}, Efraín Acosta Díaz¹, María Genoveva Álvarez Ojeda²,
Raúl Rodríguez Guerra¹, Carlos Miguel Ramos Cruz¹**

¹INIFAP-CIRNE-Campo Experimental General Terán, Km. 31 Carretera Montemorelos-China, General Terán, N.L., C.P. 67400. ²INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Río Bravo, km 61 Carretera Matamoros-Reynosa, Cd. Río Bravo, Tams., C.P. 88900. *halmeyda30@hotmail.com

RESUMEN

Los cítricos son producidos en zonas subtropicales y tropicales, sus frutas son consumidas por millones de personas en el mundo. En México, la naranja dulce es la especie cítrica de mayor importancia cultivada, principalmente por la superficie sembrada (340 mil ha⁻¹) y producción (rendimientos promedio de 13.95 ton ha⁻¹), con un valor superior a los 10.18 mil millones de pesos. El objetivo de este trabajo fue identificar genéticamente mediante la técnica de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs), las accesiones de naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) resguardadas en el Banco de Germoplasma de Cítricos del INIFAP en el Campo Experimental General Terán. Se colectaron 28 accesiones (dos réplicas por accesión establecidas bajo condiciones de invernadero). La identificación genética se realizó con la técnica de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs), utilizando el iniciador CA, el cual, se seleccionó debido a que puede generar hasta 26 fragmentos polimórficos. Se pudo constatar la identidad de las dos réplicas en 25 accesiones, sin embargo, se encontraron diferencias entre las dos réplicas de las variedades Moro, Campbell O.L. y Río Grande Navel Nuc. Estos resultados, permiten inferir la posibilidad de que las diferencias registradas entre las réplicas de estas tres accesiones pueden ser debidas al fenómeno de la mutación, característica que puede ser utilizada en programas de mejoramiento genético para generar nuevas variedades de interés comercial.

Palabras clave: Banco de germoplasma, Variabilidad genética, Mutación

ABSTRACT

Citrus fruits are produced in subtropical and tropical areas, their fruits are consumed by millions of people in the world. In Mexico, the sweet orange is the most important citrus species cultivated, mainly due to the planted area (340 thousand ha⁻¹) and production (average yields of 13.95 ton ha⁻¹), with a value greater than 10.18 billion pesos. The objective of this work was to genetically identify using the Random Amplified Microsatellites (RAMs) technique, the accessions of sweet orange (*Citrus sinensis* L.) protected in the Citrus Germplasm Bank of INIFAP in the General Teran Experimental Field. Twenty-eight accessions were collected (two

replicates per accession established under greenhouse conditions). Genetic identification was performed with the Random Amplified Microsatellites (RAMs) technique, using the CA primer, which was selected because it can generate up to 26 polymorphic fragments. The identity of the two replicates could be verified in 25 accessions, however, differences were found between the two replicates of the varieties Moro, Campbell O.L. and Rio Grande Navel Nuc. These results allow us to infer the possibility that the differences recorded between the replicas of these three accessions may be due to the phenomenon of mutation, characteristic that can be used in breeding programs to generate new varieties of commercial interest.

Key words: Germplasm bank, Genetic variability, Mutation

INTRODUCCIÓN

La citricultura representa un segmento económico muy importante en la agricultura mexicana, ya que genera una derrama económica superior a los 375 millones de dólares (González *et al.*, 2020). En los últimos años, la superficie cultivada con cítricos en el país se ha incrementado en 8 % al registrarse 620,000 ha en 2021 con respecto a las 569,914 ha existentes en 2010. La especie con mayor importancia en México es la naranja dulce, principalmente por la superficie sembrada (340 mil ha⁻¹) y producción (rendimientos promedio de 13.95 ton ha⁻¹), con un valor superior a los 10.18 mil millones de pesos (Rivera *et al.*, 2020). En los bancos de germoplasma vegetal, los materiales albergados requieren ser caracterizados, documentar introducción y su existencia como parte de la colección. Cuando se tiene el interés de comenzar con 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). Esta información es vital para evitar duplicidad y confusión en el acervo, así como para identificar introducciones promisorias para procesos de selección, mejoramiento genético o procesos agroindustriales (Morillo *et al.*, 2010) La caracterización de los bancos de germoplasma y el mejoramiento de diferentes especies de *Citrus* no ha sido tan exitoso como el obtenido en programas de mejoramiento de cultivos anuales, debido principalmente a las características relacionadas con la biología reproductiva de estas especies, por ejemplo, alta fertilidad interespecífica, reproducción apomíctica, poliembrionía, casos numerosos de esterilidad, ínter y autocompatibilidad, heterocigosis elevada, una fase juvenil prolongada y la escasez de marcadores de ADN polimórficos (Ganopoulos *et al.*, 2015). Las Secuencias Simples Repetidas (SSR), se consideran marcadores ideales para la discriminación de genotipos; éstos en su modalidad de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs) son útiles

para medir la diversidad genética en plantas y animales, con poder discriminatorio entre familias y especies e igualmente de manera intraespecífica. Esta técnica ha sido un instrumento valioso y preciso para la evaluación de la diversidad genética en cítricos y géneros relacionados (Hynniewta, *et al.*, 2014). El objetivo del estudio fue identificar genéticamente mediante la técnica de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs), las accesiones de naranjo dulce (*Citrus sinensis* L.) resguardadas en el Banco de Germoplasma de Cítricos del INIFAP en el Campo Experimental General Terán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron hojas sanas de 28 accesiones de naranjo dulce conservadas en el Banco de Germoplasma del Campo Experimental General Terán (Cuadro 1). La extracción del ADN se realizó utilizando la metodología del CTAB modificada por Almeyda *et al.* (1981). La identificación genética se realizó mediante la técnica de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs), inicialmente se evaluaron 6 iniciadores y finalmente se seleccionó el iniciador CA (5'-DBDACACACACACACA-3') con base a que todas las muestras previamente evaluadas amplificaron y que puede generar hasta 26 fragmentos polimórficos (Gallegos *et al.*, 2017). Las reacciones de PCR se realizaron en un termociclador (BioRad Thermal Cycler), 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 (0.4 µM), Taq™ DNA-polimerasa (1 U) y ADN (50 ng). El programa de amplificación utilizado en el termociclador fue: Un ciclo a 95 °C por 5 min, 35 ciclos a 94 °C por 30 seg, 50 °C por 30 seg, 72 °C por 2 min y un ciclo final a 72 °C por 10 min. Los fragmentos amplificados en las reacciones de PCR se fraccionaron en geles de agarosa al 2 % durante una hora treinta minutos a 100 V. Los geles fueron teñidos con el colorante GelRed® y analizados en un transiluminador de luz ultravioleta.

Cuadro 1. Accesiones de naranjo dulce conservadas bajo condiciones de invernadero en el Banco de Germoplasma de Cítricos del Campo Experimental General Terán (CEGET).

No. de accesión	Variedad o Nombre Común	No. de árbol	Condición
1	Queen	1	Invernadero
1	Queen	2	Invernadero
2	Hamlin O.L.	1	Invernadero
2	Hamlin O.L.	2	Invernadero
3	Parson Brown	1	Invernadero
3	Parson Brown	2	Invernadero
4	Temprana L.R.	1	Invernadero
4	Temprana L.R.	2	Invernadero
5	Hamlin L.R.	1	Invernadero
5	Hamlin L.R.	2	Invernadero
6	Moro	1	Invernadero
6	Moro	2	Invernadero
7	Salustian	1	Invernadero
7	Salustian	2	Invernadero
8	Mars	1	Invernadero
8	Mars	2	Invernadero
9	Tarocco	1	Invernadero
9	Tarocco	2	Invernadero
10	Pineapple	1	Invernadero
10	Pineapple	2	Invernadero
11	San Miguel L.R.	1	Invernadero
11	San Miguel L.R.	2	Invernadero
12	Jaffa	1	Invernadero
12	Jaffa	2	Invernadero
13	Valencia	1	Invernadero
13	Valencia	2	Invernadero
14	Campbell O.L.	1	Invernadero
14	Campbell O.L.	2	Invernadero
15	Cadenera	1	Invernadero
15	Cadenera	2	Invernadero
16	Fisher navel	1	Invernadero
16	Fisher navel	2	Invernadero
17	Washington navel	1	Invernadero
17	Washington navel	2	Invernadero
41	Valencia Frost	1	Invernadero
41	Valencia Frost	2	Invernadero
42	Valencia Cutter	1	Invernadero
42	Valencia Cutter	2	Invernadero
56	Cara Cara navel	1	Invernadero
56	Cara Cara navel	2	Invernadero
57	Carter navel	1	Invernadero
57	Carter navel	2	Invernadero
58	Leng navel	1	Invernadero
58	Leng navel	2	Invernadero
59	Dream navel	1	Invernadero
59	Dream navel	2	Invernadero
60	Atwood navel	1	Invernadero
60	Atwood navel	2	Invernadero
61	Río Grande navel Nuc.	1	Invernadero
61	Río Grande navel Nuc.	2	Invernadero
62	Washington Frost navel	1	Invernadero
62	Washington Frost navel	2	Invernadero
63	Fukumoto navel	1	Invernadero
63	Fukumoto navel	2	Invernadero
65	Valencia Midknigth	1	Invernadero
65	Valencia Midknigth	2	Invernadero

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La metodología de RAMs utilizada, permitió establecer de manera consistente la identidad, así como la diferencia existente entre las dos réplicas de 28 accesiones de naranja dulce colectadas para este trabajo. La identidad entre las dos réplicas se corroboró para 25 de las 28 accesiones evaluadas (datos no mostrados). Sin embargo, en el caso de las réplicas de las accesiones correspondientes a las variedades Moro, Campbell O.L. y Río Grande Navel Nuc, se detectaron diferencias en el perfil electroforético (Figura 1-1 y 1-2; 1-3 y 1-4; 1-5 y 1-6).

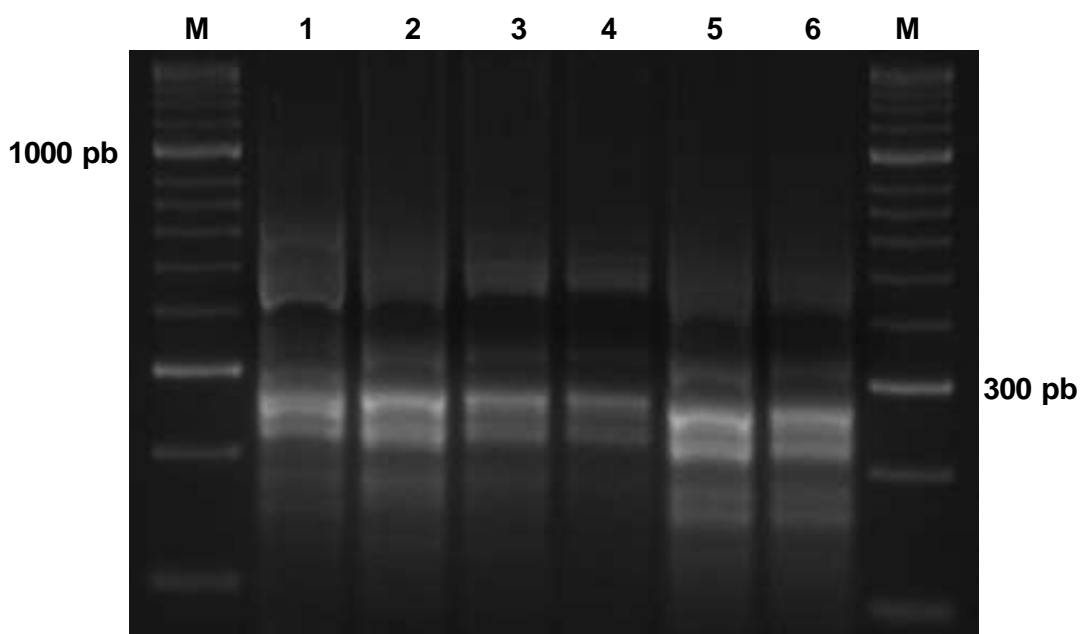


Figura 1. Amplificación de fragmentos del genoma de tres variedades de naranja dulce mediante la técnica de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs), utilizando el iniciador CA. Carriles M: Marcador de Peso Molecular HiperLadder™ 100bp; Carriles 1 y 2: Variedad Moro; Carril 3 y 4: Variedad Campbell O.L.; Carriles 5 y 6: Variedad Río Grande Navel Nuc.

La diferencia genética encontrada entre las réplicas en tres de las 28 variedades de naranja dulce evaluadas, nos permite inferir que dichas réplicas corresponden a germoplasma diferente, y/o que es factible que las diferencias registradas puedan deberse a factores externos que modificaron la estructura genética de estas variedades. La citada modificación puede estar asociada al evento conocido como mutación, el cual, ocasiona cambios o modificaciones en la secuencia genómica de los organismos vivos y dichos cambios ocurren por errores en la división celular o exposición a ciertas condiciones del medio ambiente. Esto no es raro, ya que la mayoría de los genotipos comerciales que se conocen en la actualidad de *C. sinensis*, *C. paradisi* y *C. limón*, no constituyen especies biológicamente definidas ya que muchos cultivares dentro de cada grupo se originaron a partir de mutaciones somáticas (Gómez *et al.*, 2020). Bajo este precepto, en el mundo existen más de nueve millones de

hectáreas plantadas con cítricos y todas las especies comestibles como las mandarinas, naranjas, pomelos y limones recurren a la apomixis, una característica excepcional en el reino vegetal, cuyo origen fue una mutación de hace 1,6 millones de años, y que pasó de especie a especie (Wu *et al.*, 2018). Otro aspecto importante a considerar es la condición ambiental a la que están expuestas las especies perennes como es el caso de los cítricos, bajo este contexto eventualmente se han registrado diferencias morfológicas o de madurez entre frutos de un mismo árbol y dichas variaciones se han asociado a mutaciones debido a la radiación, y a partir del material que presenta diferencias con el árbol madre se han generado nuevas variedades con características de interés agronómico o comercial. De esta manera, la historia registra descubrimientos casuales como el de la mandarina clementina (*Citrus clementina* Hort. Ex Tan.), una hibridación natural descubierta por el francés Clement Rodier a comienzos del siglo XX. Posteriormente, en 1953, a partir de una mutación espontánea ocurrida en un árbol de *C. clementina*, surgieron las clemenules, una de las variedades de mandarina más consumidas en España (Cubillo, 2013). La diversificación de la naranja dulce también es consecuencia de la ocurrencia de mutaciones de brotes somáticos (Aubert, 2001). Los resultados obtenidos en este estudio con la técnica de RAM's, nos ha permitido determinar diferencias entre y dentro de las accesiones de naranja dulce, lo cual, indudablemente refleja diversidad genética entre estos materiales que podría ser aprovechada y utilizada en programas de mejoramiento genético. Sin embargo, es importante reconocer que es necesario comparar en árboles adultos las características morfológicas que corroboren la diferencia encontrada entre las réplicas en las tres variedades de naranjo dulce, ya que el germoplasma incluido en el estudio son árboles jóvenes sin producción de flores y frutos.

CONCLUSIONES

La técnica de Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs) fue eficiente para la identificación genotípica de 25 variedades, así como la diferencia existente entre las réplicas de tres variedades de naranjo dulce conservadas en el Banco de Germoplasma de Cítricos del Campo Experimental General Terán, esta información puede ser utilizada para estudios y apoyo a programas de mejoramiento genético de esta especie.

REFERENCIAS

- Almeyda, L. I.H., Rocha, P. M.A., Piña, R. J., Martínez, S. J.P. 2001. The use of polymerase chain reaction and molecular hybridization for detection of Phytoplasma sp. in different plant species in México. 2001. Revista Mexicana de Fitopatología 19: 1-9.
- Aubert, B. 2001. Genèse et développement de la culture des agrumes et patrimoine génétique méditerranéens de l'histoire naturelle des orangers. Dans la réédition de l'Histoire Naturelle des Orangers- Risseau et Poiteau, tome 2. Connaissance et mémoires éditeur, Francia.
- Cubillo, M.T. 2013. Genómica en cítricos. Levante Agrícola: Revista Internacional de Cítricos 415: 19-22.

- Gallegos, C. J.E., 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.
- Gómez, L.R., Sendín, L.S., Ledesma, V.A., Romero, L.A., Filippone, M.P. 2020. Mejoramiento genético de los cítricos: Millones de años de evolución. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino* 40(2): 71-90.
- González, Á., Guillén, D., Alia, I., López, V., Juárez, P., Bárcenas, D. 2020. Comportamiento de variedades de naranja injertadas en diferentes portainjertos en Xalostoc, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11(5): 1123-1134.
- Hynniewta, M., Kumar, M.S., Rama, R.S. 2014. Genetic diversity and phylogenetic analysis of *Citrus* (L) from northeast India as revealed by meiosis, and molecular analysis of internal transcribed spacer region of rDNA. *Meta Gene* 2: 237-251.
- 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, 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.
- Rivera, S., Perales, A., Del Valle, M., Caamal, I. 2020. Panorama de la producción y comercialización de naranja en México. *Agro productividad* 13 (7): 9-14.
- Wu, G.A., Terol, J., Ibanez, V., López, G.A., Pérez, R.E., Borredá, C., Domingo, C., Tadeo, F.R., Carbonell, C.J., Alonso, R., Curk, F., Du, D., Ollitrault, P., Mikeal, L., Roose, M.L., Dopazo, J., Gmitter, Jr. F.G., Rokhsar, D.S., Talon, M. 2018. Genomics of the origin and evolution of *Citrus*. *Nature* 554: 311-316. doi:10.1038/nature25447.

EFICIENCIA DEL MICROTUNEL Y PRODUCTOS BIOLÓGICOS EN LA PRODUCCIÓN DE TUBÉRCULOS DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) PARA SEMILLA

EFFICIENCY OF THE MICROTUNNEL AND BIOLOGICAL PRODUCTS IN THE PRODUCTION OF POTATO TUBERS (*Solanum tuberosum* L.) FOR SEED

Isidro Humberto Almeyda León^{1*}, Margarita Díaz Valasis², Víctor Manuel Parga Torres³, María Genoveva Álvarez Ojeda⁴, Martha Blanca Guadalupe Irizar Garza²

¹INIFAP-CIRNE-Campo Experimental General Terán, Km. 31 Carretera Montemorelos-China, General Terán, N.L., C.P. 67400. ²INIFAP-CIRCE-Campo Experimental Valle de México, Km. 13.5 Carretera Los Reyes-Texcoco, Texcoco, Edo. de México, C.P. 56250. ³INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Saltillo, Km. 342+119 # 9515 Carretera Saltillo-Zacatecas, Saltillo, Coah., C.P. 25315. ⁴INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Río Bravo, km 61 Carretera Matamoros-Reynosa, Cd. Río Bravo, Tams., C.P. 88900. *halmeyda30@hotmail.com

RESUMEN

La punta morada de la papa (PMP), se constituye como uno de los principales problemas fitosanitarios de la papa en México y algunas otras regiones productoras en el mundo. Se consideran como los principales agentes causales de la enfermedad a los fitoplasmas y a la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CaLso), estos son patógenos que se localizan en el floema del huésped. Las chicharritas se consideran como los vectores de los fitoplasmas y al psilido *Bactericera cockerelli* como vector de CaLso. Las pérdidas ocasionadas por la PMP pueden llegar al 100% ya que reduce el rendimiento, así como la calidad del tubérculo que se produce. Actualmente el manejo y control de la enfermedad se realiza mediante el control químico del vector con aplicaciones masivas de pesticidas con un gran efecto adverso al ambiente y a la salud humana. Por esa razón, se considera necesario la generación de alternativas que permitan obtener una producción rentable y sustentable para el productor, como son el uso de variedades resistentes o tolerantes a la enfermedad, así como el uso de productos biológicos y medidas culturales que reduzcan en gran medida el uso de la aplicación de pesticidas. El objetivo de este estudio fue evaluar la eficiencia del microtunel y el uso de productos biológicos para producir tubérculos con calidad para ser utilizados como semilla. Se evaluaron cinco tratamientos, dos consistieron en el uso de microtuneles con y sin la aplicación productos biológicos para el control de plagas y patógenos del suelo, dos tratamientos fueron a cielo abierto con y sin aplicación de productos biológicos y un tratamiento fue a cielo abierto sin la aplicación de ningún producto biológico. Los tratamientos con el uso de microtunel fue eficiente para producir tubérculos con un 100% de brotación. Sin embargo, no es recomendable su uso como semilla en siembras comerciales si se detecta un porcentaje pequeño de infección por CaLso ya que se constituye como el inóculo primario para la infección en la totalidad del cultivo, pero si es factible su uso en la producción de papa para autoconsumo. Los productos biológicos utilizados no tienen ningún

efecto para reducir el porcentaje e intensidad del pardeamiento del tubérculo ocasionado por CaLso.

Palabras clave: PMP, Microtunel, *Trichoderma*, *Rhizophagus*

ABSTRACT

The purple top of the potato (PMP), constitutes one of the main phytosanitary problems of the potato in Mexico and some other producing regions in the world. Phytoplasmas and the bacterium *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CaLso), are considered the main causal agents of the disease, these are pathogens that are located in the phloem of the host. Leafhoppers are considered as vectors of phytoplasmas and the psyllid *Bactercera cockerelli* as a vector of CaLso. The losses caused by the PMP can reach 100% since it reduces the yield, as well as the quality of the tuber that is produced. Currently, the management and control of the disease is carried out through chemical control of the vector with massive applications of pesticides with a great adverse effect on the environment and human health. For this reason, it is considered necessary to generate alternatives that allow a profitable and sustainable production for the producer, such as the use of resistant or tolerant varieties to the disease, as well as the use of biological products and cultural measures that greatly reduce measure the use of pesticide application. The objective of this study was to evaluate the efficiency of the microtunnel and the use of biological products to produce quality tubers to be used as seed. Five treatments were evaluated, two consisted of the use of microtunnels with and without the application of biological products for the control of pests and soil pathogens, two treatments were open pit with and without the application of biological products and one treatment was open pit without application of any biological product. The treatment with the use of microtunnel was efficient to produce tubers with 100% sprouting. However, its use as seed is not recommended if a small percentage of CaLso infection is detected, since it constitutes the primary inoculum for the infection of the entire crop. The biological products used have no effect in reducing the percentage and intensity of tuber browning caused by CaLso.

Key words: PMP, Microtunnel, *Trichoderma*, *Rhizophagus*

INTRODUCCION

La punta morada de la papa (PMP) es uno de los principales problemas fitosanitarios que afectan el cultivo de la papa en México (Rubio *et al.*, 2006) y también tiene gran importancia en varias regiones de Nueva Zelanda (Liefting *et al.*, 2008), Estados Unidos de América y Centro América (Munyaneza *et al.*, 2007; Munyaneza *et al.*, 2008; Secor *et al.*, 2009). Las regiones más afectadas en México son el Centro (Edo. de México, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Veracruz), el Noreste (Coahuila y Nuevo León) y el Bajío (Guanajuato y Michoacán). La región

Noroeste (Sonora, Sinaloa, Baja California, Chihuahua) y la zona de Tapalpa, Jal. son afectadas en menor grado que las anteriores; sin embargo, el problema se ha ido incrementando (Rubio *et al.*, 2011a). Se reportan como agentes causales de la PMP a los fitoplasmas (Almeyda *et al.*, 1999, Cadena *et al.*, 2003) y a *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CaLso) (Caixedo *et al.*, 2020), los cuales, son patógenos obligados localizados en el floema de la planta y son transmitidos por insectos vectores. Además, la transmisión de estos patógenos también se realiza mediante el uso de tubérculos infectados como semilla (Caixedo *et al.*, 2020; Cuesta *et al.*, 2021). Los fitoplasmas están asociados con la presencia de cicadélidos y saltones de hojas, para el caso de CaLso se reporta como vector a *Bactericera cockerelli*, el psílido de la papa (Cuesta *et al.*, 2021). En un estudio realizado en México (Rubio, *et al.*, 2011b), se obtuvo una estrecha asociación entre la población de *B. cockerelli* y la incidencia de la PMP y también se observó que el 54% de los tubérculos con los síntomas de la enfermedad eran positivos a la bacteria *Ca. Liberibacter* y solamente el 3.5% fueron positivos a fitoplasmas, lo cual soporta lo reportado por otros investigadores (Hansen *et al.*, 2008; Liefting *et al.*, 2008; Venkatesan *et al.*, 2010) y confirma que el principal agente causal de la PMP en México, al igual que en otros países, es la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum*.

Las plantas enfermas presentan un desarrollo anormal, algunas presentan enanismo, en otras las ramas o tallos sobresalen, las hojas superiores se enrollan, se tornan amarillas o moradas, existe un engrosamiento de los nudos del tallo, la distancia entre los nudos del tallo se acorta, el tallo crece en zig zag, se forman tubérculos aéreos y la planta puede presentar una muerte temprana (Cuesta *et al.*, 2021). Cuando se trata de papa rayada los tubérculos muestran estrías de color marrón claro en la pulpa que se forman debido a una alteración en la concentración de azúcares y que se hacen más evidentes cuando los tubérculos se fríen, de manera que no sirven para la producción de hojuelas fritas, la cual es la principal forma de procesamiento de la papa en México (Rubio *et al.*, 2013). Los tubérculos usados como semilla generalmente no brotan y si lo hacen estos presentan brotes muy alargados o ahilados, como resultado los rendimientos decrecen significativamente y el tamaño de los tubérculos se reduce. Dependiendo de la etapa de desarrollo en que las plantas son infectadas, el rendimiento de tubérculos puede disminuir entre 10 y 100% y como consecuencia las pérdidas económicas son muy cuantiosas si es que se toma en cuenta que los costos de producción son en promedio \$100,000/ha (Rubio *et al.*, 2013).

El vector de CaLso es el psílido *Bactericera cockerelli*, el cual es un insecto chupador que se alimenta de la savia de las plantas que ataca. Al momento de alimentarse tanto los adultos como las ninfas inyectan una toxina que produce amarillamiento y encrespamiento de las hojas y además transmite a la bacteria que el psílido lleva en el interior de su cuerpo (Cuesta *et al.*, 2021). En la actualidad, el control de la PMP se basa casi exclusivamente en la

aplicación intensiva de insecticidas químicos, por lo que es necesario establecer un sistema de control integrado de la enfermedad que incluya el uso de variedades tolerantes, insecticidas biológicos y prácticas culturales (Rubio *et al.*, 2013). Por esa razón el objetivo de este trabajo fue determinar la eficiencia del microtúnel y la aplicación de productos biológicos para producir tubérculos con calidad para ser utilizados como semilla.

MATERIALES Y METODOS

Para la siembra se utilizó el Clon 8 – 29 M, considerado tolerante al tizón tardío. Se evaluaron 5 tratamientos y la superficie total consistió de 12 surcos con una longitud de 12 metros por surco. Tratamiento 1: Cultivo en microtúnel (malla antiafido), aplicación de entomopatógenos y de biofertilizante; Tratamiento 2: Cultivo en microtúnel, aplicación de entomopatógenos y sin aplicación de biofertilizante; Tratamiento 3: Cultivo a campo abierto sin microtúnel), aplicación de entomopatógenos y de biofertilizante ; Tratamiento 4: Cultivo a campo abierto, aplicación de entomopatógenos y sin aplicación de biofertilizante; Tratamiento 5: Cultivo a campo abierto, sin aplicación de entomopatógenos y de biofertilizante (Cuadro 1).

Cuadro. 1. Tratamientos evaluados en la producción de papa (Clon 8 – 29 M), para su uso como semilla.

Tratamiento	Microtúnel	<i>Trichoderma harzianum</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	<i>Rhizophagus intraradices</i>
1	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	-
3	-	X	X	X	X
4	-	X	X	X	-
5	-	-	-	-	-

Para la detección de la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* considerada como el agente causal de la PMP, se utilizó la técnica de la Reacción en Cadena de la Polimerasa-Punto Final (PCR por sus siglas en inglés). La extracción del ADN a partir de tubérculos colectados en campo se realizó mediante la técnica del CTAB modificada por Almeyda *et al.* (2001). En las reacciones de PCR se utilizaron los iniciadores Lp16s-2F/Lp16s-2R (Hansen *et al.*, 2008), diseñados sobre la secuencia del gen que codifica para el ARN ribosomal 16S de la bacteria y que amplifica un fragmento de aproximadamente 872 pb. Las reacciones de PCR se prepararon en un volumen final de 25 µl conteniendo: Buffer PCR (1X), iniciador (25 pMoles para cada uno), enzima Taq-ADN Polimerasa (1.5 U) y 50 ng de ADN. Las condiciones de corrida en el termociclador fueron: Un ciclo a 94 °C por 3 min, 35 ciclos a 94 °C por 1min, 60 °C por 30seg y 72 °C por 1min, un ciclo final a 72 °C por 10min. Los fragmentos amplificados se fraccionaron en geles de agarosa al 1.5 % y se corrieron a 100 Volts, durante 60 seg. Los geles fueron tenidos con el colorante Gel-Red y visualizados para su análisis bajo luz ultravioleta.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del porcentaje y la intensidad del pardeamiento de los tubérculos fue variable dependiendo del tratamiento evaluado. Los porcentajes más bajos del pardeamiento, así como su intensidad fueron registrados en los tratamientos cultivados en microtúnel (Cuadro 2). El mayor porcentaje de pardeamiento del tubérculo, así como su intensidad se registró en los tratamientos conducidos a campo abierto, de esta manera, en el tratamiento tres la intensidad del pardeamiento se registró incluso en la categoría de fuerte, aunque el número de tubérculos en este nivel de intensidad fue bajo (Cuadro 2). Estos resultados permiten inferir que la población de vectores fue mucho menor en los tratamientos conducidos en microtúnel en relación con los tratamientos que no contaron con la malla antiafido. Con base en lo anterior, podemos inferir que la concentración de inóculo en los tratamientos conducidos a cielo abierto fue alta debido a una mayor densidad poblacional del vector *Bactericera cockerelli* ya que no se realizó ningún control del insecto.

Cuadro 2. Porcentaje e intensidad de pardeamiento registrado en los tratamientos evaluados a nivel de campo contra la punta morada de la papa.

Tratamiento	% de tubérculos con pardeamiento	Intensidad de pardeamiento			
		Cero	Leve	Mediana	Fuerte
1	33.3	20/30	10/30		
2	36.7	19/30	11/30		
3	86.6	4/30	11/30	14/30	1/30
4	60.0	12/30	9/30	9/30	
5	93.3	2/30	14/30	14/30	

Los resultados que se indican en el cuadro 2, permiten establecer que la aplicación de los entomopatógenos y el biofertilizante probablemente presenten un efecto protector contra las plagas y patógenos del suelo, además de que promueven un mayor desarrollo radicular, pero no se observa su efecto para disminuir el porcentaje e intensidad del pardeamiento del tubérculo ocasionado por *CaLso*. Lo anterior, en virtud a que los datos obtenidos en estas variables fueron similares entre los tratamientos que no contaron con malla antiafido, inclusive en el tratamiento tres se registró la mayor intensidad de pardeamiento que lo ubica en la categoría de fuerte, superando al tratamiento cinco que no tuvo aplicación ni de entomopatógenos ni del biofertilizante.

Por otra parte, el porcentaje de brotación de los tubérculos se vio afectado de acuerdo al tratamiento evaluado. Los tubérculos colectados en los tres tratamientos sin protección de la malla antiafido presentaron del 5 al 10% de brotación, mientras que los tubérculos colectados en los tratamientos protegidos con la malla antiafido presentaron un 100% de brotación. Es importante señalar que el 5 o 10% de brotación registrada en los tratamientos sin protección de la malla fueron brotes delgados y ahilados, los cuales probablemente no generen una planta sana y vigorosa para obtener buena producción y calidad de papa. Asimismo, aunque

en los tubérculos provenientes de los tratamientos con protección se registró un 100% de brotación aparentemente vigorosos y sanos, el riesgo de estar infectados con la bacteria es altamente probable, toda vez que se registró un porcentaje de pardeamiento de esos tubérculos (Cuadro 2), lo cual es un indicador de que la bacteria está presente. Lo anterior, se pudo constatar por medio de las pruebas de PCR-punto final, donde se logró la amplificación de fragmentos del gen que codifica para el gen 16S ribosomal de este patógeno en todos los tratamientos evaluados (Figura 1). Por lo tanto, se recomienda que los tubérculos provenientes de lotes con registros de infección, aunque leve por parte de CaLso no deben ser utilizados como semilla a pesar de que se obtengan valores del 100% en pruebas de brotación, ya que aún en bajas concentraciones la bacteria está presente y se constituyen como la primera fuente de inóculo para infectar al cultivo.

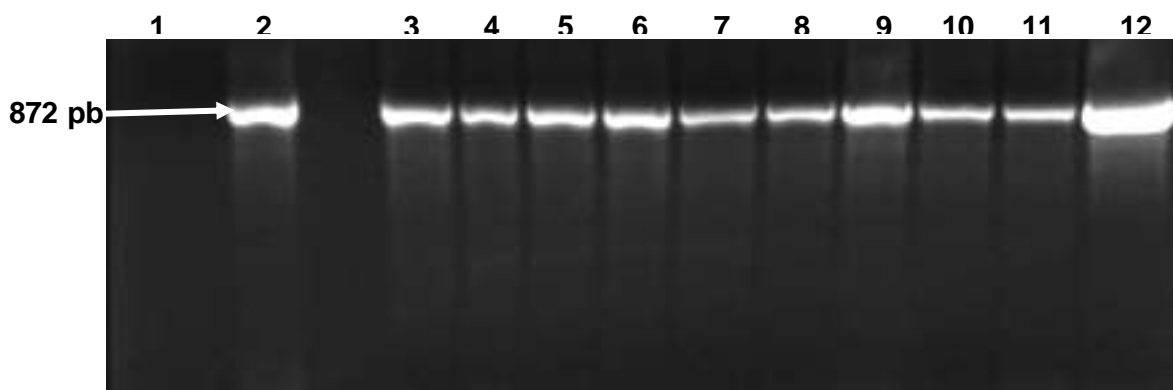


Figura 1. Amplificación de fragmentos del gen que codifica para el RNA ribosomal 16S de *Candidatus Liberibacter solanacearum* a partir del ADN extraído de diferentes muestras de papa mediante la técnica de PCR utilizando los iniciadores Lp16s-2F/Lp16s-2R. Carril 1. Testigo negativo, Carriles 2 y 6: ADN extraído de tubérculos colectados en el tratamiento 3, Carriles 3 y 7: ADN extraído de tubérculos colectados en el tratamiento 4, Carriles 4, 5, 8 y 9: ADN extraído de tubérculos colectados en el tratamiento 5, Carril 10: ADN extraído de tubérculos colectados en el tratamiento 1, Carril 11: ADN de tubérculos colectados en el tratamiento 2, Carril 12: Testigo positivo (*Cataranthus roseus*).

La detección de CaLso en muestras de tubérculos colectados en los tratamientos manejados en microtunel pueden deberse a dos probabilidades, en primera instancia a que la semilla utilizada estaba infectada por la bacteria aún en bajas concentraciones y no hubo dispersión del patógeno en todo el tratamiento debido a que la malla antiafido evito la presencia del vector y en segunda instancia probablemente algunos especímenes del insecto pudieron penetrar la malla antiafido infectando a algunas plantas pero su densidad fue baja de manera tal, que la dispersión de la bacteria no fue significativa para generar alto porcentaje e intensidad del pardeamiento del tubérculo.

CONCLUSIONES

El microtúnel fue eficiente para producir tubérculos con el 100% de brotación, pero no se recomienda su uso como semilla en siembras comerciales si se detecta la presencia de la bacteria causante de la PMP aún en un pequeño porcentaje de los tubérculos producidos, ya que se constituyen como la fuente de inóculo primario en la infección de todo el cultivo, pero si es factible su uso en la producción de papa para autoconsumo. Los entomopatógenos y la micorriza arbuscular utilizadas en este estudio no tienen ningún efecto para reducir el porcentaje e intensidad del pardeamiento del tubérculo ocasionado por la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum*.

REFERENCIAS

- Almeyda, L. I.H., Rocha, P. M.A., Piña, R. J., Martínez, S. J.P. 2001. The use of polymerase chain reaction and molecular hybridization for detection of Phytoplasma sp. in different plant species in México. 2001. Revista Mexicana de Fitopatología 19: 1-9.
- Almeyda, L. I.H., Rubio, C. O.A., Zavala Q. T.E. 1999. Determinación de la implicación de fitoplasmas con la expresión sintomatológica de punta morada en papa (*Solanum tuberosum*). IV Simposio de Ciencia y Tecnología. Desarrollo Agropecuario. SEP-CONACYT. Monterrey, Nuevo León, México. p. 45.
- Cadena, H. M.A., Guzmán, P. I.R., Díaz, V. M., Zavala, Q. T.E., Magaña, T. O.S., Almeyda, L. I.H., López, D. H., Rivera, P. A., Rubio, C. O.A. 2003. Distribución, incidencia y severidad del pardeamiento y la brotación anormal en los tubérculos de papa en Valles Altos y Sierras de los estados de México, Tlaxcala y el Distrito Federal, México. Revista Mexicana de Fitopatología 21: 248-259.
- Caicedo, D., Simbaña, L. L., Calderón, D. A., Lalangui, K. P., Rivera-Vargas, L. I. 2020. First report of "*Candidatus Liberibacter solanacearum*" in Ecuador and in South America. Australasian Plant Disease Notes 15(1): 6.
- Cuesta, X., Peñaherrera, D., Velásquez, J., Racines, M., Castillo, C. 2021. Guía de manejo de la punta morada de la papa. Segunda edición. Manual técnico No. 104. Quito (Ecuador). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 20 págs.
- Hansen, A.K., Trumble, J.T., Stouthamer, R., Paine, T.D. 2008. New Huanglongbing (HLB) *Candidatus* species, "*C. Liberibacter psyllauros*", found to infect tomato and potato is vectored by the psyllid *Bactericerca cockerelli* (Sulc). Applied and environmental microbiology 74(18): 5862–5865.
- Liefting, L.W., Pérez-Egusquiza, Z.C., Clover, G.R. 2008. A New '*Candidatus Liberibacter*' Species in *Solanum tuberosum* in New Zealand. Plant Disease 92(10): 1474.
- Munyanza, J.E., Crosslin, J.M., Upton, J.E. 2007. Association of *Bactericerca cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) with "Zebra Chip," a New Potato Disease in Southwestern United States and Mexico. Journal Economic Entomology 100(3): 656-663.
- Munyanza, J.E., Buchman, J.L., Upton, J.E., Goolsby, J.A., Crosslin, J.M., Bester, G., Miles, G.P., Sengoda, V.G. 2008. Impact of Different Potato Psyllid Populations on Zebra Chip Disease Incidence, Severity, and Potato Yield. Subtropical Plant Science 60: 27-37.
- Rubio, C, O.A., Almeyda, L. I.H., Ireta, M. J., Sánchez, S. J.A., Fernández, S. R., Borbón, S. J.T., Díaz, H. C., Garzón, T. J.A.; Rocha, R. R., Cadena, H. M.A. 2006. Distribución de la punta morada y *Bactericerca cockerelli* Sulc. en las principales zonas productoras de papa en México. Agricultura Técnica en México 32(2): 161-171.
- Rubio-Covarrubias, O.A., Cadena-Hinojosa, M.A., Almeyda-Leon, I.H. 2011a. A summary of research work on potato zebra chip in the central part of Mexico. Proceedings of the 11th annual zebra chip reporting session. San Antonio Tx. USA.

- Rubio-Covarrubias, O.A., Almeyda-León, I.H., Cadena-Hinojosa, A.M., Lobato-Sánchez, R. 2011b. Relación entre *Bactericera cockerelli* y la presencia de *Candidatus Liberibacter psyllauros* en lotes comerciales de papa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2(1): 17-28.
- Rubio-Covarrubias, O., Hinojosa, M., Carrillo, G. 2013. Manejo integrado de la punta morada de la papa en el Estado de México. Folleto Técnico No. 2, Diciembre, 2013. Metepec, Estado de México, México.
- Secor, G.A., Rivera, V.V., Abad, J.A., Lee, M., Clover, G. R.G., Liefiting, L.W., Li, X., De Boer, S.H. 2009. Association of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' with Zebra Chip Disease of Potato Established by Graft and Psyllid Transmission, Electron Microscopy, and PCR. *Plant Disease* (93)6: 574-586.
- Venkatesan, G.S., Munyaneza, J.E., Crosslin, J.M., Buchman, J.L., Pappu, H.R. 2010. Phenotypic and etiological differences between psyllid yellows and zebra chip disease of potato. *American Journal Potato Research* 87: 41-49.

COLECTA, MANTENIMIENTO Y DESCRIPCION DE LOS AGAVES DE YUCATAN

Guerrero Medina, Rubén¹ *; Díaz Plaza, Raúl¹

¹Instituto 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

En el año 2021 se inició un proyecto que permite la continuidad de actividades que en años previos se realizaron, con las cuales se fortalecerán los resultados obtenidos anteriormente, como la identificación de áreas en donde se localizan plantas de los diferentes tipos de agaves, los cuales contribuirían a la formación de la colección de agaves nativos del Estado de Yucatán. Registrando la aparición de inflorescencias, mismas que han permitido su estudio y su potencial como material reproductivo. Se han colectado 18 tipos de agaves diferentes y cuatro están en proceso de incorporarse a la colección, entre ellas hay magueyes y angustifolias, productoras de fibra, alcohol o ambas. En los sitios de colecta a los cuales se ha tenido acceso a las plantas maduras se ha iniciado la descripción de las mismas en base a la **Guía técnica para la descripción varietal de agave (Agave spp.)** generada por el SNICS; en ocho de ellas se tiene avance en su descripción. El área donde se han establecido las colectas esta fraccionada en tres secciones, una donde se ingresan las nuevas colectas, en otra se establecen las plantas que muestran mayor similitud con el henequén, por lo que se presume podrían ser las que tengan más potencial para ser usadas, al estar juntas se podrá apreciar con precisión sus similitudes o diferencias con el henequén y evaluar su desarrollo en emisión de hojas y altura desde el inicio de su desarrollo hasta producción. Y en la última se están estableciendo plántulas obtenidas en plantaciones cuya madre se encuentra con daño significativo de pudrición de cogollo, a fin de determinar la posible trasmisión madre-hijo de ésta enfermedad. También se realizan actividades para contrarrestar los efectos de la enfermedad con aplicaciones de productos fungicidas y bactericidas. El objetivo del presente trabajo es el de rescatar la diversidad de los agaves que se encuentran en el estado de Yucatán, tanto endémicos como introducidos y en su oportunidad en base al desarrollo y características presentadas establecer si alguno de estos agaves puede contribuir a diversificar la producción en la entidad, así como encontrar solución a la enfermedad “pudrición de cogollo”, misma que amenaza fuertemente la producción local de fibra y la economía del productor.

Palabras clave: Germoplasma, agaves, Yucatán.

ABSTRACT

In 2021 a project began to continuous some activities that were carried out in previous years, with which the results obtained previously will be strengthened, such as the identification of areas where plants of the different types of agaves are located, which would contribute to the formation of a collection of native agaves of the Yucatán State. Recording the appearance of inflorescences, which have allowed their study and their potential as reproductive material. Eighteen different types of agaves have been collected and four are in the process of being incorporated into the collection, among them there are magueyes and angustifolias, producers of fiber, alcohol or both. In the collection sites to which mature plants have been accessed, their description has begun based on the Technical Guide for the varietal description of agave (Agave spp.) generated by the SNICS; in eight of them there is progress in their description.

The area where the collections have been established is divided into three sections, one where the new collections are entered, and another where the plants that show greater similarity with the henequen are established, so it is presumed that they could be the ones with the most potential to be used. When they are together, it will be possible to accurately appreciate their similarities or differences with henequen and evaluate their development in terms of leaf emission and height from the beginning of their development to production. And in the last one, seedlings obtained in plantations whose mother has significant bud rot damage are being established, in order to determine the possible mother-son transmission of this disease. Activities are also carried out to counteract the effects of the disease with the application of fungicide and bactericide products. The objective of this work is, rescue the diversity of the agaves that are found in the state of Yucatan, both endemic and introduced, and in due course, based on the development and characteristics presented, establish if any of these agaves can contribute to diversifying the production in the region, as well as finding a solution to the disease "bud rot", which strongly threatens the local production of fiber and the economy of the producer.

Key words: Germoplasm, agaves, Yucatán

INTRODUCCIÓN

De los agaves es posible la obtención de productos como fibra, azúcares, alcohol e inulina entre otros; mediante la incorporación, conservación y evaluación de la diversidad de agaves que existen en Yucatán se vislumbra la posibilidad de contribuir no solo al rescate de la diversidad de los agaves endémicos de la entidad sino también a la posible contribución a la generación de productos que de ellos se pueden obtener. Los agaves endémicos han sido poco estudiados tal vez por su escasa presencia en su hábitat natural altamente deteriorado por la intensa actividad agropecuaria que se ha realizado en la zona. Diversos autores refieren algunos nombres de agaves en terminología maya y se menciona la posible existencia de cinco a diez especies encontrándose la posibilidad de que alguna de ellas tenga una doble referencia y se reduzca el número de especímenes. Al igual que en todo el territorio nacional, la diversidad de agaves es rica en México, también lo fue en Yucatán presentándose ahora la oportunidad de recatar la escasa presencia de los agaves nativos para su evaluación y definición de posibilidad de contribuir en la productividad agrícola de la entidad. Se cuenta con un lote de una media ha en que se encuentran las colectas realizadas, así como lote de los especímenes que pudieran competir o complementar la producción del henequén. Se han incorporado 18 tipos diferentes de agaves entre nativos e introducidos cuadro 1, de los que se ha iniciado la caracterización en base a los descriptores para agaves publicados por SNICS, en aquellos tipos de plantas que en su punto de colecta se ha podido encontrar plantas adultas. En otros casos en que se ha podido disponer de planta suficiente de las especies similares fenotípicamente al henequén, se han dispuesto para su evaluación comparativa desde condición de trasplante.

De la información contenida en el Cuadro 1, puede resumirse como la disponibilidad de cuatro "especies" nativas o endémicas, seis cuyo producto se da comercialmente, de ellas, cuatro producen fibra y dos licores. Y de manera genérica 11 se pueden catalogar como angustifolias y siete como magueyes. Se ha contribuido también con la disposición de plantas adultas para la estimación de rendimientos de fibra y caracterización de inflorescencias en aspectos reproductivos.

Cuadro 1.- Algunas características de los agaves colectados

Identificación	Angustifolia	Maguey	Endémico	Sp. comercial
1.- Lechuguilla	xx			xx
2.- Maguey 1		xx		
3.- Local 1	xx		xx	
4.- Maguey 2		xx		
5.- Fique	xx			xx
6.- Local 2	xx		xx	
7.- Maguey 3		xx		
8.- Yax ci	xx		xx	x
9.- Angustifolia	xx		x	
10.- Furcraea	xx		xx	
11.- Mezcal	xx			xx
12.- Maguey marg.		xx		
13.- Tequila	xx			xx
14.- Maguey 4		xx		
15.- Agave sp.	xx			
16.- Maguey 5		xx		
17.- Dementiana		xx		
18.- A. letonae?	xx			xx

MATERIALES Y MÉTODOS

De las 18 especies que por ahora forman parte del grupo en evaluación, cuatro son las que se han podido establecer para seguimiento en cuanto a desarrollo y son: henequén, yax-ki que se considera una variante del henequén, fique el agave cultivado en Colombia y el híbrido 11648 el cual se cultiva para los mismos fines en África, la producción de fibra. Estas especies fueron establecidas a inicios de 2021 y considerando la recuperación y reinicio de su desarrollo, en febrero 2022 se inician evaluaciones en cuanto a emisión de hojas cada mes y la altura de planta cada seis meses. Los lotes están compuestos en promedio por 90 plantas y se evalúan 20 de ellas, que fueron elegidas considerando la mayor uniformidad posible, la planta mes con mes va presentado altibajos en la altura, por lo que se espacia la toma de datos en ese concepto. Se espera poder incrementar el número de especies a considerar en estas evaluaciones.

Empleándose la “Guía técnica para la descripción varietal de agave (Agave spp.) 2014”, se están caracterizado las especies que en condición adulta en los puntos de colecta ha sido posible, incluyendo al henequén se cuenta ya con avances en la caracterización de ocho especímenes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las cifras generadas por las especies de agaves en evaluación, establecidas a principios de año, se muestran en el cuadro 2 y es posible apreciar con claridad que tres de las especies tienen una tendencia estándar, o sea similar, en tanto que el Híbrido sobresale significativamente. Una evaluación de este tipo no había sido realizada, aunque era evidente apreciando las plantas adultas de henequén y el Híbrido la gran cantidad de hojas que genera esta última.

CUADRO 2. Emisión foliar en agaves de tres especies comparadas con el henequén.

AGAVES	MESES DE EVALUACION				
	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
HENEQUEN	3.3	1.5	2.45	1.8	2.45
YAX-KI	2.7	1.8	2.4	1.15	2.2
FIQUE	3.9	2.2	2.05	1.68	2.0
HIBRIDO	6.1	3.4	3.5	2.8	4.15

La Figura 1, permite apreciar con mayor claridad la superioridad del Híbrido sobre las otras especies en la emisión foliar, ya que aunque todas presentan la misma tendencia, las cifras del Híbrido son significativamente mayores.

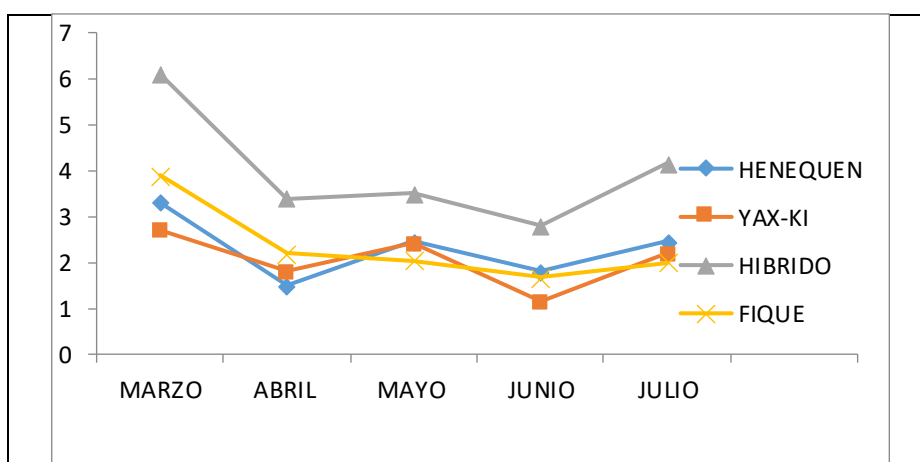


Figura 2. Tendencia de la emisión foliar de tres especies de agaves comparadas con el henequén.

En el Cuadro 3, se observa una manera diferente de apreciar los contrastes en los datos registrados es la acumulación de los mismos, y de esta manera el reflejo de especie que sobresale es más claro, el Híbrido 11648.

CUADRO 3. Emisión foliar acumulada, en agaves de tres especies comparadas con el henequén.

AGAVES	MESES DE EVALUACION				
	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
HENEQUEN	3.3	4.8	7.25	9.05	11.5
YAX-KI	2.7	4.5	6.9	8.05	10.25
FIQUE	3.9	6.1	8.15	9.83	11.83
HIBRIDO	6.1	9.5	13	16.1	20.25

Los datos contenidos en el cuadro 3, representados en la Figura 2, ponen aun más de manifiesto que tres especies presentan una tendencia “normal” al producir hojas en tanto que el Híbrido refleja una mayor tendencia a sobresalir. Un detalle importante a considerar es que en la etapa de cultivo, o sea en aquella considerada desde el trasplante hasta la etapa productiva, los agaves emiten una mediana cantidad de hojas al año, y conforme adquieren madurez el número de ellas va aumentando, pudiendo pasar desde 20 hasta 30 o más hojas emitidas por planta al año.

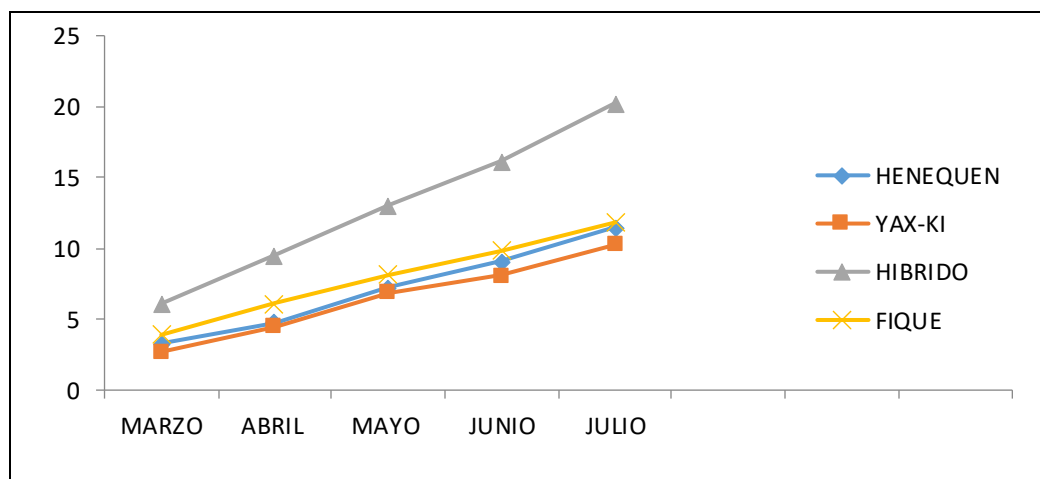


FIGURA 2. Emisión foliar acumulada, en agaves de tres especies comparadas con el henequén.

En el Cuadro 4, se integran las características distintivas de los agaves de acuerdo al SNICS y en esta primera instancia se describen de acuerdo a los criterios contenidos en la guía correspondiente, y hasta ahora todas estas especies son plantas productoras de fibra y de las ocho descritas cinco de ellas pueden ser especies endémicas de Yucatán, con lo que se va cumpliendo uno de los objetivos destacados en este documento que es la recuperación de la diversidad de las especies propias de la entidad o región y por otro lado la descripción de los mismos, aunque por ahora solo se cuenta con ocho de los posibles 22.

Cuadro 4. Características de algunas especies de agaves de acuerdo a descriptores de SNICS.

DESCRIP TOR	HIBRIDO	FIQUE	ANGUSTIF OLIA MARGINA TA	ANGUSTIF OLIA	SISAL	MAGUEY ANCONA (*)	HENEQU EN	YAX-KI
Habito de crecimiento	Acaulescente	Acaulescente	Acaulescente	Acaulescente	Acaulescente	Acaulescente	Acaulescente	Acaulescente
Altura	Media	Alta	Baja	Baja	Media	Media	Media	Media
Forma de hoja	Lanceolada	Lanceolada	Lanceolada	Lanceolada	Lineal	Ovada	Lanceolada	Lanceolada
Forma de hoja, corte transversal	Cóncavo	Plano	Plano	Plano	Cóncavo	Cóncavo	Cóncavo	Cóncavo
Largo de hoja cm	125	150	70	72	122	125	130	135
Ancho de hoja cm	18	16	8.5	8.5	16	29	14	15
Color secundario	Ausente	Presente, marginal	Presente, marginal	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Curvatura	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Borde de hoja	Liso	Liso	Liso	Liso	Liso	Liso	Liso	Liso

Color de hoja	Verde	Verde	Verde-amarillo	Verde	Verde-amarillo	Verde	Verde	Verde
Uniformidad de espinas	Ausentes	Homogéneas	Homogéneas	Homogéneas	Homogéneas	Ausentes	Homogéneas	Homogéneas
Numero de espinas	Ausente	Pocas	Medias	Medias	Muchas	Ausentes	Medias	Medias
Forma Espina terminal	Recta	No lignificada	Recta	Recta	Recta	Recta	Recta	Recta
Long. mm De espina terminal	22	-----	24	17	23	28	33	21

(*) Corresponde al nombre del donador de la planta.

CONCLUSIONES

Lo aun incipiente de las acciones del proyecto (menos de un año), ha permitido generar avances considerables de acuerdo a las metas establecidas, el número de especies incorporadas lleva ya un avance del 85 % y en el tiempo por transcurrir (dos años mas) se espera cumplir con la caracterización en base a los descriptores y conocer con mas detalle el comportamiento de las especies con las que se esta evaluación comparativamente al henequén en cuestión de desarrollo y en su momento la productividad.

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. 1988. Principales enfermedades del henequén. Folleto técnico No. 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. Díaz P.R. 2021. Caracterización productiva de algunas especies de agaves presentes en Yucatán. Pag. 311-317. Memoria de XXXIII Semana Internacional de Agronomía. Venecia, Durango México. Septiembre 2021.
- 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.
- SNICS 2014. Guía técnica para la descripción varietal de agave (*Agave spp.*) Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México, 2014.

ACTIVIDAD ANTAGÓNICA DE *Trichoderma* spp. SOBRE *Macrophomina phaseolina* EN AJONJOLÍ (*Sesamum indicum* L.) EN EL NORTE DE SINALOA
Víctor Hugo Aguilar Pérez^{1*}, Alma Rosa Solano Báez², Elizabeth García León³, Rosa María Longoria Espinoza⁴ y Guillermo Márquez Licona⁵

^{1,2}Maestría en Fitopatología y Medio ambiente, Universidad Autónoma de Occidente, Los Mochis, Sinaloa, México. ³Campo experimental valle del Fuerte- INIFAP, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, C.P. 81110, México. ⁴Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Guasave, Sinaloa, México. ⁵Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Yautepec, Morelos, CP 62731, México
*Autor de correspondencia: hugoapp1804@gmail.com

RESUMEN

En la región del valle del Fuerte, Sinaloa, durante el ciclo primavera-verano 2020 se observaron signos y síntomas de pudrición carbonosa en cultivos de ajonjolí, con una incidencia del 25 al 30% de pudrición de raíz y tallo. La presente investigación se realizó con el objetivo de determinar la morfología y patogenicidad de los hongos asociados a la pudrición carbonosa del ajonjolí y evaluar la actividad antagónica de aislados nativos de *Trichoderma* spp. Se recolectaron muestras de plantas de ajonjolí con síntomas asociados a pudrición carbonosa en lotes comerciales del valle del Fuerte. La caracterización morfológica de los aislados puros se realizó de acuerdo a protocolos específicos, mientras que la patogenicidad se probó en plantas de una variedad regional a través de inoculación directa de microesclerocios en palillos infestados. Las pruebas de antagonismo se hicieron en placas Petri con la técnica de cultivo dual, se obtuvieron aislados nativos en medio de cultivo selectivo para *Trichoderma* spp. adicionalmente se utilizaron cepas con antagonismo probado en otros hongos patogénicos. El análisis estadístico de los datos obtenidos se realizó con un ANOVA de una vía y comparación de medias de Tukey con el programa SAS v9.4. Los resultados en la morfología de los aislados determinaron estructuras características del género *Macrophomina* spp. agrupándolos en tres grupos de acuerdo con sus similitudes. Los postulados de Koch determinaron la patogenicidad de los tres aislados, presentando diferencias en su virulencia. Los aislamientos de *Trichoderma* spp. L1 y L2 presentaron una inhibición micelial del 59.63% y 58.57%, respectivamente, con lo que se determinó que los aislados endémicos tienen un potencial como agentes de control biológico en el manejo de la enfermedad en campo, considerándose el manejo biológico como una alternativa viable.

Palabras clave: *Sesamum indicum*, *Macrophomina*, *Trichoderma*, patogenicidad, antagonismo

ABSTRACT

Signs and symptoms of charcoal rot were observed in sesame crop established in the northern region of Sinaloa, México; however, the interaction of the disease and biological management has not been studied as a viable alternative. The objective of this research was to determine the morphology and pathogenicity of the fungi associated with the disease and to assess the antagonistic activity of native isolates of *Trichoderma* spp. Samples of sesame plants with symptoms associated with charcoal rot were collected from commercial orchards in Valle del Fuerte. To describe the morphology of pure isolates the use of specific protocols was used, while pathogenicity test was carried in plants of a regional variety through direct inoculation of microsclerotia on infested toothpicks. The antagonism was tested in Petri dishes with the dual culture method, native isolates were obtained in selective culture media for *Trichoderma* spp. Additionally, strains with tested antagonism in other pathogenic fungi were used. The data obtained from the antagonism was analyzed with one-way ANOVA and Tukey's test with the SAS 9.4 program. The results in the morphological study of the isolates, determined characteristic structures of the genus *Macrophomina* grouping them into three groups according to their similarities. Koch's postulates determined the pathogenicity of the three isolates, presenting differences in their virulence. The results obtained in mycelial inhibition and Tukey's test indicate that the endemic isolates of *Trichoderma* spp. L1 and L2 showed an inhibition of 59.63% and 58.57%, respectively, which determined that endemic isolates present a potential as biological control agents for the management of this disease in fields.

Key words: *Sesamum indicum*, *Macrophomina*, *Trichoderma*., pathogenicity, antagonism.

INTRODUCCIÓN

El ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) es una planta oleaginosa de la familia Pedaliaceae, importante por su adaptabilidad a condiciones agroclimáticas adversas, lo que representa alternativas productivas para pequeños productores de temporal y en zonas de riego. El cultivo se desarrolla en temperaturas de entre 20° a 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). El 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 fitosanitarias de su producción 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 reportan la mancha de la hoja (*Alternaria sesami*) y la pudrición del pie y de la raíz (*Macrophomina phaseolina*) (Martínez y Laurentin, 2012; ATS, 2015; Abo-Ghazala *et al.*, 2019).

El manejo de las enfermedades causadas por hongos se realiza con frecuencia con la aspersión de fungicidas sintéticos aplicados en grandes cantidades, lo que provoca efectos

nocivos en la salud humana y el ambiente, por lo que, el control biológico es una alternativa potencial a los plaguicidas y son considerados una estrategia amigable con el ambiente y de bajo costo para el manejo de patógenos con origen en el suelo (Muller-Scharer, 2020).

En las zonas de producción del valle del Fuerte, Sinaloa durante el ciclo primavera-verano 2020 se presentó una incidencia del 25 al 30% de pudrición de raíz y tallo. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue caracterizar los patógenos de suelo asociados a la pudrición carbonosa del ajonjolí y evaluar el efecto antagonista de distintos aislados de *Trichoderma* spp.

MATERIALES Y MÉTODOS

En lotes de producción de los ciclos P-V/2020, pertenecientes al municipio, El fuerte Sinaloa, México; se recolectaron muestras de plantas de ajonjolí con sintomatología de pudrición carbonosa. Las muestras se trasladaron al laboratorio de interacción planta-patógeno de la universidad autónoma de occidente para el aislamiento de hongos asociados a la enfermedad. Para cada una de las muestras se realizaron cortes de raíz y tallo de aproximadamente 5 mm² en la zona de avance de la pudrición, considerando tejido vegetal sano y enfermo, para su desinfección, los tejidos se introdujeron en solución de hipoclorito de sodio al 2% durante dos minutos, posteriormente se realizaron tres lavados consecutivos con agua destilada estéril, con la finalidad de eliminar el hipoclorito de sodio y ser transferidos bajo condiciones estériles a cajas petri con medio de cultivo Papa-Dextrosa-Agar (PDA) BIOXON®. Las cuales se incubaron bajo condiciones de oscuridad durante 72 h a 25 °C; pasado el tiempo se tomaron discos miceliales (5 mm de diámetro) del extremo de los crecimientos con características propias del género *Macrophomina*. Las colonias se transfirieron a nuevas placas petri en medio PDA para posteriormente purificarse utilizando la técnica de transferencia de puntas de hifa desarrolladas en medio de cultivo agua-agar (AA). Los cultivos purificados fueron establecidos en medio de cultivo PDA y agua-agar (AA), para posteriormente realizar de manera preliminar la caracterización cultural y morfológica según el protocolo de (Smith *et al.*, 1996).

La patogenicidad de los aislados se determinó en plantas de ajonjolí de la variedad regional Dormilón sembradas en sustrato estéril de 25 días de edad, como se indica a continuación: se sembraron cinco macetas con cuatro plantas cada maceta (20 plantas para cada aislado), las plantas se inocularon con la metodología del palillo infestado con microesclerocios, incrustándolos en la base del tallo. Para mantener la humedad relativa alta, las plantas fueron cubiertas con una bolsa transparente de polietileno por 48 horas y se monitorearon diariamente. Un grupo de cinco plantas fungieron como testigos, colocando palillos estériles en la base del tallo, se regaron con agua y también se usaron bolsas transparentes de polietileno para mantener la humedad relativa.

De manera simultánea, *Trichoderma* spp. se aisló en los suelos donde se presentaron síntomas de pudrición carbonosa, utilizando el medio selectivo para *Trichoderma* (TSM) y PDA, siguiendo el protocolo de Harman y Kubicek, 2005; como se indica a continuación: de los lotes de recolecta del ajonjolí se tomaron muestras compuestas de suelo de 500 g, realizando un muestreo en cinco de oros a una profundidad de entre 10 a 15 cm y se trasladaron al laboratorio para su procesamiento. De la muestra de suelo extraída de campo se tomaron 25 g. los cuales se colocaron en un matraz erlenmeyer adicionando 250 mL de agua destilada estéril, para posteriormente mezclarlo durante 30 minutos; obteniendo la que denominamos solución madre; para la realización de diluciones seriadas (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}), de las cuales se colocaron 30 μ L de cada dilución en placas petri con medio de cultivo TSM y PDA, para posteriormente incubarse a 26 °C en oscuridad durante 72 h (Samuels y Hebbar, 2015). Los cultivos fúngicos se purificaron con la técnica de punta de hifa desarrolladas en medio de cultivo agua-agar (AA) y transfiriéndolas a PDA. Asimismo, se incorporaron al experimento 3 aislados previamente caracterizadas como *T. harzianum*.

La evaluación antagónica se realizó *in vitro* con la técnica de cultivo dual en placas petri de 90 mm con PDA, de la siguiente manera: en un extremo de la placa petri se colocó un disco de agar de 4 mm de diámetro con micelio de *Macrophomina* sp. y en el extremo opuesto otro disco de 4mm con micelio de *Trichoderma* spp. se realizaron 5 repeticiones por aislado. Los testigos consistieron en 5 placas Petri de 90 mm con PDA, en un extremo se colocaron discos con micelio de los aislado de *Macrophomina* sp. sin el antagonista. Las placas Petri se incubaron a 25 °C con fotoperiodo de 12 h, en un diseño completamente al azar (Howell, 2003).

El crecimiento micelial de *Macrophomina* sp. se marcó cada 24 h en la base de la placa petri y se evaluaron una vez que los aislados control cubrieron el 95% de la superficie del medio de cultivo. El porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (PICM) se calculó de acuerdo con la formula: $PICM = (C - T) * 100 / C$, donde C= crecimiento en cm de *Macrophomina* del testigo (sin confrontación), T= crecimiento en cm de *Macrophomina* en confrontación con *Trichoderma* spp (Rini and Sulochana, 2008). La tasa de crecimiento micelial de *Macrophomina* se analizó con un ANOVA de una vía y la comparación de medias se realizó a través de la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los aislados obtenidos se agruparon de acuerdo a similitudes en la micromorfología de las colonias obteniendo tres grupos, los cuales presentaron características asociadas al género *Macrophomina*, con micelios abundantes, en un inicio de color verde olivo y gris, después de algunos días se pigmentaron a color negro intenso y grisáceos, se observaron abundantes microesclerocios en medio PDA y AA.

Las pruebas de patogenicidad en plantas de ajonjolí de la variedad regional Dormilón fueron positivas, las plantas inoculadas presentaron lesiones necróticas en la base del tallo y síntomas de pudrición carbonosa cinco días después de la inoculación, los cuales al ser aislados se comprobaron los postulados de Koch. Es importante mencionar que en las plantas testigo no se presentaron daños.

En la prueba de enfrentamientos de cultivo dual se observaron que los aislados de *Trichoderma* spp. inhiben el crecimiento micelial de *Macrophomina* sp. por arriba del 62% con diferencias significativas $P > 0.05$ (Cuadro 1.). Los aislamientos endémicos L1 y L2 presentaron una inhibición de 59.637 y 58.572, respectivamente que, comparados con resultados de Khan *et al.*, 2021, donde probó cinco aislados de *Trichoderma* spp. contra *M. phaseolina* obtuvo inhibición micelial de hasta el 64% para el caso de *T. viridae* y con *T. koningii*, *T. hamatatum* y *T. longipile* presentó inhibiciones miceliales de 46 a 47%. Además, los aislados H7, H21 y H27 con antagonismo, micoparasitismo y antibiosis probada, inhibieron desde un 52.41 hasta 62.84%. Los resultados encontrados indican que los aislados nativos de *Trichoderma* spp. L1 y L2 tienen potencial como controladores biológicos.

Actualmente los agentes de control biológico disponibles pertenecen a los géneros *Trichoderma*, *Candida*, *Gliocladium*, *Streptomyces*, *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Agrobacterium* (Bayoumi *et al.*, 2017) y entre estos el género *Trichoderma* ha recibido un amplio interés para el manejo y reducción de las poblaciones de patógenos con origen en el suelo entre los que se incluyen *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* y *M. phaseolina* (Bastakoti *et al.*, 2017).

Cuadro 1. Actividad antagónica de *Trichoderma* contra aislados de *Macrophomina*

Aislado	Tasa de crecimiento micelial (mm/ día)	Inhibición (%) *
Testigo (Mac 2)	22.027	0.000
Mac 2- L1	5.491	56.197 ABC
Mac 2- L2	4.487	58.572 ABC
Mac 2- H7	4.977	58.457 ABC
Mac 2- H21	5.245	59.875 AB
Mac 2- H27	6.114	52.412 C
Testigo (Mac 3)	16.725	0.000
Mac 3- L1	5.373	57.080 ABC
Mac 3- L2	6.069	55.692 BC
Mac 3- H7	4.693	61.137 AB
Mac 3- H21	6.023	55.207 BC
Mac 3- H27	6.100	52.952 C
Testigo (Mac 5)	15.902	0.000
Mac 5- L1	4.752	59.637 AB
Mac 5- L2	4.690	57.335 ABC
Mac 5- H7	4.113	62.015 A
Mac 5- H21	4.586	59.502 AB
Mac 5- H27	4.686	59.510 AB

*Medias con la misma letra no presentan diferencia significativa ($P > 0.05$) de acuerdo con la prueba de Tukey.

CONCLUSIONES

Los aislados de *Trichoderma* spp. presentan un potencial antagonista ante la problemática de la pudrición carbonosa causada por el patógeno *M. phaseolina* en el ajonjolí. Es importante mencionar que la identificación molecular de los aislados de *Trichoderma* spp. es necesaria para conocer los mecanismos antagónicos y con ello desarrollar estrategias efectivas en el manejo de patógenos de suelo.

REFERENCIAS

- Bastakoti S, Belbase S, Manandhar S, Arjyal C. 2017. *Trichoderma* species as biocontrol agent against soil borne fungal pathogens. Nepal Journal of Biotechnology 5:39–45.
- Bayoumy S, Afify A, El-Sayed A and Elshal S. 2017. Antagonistic effect of *Bacillus* spp. against sugar beet pathogens fusarium wilt. Journal of Agricultural, Chemistry and Biotechnology 8:177–181.
- Crous PW, Verkley GJ, Groenewald JZ and Samson R. 2009. Fungal biodiversity. CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, the Netherlands. 425 p.
- Harman GE and Kubicek CP. 2005. *Trichoderma* and *Gliocladium*, Taylor & Francis. EE. UU. 350p.
- Howell C. 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases the history and evolution of current concepts. Plant diseases, 87:4- 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*, 45:92-114.
- Martinez-Hilders A y Laurentin H. 2012. Caracterización fenotípica y molecular de *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. proveniente de la zona de producción de ajonjolí en Venezuela. *Bioagro*. 24: 187-196.
- Muller-Scharer H, Bouchemousse S, Litto M, McEvoy PB, Roderick GK and Sun Y. 2020. How to better predict long-term benefits and risks in weed biocontrol: An evolutionary perspective. *Current Opinion in Insect Science*. 38:84–91.
- Rini CR, Sulochana KK. 2008. Usefulness of *Trichoderma* and *Pseudomonas* against *Rhizoctonia solani* and *Fusarium oxysporum* infecting tomato. *Journal of Tropical Agriculture*. 45:21–28.
- Samuels GJ, and Hebbbar PK. 2015. *Trichoderma* identification and agricultural applications. The American phytopathological society press. Minnesota, EE. UU. 185 p.
- SIAP. 2021. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola 2020 en México. El cultivo de ajonjolí (consultado en julio del 2022).
- Smith H, Wingfield MJ, Crous PW and Coutinho TA. 1996. *Sphaeropsis sapinea* and *Botryosphaeria dothidea* endophytic in *Pinus* spp. and *Eucalyptus* spp. in South Africa. *South African Journal of Botany*. 62:86–88.

EVALUACIÓN DE DIFERENTE FECHA DEL PRIMER RIEGO DE AUXILIO EN CÁRTAMO FORRAJERO.

Elco Humberto García Bolívar*, José Ángel Marroquín Morales, Xóchilt Militza Ochoa Espinoza, Néstor Alberto Aguilera Molina, Lope Montoya Coronado.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug. km. 12. Ciudad Obregón, Sonora, México.
garcia.elco@inifap.gob.mx.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes fechas del primer riego de auxilio en cártamo forrajero, se sembró el 20 de noviembre del 2021 con la variedad de cártamo Forrcart 2020. La unidad experimental consistió en dos surcos de 5.0 m de longitud, con distancia entre surcos de 0.8 m. A todo el experimento se le aplicó un riego de germinación. Se establecieron 6 tratamientos con tres regímenes de riego y dos densidades de población. Los tratamientos de riego fueron; riego de germinación (0F), primera fecha de auxilio (1F) y segunda fecha de riego de auxilio (2F). las densidades de 15 (D1-15 p/m) y 20 (D2-20 p/m) plantas por metro. Los tratamientos fueron; T1= 0F+D1, T2= 0F+D2, T3= 1F+D1, T4=1F+D2, T5= 2F+D1, y T6= 2F+D2. El riego de nacimiento fue de una lámina de 25 cm, la lámina total de agua en cada riego de auxilio fue de 15 cm. Se evaluó el rendimiento en kilogramos por hectárea de MS en cada parcela útil, el corte se realizó al inicio de la floración. Se pesaron en peso fresco para posteriormente secarlas muestras en una estufa de aire forzado a 105°C por 48 horas para determinar MS por medio de una balanza analítica. En la comparación de medias observamos con mejor rendimiento la segunda fecha (2F) 6248.4 kg/ha seguido de la primera fecha (1F) con 6145.3 kg/ha con una menor producción y una diferencia mínima significativa de 1186.3 kg/ha el tratamiento cero riegos (0F) con 4091 kg/ha. Se utilizó un diseño de bloques al azar con un arreglo factorial de A x B donde el factor A son el número de riegos y el factor B la densidad de población con el paquete estadístico SAS 9.4 (2013).

Palabras clave: Regímenes de riego, forraje, materia seca.

ABSTRACT

The objective of this experiment was to evaluate different dates of the first aid irrigation in forage safflower. It was planted on November 20, 2021 with the Forrcart 2020 safflower variety. The experimental unit consisted of two 5.0 m long furrows, with a distance between rows of 0.8 m. Germination irrigation was applied to the entire experiment. 6 treatments emerged with three irrigation controls and two population densities. The irrigation treatments were; germination irrigation (0F), first aid date (1F) and second aid irrigation date (2F). Densities of 15 (D1-15 p/m) and 20 (D2-20 p/m) plants per meter. The treatments were; T1= 0F+D1, T2= 0F+D2, T3= 1F+D1, T4=1F+D2, T5= 2F+D1, and T6= 2F+D2. The birth irrigation was a 25 cm sheet, the total water sheet in each auxiliary irrigation was 15 cm. Yield in kilograms per hectare of DM was evaluated in each useful plot, the cut was made at the beginning of

flowering. They were weighed in fresh weight to subsequently dry the samples in a forced air oven at 105°C for 48 hours to determine MS by means of an analytical balance. In the comparison of means, we observed with better performance the date (2F) 6248.4 kg/ha followed by the first date (1F) with 6145.3 kg/ha with a lower production and a significant minimum difference from the second 1186.3 kg/ha the zero irrigation treatment. (0F) with 4091 kg/ha. A random block design was extracted with a factorial arrangement of A x B where factor A is the number of irrigations and factor B is the population density with the statistical package SAS 9.4 (2013).

Key words Irrigation regimens, forage, dry matter

INTRODUCCION

En la actualidad a nivel mundial, la agricultura enfrenta problemas de escasez de agua, por lo que se buscan tecnologías y cultivos que hagan más eficiente el gasto hídrico, y México no es la excepción a este reto tan importante (Reta *et al.*, 2017). En el ciclo O-I 2021 los niveles de las presas tuvieron 3801500 mm³ de agua, pero en la actualidad la falta de precipitaciones y la severa sequía que azota al Valle del Yaqui es un problema para los permisos de siembra de los diferentes cultivos. Este valle actualmente cuenta con 1529 mm³ de agua disponible poniendo en riesgo la cantidad de superficie a sembrar y el tipo de cultivo que se sembrará (DRRY., 2022). Este cultivo es una opción para enfrentar la escasez de agua, ya que sus requerimientos hídricos para la producción de semilla son de 5 mm³ y para la producción de forraje se puede reducir a 4 mm³ (Ortiz *et al.*, 2006). El cártamo forrajero Forrcart 2020 llega a tener rendimientos de MS de 7 t/ha (García *et al.*, 2022). Es por eso que el objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes fechas de riego y producción de MS con diferentes densidades de planta por metro lineal en el cultivo de cártamo forrajero.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se estableció en el Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), durante el ciclo agrícola O-I 2021-2022. La preparación del terreno consistió en un paso de arado, seguido de doble rastreo y nivelación con escrepa. La fertilización se realizó en pre siembra con una dosis de 150-50-00 (N-P-K). La siembra fue el 20 de noviembre del 2021 con la variedad de cártamo Forrcart 2020. La unidad experimental consistió en dos surcos de 5.0 m de longitud, con distancia entre surcos de 0.8 m. A todo el experimento se le aplicó un riego de germinación. Se establecieron 6 tratamientos con tres regímenes de riego y dos densidades de población. Los tratamientos de riego fueron; riego de germinación (0F), primera fecha de auxilio (1F) y segunda fecha de riego de auxilio (2F). las densidades de 15 y 20 plantas por metro (p/m) D1(15 p/m) y D2(20 p/m). Los tratamientos fueron; T1= 0F+D1, T2=

0F+D2, T3= 1F+D1, T4=1F+D2, T5= 2F+D1, y T6= 2F+D2. El riego de nacencia fue de una lámina de 25 cm. Se utilizó un diseño de bloques al azar con un arreglo factorial de A x B donde el factor A son las fechas de riego y el factor B la densidad de población. La lámina total de agua en cada riego de auxilio fue de 15 cm. El tratamiento T3= 1F+D1, T4=1F+D2 se regó cuando el sensor fijo de humedad watermark colocado en el suelo a una profundidad de 50 cm y 100 cm indico el punto más bajo de humedad en el suelo que se mide en centibares (CB) que fue a los 77 dds (días después de la siembra). El tratamiento T5= 2F+D1, y T6= 2F+D2 se regó conforme a la aplicación regular del cultivo cártamo para producir aceite a los 48 dds. Se evaluó el rendimiento en kilogramos por hectárea de MS en cada parcela útil, el corte se realizó en la etapa fenológica 61 (inicio floración), en la escala establecida por Flemmer, *et al.*, (2015). En esta etapa la planta se encuentra en el punto de equilibrio en cuanto a calidad del contenido nutrimental y la producción de forraje (Ochoa *et al.*, 2022), se pesaron en peso fresco para posteriormente secarlas muestras en una estufa de aire forzado a 105°C por 48 horas para determinar MS por medio de una balanza analítica.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los análisis estadísticos muestran que no fue significativa la interacción entre los factores A (riego) y B (densidades de población) ($P>0,05$). El efecto de la densidad de población tampoco fue significativo, sin embargo, el efecto del riego fue significativo con $P>0,05$. Por lo tanto, los mejores tratamientos en la comparación de medias fue el 2F y 1F con 6248.4 y 6145.3 kg/ha, siendo iguales estadísticamente como se muestra en el Cuadro 1, donde observamos la diferencia de kg/ha entre el tratamiento sin riegos de auxilio y las distintas fechas con un solo riego de auxilio, la producción de MS coincide con los datos proporcionados por García *et al.*, 2022. En la Figura 1 observamos los rendimientos de producción de MS en kg/ha donde los mejores tratamientos son T3= 1F+D1, T4=1F+D2, T5= 2F+D1, y T6= 2F+D2, con un menor rendimiento los tratamientos sin riego T1= 0F+D1 y T2= 0F+D2. Estos resultados superan los resultados de Reta *et al.*, 2017 y Martínez *et al.*, 2017. En la Figura 2 tenemos los registros de la humedad del suelo desde la siembra hasta su primer riego, la determinación de aplicar el riego en el tratamiento T3= 1F+D1 y T4=1F+D2 se realizó en base a los sensores de humedad que indicaron el punto más bajo de humedad en el suelo que sucedió hasta los 77 días después de sembrado, en el caso del tratamiento T5= 2F+D1, y T6= 2F+D2 el riego se hizo a los 48 días, fecha recomendable para el cultivo de cártamo productor de semilla, donde el mejor tratamiento fue T5= 2F+D1, pero no hubo diferencia estadística de producción de MS.

Cuadro 1. Comparación de medias de la producción de materia seca con diferentes regímenes de riego.

0F=Riego de germinación, 1F=Primera fecha de auxilio, 2F=Segunda fecha de riego de auxilio, DMS=Diferencia mínima significativa.

Tratamiento de riego	kg/ha ¹
0F	4091.40 ^b
1F	6145.31 ^a
2F	6248.43 ^a
DMS	1186.31
Factor A	0.002
Factor B	0.945

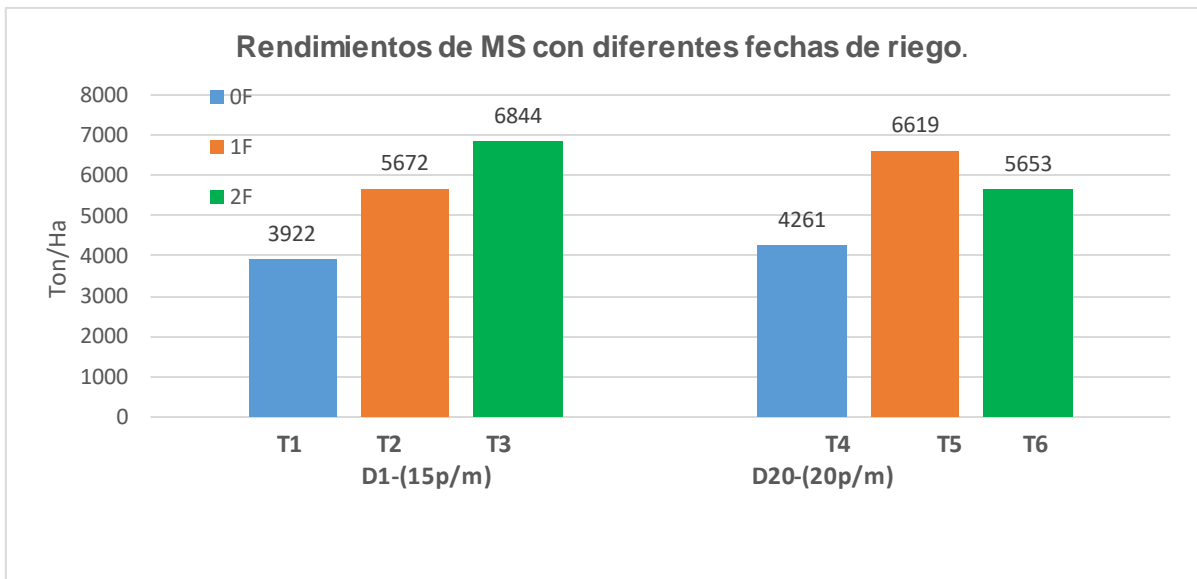


Figura 1. Rendimiento de ms con diferentes regímenes de riego y diferentes densidades de población.

MS= materia seca, D1= densidad de plantas (15 p/m) y D2= densidad de planta (20 p/m), 0F=Riego de germinación, 1F=Primera fecha de auxilio, 2F=Segunda fecha de riego de auxilio.

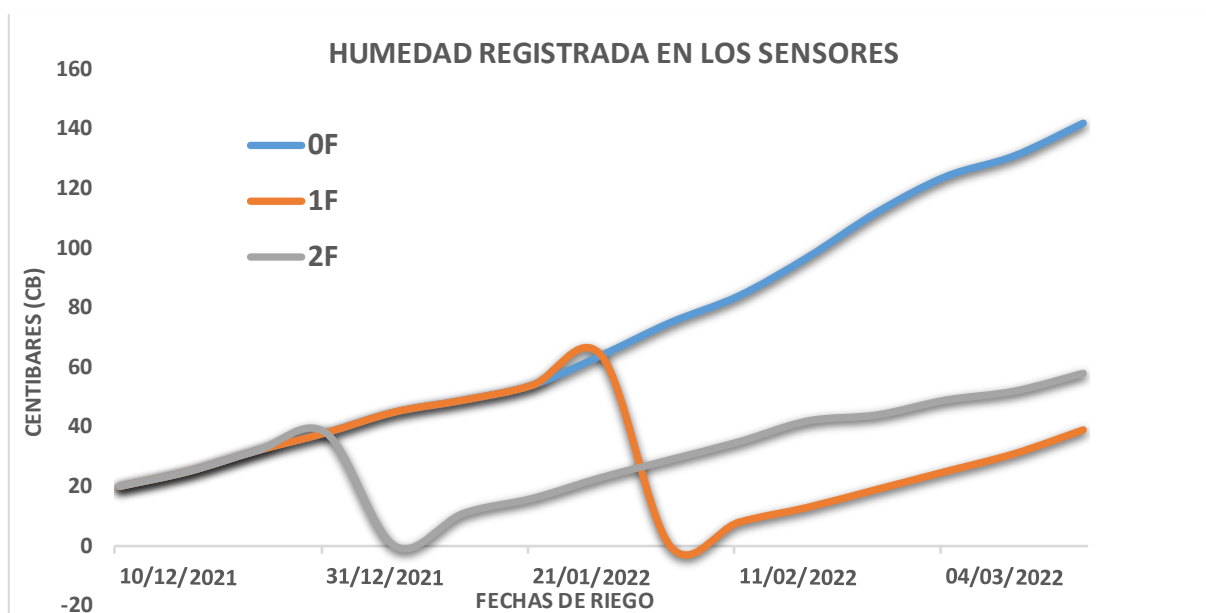


Figura 2. Humedad en CB durante el cultivo de cártamo forrajero desde su siembra hasta después de su primer riego. 0F=Riego de germinación, 1F=Primera fecha de auxilio, 2F=Segunda fecha de riego de auxilio.

CONCLUSIONES

Se concluye que las dos fechas de aplicación del riego son aptas para sacar una buena producción de MS de cártamo forrajero. El cultivo puede recibir una fecha tardía de riego o normal y no hay diferencias en la producción, con esto se demuestra que el cultivo de cártamo para forraje es una buena opción para el ahorro hídrico.

REFERENCIAS

- Distrito de riego del río del yaqui, 2022. Almacenamientos de presas. <http://www.drryaqui.org.mx/almacenamientos.html>
- Flemmer, A. C., Franchini, M. C., & Lindström, L. I. (2015). Description of safflower (*Carthamus tinctorius*) phenological growth stages according to the extended BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, 166(2), 331-339.
- García B.E.H., Ochoa E.X.M., Aguilera M.N.A., Montoya C.L., Marroquín M.J.A., Borbón G.A. (2022). rendimiento y composición nutritiva del cártamo forrajero "forrcart 2020" en comparación con el cultivo de avena forrajera en el valle del yaqui. Memoria día del agricultor 2022. 58-60
- Martinez, C.S, Santos, R. F., Bassegio, D., de Vasconcelos, E. S., da Silveira, L., Lenz, N. B. G., ... & Tokuro, L. K. (2017). Effect of plant density on oil yield of safflower. *African Journal of Agricultural Research*, 12(25), 2147-2152.
- Ochoa-Espinoza, X. M., Montoya-Coronado, L., Reta-Sanchez, D. G., Borbón-Gracia, A., Aguilera-Molina, N. A., Ávila-Casillas, E., ... & Cano-Ríos, P. (2021). FORRCART 2020, Nueva variedad de cártamo forrajero en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(2), 275-275.

- Ochoa-Espinoza, X. M., Reta-Sánchez, D. G., Cano-Ríos, P., Sánchez-Duarte, J. I., Ochoa-Martínez, E., García-Martínez, J. E., & Reyes-González, A. (2022). Nutritional Yield and Composition of Spiny and Spineless Varieties of Safflower (L.) Forage Harvested at Four Phenological Stages. *The Open Agriculture Journal*, 16(1).
- Ochoa-Espinoza, X. M., Reta-Sánchez, D. G., Ríos, P. C., Duarte, J. I. S., Martínez, E. O., Martínez, J. E. G., ... & Garza, H. M. Q. (2022). Rendimiento y valor nutritivo de cereales y cártamo forrajero en la Comarca Lagunera. *Biotechnia*, 24(2), 142-148.
- Ortiz, E.J.E., Cortés, J.J.M., Félix, V.P. (2003) Manejo de riegos para los principales cultivos del sur de Sonora. Folleto técnico No 51 CEVI-CIRNO-INIFAP.Cd Obregon Sonora. 39-50.
- Reta Sánchez, D. G., Serrato Corona, J. S., Quiroga Garza, H. M., Gaytán Mascorro, A., & Figueroa Viramontes, U. (2017). Secuencias de cultivo alternativas para incrementar el potencial forrajero y productividad del agua. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 8(4), 397-406.
- Sánchez, D. G. R., Duarte, J. I. S., González, A. R., & Martínez, E. O. (2019). Respuesta del Cártamo Forrajero a Distanciamiento entre Surcos y Densidad de Población. *Agrofaz: publicación semestral de investigación científica*, 1(1), 80-91.
- Sánchez, D. G. R., Duarte, J. I. S., González, A. R., Martínez, E. O., & Mascorro, A. G. (2017). Evaluación semicomercial de cártamo forrajero en siembras tardías durante otoño-invierno en la Comarca Lagunera, México. *Agrofaz: publicación semestral de investigación científica*, 17(1), 51-63.

EVALUACION DE DENSIDADES DE PLANTA Y PRODUCCION DE MATERIA SECA CON DIFERENTES RÉGIMENES DE RIEGO PARA EL CARTAMO FORRAJERO FORRCART 2020.

Elco Humberto García Bolívar^{1*}, Xochilt Militza Ochoa Espinoza¹, Nestor Alberto Aguilera Molina¹, José Ángel Marroquín Morales¹, Lope Montoya Coronado¹.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB). km. 12. Ciudad Obregón, Sonora, México.
garcia.elco@inifap.gob.mx.

RESUMEN

El cultivo de cártamo forrajero es una opción para aumentar las opciones de siembra de forraje por ser una nueva variedad se debe establecer los métodos de siembra, en el caso de la región del noroeste de México en el Valle del Yaqui se siembra dentro del periodo otoño-invierno por riego de gravedad en surcos ya sea de doble hilera o sencilla. En el centro de mejoramiento genético se dio a la tarea de establecer la densidad de plantas por metro lineal y su producción de materia seca con diferentes números de riegos de auxilio. El experimento se estableció en el noroeste de México, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), durante el ciclo agrícola O-I 2021-2022. Se obtuvieron resultados de producción sin riegos de auxilio de 3921.9 kg/ha para el tratamiento 0R-D10 p/m, con un riego de auxilio, se obtuvieron 1R-D10 p/m con 8.515.6 kg/ha, en el caso de los dos riegos de auxilio obtuvo rendimientos de 6843.8 kg/ha en el tratamiento 2R-D15 p/m. El paquete estadístico utilizado fue un diseño de bloques al azar con un arreglo factorial de A x B donde el factor A son el número de riegos y el factor B la densidad de población con el paquete estadístico SAS 9.4 (2013).

Palabras clave: *forraje densidad de planta, rendimiento de materia seca.*

ABSTRACT

The cultivation of forage safflower is an option to increase forage planting options because it is a new variety, sowing methods must be established, in the case of the northwestern region of Mexico in the Yaqui Valley, it is sown within the autumn period - winter by gravity irrigation in furrows, either double row or single. In the genetic improvement center, it was given the task of establishing the density of plants per linear meter and their production of dry matter with different numbers of auxiliary irrigations. The experiment was established in northwestern Mexico, at the Norman E. Borlaug Experimental Field, of the National Institute for Forest, Agricultural and Livestock Research (INIFAP), during the A-I 2021-2022 agricultural cycle. Production results were obtained without risk of aid of 3921.9 kg/ha for the 0R-D10 p/m treatment, with

an auxiliary irrigation, 1R-D10 p/m with 8,515.6 kg/ha were obtained, in the case of the two auxiliary irrigations, yields of 6843.8 kg were obtained /ha in treatment 2R-D15 p/m. The statistical package used was a randomized block design with a factorial arrangement of A x B where factor A is the number of irrigations and factor B is the population density with the statistical package SAS 9.4 (2013).

Key words: *forage, plant density, performance of dry matter.*

INTRODUCCIÓN

En la actualidad a nivel mundial se buscan cultivos eficientes, que su gasto hídrico sea el mínimo y su producción sea el máximo, esto por la escasez de agua y el aumento de la demandad de producción a nivel mundial. En México y particularmente en el estado de Sonora no es la excepción de la agravante mencionada ya que se atraviesa por una sequía y falta de alimento para el ganado (Reta *et al.*, 2017). Como propuesta de una opción de generación de tecnología del INIFAP en el campo del CENEB el centro de mejoramiento genético de oleaginosas se dio a la tarea de generar una nueva variedad de cártamo forrajero llamado Forrcart 2020 que ofrece la posibilidad de incrementar el rendimiento de materia seca (MS), con una composición nutrimental competitiva en comparación con los forrajes tradicionales de la región (García *et al.*, 2022). Con esta nueva variedad se tiene una opción nueva para la producción de forraje, y el desarrollo de nuevos sistemas de producción con potencial para incrementar la productividad del agua (PA), considerando ésta como la producción de MS y nutrientes por m³ de agua aplicada. (Ochoa *et al.*, 2022). El objetivo de este trabajo fue establecer la densidad de plantas por metro lineal con mayor producción de toneladas por hectárea en materia seca y el número de riegos que se ocupan para cada densidad.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se estableció en el Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), durante el ciclo agrícola O-I 2021-2022. La preparación del terreno consistió en un paso de arado, seguido de doble rastreo y nivelación con escrepa. La fertilización se realizó en pre siembra con una dosis de 150-50-00 (N-P-K). Se estableció la variedad de cártamo Forrcart 2020 el 20 de noviembre del 2021. La unidad experimental consistió en dos surcos de 6.0 m de longitud, con distancia entre surcos de 0.8 m; la parcela útil fue de 6.4 m². Se establecieron diferentes tratamientos considerando el número de riegos de auxilio y la densidad de plantas (Cuadro 1). El riego de nacencia fue de una lámina de 25 cm, la lámina total de agua en cada riego de auxilio fue de 15 cm. Se utilizaron sensores fijos de humedad watermark® colocados

en el suelo a una profundidad de 50 y 100 cm. El momento del corte del cártamo se hizo en el inicio de la floración basado en las etapas reportadas por Flemmer, *et al.* (2015) debido a que en esta etapa la planta se encuentra en el punto de equilibrio en cuanto calidad del contenido nutrimental y la producción de forraje (Ochoa *et al.*, 2022), se registró el peso fresco y se secaron las muestras en una estufa de aire forzado a 105°C por 48 horas para determinar MS por medio de una balanza analítica. Se utilizó un diseño de bloques al azar con un arreglo factorial de A x B donde el factor A es el número de riegos y el factor B la densidad de población, se analizó con el paquete estadístico SAS 9.4 (2013) con un ($P>0,05$).

Cuadro 1.- Tratamientos evaluados.

Tratamiento	Riegos de auxilio	Densidad de plantas por metro lineal.
1	0	10
2	0	15
3	0	20
4	0	25
5	1	10
6	1	15
7	1	20
8	1	25
9	2	10
10	2	15
11	2	20
12	2	25

RESULTADOS Y DISCUSION

Los análisis estadísticos muestran que fue significativa la interacción entre los factores A (riego) y B (densidades de población) ($P>0,05$). Por lo tanto, los resultados obtenidos muestran que el mayor rendimiento se obtuvo fue en el tratamiento T5= 1R-D10 p/m con 8515.6 kg/ha con una DMS (diferencia mínima significativa) de 1146.4 kg seguido de los tratamientos T10= 2R-D15 p/m con 6843.8 kg/ha, T7= 1R-D20 p/m con 6618.8 kg/ha, T8= 1R-D25 p/m con 6610.9 kg/ha, T9= 2R-D10 p/m con 6359.3 kg/ha, T6= 1R-D15 p/m con 5671.9 kg/ha y T11= 2R-D20 p/m con 5653.1 kg/ha como se muestra en el cuadro 2, lo cual coincide con Martínez, *et al.* (2017) que a menor densidad existe un mayor rendimiento en el cultivo de cártamo. Con menor rendimiento se obtuvieron los tratamientos T12= 2R-D25 p/m con 4890.6 kg/ha, T4= 0R-D25 p/m con 4390.6 kg/ha, T1= 0R-D10 p/m con 4281.2 kg/ha, T3= 0R-D20 p/m con 4260.9 kg/ha y T2= 0R-D15 p/m con 3921.8 kg/ha, lo cual se vieron afectados en su rendimiento por la falta del riego de auxilio como lo indica (Ortiz *et al.*, 2006). Ó por las densidades altas que hace que la planta compita por los nutrientes del suelo y la recepción

de los rayos del sol para un eficiente crecimiento de la planta. (Martinez, *et al.* 2017). Esta es una nueva variedad de cártamo forrajero por lo que se busca establecer la densidad idónea para el cultivo. El cártamo al tener menor densidad de semilla por hectárea la planta obtiene una mejor aeración, mayor cantidad de luz y menor competencia por los nutrientes del suelo, desarrollándose de una manera vigorosa y con un mayor crecimiento lateral dando más follaje por planta, lo que compensa que haya baja densidad de la planta, pero en el caso de una mayor densidad de semilla provoca el crecimiento de la planta en altura pero disminuye el crecimiento lateral (Quiroga 1969) como se observa en el Cuadro 2. Otro aspecto a establecer y optimizar es el número y lamina de riegos, ya que con la siembra de la variedad Forrcart 2020 se reduce el gasto hídrico a 5 mm³ en comparación con los cereales que es de 7mm³ (Ortiz *et al.*, 2006).

Cuadro 2.- Kilogramos producidos por hectárea con densidades por metro lineal y tratamientos de riego.

TRATAMIENTO	Kg/ha
T5= 1R-D10 p/m**	8515.6 ^a
T10= 2R-D15 p/m	6843.8 ^b
T7= 1R-D20 p/m	6618.8 ^b
T8= 1R-D25 p/m	6610.9 ^b
T9= 2R-D10 p/m	6359.3 ^b
T6= 1R-D15 p/m	5671.9 ^{bc}
T11= 2R-D20 p/m	5653.1 ^{bc}
T12= 2R-D25 p/m	4890.6 ^{cd}
T4= 1R-D20 p/m	4390.6 ^{cd}
T1= 0R-D10 p/m	4281.2 ^{cd}
T3= 0R-D20 p/m	4260.9 ^{cd}
T2= 0R-D15 p/m	3921.9 ^d
DMS*	1446.4

*DMS= Diferencia mínima significativa,

**D10 p/m= Densidad de 10 plantas por metro lineal, D15 p/m= Densidad de 15 plantas por metro lineal, D20 p/m= Densidad de 20 plantas por metro lineal, D25 p/m= Densidad de 25 plantas por metro lineal.

CONCLUSIONES

Se concluye que se obtiene un mejor rendimiento con densidades bajas evitando la competencia entre las plantas por los nutrientes del suelo. El uso de altas densidades de siembra no favoreció al cultivo de cártamo ya que debido a la competencia entre las plantas estas no desarrollan de manera adecuada. El tratamiento de un riego de auxilio fue el que presento los mejores resultados, con esto se demuestra que el cultivo de cártamo para forraje es una buena opción en cuanto al ahorro de agua.

REFERENCIAS

- Flemmer, A. C., Franchini, M. C., & Lindström, L. I. (2015). Description of safflower (*Carthamus tinctorius*) phenological growth stages according to the extended BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, 166(2), 331-339.
- García B.E.H., Ochoa E.X.M., Aguilera M.N.A., Montoya C.L., Marroquín M.J.A., Borbón G.A. (2022). rendimiento y composición nutritiva del cártamo forrajero "forrcart 2020" en comparación con el cultivo de avena forrajera en el valle del yaqui. Memoria día del agricultor 2022. 58-60
- Martinez, C.S, Santos, R. F., Bassegio, D., de Vasconcelos, E. S., da Silveira, L., Lenz, N. B. G., ... & Tokuro, L. K. (2017). Effect of plant density on oil yield of safflower. *African Journal of Agricultural Research*, 12(25), 2147-2152.
- Montoya C.L., (2010) El cultivo del cártamo (*Carthamus tinctorius* L) en México Editorial SGI Primera edición. México: CENEB-CIRNO-INIFAP. Cd Obregon Sonora Ciudad Obregón Sonora 2010.
- Ochoa-Espinoza, X. M., Montoya-Coronado, L., Reta-Sanchez, D. G., Borbón-Gracia, A., Aguilera-Molina, N. A., Ávila-Casillas, E., ... & Cano-Ríos, P. (2021). FORRCART 2020, Nueva variedad de cártamo forrajero en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(2), 275-275.
- Ochoa-Espinoza, X. M., Reta-Sánchez, D. G., Cano-Ríos, P., Sánchez-Duarte, J. I., Ochoa-Martínez, E., García-Martínez, J. E., & Reyes-González, A. (2022). Nutritional Yield and Composition of Spiny and Spineless Varieties of Safflower (*L.*) Forage Harvested at Four Phenological Stages. *The Open Agriculture Journal*, 16(1).
- Ochoa-Espinoza, X. M., Reta-Sánchez, D. G., Ríos, P. C., Duarte, J. I. S., Martínez, E. O., Martínez, J. E. G., ... & Garza, H. M. Q. (2022). Rendimiento y valor nutritivo de cereales y cártamo forrajero en la Comarca Lagunera. *Biotecnia*, 24(2), 142-148.
- Ortiz, E.J.E., Cortés, J.J.M., Félix, V.P. (2003) Manejo de riegos para los principales cultivos del sur de Sonora. Folleto técnico No 51 CEVI-CIRNO-INIFAP.Cd Obregon Sonora. 39-50.
- QUIROGATERÁN, V. R. (1969). Influencia de las densidades de siembra en los rendimientos del cultivo del cártamo (*Carthamus tinctorius* L.).
- Reta Sánchez, D. G., Serrato Corona, J. S., Quiroga Garza, H. M., Gaytán Mascorro, A., & Figueroa Viramontes, U. (2017). Secuencias de cultivo alternativas para incrementar el potencial forrajero y productividad del agua. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 8(4), 397-406.
- Sánchez, D. G. R., Duarte, J. I. S., González, A. R., & Martínez, E. O. (2019). Respuesta del Cártamo Forrajero a Distanciamiento entre Surcos y Densidad de Población. *Agrofaz: publicación semestral de investigación científica*, 1(1), 80-91.
- Sánchez, D. G. R., Duarte, J. I. S., González, A. R., Martínez, E. O., & Mascorro, A. G. (2017). Evaluación semicomercial de cártamo forrajero en siembras tardías durante otoño-invierno en la Comarca Lagunera, México. *Agrofaz: publicación semestral de investigación científica*, 17(1), 51-63.
- SAS Institute (2013). The SAS system for windows, release 9.3. Statistical Analysis Systems Inst., Cary, NC.

VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA HARINA DE FRIJOL **Blanca I. Sánchez Toledano¹ y Raquel Cruz Bravo¹**

¹Campo Experimental Zacatecas, INIFAP. Kilómetro 24.5 Carretera, Zacatecas - Fresnillo, Zacatecas. Autor responsable: toledano.blancaisabel@gmail.com.

RESUMEN

El frijol es un cultivo de gran relevancia por ser fuente de alimento y sustituto de otros nutrimentos en la sociedad, sobre todo en países donde el ingreso per cápita limita la adquisición de bienes de alto valor proteico. El frijol es una fuente de vitaminas y proteína, rico en ácido fólico y fibra, posee propiedades nutraceuticas que ayudan a disminuir el contenido de glucosa en la sangre y reducir el riesgo de desarrollar algunas enfermedades crónico-degenerativas. Sin embargo, el consumo de este producto ha disminuido en los últimos años y el productor de frijol enfrenta diversas problemáticas como los altos costos de producción, el deterioro continuo de los precios reales del producto, entre otros. Por ello, el objetivo del presente trabajo es determinar la viabilidad económica de un nuevo producto como es la harina elaborada a base de frijol. Lo anterior, para proponer una alternativa de negocio al productor y mitigar las pérdidas económicas de los mismos, evitando el abandono del campo.

Palabras clave: frijol, alternativa de negocio, rentabilidad.

ABSTRACT

Beans are a highly relevant crop for being a source of food and a substitute for other nutrients in society, especially in countries where per capita income limits the acquisition of goods with a high protein value. The bean is a source of vitamins and protein, rich in folic acid and fiber, it has nutraceutical properties that help reduce the glucose content in the blood and reduce the risk of developing some chronic-degenerative diseases. However, the consumption of this product has decreased in recent years and the bean producer faces various problems such as high production costs, and the continuous deterioration of the real prices of the product, among others. Therefore, this work aims to determine the economic viability of a new product such as bean-based flour. The foregoing is to propose a business alternative to the producer and minimize their economic losses, preventing them from abandoning the field.

Key words: bean, business alternative, profitability

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* sp.) es una planta anual, herbácea (IICA, 2009) que históricamente se ha asociado con el desarrollo de culturas prehispánicas (Rodríguez *et al.*, 2010). Esta leguminosa se cultiva en diferentes partes del mundo, en regiones, ambientes y climas muy diversos. A nivel internacional, resulta ser un producto de menor importancia en cuanto a volumen, su importancia trasciende como fuente de alimento y sustituto de otros nutrimentos en la sociedad, sobre todo en países donde el ingreso per cápita limita la adquisición de bienes de alto valor proteico, pero de mayor valor económico. En países desarrollados como Estados Unidos el consumo de la leguminosa se vuelca en la población migrante proveniente de países de América Latina (Reyes *et al.*, 2008). El frijol es fuente de vitaminas y proteína (Raya *et al.*, 2014), rico en ácido fólico (Onder y Babaoglu, 2001) y fibra, posee propiedades nutraceuticas que ayudan a disminuir el contenido de glucosa en la sangre (Guzmán, 2010) y reducir el riesgo de desarrollar cáncer de colon (Mesina, 1999). En México, el frijol es uno de los cultivos de mayor importancia, ya que es parte de la fuente diaria de proteínas para los mexicanos, además es una fuente de ingresos económicos de los productores que cultivan esta especie (Cid *et al.*, 2014). Sin embargo, el consumo de este producto ha disminuido en los últimos años, pasando de 18.9 a 8.8 kg per cápita en el período de 2000 a 2017 (Sánchez-Toledano *et al.*, 2021). Aunado a esto, el productor de frijol enfrenta diversas problemáticas como los altos costos de producción y el deterioro continuo de los precios reales del producto (Ayala *et al.*, 2008), esto debido a que el sector agropecuario presenta un problema de estructuras en donde los agronegocios son vulnerables a diversos factores como inflación, tasas de interés, paridad cambiaria, mercados; presentan debilidades internas como la falta de organización, escasez de crédito y rentabilidad, entre otros (Retes *et al.*, 2015). Lamentablemente, esta situación propicia el abandono del campo por parte de los agricultores, generando así la falta de continuidad en sus cultivos, la pérdida de información sobre las bondades y manejo de las variedades cultivadas tradicionalmente (Rubio, 2005). Un factor clave para evitar el abandono del campo e incrementar el consumo de frijol es eficientizar la producción, además es necesario ser competitivo y aprovechar todos los recursos disponibles (Retes *et al.*, 2015). Una estrategia para la creación de vida sostenible y el desarrollo económico de los productores es transformar los productos agrícolas y conforme a la nueva tendencia de consumo, ofrecer productos de alta calidad nutricional que permitan mejorar la salud de los consumidores (Cárdenas y Fernández, 1989). En consecuencia, una de las formas menos conocidas del consumo de frijol es a través de la elaboración de harinas compuestas con el fin de aprovechar el cotiledón y elaborar productos alimenticios de alta calidad nutraceutica, incluyendo galletas, pastas, pasteles y pan (Pacheco *et al.*, 2009). No obstante, para que un producto sea competitivo en el mercado es necesario evaluarlo económicamente. Por ello, el objetivo del presente trabajo es determinar la viabilidad económica de un nuevo producto

como es la harina elaborada a base de frijol. Lo anterior, para proponer una alternativa de negocio al productor y mitigar las pérdidas económicas de los mismos, evitando el abandono del campo

MATERIALES Y MÉTODOS

Se elaboró una harina derivada del cotiledón de frijol producido en el Campo Experimental Zacatecas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

La primera fuente de información para empezar el análisis es la recopilación de datos técnicos de la elaboración de harinas. Lo anterior, se realizó mediante informes técnicos, diagramas de procesos, operación y mantenimiento de los equipos necesarios. Asimismo, para la recopilación de datos fue indispensable visitar el sitio de la instalación, con el fin de obtener los datos técnicos y de operación de los procesos, así como para realizar una inspección visual del estado que guardan los equipos utilizados, conocer su antigüedad, horas de operación, condiciones de operación y mantenimiento que sugieran hacer una evaluación técnica (diagnóstico). Los coeficientes técnicos fueron proporcionados por los investigadores encargados de realizar la harina de frijol. La finalidad de determinar el costo de producción de un alimento es el de tener una base de cálculo en la fijación de precios de venta para determinar el margen de utilidad probable. El costo de un producto está determinado por el precio de la materia prima, el precio de la mano de obra directa e indirecta, la depreciación y la amortización (Ruíz *et al.*, 2011). Los indicadores para la evaluación económica son conceptos valorizados que expresan el rendimiento económico de la inversión, y con base en estos se puede tomar la decisión de aceptar o rechazar la realización de un tratamiento (Muñante, 2002). De la misma forma, permiten comparar y seleccionar entre diferentes alternativas de inversión o tratamientos.

Indicadores financieros

Los datos base para la elaboración de los indicadores fueron: Tasa Interna de Retorno (TIR), Relación Beneficio Costo (RBC) y Valor Actual Neto (VAN). Estos indicadores, son los que requieren las fuentes financieras como lo son: FIRA – Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero, y otros intermediarios financieros no bancarios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de rentabilidad se estimó para una producción de 10 toneladas de frijol anuales, de las cuales, el 5 % es considerado desecho (merma), del restante (95 %), únicamente el 80 % se procesa eficientemente y se considera harina. Es decir, de las 10 t iniciales, solamente se podrán comercializar 7600 kg, ya que es la cantidad de kilogramos que fueron procesados de manera eficiente y que muestran la calidad requerida del producto. El Cuadro 1 se muestran

los conceptos, el precio unitario de cada uno de ellos y el total que el productor tendrá que invertir en la adquisición de equipo e insumos para elaboración de harina de frijol. Dicha inversión corresponde a \$178,892 MN.

Cuadro 1. Concepto de inversión

	Conceptos	Unidad	Cantidad	P/U	Total
	Activos Fijos			124,891	
1	Charola panadera de acero inoxidable 45 x 65.	Pieza	12	239	2,868
2	Contenedor Sterilite de plástico grande	Pieza	4	276	1,104
3	Decortadora, marca Dy 380m o 220 V	Pieza	1	57,150	57,150
4	Motor IE4 eléctrico asicrono	Pieza	1	13,525	13,525
5	Winco Siv-14 Tamiz de malla fina de acero inox 14	Pieza	2	519	1,038
6	Maya recogedora de testa 5mm	Pieza	2	154	308
7	Maya de 2mm	Pieza	2	267	534
8	Molino desintegrador y picador dpm 2 motor 14 cv	Pieza	1	38,100	38,100
9	Copresor de aire 3.5 Hp 50 l Clezfl50	Pieza	1	2,497	2,497
10	Rollo Natural plástico 20 x 30	Pieza	14	130	1,820
	SUBTOTAL				118,944
11	Imprevistos (5% del total de activos fijos)				
	ACTIVOS DIFERIDOS				54,000
1	Diseño de proyecto y propuesta de marcha	Estudio	1	25,000	25,000
2	Constitución de la empresa y fortalecimiento organizativo	Evento	1	5,000	5,000
3	Estudio de impacto y permisos		1	17,000	17,000
4	Asesoría y supervisión especializada	Servicio	1	7,000	7,000
	Capital de trabajo	Min	1	51,721	1
	Total				178,892

En los conceptos de inversión de los activos fijos, la decortadora, marca Dy 380 o 220 V Capacidad 1000 kg/h energía 5.5 kw es la maquinaria que presenta el mayor costo, seguido del Molino desintegrador y picador dpm 2 motor 14 cv. Adicionalmente, en el Cuadro 2 se observan los conceptos y montos de los costos de operación (variables y fijos).

Cuadro 2. Costos de operación

	Concepto	Costo
	Costo variable de operación	180,604
1	Frijol	8,892
2	Filetes	10,800
3	Costo de venta	11,000
	Mano de obra directa	149,912
	Costos fijos de operación	411,882
1	Alquiler del local (43 m ²)	60,000
2	Material de papelería y oficina	27,798
3	Limpieza	86,400
4	Mano de obra indirecta	12,322
5	Administrador	87,500
6	Consumo de agua	13,200
7	Energía eléctrica (consumo)	117,450
8	Pago de teléfono	7,212
	Costos de operación	592,486

Conforme el Cuadro 2, los costos más elevados que se presentan son por mano de obra indirecta, el pago de la energía eléctrica, el sueldo del administrador y por concepto de limpieza. Una estrategia para reducir los costos del proyecto es minimizar la utilización de mano de obra indirecta y eficientizar la limpieza del lugar, de esta manera se reduciría los gastos e incluso el precio del producto al público podría ser menor.

En el cuadro 3, se presentan los valores actualizados de los beneficios durante el periodo de tiempo.

Cuadro 3. Valor de los indicadores

Indicadores	Valor
Valor actual de los beneficios	3,771,544
Valor actual de los costos	3,677,136
Valor actual Neto (van)	94,408
Relación beneficio costo (B/C)	1.026
Tasa interna de retorno (TIR)	25.16%

El precio unitario es el valor que se asigna a un bien o servicio de manera monetaria por una unidad de medida. Al analizar el precio se debe de determinar todos los costos involucrados en producir un bien (Sánchez, 2010). Para ello se integró en una sola medida, de tal manera que 1 kg de harina de frijol tendría un precio en el mercado de \$80.00 (ochenta pesos mexicanos). Debido a que la harina de frijol no es un producto sustituto de la harina de trigo, más bien es considerada un producto nutracéutico, el precio puede ser mayor, pues no estaría compitiendo en el mercado con la harina de trigo, sino que este producto ofrece beneficios de los que carece la harina de trigo. La relación beneficio-costo del proyecto es de 1.026, es decir, que por cada peso invertido la ganancia es de \$0.26 por kg. El valor de VAN se estimó a 10 años, esta operación arrojó un valor positivo de \$94,408 lo que es equivalente a decir, que dada una tasa de actualización el valor presente de los beneficios supera o es igual al valor presente de los costos. El valor de la TIR resultó de 25.16 %, al ser mayor que cero, el proyecto devuelve el capital invertido, más un rendimiento adicional.

CONCLUSIONES

El frijol en México cuenta con una oferta muy variable, derivado principalmente de las condiciones agroclimáticas en las que se desarrolla. Las importaciones de frijol han aumentado considerablemente, esto como medida para complementar el desabasto en las épocas bajas de producción. El productor al ser aún dependiente de los apoyos gubernamentales representa poca competitividad en el mercado internacional. La opción de darle valor agregado al frijol a través de la harina es viable.

REFERENCIAS

- Cadenas, A. y A. Fernández. 1989. La innovación tecnológica en la industria agroalimentaria: factores socioeconómicos que la condicionan, efectos inducidos y medidas de acción pública pertinentes. *Agricultura y Sociedad*, Número 53.
- Cid R, J. A.; Reveles H, M. y Velásquez V. R. 2014. Selección y almacenamiento de semilla de frijol. Folleto Técnico No. 64. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. Calera, Zacatecas, México, 17 p.
- Guzmán, S. H., Acosta, J. A., Reynoso, R., Herrera, M. G., (2010). El consumo de frijol y la buena salud. Desplegable informativa Núm. 6. INIFAP. Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato, México.
- IICA. (2009). Guía técnica para el cultivo de frijol. Santa Lucía, Boaco, Nicaragua: IICA.
- Messina, M. J. (1999). Legumes and soybean: overview of their nutritional profiles and health effects. *Am. J. Clin. Nutr.* 70 (suppl): 439S-450S
- Onder, M., y M. Babaoglu. (2001). Interactions amongst grain variables in various dwarf dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Journal of Agronomy & Crop Science*, 187(1), 19-23.
- Pacheco, D. E.; Peña, J. y Jiménez, P. (2009). Efecto del salvado de arroz sobre las propiedades físico-químicas y sensoriales de panes de trigo. *Rev. Fac. Agron.* Vol. 26. pp. 583-598.

- Rubio, B. (2005). La política rural de Vicente Fox: entre la simulación y el desdén (2000- 2006) (Fundamentos y Debate). Mundo Siglo XXI. Revista del Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales del Instituto Politécnico Nacional, Vol. 5, pp. 41-51.
- Retes, R., Moreno, S.; Denogean, F. G., Martín, M., Ibarra, F. (2015). Análisis de rentabilidad del cultivo de algodón en sonora Revista Mexicana de Agronegocios, vol. 36, pp. 1156-1166 Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C. Torreón, México.
- Reyes, E., Padilla, L. E., Pérez, O., López, P. (2008). Historia, Naturalez y cualidades alimentarias del frijol. Investigación científica, Vol. 4, núm. 3, pp.1-21.
- Rodríguez, G., García, J. A., Rebollar, S., Cruz, A. C. (2010). Preferencias del consumidor de frijol (*Paseolus vulgaris* L.) en México: factores y características que influyen en la decisión de compra diferenciada por tipo y variedad. Paradigma Económico, Vol. 2, núm. 1, pp. 121-145.
- Sánchez-Toledano, B., Cuevas-Reyes, V., Cruz-Bravo, R., & Zegbe, J. A. (2021). Aceptación y preferencia de los consumidores por un tallarín enriquecido con harina de cotiledón de frijol. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(1): 95-95.

SITUACIÓN FUTURA DE LA CADENA PRODUCTIVA DE CHILE VERDE

Blanca Isabel Sánchez Toledano¹, Jaime Mena Covarrubias¹ y Manuel Reveles Hernández¹

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas, Zacatecas, México.
Email: sanchez.blanca@inifap.gob.mx

RESUMEN

Esta investigación proyectó la posible situación futura y se propusieron estrategias sostenibles para el cultivo de chile verde. La información que sustenta los resultados de esta investigación se recabó a través de series de tiempo. Los resultados sugirieron que existe un mercado potencial para el cultivo de chile verde. Sin embargo, en el corto plazo la producción total anual del Estado de Zacatecas disminuirá debido a una reducción de la superficie cultivada y, en consecuencia, el rendimiento. Los pronósticos obtenidos en este trabajo pueden ser utilizados para la toma de decisiones en la producción y compra-venta del producto fresco.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., series de tiempo, proyección.

ABSTRACT

This research projected the possible future situation and sustainable strategies for the cultivation of green chili were proposed. The information that supports the results of this research was collected through time series. The results suggested that there is a potential market for the cultivation of green chili. However, in the short term, the total annual production of the State of Zacatecas will decrease due to a reduction in the cultivated area and, consequently, the yield. The forecasts obtained in this work can be used for decision-making in the production and purchase-sale of fresh produce.

Keywords: *Capsicum annuum* L., time series, projection.

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de chiles ha tenido un crecimiento importante (33.9 %) en los últimos 10 años (FAOSTAT, 2019). Lo anterior, se debe a la creciente demanda de este producto ya sea en fresco, seco o procesado. Según FAOSTAT (2019), la producción de chiles frescos y

secos fue de 40'718 464 t en 2017; de las cuales, 88.6 % correspondió al producto para consumo en fresco.

El cultivo de chile en México es importante por su amplia distribución y consumo en todo el territorio mexicano. La superficie sembrada nacional fluctúa alrededor de las 154 268.04 ha, de las cuales, más del 90 % son producidas con riego (SIAP, 2020).

Zacatecas ocupa el tercer lugar en el país en la producción de chile verde (FAOSTAT, 2019). En el periodo de 2010 a 2018 se generó una producción promedio de chile verde de 90 803.8 t en una superficie de 6 003.7 ha, con un rendimiento promedio de 14.7 t ha⁻¹ (SIACON, 2020). El cultivo aporta el 21.8 % del Producto Interno Bruto (PIB) agropecuario del estado Zacatecano y genera más de 4 millones de jornales directos. Indirectamente, en las actividades relacionadas a la deshidratación de chile, en la industria alimenticia, del transporte y en proveedores de insumos se originan miles de empleos adicionales para este estado (Aguilar y Esparza, 2010) y a nivel nacional; lo cual destaca la importancia económica y social alrededor de este cultivo. Sin embargo, la permanencia de esta cadena agroalimentaria podría estar en riesgo por la falta de planeación en el establecimiento anual del cultivo, inestabilidad de los precios por la falta de regulación en la oferta y una alevosa importación anual de chile seco a bajos precios (Aguilar y Esparza, 2010). También, al interior de las unidades de producción existen problemas que afectan la productividad y competitividad del cultivo, como es la falta de organización con visión empresarial, nulo acceso a economías de escala, reducida asistencia técnica, altos costos de producción, falta de financiamiento y descapitalización; así como una marcada desarticulación entre los productores y el mercado (Flores *et al.*, 2016).

El reto en la cadena de chile es modernizar y hacer más eficiente la actividad agropecuaria para incrementar la productividad y mejorar los ingresos, el bienestar y la calidad de vida de los horticultores. Una vía es a través de la investigación científica y tecnológica, eslabón que juega un papel central dentro del modelo estratégico de planeación (Kaimowitz, 2019). La investigación debe de anticipar los retos y necesidades que plantea un mundo inmerso en un proceso de cambios profundos (Carrasco y Lapiedra, 2016). Por tanto, esta investigación pretendió, proyectar la situación futura posible e indicar estrategias sostenibles para este cultivo. Se espera que esta investigación aporte información que re-orienta las políticas agrícolas actuales para que este cultivo sea visualizado, evaluado y analizado desde la perspectiva de las ciencias ambientales, genere conocimientos y proponga alternativas que contribuyan al desarrollo sustentable de este sistema de producción y bienestar socio-económico de los actores de esta cadena productiva regional y nacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zacatecas se localiza en la región norte-centro de la República Mexicana. Tiene una extensión territorial de 75 040 km², lo que representa el 3.83 % del territorio nacional. La entidad aporta al consumo de otros Estados más de 772 mil toneladas de productos agrícolas diversos, entre los que destacan el frijol, chile, guayaba, durazno, tuna y vid (Sánchez-Toledano y Rumayor, 2010).

Con el fin de contar con un panorama general de la cadena de chile verde en el estado de Zacatecas, el enfoque metodológico se dividió en un análisis de la situación actual y la futura. La situación futura de la cadena de chile verde en Zacatecas se valoró con base en modelos de series de tiempo para predecir el comportamiento de la superficie cultivada, producción y rendimiento de chile en el estado de Zacatecas (Amin *et al.*, 2014; Box y Jenkins, 1970). Se utilizaron datos anuales oficiales generados durante el periodo 1980-2018 de cada variable indicados en el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIACON, 2020). Se utilizó un registro de 39 años e incluyó el año agrícola y el régimen hídrico (riego y secano). Los modelos fueron seleccionados, utilizando el criterio Akaike (AIC) (Barrera *et al.*, 2014) y para medir la magnitud de los errores y determinar si es posible el pronóstico exacto, se consideró el valor de la raíz cuadrado medio del error (RMSE). El análisis de la información se realizó en el sistema estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI (2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La oferta nacional de chile verde en México está determinada, en parte, por la superficie cosechada y el rendimiento por hectárea. Por lo tanto, analizar el comportamiento futuro de estas variables proporciona información relevante para la toma de decisiones y diseño de estrategias que contribuyan a mantener o mejorar la actividad económica de la cadena (Delgadillo-Ruiz *et al.*, 2016). El mejor modelo para estimar la superficie cosechada de chile verde en Zacatecas fue ARIMA (2,1,0), para la producción se utilizó el modelo de suavización exponencial simple $P= 0.47$ y, para el rendimiento (R) un modelo con tendencia lineal de la forma $R = 4.03308 + 0.285462 \cdot \text{toneladas}$ (Cuadro 1).

Cuadro 1. Modelos empíricos para el pronóstico de productividad del chile verde en Zacatecas.

Variable	Modelo pronosticado	Parámetro	Estimado	Error Estándar	Valor de t	AIC	RMSE
Superficie cosechada	ARIMA (2,1,0)	AR (1)	-0.27	0.14	-1.90*	17.94	7490.8
		AR (2)	-0.49	0.14	-3.49*		
Producción	Suavización exponencial simple	$\alpha = 0.46$	----	---	--	22.13	62372.8
Rendimiento	Tendencia lineal	Constante	4.03	0.66	6.05*	1.52	2.04
		Pendiente	0.28	0.02	9.83*		

t = * valores estadísticamente significativos con un nivel de confianza del 95%.

Fuente: Elaboración propia (software estadístico STATGRAPHICS) con datos de AGRICULTURA-SIACON (2020)

La superficie cosechada de chile en Zacatecas presentó una tendencia irregular con un decremento a partir del año 2000 (Figura 1). El pronóstico sugirió una disminución de la superficie cosechada de chile verde de 1.93 % para 2022. Es decir, para el año 2022 se estima un decremento en la superficie cosechada de 8 180 ha (Figura 1). El decremento de la superficie cosechada inició a partir de 1992, cuando el Estado promovió la reconversión productiva (Echavarría *et al.*, 2009), programa que sustituyó cultivos básicos por forraje para el ganado (Chávez, 2006).

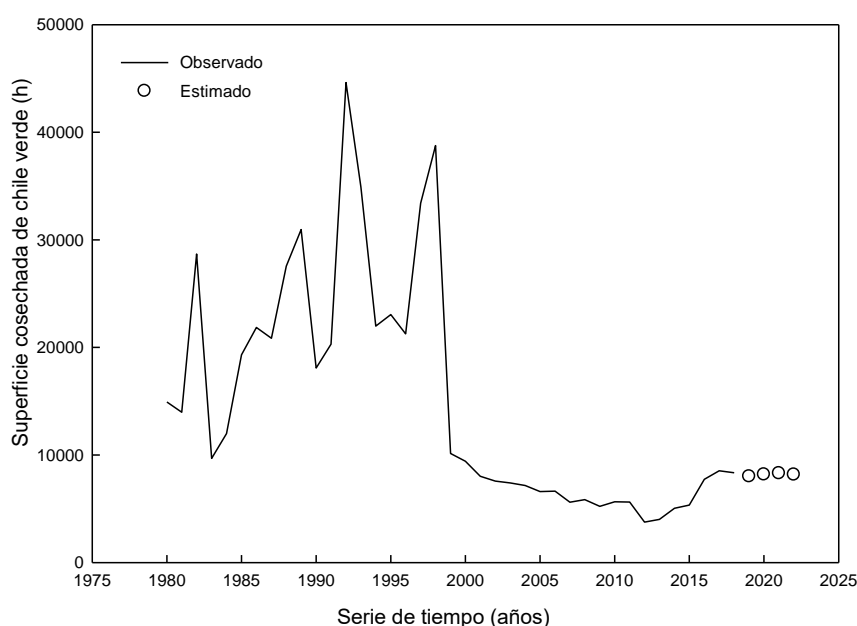


Figura 1. Estimación de la superficie cosechada de chile verde en Zacatecas, México de 1980-2022 con la base de datos de AGRICULTURA-SIACON (2020).

La producción de chile del estado de Zacatecas es variable y está supeditada a las condiciones climáticas. No obstante, para 2022, se prevé una disminución del 6.3 % (Figura 2) atribuible a las condiciones de suelo y disponibilidad de agua para riego (Serna *et al.*, 2008), pero también el incremento de la temperatura debido al cambio climático podría incidir en la productividad del cultivo (Frank *et al.*, 2011). Se ha comprobado que el incremento de la temperatura mayor a 30 ° C por periodos relativamente largos induce el aborto de flores, lo cual se traduce en reducción del rendimiento en este cultivo (Chaves-Barrantes y Gutiérrez-Soto, 2017). Por tal motivo, es importante realizar estudios estratégicos que permitan reorientar la producción del cultivo de chile para convivir con el cambio climático. No obstante, Sosa-Baldivia y Ruíz-Ibarra (2017) mencionan que existe una correlación positiva entre el volumen de producción de hortalizas y el aumento poblacional, lo que indica que el aumento de la producción del sector agrícola, debe ser tal que, cubra la demanda de alimentos asumiendo que los recursos naturales sean mantenidos disponibles y saludablemente utilizables.

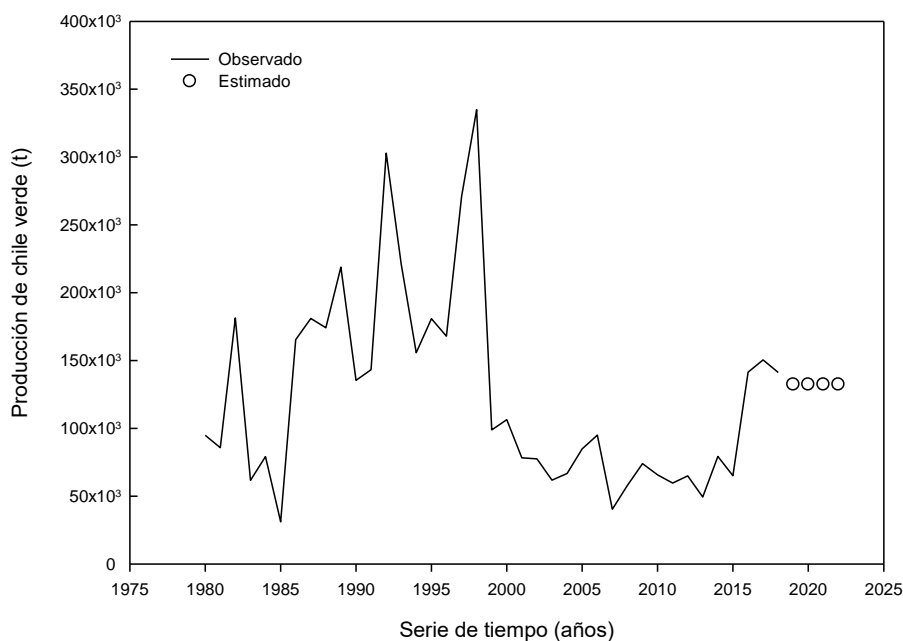


Figura 2. Estimación de la producción de chile verde en Zacatecas, México de 1980-2022 con datos de SIACON (2020).

En el caso del rendimiento, se estima una reducción de 3.6 % para el periodo 2019-2022 (Figura 3). A nivel mundial, el mayor reto que la agricultura enfrentará para los próximos 35 años es asegurar el abasto y acceso a los alimentos para la población (Sosa-Baldivia y Ruíz-Ibarra, 2017). De acuerdo con la FAO (2019a), para alimentar una población creciente, entre 2007 y 2050, el volumen de la producción agrícola mundial deberá aumentar 70 %; esto implica que los productores deberán enfocarse en mejorar el rendimiento por unidad de

superficie con un volumen de agua subterránea cada vez menor y un suelo cada vez más degradado (Beraud *et al.*, 2018).

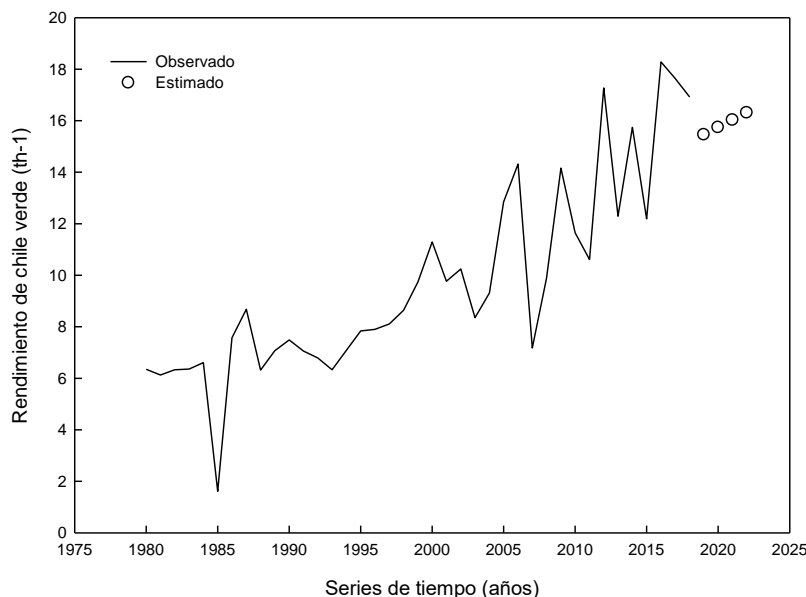


Figura 3. Estimación del rendimiento de chile verde en Zacatecas, México de 1980-2022 con datos de SIACON (2020).

CONCLUSIONES

La difusión y adopción de innovaciones tecnológicas para aumentar el rendimiento del cultivo serán necesarias en el corto, mediano y largo plazo, así como poner en práctica las tecnologías existentes sobre eficiencia del recurso hídrico.

Una futura línea de investigación que aportará información relevante de la cadena es el análisis de productores, proveedores de insumos, acopio, distribución y consumo de este producto en fresco.

REFERENCIAS

- Aguilar-Sánchez G. y R. De la Rosa-Mejía, E (2018) Valoración económica del Agua en la Cuenca Alta del Río Lerma, México. Economic Valuation of Water in the High Basin of the Lerma River, México. *Revista de Estudios Andaluces* 35:101-122, <https://doi.org/10.12795/rea.2018.i35.04>
- Amin M., M. Amanullah and A. Akbar (2014). Time series modeling for forecasting wheat production of Pakistan. *Plant Sciences* 24:1444-1451.
- Barrera S. A., E. Sánchez L., F. Figueroa S., J. A. Olivas V. y C. Pérez L. (2014) Uso de un modelo univariado de series de tiempo para la predicción, en el corto plazo, del comportamiento de la producción de carne de bovino en Baja California, México. *Veterinaria México* 45:1-9.

- Beraud V., J. Sosa, Y. Maya y A. Ortega (2018) La Reforma Agraria y los cambios de uso del suelo ejidal en Aguascalientes, 1983-2013. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 15:443-463.
- Box P. and M. Jenkins (1970) Time series analysis: forecasting and control. In *Operational Research Quarterly*. John Wiley & Sons. Hoboken, New Jersey, USA. 537 p.
- Carrasco Á. y S. Lapidra (2016) Cambio tecnológico, globalización neoliberal y hegemonías metodológicas en la investigación comunicativa internacional. *Ámbitos. Revista internacional de comunicación* 32:1-12.
- Chaves-Barrantes F. y V. Gutiérrez-Soto (2017) Respuestas al estrés por calor en los cultivos. II. Tolerancia y tratamiento agronómico. *Agronomía Mesoamericana* 28:255-271, <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21904>.
- Chávez L (2006) Reconversión productiva y perspectivas del sector agropecuario en Zacatecas. *Carta Económica Regional* 18:17-26.
- Delgadillo-Ruiz O., P. Ramírez, A. Leos, M. Salas y D. Valdez-Cepeda (2016) Pronósticos y series de tiempo de rendimientos de granos básicos en México. *Acta universitaria* 26:23-32, <https://doi.org/10.15174/au.2016.882>.
- Echavarría F., A. Serna, F. Rubio, A. Rumayor y H. Salinas (2009) Productividad del chamizo *Atriplex canescens* con fines de reconversión: dos casos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 47:93-106.
- FAOSTAT, Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (2019b) Food and agriculture data. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. <http://www.fao.org/faostat/en/#home> (January 2020).
- Flores A., G. Almaguer, J. Aguilar, R. Rendón y R. Márquez (2016) Redes sociales y confianza entre productores de rambután en el Soconusco, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7:3009-3021, <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i15.423>.
- Kaimowitz D. (2019) Making the link: Agricultural research and technology transfer in developing countries. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. 292 p, <https://doi.org/10.1201/9780429044410>.
- Sánchez-Toledano B. y A. Rumayor (2010) Evaluación del entorno para la innovación tecnológica en zacatecas: identificación de las cadenas productivas relevantes. Publicación Especial No. 18. Campo Experimental Zacatecas, INIFAP. Calera de Víctor Rosales, Zacatecas. 20 p.
- Serna P. A., J. A. Zegbe, J. Mena C. y S. Rubio D. (2008) Sistemas de manejo para la producción sustentable de chile seco cv. 'Mirasol'. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(Esp. 3):41-44.
- SIACON, Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (2020) Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Producción agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430> (Enero 2020).
- SIAP, Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (2020) Avances de siembras y cosechas por estado y año agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <http://www.gob.mx/siap>. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do (Abril 2020).
- Sosa-Baldivia A. y G. Ruíz-Ibarra. (2017) La disponibilidad de alimentos en México: un análisis de la producción agrícola de 35 años y su proyección para 2050. *Papeles de la Población* 23:207-230, <https://doi.org/10.22185/24487147.2017.93.027>.

MÁRGENES DE COMERCIALIZACIÓN DEL CHILE POBLANO (*Capsicum annuum* var. *Annuum*) EN AGUASCALIENTES, MÉXICO
Blanca Isabel Sánchez Toledano¹, Mercedes Borja Bravo², Sergio Arellano Arciniega² y Maihualy Fernández Martínez³.

¹Campo Experimental Zacatecas, INIFAP. Kilómetro 24.5 Carretera, Zacatecas - Fresnillo, Zacatecas. ²Campo Experimental Pabellón, INIFAP. Km. 32.5 carr. Ags- Zac., Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. ³Campo Experimental Valle del Guadiana, INIFAP. Km. 4.5 carr. Durango-El Mezquital, Durango, Dgo.
Autor responsable: sanchez.blanca@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los agricultores en México están cada vez más interesados en alternativas de mayor valor para la producción de productos básicos. El canal de venta directa es una alternativa de marketing potencialmente atractiva, ya que ofrece mayores ingresos netos a los agricultores. Sin embargo, en México son pocos los agricultores que utilizan la venta directa. La investigación planteó como objetivo determinar los márgenes de comercialización y la participación directa del productor de chile poblano cultivado en Aguascalientes, México, bajo la hipótesis de que los mayores márgenes de comercialización son obtenidos por los intermediarios de las grandes ciudades. Se realizó un muestreo para poblaciones finitas y el tamaño de la muestra fue de 35 productores. Los resultados mostraron el margen bruto de comercialización se ubicó en 78.5 %, lo que indicó que, por cada peso pagado por los consumidores de chile poblano, 78 centavos correspondieron al proceso de intermediación, y 22 centavos fueron para el productor. Es crucial la organización de los productores para incrementar la calidad del producto y tener mayor presencia en la cadena de comercialización.

Palabras clave: hortalizas, margen bruto, comercialización.

ABSTRACT

Farmers in Mexico are increasingly interested in higher-value alternatives to commodity production. The direct sales channel is a potentially attractive marketing alternative as it offers higher net income to farmers. However, in Mexico, few farmers use direct sales. The objective of the research was to determine the marketing margins and the direct participation of the producer of poblano peppers grown in

Aguascalientes, Mexico, under the hypothesis that the highest marketing margins are obtained by intermediaries in large cities. Sampling was carried out for finite populations and the sample size was 35 producers. The results showed the gross marketing margin was 78.5%, which left over that, for each peso paid by consumers of poblano pepper, 78 cents corresponded to the intermediation process, and 22 cents went to the producer. The organization of producers is crucial to increase the quality of the product and have a greater presence in the marketing chain.

Keywords: vegetables, gross margin, marketing.

INTRODUCCIÓN

En México, el volumen de producción de frutas y hortalizas pasó de 19 millones de toneladas anuales en 1994 a 37 millones de toneladas en 2017 (FAOSTAT, 2018). Las principales hortalizas que se produjeron en México en el año 2020 fueron el tomate rojo, aguacate, cebolla blanca, chile, tomate verde y calabaza (SIAP, 2021).

En Aguascalientes 152 agricultores se dedican a la producción de chile, en una superficie establecida de 865 hectáreas en el estado, distribuidas principalmente en los municipios de Asientos, Cosío, Rincón de Romos, Pabellón de Arteaga, Tepezalá, Jesús María y San Francisco de los Romo. Las principales variedades que se producen en la entidad son el chile ancho, pasilla y jalapeño (SIAP, 2021).

La gestión del canal de comercialización significa el éxito de una empresa, cualquiera que sea el mercado en el que se desarrolle. No obstante, en Aguascalientes existe desconocimiento de los sistemas de comercialización de poblano, específicamente de los márgenes de comercialización. Lo anterior, causa incertidumbre con respecto a la rentabilidad que genera esta actividad a cada uno de los agentes que participan en el proceso de comercialización. Por lo tanto, esta investigación planteó como objetivo estimar los márgenes de comercialización de la producción de chile poblano, con la finalidad de promover la rentabilidad de los productores de esta hortaliza en Aguascalientes, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación fue del tipo no experimental-transeccional descriptiva. Se aplicaron 35 encuestas a productores de chile en el estado de Aguascalientes,

específicamente, en los municipios de Cosío, Rincón de Romos, Asientos, Jesús María y Aguascalientes.

La información se recopiló a través de un cuestionario estructurado de 30 preguntas de tipo cerrado con respuestas dicotómicas, múltiples y de escala (Malhotra, 2008). La encuesta se estructuró con preguntas sobre edad, sexo, escolaridad, proceso de producción, costos de producción, volúmenes, precios y costos de comercialización. Se efectuaron pruebas piloto para asegurar la claridad de las preguntas y minimizar errores ($n = 10$). Se utilizó el muestreo por bola de nieve que consiste en identificar a una persona de interés, la cual proporciona el nombre de otra, que a su vez menciona el nombre de un tercero, así sucesivamente (Baltar y Gorjup, 2012). La información obtenida en las encuestas fue registrada y analizada en hojas de Excel 2016.

Margen de comercialización

Para identificar los canales de comercialización se siguió el método directo, es decir, se monitoreó el canal de comercialización de chile poblano desde la salida del producto fresco de la parcela, hasta el consumidor final. La realización de esta actividad facilitó identificar del número de agentes participantes, precios y costos en cada etapa y nivel de comercialización, dando certeza y veracidad en relación con la información recabada (González *et al.*, 2014). Los precios de los consumidores se obtuvieron mediante una observación directa realizando recorridos lineales en establecimientos comerciales como supermercados, tiendas medianas y mercados en el estado de Aguascalientes.

Para la obtención de los márgenes de comercialización absolutos (a) y relativos (r), se tomaron en cuenta los precios promedios de compra y de venta del chile poblano de la muestra de productores, basándose en la metodología expuesta por Mendoza (1991). Los márgenes de comercialización y la participación directa del productor fueron estimados de la siguiente manera:

$$MBC(a) = PC - PP \quad (1)$$

$$MBC(r) = \left(\frac{MBC(a)}{PC} \right) * 100 \quad (2)$$

Dónde: MBC es margen bruto de comercialización, PC es precio pagado por el consumidor, PP es el precio al productor.

La participación directa del productor se estableció de la siguiente manera:

$$PDP(a) = PC - MBC \quad (3)$$

$$PDP(r) = \left(\frac{PDP(a)}{PC} \right) * 100 \quad (4)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Margen de comercialización del chile poblano en Aguascalientes

A partir de la información recopilada de los distintos agentes de la cadena agroalimentaria, se calculó el margen bruto de comercialización el cual se ubicó en 78.5 %, lo que indicó que, por cada peso pagado por los consumidores de chile poblano, 78 centavos correspondieron al proceso de intermediación, y 22 centavos fueron para el productor; es decir que el proceso de intermediación obtiene 78 % del precio final del producto pagado por el consumidor, lo que equivale a \$31,8 por kg (Cuadro 1). Este valor es considerablemente alto con relación al precio pagado al productor, quien asume el mayor riesgo y todos los costos de producción.

La participación directa del productor de chile poblano fue de 21.4 % del precio que paga el consumidor, lo que significó que de un total de \$47.0 por kg, el productor recibió lo equivalente a \$10.1 por kg (Cuadro 1). Los datos son similares a los encontrados por Sánchez-Toledano *et al.* (2022) en la variedad de chile jalapeño en Quintana Roo. En general, a nivel nacional, la participación de los productores en el precio final del chile es heterogénea y puede pasar del 10.3 % al 71.4 % (SIAP, 2021) dependiendo del lugar de producción y destino final. Es decir, los márgenes de comercialización siguen estando en función de los canales de comercialización.

Cuadro 1. Márgenes de comercialización (absoluto y relativo) y participación del productor en el precio final del chile poblano.

Concepto	Valor (\$/kg)	
Precio al productor	10.1	
Precio al mayorista	19.0	
Precio al consumidor	47.0	
	<i>Absoluto (\$/kg)</i>	<i>Relativo (%)</i>
Margen bruto de comercialización	36.9	78.5
Participación del productor	10.1	21.4

Fuente: Elaboración propia (2022)

CONCLUSIONES

Los márgenes aquí encontrados evidencian la bondad de esta actividad, no obstante, existe un bajo poder de negociación por parte de los productores, el cual prevalecerá mientras no disminuyan los costos de producción y generen estrategias de mercado para colocar el producto a través de diferentes vías o agentes.

REFERENCIAS

- Baltar, F. y Gorjup, M. T. 2012. Muestreo mixto online: Una aplicación en poblaciones ocultas. *Intangible capital*. 18 (1): 123-149.
- FAOSTAT (2018). Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). <http://faostat.fao.org>.
- González, F., Rebollar, S., Hernández, J. y Guzmán, E. (2014). La Comercialización de la miel en el Sur del Estado de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 18(34), 806–815. <https://www.redalyc.org/pdf/141/14131514015.pdf>
- Mendoza, G. 1991. Compendio de mercadeo de productos agropecuarios. (I. I. de C. para la A. (IICA), Ed.) (2da. edici.). San José. Costa Rica. <https://cutt.ly/GF6kzvg>
- Malhotra, K. (2008). Investigación de mercados. 5ªed., Pearson Prentice Hall. México.
- Sánchez-Toledano, B., Góngora-Pérez, R., López-Santiago, M., & Cuevas-Reyes, V. (2022). Productive break-even point and marketing margins of the jalapeño peppers producer (*Capsicum annuum* 'jalapeño') in Mexico.
- SIAP (2021). Márgenes de comercialización chile jalapeño. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/71666/MargenComer_ChileJalapeno_Ene2015.pdf

ARQUITECTURA IoT DE CUATRO CAPAS PARA EL MONITOREO DE CAUDALES EN CANALES Y ESTRUCTURAS DE CONTROL

Ruiz-Ortega, Javier¹; Cuéllar-Vázquez, José Enrique²; Cepeda-Rubio, Abril²; Vázquez-Fernández, Claudia María Teresa²; Simental-Gutiérrez, Cecilio

¹TecNM-Torreón, Carretera Torreón-San Pedro Km 7.5 Ejido Anna, Torreón Coahuila

²TecNM- La Laguna, Blvd. Revolución y Av. Instituto Tecnológico de La Laguna, Torreón, Coahuila, C.P. 27000

RESUMEN

La gran mayoría de los Distritos de Riego en México están integrados por sistemas de riego por gravedad. La medición del volumen de agua que se entrega a los diferentes módulos que integran los Distritos de Riego puede hacerse con tecnología comercial a costos muy elevados más los gastos de operación (vehículo, combustible, tiempo y equipo de aforo). El Internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés) se refiere a la interconexión en red de todos los objetos cotidianos, que a menudo están equipados con algún tipo de inteligencia. Así, el IoT puede verse como una verdadera evolución de lo que conocemos como Internet añadiendo una interconectividad más extensa, una mejor percepción de la información y servicios inteligentes más completos. El objetivo de la investigación es desarrollar una arquitectura de bajo costo para el monitoreo de caudales utilizando el paradigma del internet de las cosas. Se utilizó un microcontrolador Arduino y una serie de sensores para crear un módulo transmisor para el procesamiento de datos en la niebla y envió de información a la nube.

Palabras clave: *Internet de las Cosas, monitoreo de caudales, Distritos de riego, cuidado del agua, Arduino.*

ABSTRACT

The vast majority of irrigation districts in Mexico are integrated by gravity irrigation systems. Measuring the volume of water delivered to the different modules that make up the Irrigation Districts can be done with commercial technology at very high costs plus operating expenses (vehicle, fuel, time and gauging equipment). The Internet of Things (IoT) refers to the networking of all everyday objects, which are often equipped with some kind of intelligence. Thus, the IoT can be seen as a true evolution of what we know as the Internet by adding more extensive interconnectivity, better information perception and more comprehensive intelligent services. The objective of the research is to develop a low-cost architecture for flow monitoring using the Internet of Things paradigm. An Arduino microcontroller and a series of sensors were used to create a transmitter module for processing data in the fog and sending information to the cloud.

Keywords: *Internet of Things, flow monitoring, irrigation districts, water care, Arduino.*

INTRODUCCION

La medición de caudales es una parte fundamental en el diseño hidráulico de canales y estructuras de control y extracción. La medición del flujo proporciona información esencial para controlar o manejar adecuadamente el recurso hídrico. Entre los medidores de flujo, específicamente para canales abiertos, se encuentran las compuertas con descarga de fondo y los vertedores a descarga libre. Estos sistemas suelen ser poco precisos a la hora de medir caudales, porque la medición es indirecta y depende de la carga hidráulica. Sin embargo, brindan valores de medición aceptables que justifica su aplicación en campo [1]. Con la llegada del Internet de las Cosas (IoT), empezamos a vivir una creciente cotidianeidad en la que es cada vez mayor el número de aplicaciones disponibles que resultan en impactos sociales complejos, pero a la vez generalizados, para expandir la calidad de nuestra vida. El

caso del agua no es ajeno a estos beneficios del Internet de las Cosas. Una aplicación de esta tecnología es el uso de tecnología GSM que es el estándar de comunicación más extendido y cubre más del 90% de los terminales de la actualidad a nivel mundial según la GSM Associations [2]. El estándar GSM está en más de 219 países diferentes y tiene más de 5.000 millones de usuarios. La integración del Internet de las Cosas con tecnología GSM son una atractiva solución a los problemas planteados por la agricultura, esto es, sensar parámetros ambientales espacial y temporalmente distribuidos. Existen aplicaciones ya probadas en el ámbito agrícola como por ejemplo sistemas de control para riego para invernaderos [3], Sistema de monitoreo de humedad de suelo, de largo alcance y georeferenciación usando internet de las cosas (IoT) [4], Sistema de internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de cultivos protegidos [5]. Sin embargo, las aplicaciones en el sector agrícola aún son escasas, pero tienen un futuro prometedor [6, 7]. Una de las aplicaciones de interés es el monitoreo de caudales en la red de distribución de agua con fines de riego. La red de distribución de agua presenta problemas como eficiencia de conducción relativamente baja, esto se debe a que las estructuras de control no son adecuadas para mantener niveles constantes durante la distribución del agua, así como una deficiente conservación de infraestructura, lo que favorece las pérdidas operativas en la red. Por otra parte, aun se siguen manejando las denominadas "pérdidas administrativas", es decir, volúmenes entregados a usuarios que no pagan el servicio de riego y, por lo tanto, dichos volúmenes se reportan como pérdidas de conducción y un problema mayor se presenta con la extracción de volúmenes sin autorización oficial. Los métodos de control que se usa en México es el local manual; es decir, se tienen operadores de las compuertas que reciben órdenes sobre los movimientos que deben realizarse en cada compuerta. Tradicionalmente, la hidrometría no se considera como una actividad de la operación de los canales de riego. En México, los métodos más usuales son el de área-velocidad y carga-gasto. De los métodos de área velocidad únicamente se usan las técnicas del molinete (mecánico o electrónico) y los medidores ultrasónicos, ya sea de tiempo de travesía y de efecto Doppler, y el molinete mecánico es usado con mucha mayor frecuencia que los ultrasónicos. En cuanto a las técnicas correspondientes al método de carga-gasto, se usan los aforadores de garganta larga y, en muy pocas ocasiones, los aforadores Parshall [8]. El método de área-velocidad se caracteriza porque, invariablemente, se usa la ecuación de continuidad, multiplicando el área por la velocidad ($Q=AV$). La aplicación del método implica el conocimiento del área hidráulica y de la velocidad. Para conocer la magnitud de la velocidad se usan diferentes técnicas; por ejemplo: el molinete, las técnicas de ultrasonido o, incluso, se pueden usar flotadores[8]. El objetivo de la investigación es desarrollar una arquitectura de bajo costo para el monitoreo de caudales utilizando el paradigma del internet de las cosas.

ARQUITECTURA PROPUESTA

El paradigma del Internet de las Cosas (IoT) es tan amplio y cubre tantos aspectos que no existe una homogeneidad acerca de cuál debería ser el modelo a seguir. Con el IoT han surgido diferentes propuestas arquitectónicas entre las que podemos encontrar: la arquitectura de 3 capas, la arquitectura de 5 capas, la arquitectura de nube, la arquitectura de niebla y la arquitectura de borde entre muchas otras. La arquitectura propuesta para el monitoreo de caudales en tiempo real es de cuatro capas y se presenta en la Figura 1.



Figura 1. Arquitectura IoT propuesta para el monitoreo de caudales.

CAPA DE PERCEPCIÓN

Actualmente existen muchas técnicas para el monitoreo de la red de distribución de agua para la agricultura. Las técnicas utilizan sistemas de adquisición de datos en tiempo real para recoger información fiable sobre el caudal en un instante de tiempo. En este sentido, Marín Pérez y otros [9] propone un dispositivo de registro de datos que utiliza múltiples protocolos de comunicación para interactuar con diferentes sensores por medio de entradas analógicas. La capa de percepción propuesta en esta investigación se muestra en la Figura 2.

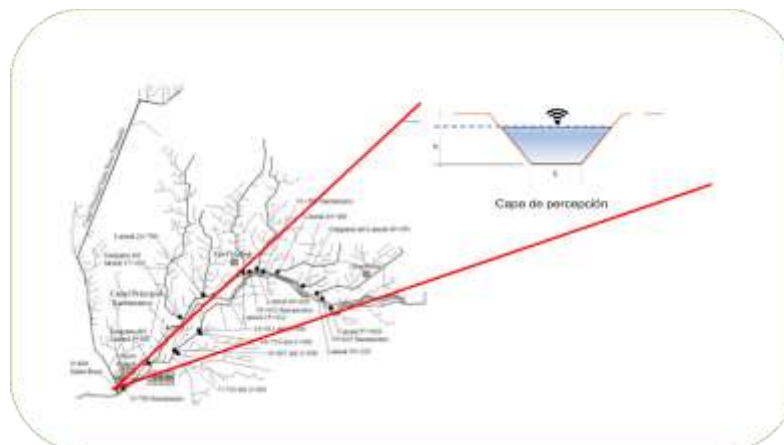


Figura 2. Capa de percepción

CAPA DE RED

La cantidad de objetos conectados a las redes celulares se quintuplicará en los próximos años de 620 millones de conexiones registradas en 2019 a 3.000 millones estimadas para 2024. La cifra puede variar entre consultoras y de acuerdo a la segmentación que se hace del mercado de conectividad máquina a máquina (M2M) pero la tendencia es clara: IoT va a crecer en los próximos cinco años. Y será exponencial [12].

La capa de red es la encargada de realizar las negociaciones de conectividad esta utiliza una plataforma SaaS que brinda de manera simple, automática y segura la visibilidad y el control de los diferentes puntos de adquisición de datos a través de servicios de Internet de las cosas (IoT) en todo el mundo. Conectar miles o millones de dispositivos para lograr resultados significativos ya es una realidad. La confiabilidad de la capa de red ayudar a garantizar el más alto nivel de desempeño de la arquitectura de monitoreo. La capa de red mitiga el acceso no autorizado a sus dispositivos y datos de IoT con seguridad de dispositivo-a-nube en varias capas. Utilizar las capacidades de lista blanca y reglas de seguridad automatizadas para evitar la actividad de dispositivos no autorizados y los ataques a la ciberseguridad.

CAPA DE ALMACENAMIENTO

La arquitectura propuesta utiliza en la capa de almacenamiento el sistema de base de datos no relacional. Es un sistema de base de datos NoSQL orientado a documentos de código abierto y escrito en C++, que en lugar de guardar los datos en tablas lo hace en estructuras de datos BSON (similar a JSON) con un esquema dinámico. Al ser un proyecto de código abierto, sus binarios están disponibles para los sistemas operativos Windows, GNU/Linux, OS X y Solaris y es usado en múltiples proyectos o implementaciones en empresas como MTV Network, Craigslist, BCI o Foursquare.

La principal característica a destacar, es la velocidad, que alcanza un balance perfecto entre rendimiento y funcionalidad gracias a su sistema de consulta de contenidos. Pero sus características principales no se limitan solo a esto, El sistema de base de datos cuenta, además, con otras que lo posicionan como el preferido de muchos desarrolladores. Las principales características de este potente sistema de base de datos NoSQL son: Consultas ad hoc, Indexación, Replicación, Balanceo de carga, Almacenamiento de archivos, Ejecución de JavaScript del lado del servidor.

Nuestra colección de datos la llamamos puntos de control. Nuestro documento (estructura) se almacena de la siguiente manera:

```
{
  numModulo: "III",
  nomModulo: "San Jacinto",
  ptoCtrol: "Punto principal",
  Latitud: "25°29'4.09\"",
  Longitud:"-103°44'20.64\"",
  Caudal:"500"
  Fecha: "23/08/2022",
  Hora: "18:30"
}
```

CAPA DE APLICACIÓN Y NEGOCIO

La capa de aplicación y negocio es la que contiene la interfaz del usuario final con el servidor en la nube. Esta capa presenta información y obtiene información del usuario con un mínimo esfuerzo. En el mundo de la informática es conocida como interfaz gráfica y debe tener la característica de ser amigable y fácil de usar para el usuario. Es donde residen las funciones que se ejecutan, se reciben las peticiones del usuario, se procesa la información y se envían las respuestas tras el proceso. Se denomina capa de negocio o capa de lógica del negocio, porque es aquí donde se establecen todas las reglas que deben cumplirse. La capa de aplicación y negocio puede estar disponible a través de un navegador web o una aplicación de celular.

CONCLUSIONES

Se ha presentado el modelo conceptual de una arquitectura de bajo costo para el monitoreo de caudales a través del IoT. Con la arquitectura propuesta se pretende establecer un Centro de Medición y Control IoT para el monitoreo de caudales (CMC-IoT) para sustituir las diferentes técnicas de medición existentes. El módulo transmisor permite procesar datos en la niebla y empaquetarlos para ser enviados al servidor en la nube. La visualización considera gráficos, tablas e información geográfica utilizando la API de Google Maps, lo que permite el monitoreo del estado de la red de canales y los puntos de control en tiempo real.

TRABAJOS FUTUROS

El internet de las cosas IoT tiene la capacidad de generar grandes volúmenes de datos por lo que su tratamiento representa un gran desafío ya que su análisis no sería posible con técnicas tradicionales. Uno de los trabajos futuros y con la finalidad de aprovechar el gran volumen de datos que genera el IoT es identificar patrones de comportamiento de los caudales, canales, cultivos y usuarios, utilizando técnicas de aprendizaje automático (Machine Learning) como el aprendizaje profundo (Deep Learning), Algoritmos genéticos, Lógica difusa, programación genética, etc.

REFERENCIAS

1. Ramírez Luna, J., U. Dehesa Carrasco, and P. Camacho Peral, *Medición del flujo de agua*. 2016, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
2. Associations, G. *Tecnología móvil*. 2022 [cited 2022 13/08/2022]; Available from: <https://www.gsma.com/>.
3. Díaz Rodríguez, H.A., *Desarrollo de una plataforma basada en IoT para el monitoreo y control de riego en invernaderos*. 2021.
4. Paredes Cruz, G.D., *Sistema de monitoreo de humedad de suelo, de largo alcance y georeferenciación usando internet de las cosas (IOT)*. 2021.
5. Gómez, J.E., et al., *Sistema de internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de cultivos protegidos*. 2017. **5**(1).
6. Pierce, F., T.J.C. Elliott, and e.i. agriculture, *Regional and on-farm wireless sensor networks for agricultural systems in Eastern Washington*. 2008. **61**(1): p. 32-43.
7. Wang, N., et al., *Wireless sensors in agriculture and food industry—Recent development and future perspective*. 2006. **50**(1): p. 1-14.
8. Cuéllar, E.P.G.y.G.A.H., *Manejo y distribución del agua en distritos de riego. Breve introducción didáctica*. Primera edición 2013 ed. 2014.
9. Marin-Perez, R., J. García-Pintado, and A.S.J.S. Gómez, *A real-time measurement system for long-life flood monitoring and warning applications*. 2012. **12**(4): p. 4213-4236.
10. cc, A. *Arduino MKR GSM 1400*. 2022 [cited 2022 14/08/2022]; Available from: <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-mkr-gsm-1400>.
11. Rico, M., *Manual de física y elementos de química*. 1858: Tip E. Aguado.
12. *telesemana.com. IoT no es sólo migrar a LPWA: 3G y 4G acapararán el 72% de los ingresos M2M en 2024*. [cited 2022 23/08/2022]; Available from: <https://www.telesemana.com/blog/2019/08/14/iot-no-es-solo-migrar-a-lpwa-3g-y-4g-acapararan-el-72-de-los-ingresos-m2m-en-2024/>.

ALTERNATIVAS SUSTENTABLES PARA EL CONTROL DE ARVENSES EN NOGAL PECANERO

Urrieta Velázquez José Alberto¹, Puente Valenzuela Cristo Omar², Zelaya Molina Lily Xochitl³, Chávez Días Fernando Ismael⁴, Lagarda Murrieta Ángel⁵

^{1,2}CENID-RASPA, INIFAP. Km. 6.5 Margen derecho canal de sacramento S/N, Ejido Las Huertas, Gómez Palacio, Durango. C. P. 35140. urrieta.jose@inifap.gob.mx

^{3,4}CNRG, INIFAP. Blvd. de la Biodiversidad No 400, Rancho Las Cruces, Tepatitlán de Morelos, Jalisco. C. P. 47600.

⁵Departamento de Horticultura, UAAAN. Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, Torreón, Coahuila. C. P. 27054.

RESUMEN

El control químico de malezas es el método más usado en la agricultura debido a su fácil aplicación, costo y extensiones de cultivo, no obstante, ha generado resistencia a herbicidas en muchas especies. Desde que se observó dicho problema, se han generado otros métodos de control como el uso de coberteras sintéticas y orgánicas (vivas o muertas), control mecánico, control biológico y recientemente el uso de herbicidas orgánicos y bioherbicidas. Por lo cual esta investigación tuvo como objetivo evaluar el control de malezas de algunos métodos y su costo. Para ello se establecieron en la Región Lagunera tratamientos en nogal pecanero con malla cubre suelo, paja de avena, poda de maleza (cinco años continuos), testigo sin control de maleza y testigo con control químico (N-fosfonometil glicina), además de dos herbicidas orgánicos. Como variables respuesta se determinó la fertilidad química del suelo (CE, MO, densidad aparente y cationes solubles), efectividad biológica de los herbicidas orgánicos y los testigos, y costo de los tratamientos. Con ello pudo observarse que la poda de maleza favorece la disponibilidad de cationes solubles, mantiene una densidad aparente del suelo baja y aumenta el contenido de materia orgánica en la capa superficial del suelo (0-10 cm). Los herbicidas orgánicos pueden ser tan efectivos como el testigo químico evaluado, al igual que la malla cubre suelo. No obstante, el control químico sigue siendo el de más bajo costo. Debido a estos resultados, es necesario seguir evaluando otras formas de control de arvenses en el nogal pecanero en la Región Lagunera.

Palabras clave: arvenses, control sustentable, costo, nogal.

INTRODUCCIÓN

El control de arvenses (malezas) en los agroecosistemas con superficies grandes se hace utilizando herbicidas químicos y maquinaria (Jhala *et al.*, 2021; Kniss, 2018). No obstante, el uso constante de ingredientes activos ha provocado que muchas especies de arvenses han desarrollado resistencia a éstos, siendo las gramíneas con mayor número de especies registradas, aunque en maleza de hoja ancha se ha presentado en más familias botánicas (Burgos *et al.*, 2013). Además, se ha observado que cada vez hay más especies con resistencia y el número de sitios de acción en los últimos 30 años no se ha incrementado (Westwood *et al.*, 2018). A pesar de la efectividad del control químico de arvenses, también existen otras formas de control como el control mecánico, que consiste en el corte de maleza con el uso de desvaradoras o chaponeadoras con tractor, que es muy efectivo en árboles frutales como el nogal pecanero, o el uso de arados y otros aperos en cultivo en hileras (Kennedy *et al.*, 2020). El uso de acochados sintéticos es otra tecnología muy utilizada en hortalizas que en combinación con el riego localizado reducen eficientemente el crecimiento de maleza (Massa *et al.*, 2019). Además de este tipo de cobertera, existen las orgánicas, ya sean muertas o vivas que han tenido buenos resultados en algunos frutales (Valles, 2006). Otro método de control es el biológico, que es muy específico para ciertas malezas, ejemplo de ello es el caso del control de correhuela con el ácaro agallador (*Aceria malerbae*), iniciado en Estados Unidos y recientemente en el norte de México (Rodríguez, 2009; Sosnoskie *et al.*, 2020). Otra alternativa reciente es el uso de bioherbicidas, que pueden contener metabolitos de plantas o microorganismos, y en algunos casos los propios microorganismos para el control

de maleza (Kumar *et al.*, 2020; Radhakrishnan *et al.*, 2018) y la bioremediación. Pues se ha observado que la presencia de N-fosfonometil glicina en los suelos agrícolas modifica la actividad enzimática, estructura, composición y diversidad de las comunidades microbianas (Allegrini *et al.*, 2017).

Recientemente, el manejo agroecológico o integrado de malezas promueve el uso de dos o más métodos en los agroecosistemas, aunque aún hace falta desarrollar este tipo de sistemas integrados ya que existen pocos trabajos que demuestren éxito con los productores, es por ello que en esta investigación tuvo como objetivo evaluar la efectividad en el control de malezas usando coberteras y herbicidas orgánicos en nogal pecanero de la Región Lagunera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las evaluaciones se llevaron a cabo en nogaleras ubicadas en los municipios de Gómez Palacio (Gregorio García) y Peñón Blanco, Durango. Los tratamientos establecidos fueron malla cubre suelo, paja de avena, poda de maleza (cinco años continuos), testigo sin control de maleza y testigo con control químico (N-fosfonometil glicina), además de dos herbicidas orgánicos evaluados en Peñón Blanco. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos con tratamientos aleatorizados, tomando como unidad experimental un árbol de nogal con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fue la fertilidad química inicial del suelo de 0-40 cm cada 10 cm. Se determinó la biodiversidad de malezas y su clasificación en hoja ancha o angosta. Los herbicidas orgánicos (HO) asperjados fueron dos: uno (HO1) a base de gordolobo, aceite de coco, resina de pino, hongo puccinia y papaina a dosis de 10 mL·L⁻¹ de producto comercial, y otro (HO2), contenía aceite de conífera, extracto de *Datura stramonium*, extracto de plantas alelopáticas, metabolitos de *Puccinia* spp. y aceite de coco no hidrogenado a dosis de 15 mL·L⁻¹ de producto comercial. Estos herbicidas se aplicaron con agua destilada en mezcla con adherente (1 mL·L⁻¹) y urea foliar (2% (p/v) como potenciadores. Para dicha actividad se utilizó una mochila aspersora motorizada calibrando a un volumen de 200 litros/ha y utilizando la boquilla 11003. La aplicación se hizo entre las 10 y 11 am para evitar viento y favorecer el mayor tiempo de contacto de los productos con la hoja de las malezas. El control de malezas se expresó en porcentaje con base en la escala EWRC (Ekhaton *et al.*, 2018), cuyos valores menores a 20 fueron transformados mediante la función arsin con el software estadístico SAS/STAT 9.0 (SAS Institute Inc., 2002). También se registraron los costos de los tratamientos como parte de las variables. Las variables fueron analizadas mediante la prueba de medias de Tukey ($\alpha < 0.05$) y un análisis de varianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La biodiversidad de malezas está estrechamente relacionada con el clima, pues como pudo observarse, el clima local tiene una influencia importante en la Región Lagunera, pues además del manejo, la precipitación marca una gran diferencia entre localidades, pues en Peñón Blanco es mayor en comparación con Gómez Palacio y La Partida de acuerdo con datos históricos (1981-2010) oficiales (SMN-CONAGUA, 2021). La temperatura en Peñón Blanco varía de 11.8°C a 22.5°C, mientras que Gómez Palacio es de 10.3°C-26.1°C. Estas diferencias de temperatura y precipitación están relacionadas con mayor diversidad de malezas en para Peñón Blanco que Gregorio García, siendo las gramíneas las especies predominantes como se muestra en el Cuadro 1. Las cuales aportan mayor cantidad de biomasa que se incorpora al suelo (poda de maleza) en comparación con las malezas de hoja ancha, y que favorece la fertilidad del suelo como ya se ha indicado por otros investigadores (Storkey y Neve, 2018).

Cuadro 1. Población de malezas y su aporte de biomasa al suelo mediante poda.

Sitio	Tipo de Maleza	% de la población	Población (plantas·ha ⁻¹)	Biomasa seca (ton·ha ⁻¹ ·año ⁻¹)
Peñón Blanco	Hoja angosta ¹	79.60	17,611,111	16.336
	Hoja ancha	20.40	4,513,889	4.637

¹Población de tallos por unidad de superficie.

La fertilidad química del suelo varía significativamente por el método de control de malezas como se observa en la Figura 1. Donde los cationes solubles se incrementaron significativamente en la primera capa muestreada (0-10 cm), la cual disminuye con la profundidad del suelo. Y esa misma tendencia observó en la conductividad eléctrica (Figura 1e), pues es una medida del contenido de iones en la solución del suelo. Es probable que la densidad del suelo sea más baja en esa misma capa debido a la incorporación al suelo de la biomasa podada de la maleza (Figura 1d).

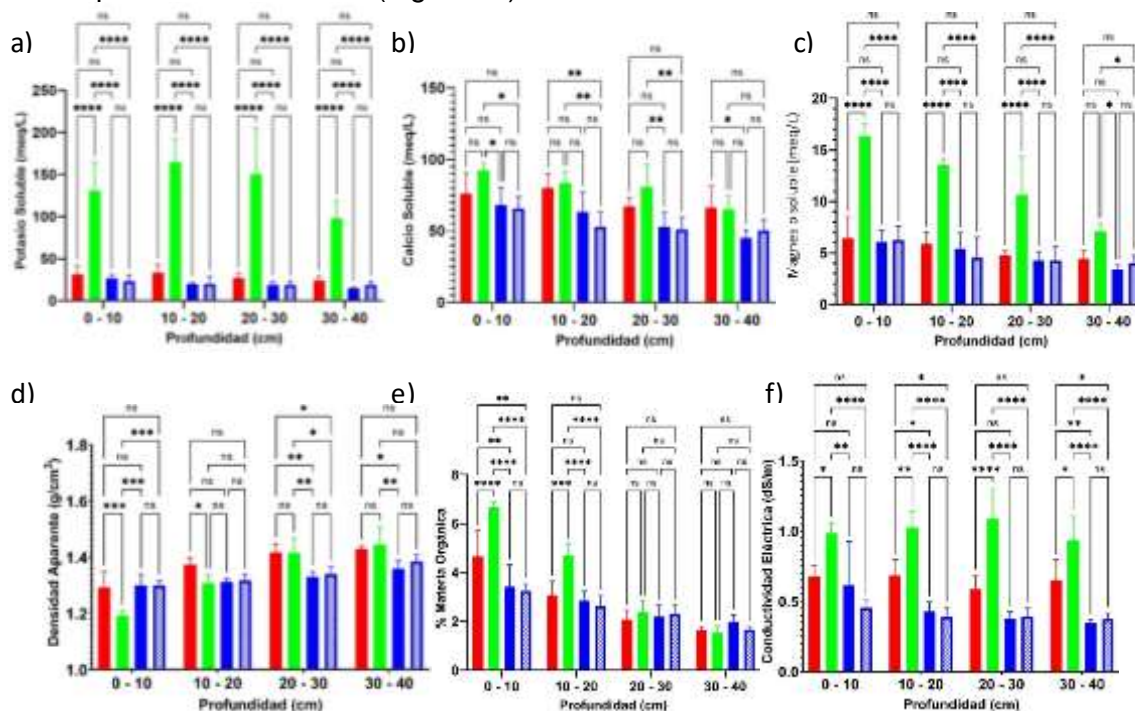


Figura 1. Efecto del control de maleza sobre el contenido potasio (a), calcio (b) y magnesio (c) solubles y densidad aparente (d) y contenido de MO (e) y conductividad eléctrica (f) del suelo mediante poda (barras verdes), control químico con N-fosfometil glicina (barras rojas), malla cubre suelo (barras azules sólidas) y paja de avena (barras azules con trama) en nogal pecanero.

El control de malezas en el agroecosistema nogal mediante poda tiene efectos positivos en la fertilidad del suelo, pues como se observó, el contenido de macronutrientes como el NO_3^- , Ca^{2+} , K^+ y Mg^{2+} se incrementa, y algunos parámetros importantes como el contenido de materia orgánica y la densidad aparente mejoran para el cultivo sobre todos en las primeras capas del suelo como se ha demostrado en otras investigaciones (Martínez *et al.*, 2019; Naranjo *et al.*, 2020).

La efectividad biológica del HO1 a base de gordolobo, aceite de coco, resina de pino, hongo puccinia y papaína tuvo un control similar al del testigo químico (Figura 1a), no obstante, el porcentaje de control fue menor a los 28 dda con 75.70% en comparación el mismo testigo ($\alpha=0.05$). Su control sobre malezas de hoja ancha fue más lento que sobre maleza de hoja angosta. El HO2 compuesto de aceite de conífera, extracto de *Datura stramonium*, extracto de plantas alelopáticas, metabolitos de *Puccinia* spp. y aceite de coco no hidrogenado, también tuvo un patrón de control de malezas similar al testigo químico (Figura 1b) y con porcentajes de control similares a los 21 dda, aunque a los 28 dda fue significativamente menor al testigo regional (85.01%) con 82.51% ($\alpha=0.05$). Su control fue total, aunque en malezas de hoja ancha fue más lento que en malezas de hoja angosta.

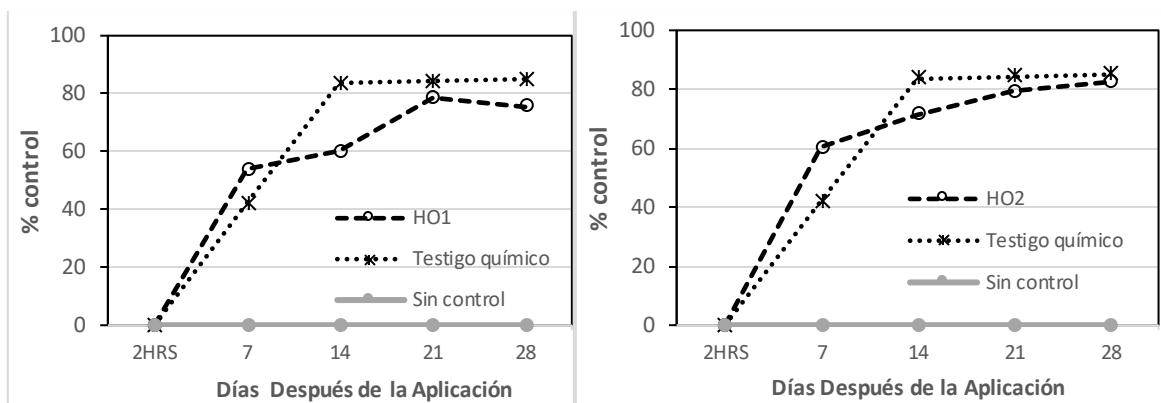


Figura 2. Efectividad biológica en el control de malezas de los HO1, HO2, testigo químico y testigo sin control en nogal pecanero (Peñón Blanco, Durango).

La efectividad biológica de los herbicidas es muy apreciada por productores y técnicos en campo, no obstante, el costo por aplicar dichos productos es otro factor determinante al momento de elegir dichos productos. En el Cuadro 2, se indica el monto invertido en los tratamientos establecidos para el manejo de malezas en nogal pecanero. En una primera aplicación, se estimó la inversión por aplicación la cual es de aproximadamente el doble como se observa en el Cuadro 2 y la Figura 3. A reserva de determinar el número de aplicaciones subsecuentes a lo largo de un ciclo de manejo del nogal, es costo por el uso de herbicidas orgánicos es elevado para un manejo convencional. Sin embargo, los productores pueden optar por un manejo orgánico de las nogaleras para dar un valor agregado de la nuez y poder cubrir el costo de éstos nuevos tratamientos. El uso de la desvaradora puede ser una opción viable, aunque debe ser evaluada por más tiempo.

Cuadro 2. Costo parcial por ha de los herbicidas aplicados en nogal pecanero para el control de malezas (una aplicación).

Concepto	Testigo químico*	HO1	HO2	Desvaradora
Dosis (L/ha)	2 L/ha	2 L/ha	3 L/ha	---
Costo/Litro	\$190.00	\$520.00	\$350.00	---
Costo/ha	\$380.00	\$1,040.00	\$1,050.00	---
Jornales/ha	\$250.00	\$250.00	\$250.00	\$250.00
Combustible	\$50.00	\$50.00	\$50.00	\$250.00
Renta	---	---	---	\$300.00
Pasos/ciclo	---	---	---	1
Costo/ha	\$680.00	\$1,340.00	\$1,350.00	\$800.00

*N-fosfometil glicina; HO1: herbicida orgánico 1 (gordolobo, aceite de coco, resina de pino, hongo puccinia, papaina); HO2: herbicida orgánico 2 (aceite de conífera, extracto de *Datura stramonium*, extracto de plantas alelopáticas, metabolitos de *Puccinia* spp., aceite de coco no hidrogenado).

Cuadro 3. Costo parcial por ha de las coberteras evaluadas en nogal pecanero para el control de malezas.

Concepto	Malla cubre suelo	Cobertura muerta*
Árboles/ha	160	160
\$/unidad	\$4,400.00	\$270.00
\$/ha de producto	\$70,400.00	\$28,800.00
Jornales/ha (\$250)	(8) \$2,000.00	(4) \$1,000.00
\$/ha/mes	(\$72,400/36) \$2,012.00 [†]	(\$29,800/12) \$2,484.00

*Paja de avena; [†]durabilidad de la malla cubre suelo de 5 años;

Una de las ventajas de la malla cubre suelo es que puede facilitar la recolección de nuez durante la cosecha pues soporta el paso de tractores agrícolas y personas. Esta cobertura sintética no ha permitido el crecimiento de maleza hasta diciembre, a diferencia de la cobertura vegetal en la que el zacate grama y johnson pudieron crecer a pesar de tener un grosor de 15 cm.

El costo de producción del nogal es de aproximadamente \$60,000 (Reyes y Urrea, 2016), lo que significa que si se consideran tres aplicaciones del testigo regional (\$680/ha) el costo por ciclo es de \$2,040/ha, lo cual representa el 3.4% del costo de producción aproximadamente. Esto significa que los tratamientos evaluados cuestan dos o tres veces más que el testigo regional como lo muestra la Figura 3, siendo la poda de maleza con desvaradora y control localizado de maleza con N-fosfonometil glicina es el que más se acerca al testigo químico con potencial a ser adoptado por los productores, quienes en la Región Lagunera aún no están implementando dicho manejo en su gran mayoría.

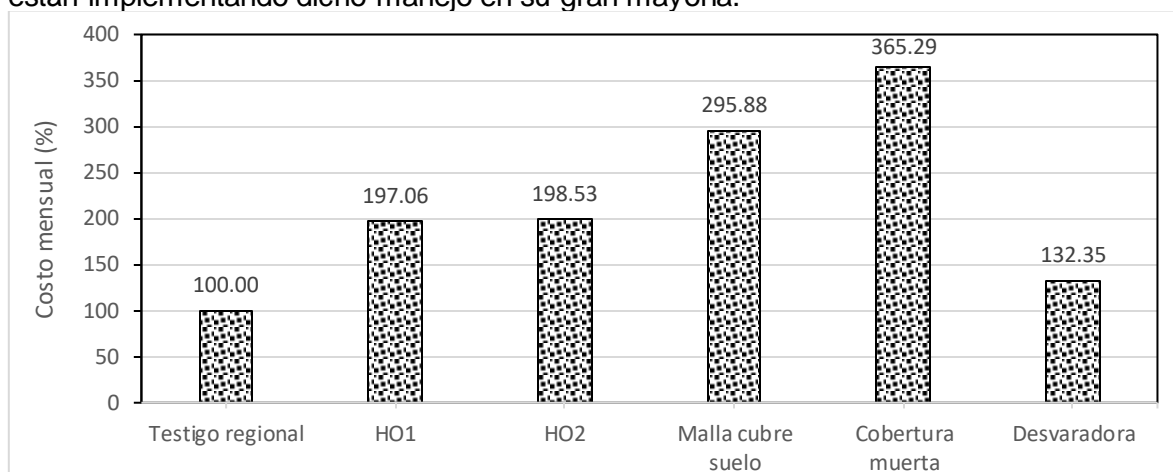


Figura 3. Costo relativo de los métodos de control de maleza implementados en nogal pecanero en comparación el testigo químico (N-fosfonometil glicina).

Es posible que al combinar algunos métodos de control como la malla cubre suelo y poda de maleza o la aplicación localizada de herbicidas orgánicos pueda reducir el costo del control de malezas con las ventajas de reducir el impacto al ambiente y reducción de riesgos para los productores y jornaleros agrícolas.

CONCLUSIONES

La poda de maleza mantiene la biodiversidad de malezas de hoja angosta principalmente, mejora la disponibilidad de nutrimentos del suelo e incorpora biomasa fresca aumentando el contenido de materia orgánica mejorando algunos parámetros de la fertilidad física como la densidad del suelo en las primeras capas del suelo.

El uso de malla cubre suelo controla en su totalidad la maleza y los herbicidas orgánicos pueden ser tan efectivos como el testigo químico en nogal pecanero. Desde el punto de vista económico, el costo del testigo químico es más bajo en comparación con los tratamientos establecidos para el control de malezas en nogal, por tal razón es necesario seguir evaluando tratamientos prometedores como el uso de malla cubre suelo, poda de maleza y herbicidas orgánicos.

LITERATURA CITADA

Allegrini M., Gomez E., Zabaloy C. (2020). Acute glyphosate exposure does not condition the response of microbial communities to a dry–rewetting disturbance in a soil with a long history of glyphosate-based herbicides. *Soil* 6, 291-297. doi: <https://doi.org/10.5194/soil-6-291-2020>

- Burgos N. R., Tranel P. J., Streibing J. C., Davis V. M., Shaner D., Norsworthy J. K., Ritz C. (2013). Review: Confirmation of Resistance to Herbicides and Evaluation of Resistance Levels. *Weed Science* 61(1), 4-20. doi: <https://doi.org/10.1614/WS-D-12-00032.1>
- Ekhator F., Ola O. T., Ikuenobe C. E. 2018. Effectiveness of tank mixture of glyphosate plus metsulfuron for weed control in a juvenile oil palm in Nigeria. *International Journal of Agronomy and agricultural Research*. 13(1): 29-38. En línea: <https://innspub.net/ijaar/effectiveness-tank-mixture-glyphosate-plus-metsulfuron-weed-control-juvenile-oil-palm-nigeria/>
- Jhala A. J., Norsworthy J. K., Ganie Z. A., Sosnoskie L. M., Beckie H. J., Mallory-Smith C. A., Liu J., Wei W., Wang J., Stoltenberg D. E. (2021). Pollen-mediated gene flow and transfer of resistance alleles from herbicide-resistant broadleaf weeds. *Weed Technol.* 35(2), 173–187. doi: <https://doi.org/10.1017/wet.2020.101>
- Kennedy H. J., Fennimore S. A., Slaughter D. C., Nguyen T. T., Vuong V. L., Raja R., Smith R. F. (2020) Crop signal markers facilitate crop detection and weed removal from lettuce and tomato by an intelligent cultivator. *Weed Technol.* 34, 342–350. doi: [10.1017/wet.2019.120](https://doi.org/10.1017/wet.2019.120)
- Kniss A. R. (2018). Genetically engineered herbicide-resistant crops and herbicide-resistant weed evolution in the united states. *Weed Science* 66(2), 260-273. doi: <https://doi.org/10.1017/wsc.2017.70>
- Kumar V., Obour A., Jha P., Liu R., Manuchehri M. R., Dille J. A., Holman J., Stahlman P. W. (2020) Integrating cover crops for weed management in the semiarid U.S. Great Plains: opportunities and challenges. *Weed Sci.* 68, 311–323. doi: [0.1017/wsc.2020.29](https://doi.org/10.1017/wsc.2020.29)
- Martínez D. G. 2019. Efecto de la maleza como cobertera en la fertilidad del suelo y rendimiento de nogal pecanero. *Revista Mexicana de ciencias Agrícolas*. 10: 1: 1223-130. En línea: <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/publicaciones>
- Massa D., Benvenuti S., Cacini S., Lazzereschi S., Burchi G. 2019. Effect of hydro-compacting organic mulch on weed and crop performance in the cultivation of three container-grown ornamental shrubs: old solutions meet new insights. *Scienti Horticulturae* 252: 260-267. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.03.053>
- Naranjo L. S., Obrador O. J. J., Domínguez R. V. I. 2020. Arvences en un suelo cultivado con caña de azúcar con fertilización mineral y abono verde. *Polibotánica*. 1: 50: 119-135. doi: [10.18387/polibotanica.50.9](https://doi.org/10.18387/polibotanica.50.9)
- Radhakrishnan R., Alqarawi A. A., Abd_Allah E. F. 2018. Bioherbicides: current knowledge on weed control mechanism. *Ecotoxicology and Environmental safety*. 158:131138. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.04.018>
- Reyes V. N. C., Urrea L. R. 2016. Retos y oportunidades para el aprovechamiento de la nuez pecanera en México. Centro de Investigación y Asistencia en tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A. C. Guadalajara, Jalisco, México. 111 p. ISBN 978-607-9742-1-8-8.
- Rodríguez N. S. 2009. Introducción de *Aceria malherbae* Nuzzaci (Acari: Eriophyidae) para el control biológico de *Convolvulus arvensis* L. (Solanales: *Convolvulaceae*) en el estado de Sonora, México. *Revista Protección Vegetal*. 24: 2: 136. En línea: <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v24n2/rpv13209.pdf>
- SAS Institute Inc. 2016. SAS/STAT user's manual. Versión 9.4 para Windows. SAS Institute. Cary, NC, USA. https://www.sas.com/es_mx/home.html
- SMN-CONAGUA. (2021). Base de datos climatológicos 1980-2020. Estaciones Francisco I. Madero (5180) y Cartagena (10168). Comisión Nacional del Agua. En línea: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>. Consultado el 15 de junio de 2022.
- Sosnoskie L. M., Hanson B. D., Steckel L. E. 2020. Field bindweed (*Convolvulus arvensis*): “all tied up”. *Weed Technology* 34:916-921. doi: <https://doi.org/10.1017/wet.2020.61>
- Storkey J., Neve P. 2018. What good is weed diversity?. *Weed Research*. 58:239-243. doi: <https://doi.org/10.1111/wre.12310>
- Valles B., Castillo E. 2006. Experiencias en el establecimiento de *Arachis pintoi* Krapov & W. C. Greg. como cobertura en cítricos de Veracruz, México. *Avances en Investigación*

Agropecuaria. 10: 1: 73-88. ISSN 0188789-0.
Westwood J. H., Charudattan R., Duke S. O., Fennimore S. A., Marrone P., Slaughter D. C.,
Swanton C., Zollinger R. (2018) Weed Management in 2050: Perspectives on the
Future of Weed Science. Weed Sci. 66, 275–285. doi:
<https://doi.org/10.1017/wsc.2017.78>

EFFECTO DEL COADYUVANTE EN HERBICIDAS ORGÁNICOS A BAJAS DOSIS ALTERNATIVOS AL GLIFOSATO

Ma. Eugenia Cisneros López^{1*}, Martín Espinosa Ramírez¹, Rosendo Hernández Martínez¹ y Enrique Rosales Robles²

¹Campo Experimental Río Bravo, INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61. Río Bravo, Tamaulipas. ²Consultor independiente. *cisneros.maria@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los herbicidas orgánicos son una alternativa ecológica al uso del Glifosato. El alto costo de los biopesticidas es uno de los factores que limitan su expansión. El objetivo del experimento fue disminuir la dosis de los bioherbicidas, al utilizar coadyuvantes para mejorar su efectividad y costo. El experimento se estableció en el CERIB-INIFAP, bajo riego y pre siembra. Previo a la aplicación, se cuantificó número y tipo de malezas (m^2). El diseño experimental fue bloques al azar en arreglo factorial con cuatro repeticiones. Los herbicidas (HE): Glifosato ($690 \text{ g i.a ha}^{-1}$) como testigo, los herbicidas orgánicos comerciales: SEC Natural y Herbitech, con dosis (D): 2.3, 1.72 y 1.15 L ha^{-1} . Coadyuvante (CO): Bionex (15 ml L^{-1}) y Sulfato de amonio (2.0 g L^{-1}). La aplicación se realizó el 07-09-2021 con una aspersora de mochila motorizada, boquillas de abanico plano 8003, presión 275 kPa con un volumen de aspersión de 230 L ha^{-1} . Evaluación 7, 14 y 21 días después de la aplicación (DDA). Las malezas con mayor densidad fueron: *S. elaeagnifolium* (19 m^2), *A. palmeri* (9 m^2) y pastos (16 m^2) [*P. fasciculatum*, *P. reptans* y *L. filiformis*]. Los factores de mayor peso estadístico fueron: HE (56.8 %) y DDA (22.9 %); con menor valor, D (3.3 %) y CO (2.9 %); sin efecto la interacción HExCO. El valor estadístico de las interacciones del 2º (8.8 %) y 3º (4.8 %) fueron bajos. El coadyuvante no aumentó el grado de control de los bioherbicidas (11-60 %) versus Glifosato (75-90 %).

Palabras clave: control, efectividad, malezas, pre siembra, sinergismo

ABSTRACT

Organic herbicides are an ecological alternative to the use of Glyphosate. The high cost of biopesticides is one of the factors limiting their expansion. The objective of the experiment was to reduce the dose of bioherbicides, by using adjuvants, to improve their effectiveness and cost. The experiment is established in the CERIB-INIFAP, under irrigation and pre-sowing. Prior to application, the number and type of weeds (m^2) were quantified. The experimental design was randomized blocks in a factorial arrangement with four replications. Herbicides (HE): Glyphosate ($690 \text{ g i.a ha}^{-1}$) as control, commercial organic herbicides: SEC Natural and Herbitech, with doses (D): 2.3, 1.72 and 1.15 L ha^{-1} . Coadjuvant (CO): Bionex (15 ml L^{-1}) and Ammonium sulfate (2.0 g L^{-1}). The application was carried out on 07-09-2021 with a motorized backpack sprayer, 8003 flat fan nozzles, pressure 275 kPa and spray volumen of 230 L ha^{-1} .

Evaluation 7, 14 and 21 days after application (DDA). The weeds with higher density: *S. elaeagnifolium* (19 m²), *A. palmeri* (9 m²) and grasses (16 m²) [*P. fasciculatum*, *P. reptans* and *L. filiformis*]. The factors with the greatest statistical weight were: HE (56.8 %) and DDA (22.9 %); with lower value, D (3.3 %) and CO (2.9 %); without effect the HExCO interaction. The statistical value of the interactions of 2° (8.8 %) and 3° (4.8 %) was low. The adjuvant does not increase the degree of control of bioherbicides (11-60 %) versus Glyphosate (75-90 %).

Keywords: control, effectiveness, pre planting, synergism, weeds

INTRODUCCIÓN

Desde la década de los 70's y 80's se generalizó el concepto de la agricultura orgánica (Niggli *et al.*, 2017); una de sus metas era prohibir, prácticamente todos los pesticidas y fertilizantes sintéticos (Reganold y Wachter, 2016). Los biopesticidas, son una alternativa ecológica para el control de problemas fitosanitarios. Los pesticidas botánicos son una mezcla de metabolitos secundarios con varios modos de acción (Reddy y Chowdary, 2021). En general no tienen protocolos para estandarizar el proceso de manufactura, ni para la determinación de la dosis de los principios activos, además; presentan susceptibilidad a factores ambientales y estabilidad efímera (Fenibo *et al.*, 2021). La mayoría no están registrados, por lo tanto, es una limitante para su comercialización (Chandler *et al.*, 2011; Marrone, 2019). La sociedad, los identifica como productos seguros (Kumar *et al.*, 2021); sin embargo, poco se ha explorado sobre su impacto ambiental (Akutse *et al.*, 2020). El mercado de estos productos, es la agricultura orgánica (Niggli *et al.*, 2017) y su disponibilidad es limitada, ya que están sujetos a la disponibilidad de la materia prima inicial, por lo tanto, este factor afecta los costos de producción y el precio final del producto (Popp *et al.*, 2013). Una estrategia para mejorar la efectividad de los pesticidas, es utilizar coadyuvantes. Los coadyuvantes son compuestos que agregados al agua, tienen como propósito corregir la calidad física y química del agua, mejorar la actividad de los pesticidas, la calidad de la pulverización, en consecuencia, la eficiencia de la aplicación (Cunha y Alves, 2009). El objetivo de este experimento fue identificar el mejor tratamiento alternativo al Glifosato, al disminuir la dosis de los bioherbicides, al utilizar coadyuvantes para mejorar su efectividad y costo. La justificación de este trabajo fue el decreto que prohíbe el glifosato, en México (DOF: 31/12/2020).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el lote C2 bajo labranza convencional del Campo Experimental Río Bravo (CERIB), INIFAP (25° 57' 16.9" N, 98° 01' 05.7" O; altitud 25 msnm), durante el ciclo agrícola P-V 2021, en condiciones de riego. Previo a la aplicación de los tratamientos se cuantificó la frecuencia y tipo de malezas, los datos se expresaron en número de plantas por m². El diseño experimental fue bloques al azar con arreglo factorial con cuatro

repeticiones, y el tamaño de la parcela experimental consistió de cuatro surcos de 0.8 m por 5 metros de largo (16 m²). En el Cuadro 1 se muestran los tratamientos con sus respectivas dosis. Los herbicidas fueron: el herbicida sintético Faena® o Glifosato (sal de potasio N-fosfonometil-glicina a 363 g i.a. L⁻¹), como testigo regional; además, dos herbicidas orgánicos comerciales: SEC Natural (aceite de conífera 40 %, *Datura stramonium* 10 %, plantas alelopáticas 42 %, metabolitos de *Puccinia* ssp 2 % y aceite de coco hidrogenado 6.0 %) y Herbitech (gordolobo 20 %, aceite de coco 20 %, resina de pino 20 %, *Puccinia* ssp 20 % y papaína 20 %); como coadyuvante se usó Bionex (alcohol tridecílico polioxietilenado 200 g L⁻¹ + Nonil fenol polioxietilenado 50 g L⁻¹ + Propilenglicol 54 g/L) a 15 ml L⁻¹ de agua. Sulfato de amonio a dosis del 2.0 g L⁻¹ agua. La fecha de aplicación de los tratamientos fue el 07/09/2021 con una aspersora de mochila motorizada con boquillas de abanico plano 8003 con una presión de salida de 275 kPa con un volumen de aspersión equivalente a 230 L ha⁻¹.

Cuadro 1. Tratamientos de herbicidas y coadyuvantes. P-V, 2021. CERIB-INIFAP. Río, Bravo, Tamaulipas.

Número	Descripción	Dosis	Coadyuvante
T1	Sin control	0	0
T2	Glifosato	690 g i.a	Bionex
T3	Glifosato	690 g i.a	Sulfato de amonio
T4	SEC Natural	2.3 L ha ⁻¹	Bionex
T5	SEC Natural	2.3 L ha ⁻¹	Sulfato de amonio
T6	SEC Natural	1.15 L ha ⁻¹	Bionex
T7	SEC Natural	1.15 L ha ⁻¹	Sulfato de amonio
T8	SEC Natural	1.72 L ha ⁻¹	Bionex
T9	SEC Natural	1.72 L ha ⁻¹	Sulfato de amonio
T10	Herbitech	2.3 L ha ⁻¹	Bionex
T11	Herbitech	2.3 L ha ⁻¹	Sulfato de amonio
T12	Herbitech	1.15 L ha ⁻¹	Bionex
T13	Herbitech	1.15 L ha ⁻¹	Sulfato de amonio
T14	Herbitech	1.72 L ha ⁻¹	Bionex
T15	Herbitech	1.72 L ha ⁻¹	Sulfato de amonio

Se hicieron tres evaluaciones visuales 7, 14 y 21 (DDA) en el mes de septiembre del año 2021, cada siete días después de la aplicación (Cuadro 2), con la Escala de puntuación de la EWRS (European Weed Research Society) para evaluar control y fitotoxicidad al cultivo y su interpretación agronómica y porcentual (Silva *et al.*, 2005).

Cuadro 2. Escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de maleza y fitotoxicidad al cultivo por herbicidas.

Valor	Control de maleza (%)	Efecto sobre la maleza	Fitotoxicidad al cultivo (%)	Efecto sobre el cultivo
1	99.0-100.0	Muerte	0.0-1.0	Sin efecto
2	96.5-99.0	Muy buen control	1.0-3.5	Síntomas muy ligeros
3	93.0-96.5	Buen control	3.5-7.0	Síntomas ligeros
4	87.5-93.0	Control suficiente	7.0-12.5	Síntomas evidentes sin efecto al rendimiento
5	80.0-87.5	Control medio	12.5-20.0	Daño medio
6	70.0-80.0	Control regular	20.0-30.0	Daño elevado
7	50.0-70.0	Control pobre	30.0-50.0	Daño muy elevado
8	1.0-50.0	Control muy pobre	50.0-99.0	Daño severo
9	0.0-1.0	Sin efecto	99.0-100.0	Muerte

El análisis de la varianza se realizó bajo un análisis combinado, al utilizar los datos de los tres muestreos. Los factores fueron: herbicidas (HE), dosis del herbicida (D), coadyuvante (CO) y días después de la aplicación o fecha de muestreo (DDA). Además, se calcularon las interacciones de segundo y tercer orden. El análisis de varianza se realizó con PROC GLM, y la comparación de medias con Tukey ($P \leq 0.05$), se utilizó el paquete estadístico SAS versión 9.3.1 (SAS, 2006). Los datos de control de maleza fueron transformados por arcoseno de la raíz cuadrada de $X/100$ antes de su análisis para homogeneizar varianzas. Los resultados mostrados en las tablas fueron las medias de los datos originales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las especies de malezas presentes antes de la aplicación de los tratamientos fueron: *Solanum elaeagnifolium* L. o trompillo (19 m^2) con un altura variable de planta 3 a 10 cm; *Amaranthus palmeri* L. o quelite (9 m^2) con un altura de 3 cm; zacates o pastos (16 m^2) estos datos corresponden a tres especies las cuales se identificaron en forma posterior zacate espiga (*Panicum fasciculatum* Sw.), zacate guiador (*Panicum reptans* L.) y zacate liendrilla (*Leptochloa filiformis* (Lam) Beauv.) ya que en estado de plántula (2 a 3 hojas verdaderas) no se pueden identificar fácilmente porque crecen asociados. En menor proporción estuvieron; *Euphorbia serpens* Kunth. o hierba de la golondrina (3 m^2) desde 1 a 5 cm de longitud, especie de hoja ancha tipo rastrera y *Partenium hysterophorus* L. o amargosa (2 m^2), con una altura de planta de 2 a 3 cm. Estas especies han sido previamente reportadas en la región del Norte de Tamaulipas donde se cultiva sorgo y maíz (Rosales *et al.*, 2011).

El análisis de la varianza mostró que el tipo de herbicida (56.8 %) contribuyó a explicar la mayor parte de la varianza total del experimento, en el control de las malezas de hoja ancha

y hoja angosta (Cuadro 3); también se observó un efecto significativo del tiempo después de la aplicación (22.9 %) en quelite, pastos y hierba de la golondrina, pero no en trompillo. Una diferencia en este grupo de malezas, es su ciclo de vida. El trompillo se diferencia del resto de especies porque es una maleza perenne que se reproduce por semilla y rizomas (Chalghaf, 2007). La dosis del herbicida solo tuvo efecto en el control de los pastos. En el ANOVA, hubo cuatro factores principales (HE, D, CO y DDA), el factor que presentó menor efecto en los resultados fue el coadyuvante (2.9 %); por otra parte, hubo efecto significativo en la interacción de HExDxCO para el control del quelite y la hierba de la golondrina.

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de la varianza. P-V, 2021. CERIB-INIFAP. Río, Bravo, Tamaulipas.

F.V.	gl	Trompillo	Quelite	Pastos	H. golondrina	V.A (%)
HE	3	21619**	23658**	22916**	12806**	56.8
D	2	606 ns	891 ns	2198*	1034 ns	3.3
B	3	126 ns	181 ns	219 ns	62 ns	0.4
HE x D	6	143 ns	20 ns	1143*	539 ns	1.3
CO	1	477 ns	3407*	23 ns	271 ns	2.9
HE x CO	3	163 ns	720 ns	318 ns	334 ns	1.1
D x CO	2	253 ns	862 ns	376 ns	438 ns	1.4
HE x D x CO	6	12 ns	2533*	376 ns	2740*	4.0
DDA	2	959 ns	1951**	16728*	12977**	22.9
HE x DDA	6	598 ns	242	1751*	575 ns	2.1
D x DDA	4	814*	1727**	743 ns	870 ns	2.9
CO x DDA	2	56 ns	22 ns	55 ns	18 ns	0.1
HE x D x CO x DDA	12	146 ns	370	120 ns	574 ns	0.8

F.V: Fuentes de variación. HE: herbicida, D: dosis, CO: coadyuvante, DDA: Días después de la aplicación y B: Bloque y gl: grados de libertad. Interacciones: HExD, HExCO, HExDDA, DxCO, HExDxCO, HExDxDDA y DxCOxDDA. Pastos (*Panicum fasciculatum*, *Panicum reptans* y *Leptochloa filiformis*). V.A: varianza acumulada. Significancia **($P \leq 0.01$); *($P \leq 0.05$) y ns: no significativo.

En general el valor estadístico de las interacciones fue bajo, porque explicaron las de 2^o (8.8 %) y 3^o (4.8 %) de la varianza respectivamente (Cuadro 3). Solo se formaron tres interacciones con valor significativo: HExD para el control de pastos y la interacción HExDDA para quelite y trompillo. La adición de un coadyuvante tiene como finalidad aumentar y mejorar significativamente la eficacia de un herbicida al disminuir la concentración total del herbicida requerido, para lograr un efecto determinado (Bunting *et al.*, 2004). En este experimento se pudo observar que la interacción entre el herbicida y coadyuvante (HExCO), no presentó efecto significativo en ninguna de las especies de malezas evaluadas; porque no influyó en su control (Cuadro 4).

De acuerdo a la comparación de medias con relación al promedio de los tres muestreos los mejores tratamientos fueron T2 y T3 el testigo regional con Glifosato, en combinación de Bionex o Sulfato de amonio como coadyuvantes (Cuadro 4). Según la escala visual de daño a la maleza de la EWSE para trompillo (75 % y 83 %); quelite (87 % y 85 %) y pastos (82 % y 75 %) el nivel de control fue medio y para la hierba de la golondrina (87 % y 90 %) fue de

control suficiente. Hao *et al.* (2019), en el pasto pata de gallo (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.), reportan que al usar el coadyuvante KAO® A-134 (A-134), no iónico similar al Bionex, a dosis de 0.0 a 0.025, 0.05, 0.1 y 0.2 % y concentración del Glifosato de 500 g i.a ha⁻¹ y 700 g i.a ha⁻¹ bajo condiciones de invernadero, el efecto en el control de la maleza se debió más a la concentración del herbicida que a la concentración del coadyuvante; bajo condiciones de campo se presentó interacción entre la dosis del herbicida y la dosis del coadyuvante, lo cual no ocurrió en este experimento.

Cuadro 4. Comparación de medias. P-V, 2021. Río, Bravo, Tamaulipas.

T	Trompillo	Quelite	Pastos	H. golondrina	Precio unitario HE (\$)	Costo ha ⁻¹ (\$)	P:P
T1	0 c	0 c	0 c	0 c	0	0	0
T2	75 a	87 a	82 a	87 a	150	375	0
T3	83 a	85 a	75 a	90 a	150	375	0
T4	36 b	27 b	54 b	55 b	729	1,677	4.5
T5	44 b	38 b	50 b	58 b	729	1,677	4.5
T6	33 b	19 c	25 c	40 b	729	838	2.2
T7	38 b	46 b	33 b	63 b	729	838	2.2
T8	31 b	28 b	33 b	50 b	729	1,254	3.3
T9	27 b	17 c	17 c	48 b	729	1,254	3.3
T10	35 b	22 b	22 c	50 b	385	886	2.4
T11	39 b	28 b	25 c	54 b	385	886	2.4
T12	23 b	22 b	19 c	65 b	385	443	1.2
T13	31 b	37 b	19 c	43 b	385	443	1.2
T14	23 b	11 c	12 c	28 c	385	662	1.8
T15	26 b	39 b	21 c	43 b	385	662	1.8

HE: Herbicida, T: Tratamiento. T1: sin control, T2: Glifosato + Bionex, T3: Glifosato + Sulfato de amonio, T4: SEC Natural (2.3 L ha⁻¹) + Bionex, T5: SEC Natural (2.3 L ha⁻¹) + Sulfato de amonio, T6: SEC Natural (1.15 L ha⁻¹) + Bionex, T7: SEC Natural (1.15 L ha⁻¹) + Sulfato de amonio, T8: SEC Natural (1.72 L ha⁻¹) + Bionex, T9: SEC Natural (1.72 L ha⁻¹) + Sulfato de amonio, T10: Herbitech (2.3 L ha⁻¹) + Bionex, T11: Herbitech (2.3 L ha⁻¹) + Sulfato de amonio, T12: Herbitech (1.15 L ha⁻¹) + Bionex, T13: Herbitech (1.15 L ha⁻¹) + Sulfato de amonio, T14: Herbitech (1.72 L ha⁻¹) + Bionex, T15: Herbitech (1.72 L ha⁻¹) + Sulfato de amonio. Sulfato de amonio. P:P: proporción costo herbicida respecto al Glifosato. Columnas con la misma letra iguales, no son estadísticamente diferentes (Tukey, P ≤ 0.05). Los datos corresponden al promedio de tres fechas de muestreo.

El objetivo de este experimento fue disminuir la cantidad de los herbicidas orgánicos y adicionar coadyuvantes para aumentar su efectividad y reducir el costo, el cual no se cumplió ya que los niveles de control de los tratamientos con herbicidas orgánicos (T4-T15) fue pobre (< 65 %). Tu y Randall, (2001) señalan que la elección del herbicida y coadyuvante dependerá de la maleza objetivo, la localidad, condiciones ambientales, el costo de los productos químicos y en algunos casos, regulaciones sanitarias; es decir existen varios factores que afectan la eficiencia de una aplicación y esto en consecuencia el costo de una aplicación. En el Cuadro 4 se muestra que el SEC Natural a dosis de 2.3 L ha⁻¹ fue 4.5 veces más caro que el Glifosato y el Herbitech 2.4, pero el grado de control fue casi dos veces menos; por otra parte, al utilizar 1.72 L ha⁻¹ disminuyó la dosis a un 25 %, en los herbicidas orgánicos, al

compararlo con el Glifosato fueron en proporción 3.3 (SEC Natural) y 1.8 (Herbitech) más caros, pero el control se redujo aún más, dependiendo de la especie algunos tratamientos llegaron cerca del 10 % de control. Al reducir la dosis de los herbicidas al 50 % (1.5 L ha^{-1}); la reducción del control no fue drástica, como se esperaba, pero sigue siendo pobre ($< 70 \%$), con respecto al costo la proporción fue 2.2 (SEC Natural) y 1.8 (Herbitech) en comparación con el Glifosato. Los niveles de control que se obtuvieron con las distintas dosis en todos los tratamientos fueron independientes del coadyuvante, ya que en la mayoría de las combinaciones no fueron estadísticamente diferentes, ni superiores.

CONCLUSIONES

Los coadyuvantes no influyeron en la eficiencia de los bioherbicidas con relación a las malezas en estudio. Los productos orgánicos no mostraron mayor efectividad en comparación al Glifosato.

AGRADECIMIENTOS

A SENASICA, por su contribución económica para el desarrollo del proyecto SIGI: 1437735328. “Alternativas al uso del Glifosato para el control de maleza en México”.

REFERENCIAS

- Akutse, K.S., Subramanian, S., Maniania, N.K., Dubois, T. and Ekesi, S. 2020. Biopesticide Research and Product Development in Africa for Sustainable Agriculture and Food Security – Experiences From the International Centre of Insect Physiology and Ecology (icipe). *Front. Sustain. Food Syst.* 4:563016. doi: 10.3389/fsufs.2020.563016
- Bunting, J.A., Sprague, C.L. and Riechers, D. E. 2004. Proper Adjuvant Selection for Foramsulam Activity. *Crop Protec.* 23: 361-366.
- Chalghaf, E. 2007. Maîtrise de la propagation de la morelle jaune (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) dans le gouvernorat de Kairouan (Tunisie). *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 37: 132–136.
- Chandler, D., Bailey, A. S., Tatchell, G. M., Davidson, G., Greaves, J. and Grant, W. P. 2011. The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences.* 366: 1987-1998. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0390>
- Cunha, J.P. y Alves, G.S. 2009. Características fisicoquímicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. *Interciência.* 34:655-659.
- DOF. Diario Oficial de la Federación. 2020. con fecha 31/12/2022. [https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609365&fecha=31/12/2020#gsc.ta](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609365&fecha=31/12/2020#gsc.tab=0) b=0. [consultado el 7 de julio de 2022].
- Fenibo, E.O, Ijoma, G.N and Matambo, T. 2021. Biopesticides in Sustainable Agriculture: A Critical Sustainable Development Driver Governed by Green Chemistry Principles. *Front. Sustain. Food Syst.* 5:619058. doi: 10.3389/fsufs.2021.619058
- Hao, Y., Zhang, Y., Xu, W., Gao, J. and Tao, L. 2019. Synergistic effects of adjuvant A-134 on the herbicidal effects of glyphosate. *J. Pestic. Sci.* 44: 249–254. DOI: 10.1584/jpestics.D19-030

- Kumar, J., Ramlal, A., Mallick, D. and Mishra, V. 2021. An overview of some biopesticides and their importance in plant protection for commercial acceptance. *Plants*. 10:1-15. 1185. <https://doi.org/10.3390/plants10061185>.
- Marrone, P.G. 2019. Pesticidal natural products-status and future potential. *Pest Manag Sci*.75:2325-2340. doi: 10.1002/ps.5433.
- Niggli, U., Andres, C., Willer, H. and Baker, B. P. 2017. Building a global platform for organic farming research, innovation and technology transfer. *Org. Agr.* 7: 209-224. DOI 10.1007/s13165-017-0191-9.
- Popp, J.; Károly, P. and Nagy, J. 2013. Pesticide productivity and food security. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 33:243–255. DOI 10.1007/s13593-012-0105-x.
- Reddy, D. S., and Chowdary, N. M. 2021. Botanical biopesticide combination concept—a viable option for pest management in organic farming. *Egypt. J. Biol. Pest. Control*. 31: 1-10. doi: 10.1186/s41938-021-00366-w.
- Reganold, J. P. and Wachter, J. M. 2016. Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*, 2:15221. <http://doi.org/10.1038/nplants.2015.221>.
- Rosales-Robles, E., Sánchez de la Cruz, R., Cerda-García, P.A. 2011. Control químico de malezas de hoja ancha en sorgo para grano. *Rev. Fitotec. Mex.* 34: 269-275.
- SAS. Statistical analysis system. 2006. *SAS User's Guide; Statistics (Version 9.3.1)*. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Silva, F. M. A., Rodríguez, M. J. C., Díaz, G. O., y Bautista, M. N. 2005. Efectividad biológica de un derivado de ácido graso para el control de *Macrosiphum rosae* L. (Homóptero: Aphididae) y *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Agrociencia* 39: 319-325.
- Tu, C. H. and Randall, J. M. 2001. *Weed Control Methods Handbook: Tools and Techniques for Use in Natural Areas* Mandy. 219 p. [efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://www.invasive.org/gist/products/handbook/methods-handbook.pdf](https://www.invasive.org/gist/products/handbook/methods-handbook.pdf).

RESPUESTA DEL CULTIVO DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*) A LA APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTES EN EL MUNICIPIO DE TLAHUALILO, DURANGO

Flores-Vázquez Misael¹, Ríos-Vega María Esther^{2§}, Urrutia-Olivares Ma. de Jesús², González-Mancilla Apolinar², Bustamante-Andrade Jorge Arturo²

¹Alumno tesista de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. ²Facultad de Agricultura y Zootecnia Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 35. Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango, CP 35111. §e-mail: esther.rios@ujed.mx

RESUMEN

Este trabajo de investigación se llevó a cabo en el ciclo primavera-verano 2018, en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*). Se analizaron diferentes tipos de fertilización nitrogenada: fertilizante de lenta liberación (T1), sulfato de amonio (T2), fertilizante de lenta liberación más micorrizas (T3), y sulfato de amonio más micorrizas (T4), respectivamente. Se evaluó el potencial productivo del cultivo. La parcela experimental fue de 9.1 m de largo por 7 m de ancho para obtener un total de 63.7 m². Cada parcela constó de dos surcos por cama y 7 plantas por surco a una distancia de 1.3 m, la parcela útil fue de 27.3 m². Los tratamientos se establecieron bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. La fertilización se realizó con base en la dosis 150 - 80 - 00 de N-P-K respectivamente. Se mostró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en las variables producción del cultivo. En rendimiento total los tratamientos fueron estadísticamente iguales.

Palabras clave: fertilización nitrogenada, micorrizas.

ABSTRACT

This research work was carried out in the spring-summer 2018 cycle, in the cultivation of watermelon (*Citrullus lanatus*). Different types of nitrogen fertilization were analyzed: slow-release fertilizer (T1), ammonium sulfate (T2), slow-release fertilizer plus mycorrhizae (T3), and ammonium sulfate plus mycorrhizae (T4), respectively. The productive potential of the crop was evaluated. The experimental plot was 9.1 m long by 7 m wide to obtain a total of 63.7 m². Each plot consisted of two rows per bed and 7 plants per row at a distance of 1.3 m, the useful plot was 27.3 m². The treatments were established under a randomized block design with four replications. The fertilization was carried out based on the dose 150 - 80 - 00 of N-P-K respectively. A significant difference ($P \leq 0.05$) was shown in the crop production variables. In total yield, the treatments were statistically equal.

Key words: nitrogen fertilization, mycorrhizal.

INTRODUCCIÓN

La sandía es un fruto muy apreciado, puesto que es uno de los productos agrícolas que se cultivan en casi todo el mundo. En México durante el año 2021 se sembraron 37,326.89 ha con un rendimiento promedio de 31.70 t/ha⁻¹ y una producción total de 1,152,440.31 toneladas, donde los principales estados productores fueron: Sonora, Jalisco, Veracruz y Guerrero, con participaciones de 174,346.50, 98,711.25, 73,381.87 y 42,211.00 toneladas respectivamente. Para el año 2021 la Región Lagunera participó con 40,164.26 toneladas que representa el 3.49% de la producción nacional, donde la superficie cosechada dedicada a este cultivo fue de 926 ha. En el municipio de Tlahualilo se sembraron 124 ha con un rendimiento promedio de 42.15 t/ha⁻¹ y una producción total de 5,227 toneladas (SIAP, 2022).

El cultivo de sandía es una alternativa de producción en primavera y verano en la región norte-centro de México con un clima apropiado para alcanzar altos rendimientos (Villa *et al.*, 2001), por lo que, es importante proporcionarle al cultivo los nutrimentos esenciales para la nutrición vegetal y así tener una mejor producción al término de su ciclo, además, es un hecho bien conocido, que algunos de los nutrientes provistos a través de la fertilización se pierden dando como resultado una disminución en la efectividad de la fertilización, para ello es fundamental que se realice un adecuado manejo agronómico, para asegurar una producción de calidad (Morales-Morales *et al.*, 2019)

El fósforo se precipita como una molécula no soluble que reacciona con otros componentes existentes en el suelo, el potasio es absorbido por las partículas de arcilla perdiéndose su disponibilidad y el nitrógeno es expuesto a lixiviación y volatilización (Blaylock, 2003). La pérdida de Nitrógeno (N) por volatilización del gas amoníaco (NH₃) puede ser la principal causa de la baja eficiencia de algunos fertilizantes amoniacales. Dichas pérdidas son el resultado de numerosos procesos químicos, físicos y biológicos, cuya magnitud es afectada por factores de ambiente, suelo y manejo tales como temperatura, pH del suelo, capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica, cobertura y calidad de residuos en superficie, viento, tensión de vapor superficial, la dosis y localización del fertilizante.

El nitrógeno también se pierde por lixiviación siendo arrastrado a capas profundas del suelo y pasar a las aguas subterráneas.

Factores tales como la textura del suelo, el manejo del agua de riego, la fertilización orgánica, el momento y la cantidad de fertilizante mineral que se aplique, las prácticas culturales, los tipos de cultivo, etc., influyen en que el proceso de lixiviación sea mayor o menor.

La aplicación de la dosis y forma adecuada de nitrógeno a los cultivos, en el momento en que éstos lo necesitan, minimizan las pérdidas por lavado. Sólo cuando la dosis de nitrógeno que se utiliza excede las necesidades de los cultivos, aumenta el riesgo de lavado. Una alternativa, es la utilización de fertilizantes de lenta liberación, los cuales ponen sus nutrientes a disposición de las plantas de una forma lenta y durante un período más largo (Morales-

Morales *et al.*, 2019) puesto que está basada principalmente en un compuesto molecular constituido por dos partes: una parte soluble que es la urea y una segunda parte que crea una molécula final que es no soluble y que se va rompiendo lentamente para ir liberando el nitrógeno (Blaylock, 2003).

Otra alternativa, son los biofertilizantes elaborados a base de hongos micorrízicos los cuales son productos benéficos que se asocian a las raíces de las plantas y favorecen su nutrición. La Micorriza permite a la planta incrementar la exploración de la raíz con un aumento en la absorción y transporte de nutrientes como fósforo, nitrógeno, cobre, zinc y agua del suelo, proporcionándole mayores ventajas para su desarrollo y productividad (Aguirre-Cadena, 2011; Almaraz-Suárez *et al.*, 2021). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de los fertilizantes nitrogenados acompañados de biofertilizante micorrízicos en calidad y rendimiento en el cultivo de sandía; en el Municipio de Tlahualilo, Dgo., México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto de investigación se realizó en el Ejido San Julio, municipio de Tlahualilo, Durango, México, localizado en el km 48 carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, ubicado geográficamente en los 25°93'72" de latitud norte y los 103°41'72" de longitud oeste a una altitud de 1100 metros sobre el nivel del mar; el clima predominante es seco estepario y presenta una temperatura media anual de 21°C.

El experimento se estableció en un suelo de textura arcillo arenosa con una densidad aparente de 1.3 g cm⁻³, la conductividad eléctrica de 0.57 ds m⁻¹ y un pH de 7.8.

La preparación del terreno constó de un barbecho a 30 cm. de profundidad, un paso de rastra y un empareje con escrepa. Finalmente se construyeron las camas meloneras con medidas de 7 m de centro a centro. Se realizaron dos muestreos de suelo: el primero, antes de establecer el cultivo cuyas variables nos indicaron las características generales del suelo: textura, densidad aparente, conductividad eléctrica, pH, amonio y nitratos, y el segundo, al término del quinto corte. Las variables determinadas fueron amonio y nitratos del suelo, además se realizaron muestreos de humedad para el control del experimento.

Se aplicaron 7 riegos distribuidos en riego de pre-siembra y seis auxilios. El intervalo entre riegos fue de 14 días.

La siembra se realizó el día 15 de marzo del 2018 en suelo húmedo, se utilizó el híbrido Summer Flavor 800. La densidad de siembra fue de 2196 plantas ha⁻¹. En los tratamientos con biofertilizante se inoculó la semilla unas horas antes de la siembra.

La fórmula de fertilización empleada fue 150 - 80 - 00. Se utilizó fosfato monoamónico (map) como fuente de fósforo. Se aplicó todo el map 10 días antes de la siembra con ayuda de una fertilizadora, Se utilizaron 4 tratamientos de fertilización nitrogenada: fertilizante de lenta liberación, Novatec Solub-21(Compo®) (T1) sulfato de amonio (T2), fertilizante de lenta

liberación, Novatec Solub-21(Compo®) más biofertilizante micorroot innovak global (T3), y sulfato de amonio más biofertilizante micorroot innovak global (T4), respectivamente. Los tratamientos se dividieron en cinco partes iguales y se aplicaron antes de cada riego de auxilio. La aplicación fue de forma manual, se realizó una zanja lineal a 15 cm de las plantas, posteriormente el fertilizante fue cubierto con suelo.

La parcela experimental fue de 9.1 m de largo por 7 m de ancho para obtener un total de 63.7 m². Cada parcela consto de dos surcos por cama y 7 plantas por surco a una distancia de 1.3 m. Se realizó un escarde antes de cada riego, con la finalidad de guardar humedad en el suelo, eliminar malezas y facilitar la expansión de raíces. El control de maleza sobre la cama se realizó de forma manual cuantas veces fue necesario. No se requirió la aplicación de insecticidas ya que la presencia de insectos plaga se mantuvo por debajo del umbral económico.

Se realizaron 4 cortes de forma manual, se consideró la madurez comercial del cultivo. La calidad del fruto se determinó con un Refractómetro Digital Brixometro 0-55 °Brix Hm Digital para determinar los grados Brix (°Brix) en una muestra representativa de cada parcela. Las variables a evaluar en el cultivo fueron: diámetro ecuatorial (D.E), diámetro polar (D.P), calidad ° BRIX y rendimiento (t/ha⁻¹). Se evaluó la variabilidad de Nitratos y Amonio en partes por millón (ppm) en los estratos 0-30 cm y 30-60. Los tratamientos se establecieron bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. La parcela útil fue de 27.3 m². Los datos se analizaron en el software estadístico Infostat con múltiple comparación de medias (LSD).

RESULTADOS Y DISCUSION

En el análisis estadístico la variable diámetro ecuatorial (D.E) mostro diferencia significativa en el corte tres; en el que el tratamiento con el comportamiento más alto fue T2 con 22.59 cm comportamiento similar a lo obtenido por Orrala (2012) que en el tercer corte obtuvo 20.98 cm (cuadro 1).

Cuadro 1. Resultado de las variables de producción del cultivo

	VARIABLE	FERTILIZANTE DE LENTA LIBERACIÓN (T1)	SULFATO DE AMONIO (T2)	FERTILIZANTE DE LENTA LIBERACIÓN + BIOFERTILIZANTE (T3)	SULFATO DE AMONIO + BIOFERTILIZANTE (T4)
CORTE 1	D.E (cm)	20.61 A	21.39 A	21.33 A	20.89 A
	D.P (cm)	30.47 A	28.95 AB	27.93 B	30.47 A
	CALIDAD (°BRIX)	ntp	11.90 A	10.50 B	ntp
CORTE 2	D.E (cm)	21.45 A	21.65 A	21.59 A	21.39 A

	D.P (cm)	31.57 A	28.95 A	30.68 A	31.35 A
	CALIDAD (°BRIX)	11.65 A	11.00 A	11.03 A	11.13 A
CORTE 3	D.E (cm)	21.17 B	22.59 A	21.00 B	20.62 B
	D.P (cm)	30.37 A	31.83 A	28.80 A	29.50 A
	CALIDAD (°BRIX)	10.70 AB	11.33 AB	11.53 A	10.50 B
CORTE 4	D.E (cm)	21.16 A	21.89 A	21.96 A	20.35 A
	D.P (cm)	27.79 B	29.25 AB	30.77 A	27.90 B
	CALIDAD (°BRIX)	11.80 A	10.85 A	10.45 A	10.30 A
RENDIMIENTO (t/ha ⁻¹)		31.47 A	31.07 A	29.06 A	31.95 A

D.E=Diámetro ecuatorial; D.P= Diámetro polar; dtp= dato perdido.

Los resultados de diámetro polar (D.P) en el análisis estadístico muestra que existe una diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en el corte uno, los tratamientos T1 y T4 reflejaron 30.47 cm. El tratamiento estadísticamente inferior fue el T3 con 27.93 cm. En lo referente al corte cuatro se presentaron valores de 30.77 cm en el T3 (cuadro 1). Estos resultados difieren a lo reportado por Orrala (2012) ya que, menciona que en el corte tres obtuvo el diámetro mayor en con 33.10 cm.

En el análisis de varianza para la variable calidad de fruto (CALIDAD °BRIX) se mostró diferencia estadísticamente significativa en el corte uno en T2 con 11.9 °Brix respecto a T3 con 11.5 °Brix, en el corte tres el T3 tuvo mayor valor con respecto a los demás tratamientos siendo este de 11.53 °Brix. Estos resultados superan a lo obtenido por Huitrón *et al.* (2007), en donde obtuvieron una media de 8 ° Brix al evaluar sandía triploide comparando un efecto del ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) y 1- (2-cloro-4-piridil) -3-fenilurea (CPPU) (cuadro 1).

Respecto al rendimiento por hectárea no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados ($P \geq 0.05$), se obtuvo como resultado valores que van desde 31.95 t/ha⁻¹ (T4) a 29.05 t/ha⁻¹ (T3) (cuadro 1). Estos resultados difieren a lo obtenido por Huitrón *et al.* (2007), en donde obtuvieron una media de 9.65 kg/m² al evaluar sandía triploide comparando un efecto del ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) y 1- (2-cloro-4-piridil) -3-fenilurea (CPPU). Para la variable amonio de 0-30 no se mostraron diferencias significativas entre tratamientos, los valores fluctuaron de 13.32 ppm en T2 a 15.59 ppm en T1 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Resultado de las variables evaluadas en el suelo

Variable	Fertilizante de lenta liberación (T1)	Sulfato de amonio (T2)	Fertilizante de lenta liberación + biofertilizante (T3)	Sulfato de amonio + biofertilizante (T4)
AMONIO 0-30 (ppm)	15.59 A	13.32 A	13.58 A	13.58 A
AMONIO 30-60 (ppm)	5.08 AB	21.12 A	5.53 B	6.54 B
NITRATO 0-30 (ppm)	27.66 B	50.53 A	23.13 B	27.15 B
NITRATO 30-60 (ppm)	39.22 A	26.65 AB	19.11 B	15.59 B

Según el análisis estadístico se presentó diferencia significativa entre tratamientos evaluados en la variable amonio 30-60 en el que T2 fue superior con 21.12 ppm en comparación a los demás tratamientos con 5.08, 5.53 y 6.54 ppm para T1, T3 y T4 respectivamente. En el análisis de varianza se mostraron diferencias estadísticamente significativas en la variable nitrato 0-30 en la que el T2 fue superior a los demás tratamientos con 50.53 ppm en comparación a los demás tratamientos con resultados de 27.63, 23.13 y 27.15 ppm para T1, T3 y T4 respectivamente. Los tratamientos evaluados mostraron diferencias significativas en la variable nitrato 30-60 donde T1 fue superior en comparación a los demás tratamientos con valor de 39.22 ppm.

CONCLUSIONES

La variable diámetro ecuatorial (D.E) no se mostró diferencias estadísticas entre los cortes uno, dos y cuatro. En el corte tres el tratamiento con mejor comportamiento fue T2 con 22.59 cm. El análisis de varianza mostró diferencias significativas en diámetro polar en los cortes uno y cuatro; en corte uno los tratamientos T1 y T4 reflejaron 30.47 cm. El tratamiento estadísticamente inferior fue el T3 con 27.93 cm. En lo referente al corte cuatro el mejor valor fue de 30.77 cm en el T3. Para la variable calidad del fruto T2 fue superior a T3 en el corte uno con 11.9 y 10.5 °Brix respectivamente, en el corte tres, T3 tuvo mejor comportamiento respecto a los demás tratamientos con 11.53 °Brix. En el rendimiento por hectárea no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados ($P \geq 0.05$), se obtuvo como

resultado valores que van desde 31.95 t/ha⁻¹ (T4) a 29.05 t/ha⁻¹ (T3). Referente a los resultados de este trabajo se observa que los tratamientos que muestran mayores valores numéricos son el T4 y T1. Según datos arrojados por esta investigación el fertilizante de lenta liberación no requiere ser acompañado por micorrizas para reflejar buenos resultados a diferencia de lo encontrado en el sulfato de amonio el cual mostró buen desempeño al trabajar con micorrizas y logro así mostrar una mejor respuesta que sin micorrizas.

REFERENCIAS

- Aguirre M. J. F., Irizar G.M.B., Peña R.A., Duran P.A., Grajeda C.O:A. Cruz C.F.J. 2010. Biofertilizante para la Agricultura. Micorriza INIFAP. INIFAP-Centro de Investigación Rosario Izapa. Desplegable informativa Tuxtla Chico, Chiapas.
- Aguirre-Medina, J. (2018). BIOFERTILIZANTES a base de micorriza-arbuscular y su aplicación en la agricultura. *Agro Productividad*, 4(1). Recuperado a partir de <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/571>
- Almaraz-Suárez J. J., González-Mancilla A., Ferrera-Cerrato R., Rodríguez-Guzmán M.P., Taboada-Gaytán O. R., Hernández-Cuevas L.V., Alarcón A. y Trinidad-Santos A. Arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of native plants and their effect on poblano pepper growth. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 44 (4): 571 – 579
- Blaylock, A. (2003). *Controlled release fertilizer*. 9 ed. Universidad de Florida, US. p. 11.
- Huitrón, R. M. V.; Diaz, M.; Diánez, F. y Camacho, F. 2007. The effect of various rootstocks on triploid watermelon yield and quality. *Finlandia. J. Food, Agric. Environ.* 5(3/4):344-348.
- Morales-Morales E. J., Rubí-Arriaga M., López-Sandoval J. A. Martínez-Campos Á. R., Morales-Rosales E. J., 2019. Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 10(8):1875-1886.
- Orrala B, N. (2012). Evaluación de Dosis de Nitrógeno en combinación con Vitazyme en el rendimiento de la Sandía, en Sinchal, Provincia de Santa Elena. *Revista Científica Y Tecnológica UPSE*, 1(1). <https://doi.org/10.26423/rctu.v1i1.7>
- SIAP. 2022. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Villa C., M. A. Inzunza I y E. A. Catalán V. 2001. Zonificación Agroecológica de Hortalizas involucrando grados de riesgo. *Terra* 19: 1-7.

PRODUCCIÓN DE MAÍZ DE INVIERNO-PRIMAVERA, Y SU RELACIÓN CON FACTORES CLIMÁTICOS EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Félix-Valencia, Pedro*; Fuentes-Dávila, Guillermo; Torres-Cruz, María Monserrat; y Ortiz-Enríquez, José Eliseo

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB), Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora 85000. *pedrofelixvalencia@gmail.com

RESUMEN

El maíz es la base fundamental de la alimentación de los mexicanos y se cultiva a lo largo del territorio mexicano. Sonora aporta el 2.3% de la producción nacional y se ubica en el 12vo lugar del país, siendo el principal productor el distrito de Cajeme donde se ubica el Valle del Yaqui. En los últimos ocho ciclos, el maíz ha sido afectado por las bajas temperaturas, particularmente en cuatro de ellos se observaron daños de ligeros a pérdida total. Por lo que el objetivo de este trabajo fue analizar la producción de maíz para precisar el efecto de la variación climática en parámetros del desarrollo fenológico. Se seleccionaron 27 campos comerciales dentro del área agrícola del Valle del Yaqui. Los datos de temperatura y humedad relativa se obtuvieron de la red de estaciones meteorológicas automatizadas en Sonora. Se dio seguimiento al cultivo en las diferentes etapas, y en la etapa de floración se hizo un pronóstico de la producción; al final del ciclo se hizo un análisis de la producción obtenida con relación al clima que prevaleció durante ese período. El rendimiento promedio pronosticado fue de 11.71 t ha⁻¹, resultando con un margen de error de 300 kg menos respecto al rendimiento de los campos comerciales (12.12 ha⁻¹) y al rendimiento reportado por el SIAP (12.02 ha⁻¹). El análisis de las temperaturas indicó que las siembras de diciembre son más favorecidas por las condiciones climáticas que las de febrero, ya que en estas últimas la polinización y el llenado de grano son afectadas por las altas temperaturas.

Palabras clave: Maíz, *Zea mays*, pronóstico de producción, clima adverso.

ABSTRACT

Maize is a staple food in Mexico. The state of Sonora generates 2.3% of the total production in the country, and it is the 12th producer. Cajeme County in which the Yaqui Valley is located, is the main maize producer in the state. Maize production has been affected primarily by low temperature in four of the last eight crop seasons; the damage has ranged from mild to complete loss. Therefore, the objective of this work was to analyze maize production in order to determine the effect of climate variation on parameters during phenological development. Twenty seven commercial maize fields were selected within the Yaqui Valley. Temperature and relative humidity data were obtained from the automated weather station network in the state of Sonora. The crop was assessed during growth stages, and during the flowering stage a production forecast was generated; an analysis of production was carried out at the end of

the crop season in relation to the climate that prevail during that period. The average predicted grain yield was 11.71 t ha⁻¹, which was short 300 kg with respect to the grain yield of commercial fields (12.12 t ha⁻¹) and to the yield reported by SIAP (12.02 t ha⁻¹). The analysis of the temperature indicated that sowing maize in December is favored by the climatic conditions, while those in February are affected by high temperatures, particularly the pollination and filling-grain stages.

Key words: Maize, *Zea mays*, production forecast, adverse climate.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es la base fundamental de la alimentación de los mexicanos y se cultiva a lo largo del territorio mexicano. México se encuentra en el 7° lugar de producción de maíz a nivel mundial (FAOSTAT, 2020). Sonora aporta el 2.3% de la producción nacional y se ubica en el 12vo lugar del país; se produce en 12 Distritos de Desarrollo Rural, siendo Cajeme el productor principal (OIAPES, 2020). El cultivo de maíz se establece principalmente en los meses de octubre y noviembre, período en el que se obtienen los mayores rendimientos de grano, pero también se tienen los mayores riesgos de daño por heladas (Valenzuela Borbón *et al.*, 2021). Dentro de los últimos ocho ciclos, en cuatro de ellos el cultivo de maíz fue afectado por bajas temperaturas con daños de bajos a pérdida total (Valenzuela Borbón *et al.*, 2021). La región agrícola del Valle del Yaqui ha tenido fenómenos anómalos en la temperatura, como las heladas ocurridas durante el ciclo agrícolas 2002-03 y 2010-11 con una cobertura estatal, y ciclos cálidos y húmedos como el ciclo 2014-15 que provocó pérdidas en la producción en diferentes cultivos. La frecuencia de heladas y el incremento de olas de calor serán fenómenos más frecuentes según estudios recientes por Smith *et al.* (2008). Por lo tanto, la temperatura es un factor importante para establecer la fecha de siembra durante el ciclo otoño-invierno; si se siembra demasiado temprano, las plantas sufren temperaturas bajas durante las primeras etapas de su desarrollo que les ocasiona retrasos en el crecimiento y desarrollo; en cambio, si la siembra es muy tardía, las plantas estarán expuestas a altas temperaturas diurnas y nocturnas en la etapa de llenado de grano, que les aumenta sus tasas respiratorias y reduce su rendimiento de grano (Benacchio Scotton, 1982; Ojeda-Bustamante *et al.*, 2006). En consideración a los cambios tecnológicos, principalmente el uso de nuevos genotipos y modificación a la fecha de siembra (Valenzuela Borbón *et al.*, 2021), este trabajo tuvo como objetivo analizar la temperatura y humedad relativa en relación al desarrollo fenológico del maíz, y su impacto en la producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron 27 campos comerciales de maíz dentro del área agrícola del Distrito de Riego 041, Cajeme. La elección de cada campo guardó una distancia mínima de 6-8 kilómetros entre ellas, criterio que se asocia con la red climática (REMAS) y abarca los diferentes microambientes. Se tomó información de la temperatura y humedad relativa en formato horario, de los meses de diciembre 2019 a junio 2020, los cuales cubren el ciclo agrícola de invierno-primavera (I-P).

Se dio seguimiento al cultivo y se tomaron lecturas de fecha de floración, presencia de enfermedades y reacción de los híbridos/variedades a las mismas, así como daños al cultivo causado por eventos extremos del clima. El análisis de la producción con relación al clima se realizó a través de la correlación y regresión de los parámetros. Para estimar daños al cultivo por efecto de frío-calor, se usó la metodología local generada por Félix Valencia *et al.* (2012), y mediante la metodología que han utilizado otros autores como Fernández *et al.* (2004) y Fraschina *et al.* (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de la temperatura y humedad relativa que prevalecieron durante la etapa de floración a inicio de llenado de grano, indicó que durante el día, la temperatura promedio diurna en abril fue de 26.2 °C, en el mes de mayo de 30.9 °C y 34°C en junio. La temperatura promedio nocturna en abril fue de 15.1 °C, mayo tuvo 19.3 °C y en junio de 25.3 °C. La humedad relativa promedio durante el día se mantuvo por debajo del 50% y durante la noche por debajo del 85% en los meses de abril a junio. La frecuencia de horas con humedad relativa entre 80-90% durante los meses de abril, mayo y junio no cumplió con los requerimientos necesarios para que la infección por roya de la hoja avanzara a la hoja de la mazorca y superiores, que son responsables del llenado del grano (Tanaka y Yamaguchi, 2014, citado por González Hernández, 2015).

Los períodos de baja temperatura dañina al crecimiento del maíz, ocurrieron a partir del 30 de diciembre, 2019 con 6 h continuas de 2.2°C, y el segundo período se presentó el día 4 de enero, 2020 con 6 h continuas de 3.0°C (Tabla 1). Estos dos eventos afectaron moderadamente las siembras tempranas de diciembre a los maíces que presentaban la 1^a-3^a hoja expuesta. El período más crítico de tres días continuos con temperaturas mínimas de -1.8 a 0.54 °C ocurrió durante la madrugada de los días 5, 6 y 7 de febrero, con una duración de 4, 10 y 8 h continuas, respectivamente (Tabla 1). Esta helada causó daños al 70% de los campos evaluados, de los cuales solo el 15% mostró severidad mayor al 40% entre la 5^a y 10^a hojas que son hojas inferiores a la mazorca. Un cuarto evento de bajas temperaturas se

presentó el día 20 de marzo () con tres horas continuas de 2.7°C, y causó daños mínimos en el ápice de las hojas 15ª a la 19ª.

Tabla 1. Eventos extremos de baja temperatura ocurridos durante el ciclo invierno-primavera de maíz, en el Valle del Yaqui.

Duración Horas	Momento Fecha	Temperatura de riesgo (°C)		Cobertura (%) de la red de clima **
		Valor mín.	Valor máx.	
6h	30-dic	2.2	5.09	91
6h	04-ene	3.01	4.94	40
4h	05-feb	0.54	4.95	97
10h	06-feb	-1.81	4.99	100
8h	07-feb	0.23	4.99	71
3h	20-mar	2.74	4.93	37

** Porcentaje de estaciones climáticas que cumplieron con el evento

En relación a la temperatura máxima superior a 30°C, que se asocia con el riesgo de daño para la floración y el llenado temprano del grano, se observaron dos períodos cortos de dos días cada uno en marzo con mayor riesgo para las siembras realizadas en diciembre, y un tercer período muy largo que inició el 20 de abril y que pudieron afectar principalmente a las siembras tardías (Tabla 2). El daño se presentó en maíces donde coincidió la polinización, principalmente con temperaturas superiores a los 33-34°C, ocasionando daño a la flor masculina y femenina (deshidratación de estigmas y polen). Esto trajo como consecuencia una disminución en el número de granos por mazorca y secciones de la mazorca con grano deshidratado.

Tabla 2. Eventos extremos de alta temperatura ocurridos durante el ciclo invierno-primavera de maíz, en el Valle del Yaqui.

Duración Horas	Momento Fecha	Temperatura de riesgo (°C)		Cobertura (%) de la red de clima **
		Valor mín.	Valor máx.	
6	10-mar	30.05	34.77	91
4	11-mar	30	33.47	86
6	24-mar	30	33.12	37
6	25-mar	30.16	34.32	37
7	20-abr	30.02	33.44	89
8	21-abr	30	35.48	94
8	22-abr	30.03	34.3	91
8	23-abr	30.02	36.54	100
10	24-abr	30.01	36.87	100

10	25-abr	30.03	37.17	97
10	26-abr	30.02	38.26	100
10	27-abr	30.02	38.42	100
10	28-abr	30.06	37.6	100
10	29-abr	30	39.15	100
10	30-abr	30.06	38.65	100

** Porcentaje de estaciones climáticas que cumplieron con el evento

Respecto a la humedad relativa, el presente ciclo presentó 1.6% más de humedad que el anterior y fue el más húmedo de los últimos 9 años. Se destaca un período húmedo continuo entre el 17 al 19 de abril, que para el maíz sembrado en diciembre, se encontraba en floración e inicio de desarrollo del grano, mientras que el maíz sembrado en febrero tenía expuesta la 14^a - 15^a hoja. El período más amplio con umbral de humedad de 80-90% se presentó entre el 25 de abril al 10 de mayo, y coincidió con temperaturas superiores a los 33°C, donde el maíz de diciembre estuvo en etapa de grano lechoso, mientras que el de febrero iniciaba el desarrollo del grano, de tal manera, que no hubo continuidad en los períodos húmedos y los porcentajes de roya de la hoja no avanzaron en forma significativa a las hojas superiores.

El pronóstico del rendimiento de grano de maíz calculado en la etapa de floración, permitió precisar una variación que oscilaría entre las 7.0 y 16 t, para concluir en un rendimiento promedio de 11.71 ± 0.21 t ha⁻¹, en las 48,892 ha cosechadas en el valle del Yaqui. Este rendimiento promedio estima un volumen de producción de maíz de invierno-primavera de 572,501 t, con una variación de (\pm) 10,463 t, para el Valle del Yaqui (Tabla 2).

Tabla 2. Estimación del rendimiento promedio de maíz (t ha⁻¹), en base a la temperatura al mes de mayo, durante el ciclo invierno-primavera 2019-20.

Método de pronóstico climatológico*	Distritos de riego 041 (t ha ⁻¹)	Desv. Std. Media
Día	11.878	0.248
Noche	11.552	0.180
Promedio día-noche	11.715	0.214

*Estimado en la etapa de floración del maíz

Sin embargo, el rendimiento máximo obtenido fue de 17.1 t ha⁻¹ y el mínimo 8.5, por lo que el promedio de las 27 parcelas fue de 12.12 t ha⁻¹ (Figura 1), a diferencia del rendimiento reportado por el SIAP (2021), que fue de 12.02 t ha⁻¹; esto resulta en un margen de error de 100 kg respecto al rendimiento estimado con la muestra de campos, y un diferencial de 313 kg menos, respecto al promedio de los dos métodos de estimación del rendimiento (Tabla 2).

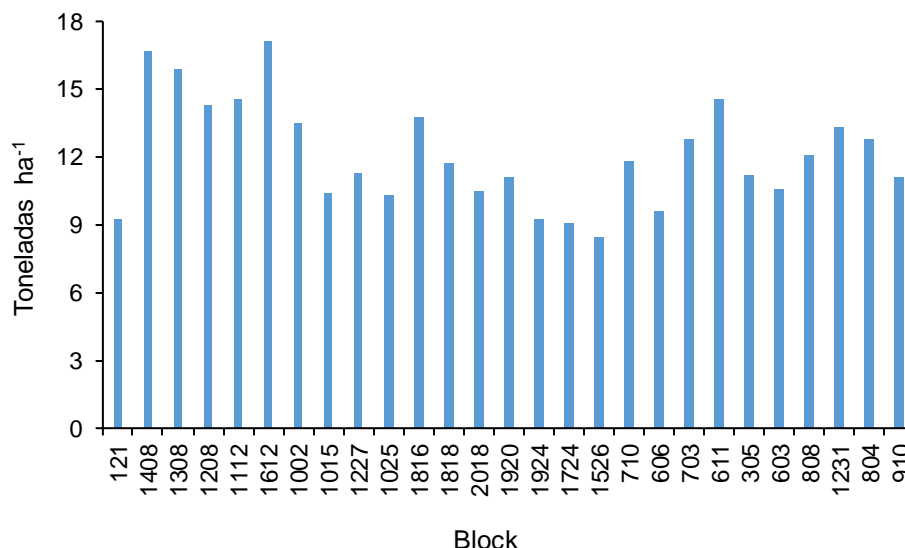


Figura 1. Rendimiento medio de 27 parcelas comerciales, monitoreadas durante el ciclo invierno-primavera 2019-20, Valle del Yaqui, Sonora.

CONCLUSIONES

El pronóstico del rendimiento promedio estimado en la etapa de floración fue de 11.71 para el Valle del Yaqui, resultando con un margen de error de 300 kilos menos, respecto al rendimiento que se obtuvo de las muestras de campos comerciales (12.12 t ha⁻¹) y al rendimiento reportado por el SIAP (12.02 t ha⁻¹). El análisis de las temperaturas indicó que las siembras de diciembre son más favorecidas por las condiciones climáticas que las de febrero, ya que en estas últimas la polinización y el llenado de grano son afectadas por las altas temperaturas.

LITERATURA CITADA

- Benacchio Scotton, S. 1982. Algunas Exigencias Agroecológicas en 58 Especies de Cultivo con Potencial de Producción en el Trópico Americano: un compendio. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). Maracay, Venezuela. 202 p.
- FAOSTAT (Servicios Estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2020. Datos sobre alimentación y agricultura. Producción. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>. Consultado el 17 de julio de 2022.
- Félix Valencia, P., Ortiz Enríquez, J.E., Cabrera Carbajal, F., Chávez Villalba, G., Fuentes Dávila, G. y Figueroa López, P. 2012. Daños a la producción de trigo causado por heladas en el sur de Sonora. Diagnóstico del ciclo de trigo OI-2010-2011. INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo Experimental Norman E. Borlaug. Folleto Técnico No. 87. Cd. Obregón, Sonora, México. 70 p.
- Fernández, L.M.E., Barnatan, I. y García, S.Y. 2004. Horas con helada y su peligrosidad en seis localidades de la Argentina. Rev. Fac. de Agronomía 24 (3):217-225.
- Fraschina, J., Bainotti, C., Salines, J. y Formica, B. 2002. Daño por frío en trigo. Información para extensión No. 71. EEA INTA, Marcos Juárez, Argentina.
- González Hernández, V.A. (reseña de libro). 2015. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano en maíz. (4^a edición, 2014) Autores: Tanaka,

- A. y Yamaguchi, J. 2014 (Traductor: Josué Kohashi Shibata). Editado por: Biblioteca Básica de Agricultura (bba), Serie Hojas Dispersas, Colegio de Postgraduados, 4ª edición, 2014. Revista. Fitotecnia. México 38(1):5.
- OIAPES (Oficina de Información Agropecuaria y Pesquera del Estado de Sonora). 2020. Fichas informativas del Sector Agropecuario. <http://oiapes.sagarhpa.sonora.gob.mx/fichas/fichas-20/MAIZ.PNG>. Consultado el 23 de julio 2022
- Ojeda-Bustamante, W., Sifuentes-Ibarra, E. y Unland-Weiss, H. 2006. Programación integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa, México. *Agrociencia* 40:13-25.
- REMAS (Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas de Sonora). 2021. Descargar datos. <http://www.siafeson.com/remas/>. Consultado el 20 de mayo, 2019.
- Smith, T.M., Reynolds, R.W., Peterson, T.C., Lawrimore, J. 2008. Improvements to NOAA's historical merged land-ocean surface temperature analysis (1880–2006). *Journal of Climate* 21(10): 2283-2296. DOI: 10.1175/2007JCLI2100.1
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2021. Anuario estadístico de la producción agrícola. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/. Consultado en enero, 2021.
- Valenzuela Borbón, R., Montoya Coronado, L., Marroquín Morales, J.A., Armenta Cejudo, J.A. 2021. Fechas de siembra en maíz con menor riesgo de daño por heladas en el sur de sonora. Ciclo 2019-2020. pp. 28-30. Memoria: Día del Agricultor 2021. Publicación Especial No. 28. INIFAP, CIRNO, Campo Experimental Norman E. Borlaug. Cd. Obregón, Sonora, México. 70 p.

AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN: UNA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN A LA SALINIDAD DE LOS SUELOS DEL VALLE DEL MEZQUITAL, HIDALGO.

Brenda Ponce Lira¹, Karina Aguilar Arteaga¹. Luis Díaz Batalla¹

¹Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Departamento de Ingeniería en Agrotecnología. Carretera Tepatepec-San Juan Tapa km 2, Tepatepec, Francisco I. Madero, Hidalgo. C. P. 42660.
bponce@upfim.edu.mx

RESUMEN

La salinización es un constante problema en los suelos agrícolas. Este problema en la zona del valle del Mezquital Hidalgo, deriva principalmente por las elevadas láminas de riego agrícola, por el uso indiscriminado de agrotóxicos y por el sistema de labranza convencional que se usa de manera cotidiana. El objetivo del presente trabajo es evidenciar los beneficios del sistema agricultura de conservación, como una alternativa de solución a la salinidad de los suelos agrícolas. Se determinaron las concentraciones de sodio, calcio, magnesio, fósforo, carbonatos y conductividad eléctrica a profundidades de 0 a 5 cm y de 5 a 30 cm. Los resultados obtenidos promueven la implementación y adopción del sistema de agricultura de conservación como una alternativa de solución para mitigar los problemas de salinidad en las parcelas.

Palabras clave: agricultura de conservación. Valle del Mezquital, suelos salinos.

ABSTRACT

The salinization is a constant problem in agricultural soils. This problem in the area of the Mezquital Hidalgo valley derives mainly from the high levels of agricultural irrigation, the indiscriminate use of agrochemicals and the conventional farming system that is used on a daily basis. The objective of this work is to show the benefits of the conservation agriculture system, as an alternative solution to the salinity of agricultural soils. The concentrations of sodium, calcium, magnesium, phosphorus, carbonates and electrical conductivity were determined at depths from 0 to 5 cm and from 5 to 30 cm. The results obtained promote the implementation and adoption of the conservation agriculture system as an alternative solution to mitigate salinity problems in the plots.

Key words: conservation agriculture, Mezquital Valley, soil salinity.

INTRODUCCION

El Valle del Mezquital está dentro de los límites del estado de Hidalgo. Ésta región abarca 27 municipios, lo que representa el 33.7% de la superficie del estado de Hidalgo. En ésta zona se localiza el Distrito de Riego 03 (DR03), que a nivel mundial posee la mayor superficie de riego por inundación de aguas residuales provenientes de la Ciudad de México. Su agricultura

se basa en la siembra de: avena, cebada, coliflor, nabo, trigo, calabacita, chile verde, frijol, tomate verde, maíz y alfalfa; siendo estos dos últimos cultivos de potencial economía en la región (Aranda Bastida, 2021).

Mediante las jornadas de capacitaciones a productores de la región a través de la Plataforma de Investigación MasAgro, ubicada en el Mpio. de Francisco I. Madero (municipio perteneciente al Valle del Mezquital) se ha tenido la oportunidad de intercambiar experiencias de producción en campo con: sociedades, ejidatarios, presidentes de riego, productores y personal inmerso en el sector agrícola. Durante los recorridos de campo y capacitaciones, productores de la región manifiestan tener parcelas salinas, es decir; comentan sobre la presencia de una costra blanca en la superficie de sus predios; lo cual está propiciando bajos rendimientos y pérdida de fertilidad en sus tierras (Fonteyne *et al.*, 2021; Gutiérrez-Rojas, Ruiz-Juárez, Vela-Correa, & Rueda-Puente, 2022).

Dicho problema se ha generado por diversos puntos, entre ellos: el riego por inundación que se utiliza en la región, es decir, los productores llevan más de 100 años continuos utilizando láminas de riego de hasta 25cm, por más de 4 horas en las parcelas. Otro problema ha sido que los productores de la región retiran el rastrojo de sus parcelas una vez efectuada la cosecha de su cultivo; con ello, propician un mal drenaje en sus predios y exceso de ciertos iones puede provocar toxicidad en las plantas (Mora, Torres-Martínez, Capparelli, Zabala, & Mahlknecht, 2021; Ponce-Lira, Serrano-Olvera, Rodríguez-Martínez, & Sánchez-Herrera, 2020). Finalmente, la salinidad en los predios del valle del Mezquital también es resultado del mal uso de fertilizantes, es decir, no se tiene la cultura de hacer una fertilización en base a análisis preliminares del suelo.

MATERIALES Y METODOS

El presente experimento se realizó dentro de la zona del Valle del Mezquital, Hidalgo; México, Carretera Tepatepec-San Juan Tepa. Km. 2, Francisco I. Madero, Hidalgo en una de las parcelas demostrativas de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero ubicada a 20°13'46.9" latitud norte con 99°05'21.23" longitud oeste a una altitud de 2300 m. Su suelo es clasificado como arcilloso con un clima Semi-seco templado, con una temperatura anual promedio de 17 °C y una precipitación anual promedio de 540 milímetros por año.

Se utilizó el sistema de labranza convencional (SC) donde comúnmente se retira el rastrojo de las parcelas. Implementando prácticas de subsuelo y rastra con una profundidad de 30 cm; seguido de un surcado (0.75 m), siembra y barbecho. Por otra parte, en los tratamientos de sistema de conservación (AC) se efectuaron los tres principios básicos (rotación de cultivos

para esta ocasión maíz – avena, mínimo movimiento del suelo y manejo de residuos agrícolas). Cabe mencionar que se dejó el 100% de rastrojo restante de maíz previamente desvarado y dejado sobre la superficie para la siembra de otoño-invierno.

Se realizó un muestreo aleatorio del suelo a las profundidades de 0-5 cm y 5-30 cm con base a la NOM-021-RECNAT-2000. Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar con dos repeticiones, de los cuales se efectuaron tres muestreos aleatorios. Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) para cada experimento, de manera individual y combinada, usando R Core Team versión 2021. Todos los parámetros fueron probados por significancia entre tratamientos ($p < 0.05$). Cuando se encontraron diferencias significativas, se utilizó la diferencia mínima significativa honesta (DMSH) para determinar la diferencia entre medias.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se exhiben algunos parámetros en un sistema de labranza convencional y bajo el sistema de agricultura de conservación a diferentes profundidades. A manera de resumen se muestran a los principales cationes que dan origen a la salinidad, los cuales son: sodio, calcio, magnesio y fosforo; así mismo, la cantidad de carbonatos (%) y la Conductividad Eléctrica ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$).

Tabla 1. Parámetros evaluados a diferentes profundidades en suelos agrícolas. Las unidades de medición de sodio, calcio, magnesio, y fosforo son en $\text{mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$.

Tipo de labranza	Profundidad (cm)	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	P
AC	0 - 5	485.63 (339.08) ^b	3453.95 (367.09) ^a	1214.16 (117.14) ^a	91.41(0.54) ^a
AC	5 - 30	877.21 (35.47) ^a	4276.16 (500.71) ^a	1397.92 (14.85) ^a	92.92 (3.61) ^a
SC	0 - 5	962.21 (54.79) ^a	4060.51 (117.90) ^a	1329.81 (62.16) ^a	103.38 (3.01) ^b
SC	5- 30	975.14 (5.89) ^a	4522.15 (365.81) ^a	1384.09 (106.84) ^a	95.65 (5.71) ^a

AC = Agricultura de Conservación. SC = Sistema convencional. Las medias que no comparten una letra entre filas son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

Se reporta desviación estándar entre paréntesis.

Al analizar la profundidad de 0 a 5 cm para sodio (Na⁺), calcio (Ca²⁺), magnesio (Mg²⁺) y Fosforo (P-Bray) nótese que en todos los casos el sistema de Agricultura de Conservación reporta menor concentración de dichos cationes, evidenciado la diferencia significativa (Tukey, $p \leq 0.05$) principalmente en sodio. Con ello, el productor evitaría la presencia de la “costra blanca” sobre la superficie de los suelos agrícolas al menos en los primeros cinco centímetros (Ver Figura 1a).

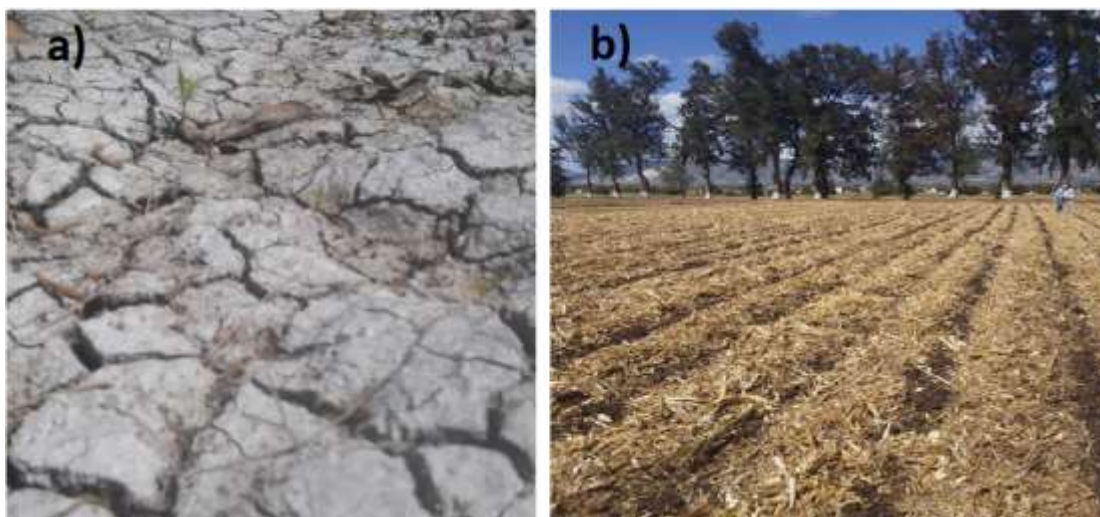


Figura 1. a) Sistema de labranza convencional y b) sistema de agricultura de conservación.

El mismo fenómeno ocurre con los carbonatos donde el sistema de AC reporta 0.98% menos en comparación a el sistema de labranza convencional. Ante dicha profundidad las concentraciones evidencian los beneficios del Sistema de Agricultura de Conservación, es por ello que a pesar de que la CE sea 0.41 dS·m⁻¹ más que el sistema convencional a dicha profundidad; el hecho de dejar rastrojo sobre la superficie de las parcelas evita la presencia de encostramientos sobre la superficie (Ver Figura 1b).

Así mismo; en la profundidad de 5 a 30 cm nuevamente en todos los casos las concentraciones del sistema de labranza convencional son mayores que en el sistema de agricultura de conservación a excepción del Mg²⁺ donde se reporta 13.83 mg·kg⁻¹ más que el sistema tradicional.

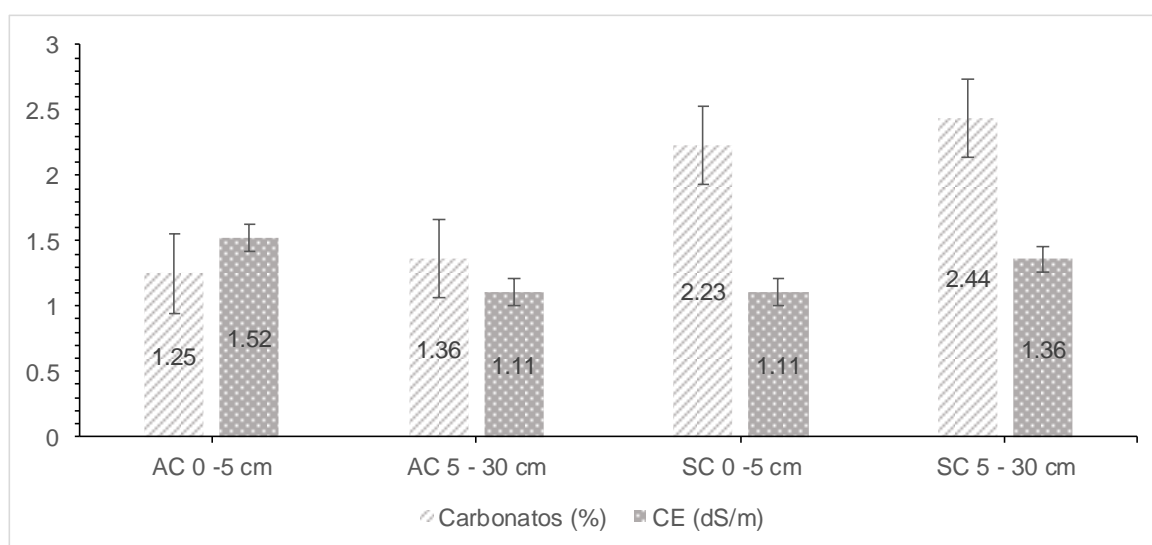


Figura 2. Carbonatos y conductividad eléctrica a una profundidad de 0 a 5 cm y de 5 a 30 cm bajo AC y SC.

La Figura 2, demuestra que con el uso del sistema de agricultura de conservación puede reducir las probabilidades de salinización en las parcelas, además de que con la presencia del rastrojo aumenta de la actividad microbiológica y disponibilidad de nutrientes en el suelo, entre otros beneficios (Coello-Erao & López-Toro, 2022; Sánchez & Martínez, 2002). La conductividad para ambos sistemas y ambas profundidades es $< 2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$; lo cual, de acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000 pertenecen a un suelo muy ligeramente salino. Sin embargo, es preciso destacar que en la capa arable de 5 a 30 cm en el sistema de agricultura de conservación permite un desarrollo adecuado del cultivo al interpretarse éste valor como efectos despreciables de la salinidad (Alonso, Sainato, & Iseas, 2022; Arias, Alarcón, & Blanco, 2022).

Nótese que en el sistema convencional las concentraciones de los carbonatos son mayores (Ver Fig. 2); por consiguiente, el productor tendría que efectuar gastos extras en la compra de yeso agrícola (hasta de $3.94 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ para éste caso en particular) para poder ajustar la alcalinidad del suelo y equilibrar las concentraciones de los cationes. En tanto que, para el sistema AC las concentraciones de carbonatos son bajas y la parcela no requiere de gasto de inversión para la integración de yeso agrícola (Villalva Sánchez, 2021).

Dichos análisis han permitido evidenciar a los productores de la región los beneficios que se tienen con el sistema de agricultura de conservación y de esta manera reducir las posibilidades de salinización en sus predios. No obstante, durante las capacitaciones en campo se han realizado prácticas de muestreo de suelos, infiltración, estabilidad de agregados, toma de pH, entre otras (Ver Figura 2), con la finalidad de demostrar a la población las ventajas que ofrece el sistema AC en mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo.



Figura 2. Práctica demostrativa sobre estabilidad de agregados y determinación de pH de suelos con manejo convencional y de agricultura de conservación con productores del Valle del Mezquital, Hidalgo.

Durante los recorridos de campo y prácticas realizadas en la plataforma de Investigación, se les ha demostrado a los productores que mediante el sistema de AC pueden reducir la salinidad de sus parcelas y mejorar las propiedades físicas de las parcelas mejorando la estructura del suelo, porosidad, aireación y la penetración del agua. Además de que este sistema disminuye el número de riegos y la erosión, de igual manera, posibilita la formación de complejos orgánicos-metálicos, estabilizando de este modo micronutrientes del suelo, reduce el riesgo de formación de costra, entre otros efectos positivos en el sistema agrícola (Cajilema Quishpi, 2021; Coronel Becerra *et al.*, 2021).

Por su parte, la rotación de cultivos mejora la nutrición mineral de los cultivos; así también, actúa como agente amortiguador al disminuir la tendencia a un cambio brusco en el pH del suelo al aplicar sustancia de reacción ácida o alcalina, también, regula la actividad microbiana, principalmente de plagas y enfermedades (Sepúlveda, 2021; Ullé *et al.*, 2021).

Finalmente, el mínimo movimiento del suelo ha permitido que el productor ahorre recursos económicos en desgastes, de mantenimiento, combustible y tiempo; asimismo disminuye la erosión del suelo. La labranza mínima propicia mejor estabilidad de agregados con apoyo de la MO. Es importante destacar que al no voltear el suelo se altera menos el orden natural del suelo, evitándose la mineralización y la compactación del mismo (Mendoza, 2021; Rosas Hernández, 2022).

CONCLUSIONES

En conclusión, el sistema de Agricultura de Conservación representa un manejo sostenible, el cual comienzan a adoptar los productores de la región, para mitigar principalmente la salinidad de sus predios, no obstante, las ventajas de utilizar dicho sistema son múltiples; por tanto, invitamos a la población inmersa en el sector agrícola a sumarse en el uso de técnicas amigables con el medio ambiente.

REFERENCIAS

- Alonso, S. J., Sainato, C. M., & Iseas, M. S. (2022). Modelado de la conductividad eléctrica aparente para mejorar la evaluación de propiedades de suelos agrícolas. *Ciencia del suelo*, 40(1), 81-91.
- Aranda Bastida, B. (2021). *Efectos del uso de drones en la agricultura mexicana: el caso del Valle del Mezquital, Hidalgo*. Universidad Autónoma Metropolitana (México). Unidad Azcapotzalco
- Arias, S. B., Alarcón, J., & Blanco, M. S. (2022). *Valoración de índices salinos basados en la conductividad eléctrica del medio*. Paper presented at the Proceedings of the 10th Workshop on Agri-Food Research for young researchers. WIA. 21.
- Cajilema Quishpi, A. V. (2021). Evaluación de tres prácticas de agricultura de conservación en el sistema de producción papa-avena vicia-maíz en la microcuenca del río Puculpala.
- Coello-Erazo, M. G., & López-Toro, A. A. (2022). Enfoque de capacidades y transferencia de tecnología en la agricultura en países en desarrollo.

- Coronel Becerra, J., Ochoa Neira, M., Bravo Zúñiga, C., Pintado Pintado, P., Guerrero Ortiz, P., Jiménez Merino, C., . . . Muñoz Tenelema, R. (2021). Evaluación de prácticas de agricultura de conservación en el sistema de producción maíz-fréjol en la microcuenca del río Burgay: Universidad Nacional de Educación.
- Fonteyne, S., Burgueño, J., Albarrán Contreras, B. A., Andrio Enríquez, E., Castillo Villasenor, L., Enyanche Velázquez, F., . . . Garcia Meza, P. (2021). Effects of conservation agriculture on physicochemical soil health in 20 maize-based trials in different agro-ecological regions across Mexico. *Land Degradation & Development*, 32(6), 2242-2256.
- Gutiérrez-Rojas, M. G.-R. M., Ruiz-Juárez, D. R.-J. D., Vela-Correa, G. V.-C. G., & Rueda-Puente, E. O. (2022). Physical-chemical quality of xoconostle fruits (*Opuntia matudae* and *O. joconostle*) in the Valle del Mezquital, Hidalgo, Mexico. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 24, 96-110.
- Mendoza, M. A. (2021). Efectos de la labranza convencional y labranza de conservación en la producción agrícola: Revisión de literatura.
- Mora, A., Torres-Martínez, J. A., Capparelli, M. V., Zabala, A., & Mahlknecht, J. (2021). Effects of wastewater irrigation on groundwater quality—An overview. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 100322.
- NOM-021-RECNAT-2000. Norma Oficial Mexicana. Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio y análisis.
- Ponce-Lira, B., Serrano-Olvera, M., Rodríguez-Martínez, N., & Sánchez-Herrera, S. G. (2020). Polluted Wastewater for Irrigation in the Mezquital Valley, Mexico. In E. M. Otazo-Sánchez, A. E. Navarro-Frómata & V. P. Singh (Eds.), *Water Availability and Management in Mexico* (pp. 215-231). Cham: Springer International Publishing.
- Rosas Hernandez, J. S. (2022). Abonos orgánicos y siembra del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con labranza cero y riego por goteo en La Molina.
- Sánchez, E. J. G., & Martínez, A. (2002). Agricultura de conservación, la agricultura del carbono. *Vida Rural*, 31-33.
- Sepúlveda, S. (2021). Consejo al agricultor: Cómo hacer la rotación de cultivos. *Cápsula Radial INIA La Platina*.
- Ullé, J., Delaye, L. M., Andriulo, A., Faggioli, V., Ullé, J., Delaye, L. M., . . . Faggioli, V. (2021). Estudio de los efectos combinados de antecesores gramíneas, leguminosas, con microorganismos benéficos y biofertilizantes en una rotación del cultivo de batata.
- Villalva Sánchez, A. A. (2021). *Evaluación de la sanidad del suelo después de la aplicación de enmiendas agrícolas y su efecto en la resistencia a Phytophthora infestans en papa (Solanum tuberosum)*. Quito.

SEC BIOS: UNA ALTERNATIVA ORGÁNICA PARA EL CONTROL DE *Amaranthus palmeri* S. WATS EN PRE SIEMBRA EN EL NORTE DE TAMAULIPAS

Martín Espinosa Ramírez¹, Miguel Ángel Valdés Hernández¹ y Ma. Eugenia Cisneros López¹

¹Campo Experimental Río Bravo, INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61. Río Bravo, Tamaulipas. * espinosa.martin@inifap.gob.mx

RESUMEN

Amaranthus palmeri S. Wats es una maleza de hoja ancha de importancia agronómica en los sistemas extensivos de producción del Norte de Tamaulipas. El objetivo de este trabajo fue evaluar la efectividad de herbicidas alternativos al Glifosato en el control de *A. palmeri* en pre siembra. El ensayo se estableció en el CERIB-INIFAP durante el ciclo agrícola O-I 2022, bajo condiciones de riego. La aplicación de los tratamientos fue el 30/05/2022. Previo a la aplicación se cuantificó el número de plantas por m² los tratamientos fueron: T1: testigo sin control, T2: Glifosato (690 g i.a ha⁻¹), T3: Glufosinato de Amonio (300 g i.a ha⁻¹), T4: Paraquat (300 g i.a ha⁻¹), herbicida orgánico SEC BIOS en dos concentraciones (T5: 1.5 % ha⁻¹) y T6 (1.0 % ha⁻¹). La aplicación se realizó cuando la maleza tenía de 10 a 15 cm de altura (42 plantas m²), en franjas de 8 surcos a 0.8 m x 50 m (320 m²), con una aspersora de motor con un volumen de aspersión de 212 L ha⁻¹. Durante el ensayo no hubo registro de precipitación. Los herbicidas Glifosato, Glufosinato de Amonio, Paraquat y Sec Bios al 1.5 % mostraron a los 5 y 10 DDA un buen control; sin embargo, de los 14 a 21 DDA el Glifosato, Glufosinato de Amonio, Paraquat, Sec Bios al 1.5 % y Sec Bios al 1.0 % mostraron un control suficiente a buen control. Económicamente, el Paraquat puede ser una alternativa al control de quelite, ya que redujo los costos en términos de eficiencia.

Palabras clave: maleza, hoja ancha, químico, orgánico

ABSTRACT

Amaranthus palmeri S. Wats is a broadleaf weed of agronomic importance in extensive production systems in northern Tamaulipas. The objective of this work was to evaluate the effectiveness of alternative herbicides to Glyphosate in the control of *A. palmeri* in pre-sowing. The trial was established at CERIB-INIFAP during the A-I 2022 agricultural cycle, under irrigation conditions. The application of the treatments was on 05/30/2022. Prior to application, the number of plants per m² was quantified. The treatments were: T1: control without control, T2: Glyphosate (690 g i.a ha⁻¹), T3: Glufosinate Ammonium (300 g i.a ha⁻¹), T4: Paraquat (300 g i.a ha⁻¹), SEC BIOS organic herbicide in two concentrations (T5: 1.5 % ha⁻¹) and T6 (1.0 % ha⁻¹). The application was made when the weeds were 10 to 15 cm tall (42 plants m²), in strips of 8 furrows at 0.8 m x 50 m (320 m²), with a motor sprinkler with a spray volume of 212 L ha⁻¹. During the test there was no record of rainfall. The herbicides Glyphosate, Glufosinate Ammonium, Paraquat and Sec Bios at 1.5% showed good control at 5 and 10 DAA; however, from 14 to 21 DAA, Glyphosate, Glufosinate Ammonium, Paraquat, Sec Bios at 1.5% and Sec Bios at 1.0% showed sufficient to good control. Economically, Paraquat can be an alternative to quelite control, since it reduced costs in terms of efficiency.

Keywords: weed, broadleaf, chemical, organic

INTRODUCCIÓN

En los cultivos básicos como maíz, sorgo, trigo y frijol existe una gran diversidad de malezas de hoja ancha, entre las más frecuentes está el quelite *Amaranthus palmeri* S. Wats). Esta maleza, también es conocida como Amaranto, Bledo, Quelite, Quintonil y Quintonil tropical, especie nativa de América del Norte, del suroeste de los Estados Unidos y México. Es una maleza con una amplia distribución en la región Noroeste y Noreste, con menor densidad en la zona Golfo de México, en estados como Campeche, Quintana Roo y Tabasco no se ha reportado (CONABIO, 2022). Es una maleza herbácea anual, que tiene capacidad de adaptación más allá de su rango nativo, como resultado de la dispersión de las semillas a través de expansión agrícola, además ha demostrado resistencia a herbicidas como el Glifosato (Ward *et al.*, 2013). *A. palmeri* es tolerante al estrés ambiental; incluso al que provoca la deficiente respuesta a herbicidas (Papa y Tuesca, 2017). La agricultura sustentable tiene como objetivo utilizar productos biológicos y orgánicos como estrategia alternativa al manejo de las malezas (Nichols *et al.*, 2015). En general, los bio herbicidas se derivan de plantas que contienen aleloquímicos fitotóxicos o ciertos microorganismos portadores de enfermedades que pueden suprimir las poblaciones de malezas (Sims *et al.*, 2018; Martínez *et al.*, 2021). Si bien, los bio herbicidas han demostrado ser muy prometedores para impedir la germinación y el crecimiento de semillas de malezas, solo se han realizado unos pocos estudios *in vitro* sobre las respuestas fisiológicas que provocan en las malezas (Hasan *et al.*, 2021). La justificación para identificar herbicidas alternativos al Glifosato se basa en el Decreto que prohíbe el uso de Glifosato a partir del 1 de febrero de 2024, en México se emitió con la clave DOF: 31/12/2020 establece las acciones que deberán realizar las dependencias y entidades que integran la Administración Pública Federal, en el ámbito de sus competencias, para sustituir gradualmente el uso, adquisición, distribución, promoción e importación de la sustancia química denominada Glifosato y de los agroquímicos utilizados en nuestro país que lo contienen como ingrediente activo, por alternativas sostenibles y culturalmente adecuadas, que permitan mantener la producción y resulten seguras para la salud humana, la diversidad biocultural del país y el ambiente. El objetivo de este trabajo fue evaluar la efectividad de herbicidas alternativos al Glifosato en el control de *A. palmeri* en pre siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se estableció en el lote B1 Norte bajo labranza convencional del Campo Experimental Río Bravo (CERIB), INIFAP (25° 57' 16.9" N, 98° 01' 05.7" O; altitud 25 msnm), durante el ciclo agrícola O-I, 2022. El riego se realizó el 13/05/22, previo a la aplicación de los tratamientos para uniformizar la emergencia de las malezas. Durante la conducción, se tomaron los datos climáticos (precipitación, temperatura y humedad relativa). La aplicación de los tratamientos fue el 30/05/2022. Antes de la aplicación de los tratamientos se identificaron las malezas presentes y se cuantificó su densidad, en número de malezas por metro cuadrado. Los tratamientos fueron: T1: testigo sin control químico, T2: Glifosato (690 g i.a ha⁻¹), T3: Glufosinato de Amonio (300 g i.a ha⁻¹), T4: Paraquat (300 g i.a ha⁻¹), El herbicida SEC BIOS [ácidos orgánicos (10 %), extracto de plantas alelopáticas (38 %), toxinas de *Puccinia* sp (2 %), resina de pino (20 %) y diluyente (30 %)] se aplicó a dos concentraciones (T5: 3.18 L ha⁻¹ y T6: 2.12 L ha⁻¹). Por otra parte, el fabricante recomienda una dosis de 10 ml L⁻¹ dosis baja, hasta 15 ml L⁻¹ una dosis alta. En este ensayo la dosis alta se redujo 35 % y la baja 21 %, para disminuir el costo de la aplicación. La aplicación de los herbicidas se realizó cuando la maleza tenía de 10 a 15 cm de altura, en franjas de 50 x 6.4 metros (320 m²), con una aspersora de motor con un aguilón de seis boquillas de abanico plano 8002 a una distancia de 0.5 m entre cada una, con presión de salida de 40 libras (PSI), con un volumen de aspersión

de 212 L ha⁻¹. Se utilizó agua de pozo (CERIB) con un pH de 7.5, el cual se le agregó regulador de pH (Dap Plus) a una dosis de 1 ml L⁻¹ de agua para todos los tratamientos. Las condiciones climáticas presentes en la aplicación fueron: 36 °C, lluvia (00 mm), humedad relativa (56 %), nubosidad (52 %) y viento (22 km hr⁻¹, dirección SSE). La toxicidad de los herbicidas sobre la maleza se realizó con la escala propuesta por la Sociedad Europea de la Investigación de la Maleza (EWRS) (Silva *et al.*, 2005), se evaluó mediante estimaciones visuales del 0 al 100.0 %; donde 0 indica sin efecto y 100 % la muerte de la planta (Cuadro 1), las evaluaciones se realizaron a los 3, 5, 8, 10, 14 y 21 días después de la aplicación (DDA) de los herbicidas. Durante el periodo de evaluación se tomaron los datos de temperatura ambiental diurna, humedad relativa, precipitación y velocidad del viento. Se tomaron siete puntos de muestreo por tratamiento para cuantificar el daño a la maleza y se utilizaron como repeticiones. El testigo regional fue el herbicida Glifosato [Sal isopropilamina de N-(fosfometil)-glicina]. El análisis de varianza se realizó con PROC GLM, con un diseño completamente al azar y la comparación de medias con Tukey ($P \leq 0.05$), se utilizó el paquete estadístico SAS versión 9.3.1 (SAS, 2006). Los datos de control de maleza fueron transformados por arcoseno de la raíz cuadrada de X/100 antes de su análisis para homogeneizar varianzas. Los resultados mostrados en los cuadros fueron las medias de los datos originales.

Cuadro 1. Escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de maleza.

Valor	Control de maleza (%)	Efecto sobre la maleza
1	99.0-100.0	Muerte
2	96.5-99.0	Muy buen control
3	93.0-96.5	Buen control
4	87.5-93.0	Control suficiente
5	80.0-87.5	Control medio
6	70.0-80.0	Control regular
7	50.0-70.0	Control pobre
8	1.0-50.0	Control muy pobre
9	0.0-1.0	Sin efecto

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Quelite [*Amaranthus palmeri* S. Wats], López (2014), reporta alta densidad de *A. palmeri* (70 %) en sistemas de producción donde se cultiva algodón en Chihuahua y la Laguna, Coahuila, en comparación de otras especies de hoja ancha, con una densidad menor al 30 % de la población. En este trabajo se cuantificaron 42 plantas m² (78 %) los cuales confirman alta densidad de esta maleza. En esta evaluación, desde la aplicación de los herbicidas, hasta los 21 días, no se registró precipitación (Cuadro 2). Mientras que, en el año 2021 se registraron 91 mm y 28.4 °C (SMN-CONAGUA, 2022); el año 2022 ha sido muy seco y cálido. Estas condiciones pudieran interactuar con la efectividad de los bio herbicidas; porque, su acción depende de factores ambientales antes y después de la aplicación (Tardieu, 2013). Hasan *et al.*, (2021) indican que la luz, el CO₂, la temperatura, la humedad del suelo, la humedad relativa, las precipitaciones y el viento; pueden impactar la efectividad de un bio herbicida directamente, al alterar el mecanismo de penetración y translocación, o indirectamente, cambiando el crecimiento de las plantas. Una posible interacción puede estar asociada al origen químico del bio herbicida, utilizado en este ensayo, el cual está compuesto de ácidos orgánicos (10 %) y extracto de plantas alelopáticas (38 %) sustancias fácilmente biodegradables (Fenibo *et al.*, 2021).

Cuadro 2. Condiciones climáticas durante el periodo de evaluación CERIB 2022.

Variables	DDA						media
	3	5	8	10	14	21	
T (°C)	30	29	32	28	31	32	30.3
HR (%)	65	60	57	25	67	58	55.3
PP(mm)	0	0	0	0	0	0	0.0
VV (km h ⁻¹)	20	7	31	17	28	13	19.3

T: temperatura, HR: humedad relativa, PP: precipitación y VV: Velocidad del viento y DDA: días después de la aplicación.

La efectividad del Glifosato para el control de *A. palmeri* ha sido tema de discusión en el mundo, ya que se ha reportado, biotipos resistentes en varios países (Ward *et al.*, 2013), sobre todo cuando se trata de controlar poblaciones que rebasan los 25 cm de altura de la planta (Papa y Tuesca, 2017). En este ensayo se observaron resultados a los 3 DDA (Cuadro 3), siendo estadísticamente similares con buen control el Paraquat (96 %) y el Glufosinato de Amonio (90 %) en comparación al Glifosato, testigo regional, con un control regular (77 %), al superar los dos tratamientos con los herbicidas orgánicos, que tuvieron un control pobre (68 %); incluso el T6 (1.0 % ha⁻¹) fue estadísticamente similar al testigo sin tratamiento. Estos resultados pueden atribuirse en primer lugar, al tipo de acción de los herbicidas sintéticos. El Paraquat es un herbicida de contacto, ya que dos horas después de la aplicación se observan los síntomas en las plantas, el Glufosinato de Amonio es semi-sistémico ya que a los 3 o 5 días se observan los síntomas y sistémico el Glifosato de 7 a 14 días para observar los síntomas (Diez, 2013). Cinco días después de la aplicación el Glifosato, Glufosinato de Amonio y Paraquat tuvieron buen control (93 %), estadísticamente fueron similares y mantuvieron este control hasta 21 DDA (Cuadro 3). Respecto a los tratamientos con el bio herbicida SEC BIOS, el T5 (1.5 % ha⁻¹), empezó a tener efecto a los cinco días después de la aplicación, con un buen control (96 %) y T6 (1.0 % ha⁻¹) hasta los 14 DDA. Al final de la evaluación 21 DDA estadísticamente todos los tratamientos tuvieron control suficiente a buen control (91-96 %). Hernández *et al.* (2021) reportaron resultados similares a este ensayo en el control de *A. palmeri* con el Glifosato (99 %), Glufosinato de Amonio (88.5 %) y Paraquat (99 %). La respuesta de los tratamientos con herbicidas orgánicos fue superior a lo esperado debido a que hubo condiciones favorables como la ausencia de lluvia, que pudiera lavar el producto y presencia de altas temperaturas máximas de 32 °C (SMN-CONAGUA, 2022). Así mismo el buen control de todos los tratamientos, puede ser atribuido, a la etapa de crecimiento de la planta menor a 15 cm. Existe un número limitado de trabajos donde se evalúan, los efectos de extractos alelopáticos como bio herbicidas en campo. Cisneros *et al.* (2021), reportaron que los herbicidas orgánicos comerciales (1.0 L ha⁻¹) a los 21 DDA tuvieron un control muy pobre (< 30 %) en *A. palmeri* al utilizar el HO1:(aceite de conífera 40 %, *Datura stramonium* 10 %, plantas alelopáticas 42 %, metabolitos de *Puccinia* spp. 2 % y aceite de coco hidrogenado 6.0%) y HO2:(gordolobo 20 %, aceite de coco 20 %, resina de pino 20 %, *Puccinia* spp. 20% y papaína 20 %). La diferencia contrastante de los resultados puede ser atribuida a las diferencias químicas entre los tres herbicidas orgánicos. En este ensayo se observó que estadísticamente después de 21 DDA, todos los tratamientos fueron similares, con un control suficiente (91 %) a buen control (93 a 96 %), conforme a la escala de la Sociedad Europea de Investigación en la Maleza. Cuando dos o más tratamientos tienen la misma efectividad, el siguiente criterio para elegir un tratamiento es el costo. El cuadro 3, muestra, el costo total, que incluye la aplicación terrestre y el coadyuvante DAP PLUS. En este sentido, el mejor tratamiento por el costo fue el Paraquat, porque en términos

porcentuales representó el 0.9 del costo del Glifosato, mientras que; el Glufosinato de Amonio (1.9) y SEC BIOS (T5= 2.8 y T6= 2.4) tuvieron un costo superior.

Cuadro 3. Control de quelite *Amaranthus palmeri* con diferentes tratamientos. CERIB-INIFAP, Río Bravo, Tamaulipas.

Tratamiento	DDA						Costo Total (\$ ha ⁻¹)
	3	5	8	10	14	21	
	Control de malezas (%)						
T1	0 d	0 c	0 c	0 c	0 c	0 c	0.00
T2	77 b	93 a	97 a	96 ab	97 a	94 ab	635.00
T3	90 ab	97 a	96 a	95 ab	99 a	95 ab	1,220.00
T4	96 a	98 a	97 a	98 a	99 a	96 a	560.00
T5	68 b	96 a	97 a	97 ab	99 a	95 a	1,778.00
T6	17 d	65 b	65 b	83 b	90 ab	91 ab	1,502.00
CV (%)	12	13	18	8	3	2	
Media	56	75	75	79	81	79	

DDA: Días después de la aplicación. CV: Coeficiente de variación. Costo= Herbicida, aplicación (200.0 \$ ha⁻¹) y coadyuvante (60.3 \$ ha⁻¹). Actualización: 30-06-22. Letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, P≤0.05). Los datos corresponden a análisis independiente por fecha de muestreo.

CONCLUSIONES

Los herbicidas Glifosato, Glufosinato, Paraquat y Sec Bios al 1.5 % mostraron a los 5 y 10 DDA un buen control; sin embargo, de los 14 a 21 DDA el Glifosato, Glufosinato, Paraquat, Sec Bios al 1.5 % y Sec Bios al 1.0 % mostraron un control suficiente a buen control. Económicamente, el Paraquat puede ser una alternativa al control de quelite, ya que redujo los costos en términos de eficiencia.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto SIGI: 1437735328. "Alternativas al uso del Glifosato para el control de maleza en México" financiado por SENASICA.

REFERENCIAS

- Cisneros, L. M.E., Rosales, R. E. Espinosa, R. M., Hernández, M. R. y Ortiz, C. F. E. 2021. Herbicidas orgánicos: alternativa sostenible al glifosato para el control de malezas en pre siembra en el norte de Tamaulipas. 27-28 pp *In*: Memoria XLII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza 2021 San Luis Potosí.
- CONABIO. Biodiversidad mexicana. 2022. *Amaranthus palmeri*. <https://enciclovida.mx/especies/171307-amaranthus-palmeri>. Quintonil tropical *Amaranthus palmeri*. <https://enciclovida.mx/especies/171307-amaranthus-palmeri>
- Diez, U. P. 2013. Manejo de Malezas Problema. Modos de acción herbicida. chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefndmkaj/https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/3/AAP167289/AAP-Manual_Rem_Herbicidas.pdf. 52 p.
- DOF2020.https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609365&fecha=31/12/2020#gsc.tab=0. consultado el 17 de junio de 2022].

- Fenibo, E.O., Ijoma, G.N and Matambo, T. 2021. Biopesticides in Sustainable Agriculture: A Critical Sustainable Development Driver Governed by Green Chemistry Principles. *Front. Sustain. Food Syst.* 5:619058. doi: 10.3389/fsufs.2021.619058
- Hasan, Mahmudul, Muhammad S. Ahmad-Hamdani, Adam M. Rosli, and Hafizuddin Hamdan. 2021. "Bioherbicides: An Eco-Friendly Tool for Sustainable Weed Management" *Plants* 10, no. 6: 1212. <https://doi.org/10.3390/plants10061212>
- Hernández, M. R., Rosales, R. E., Espinosa, R. M. y Cisneros, L. M. E. 2021. Efectividad de herbicidas alternativos a Glifosato en el control de maleza en el norte de Tamaulipas. P.259-265. *In: Memoria XLII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza 2021 San Luis Potosí.*
- López, T. R. 2014. Manejo de malezas en tecnología solución Faena® Flex algodón para las zonas agrícolas de Chihuahua y la Laguna. 67-74 pp. XXXV Congreso Mexicano de la ciencia de la maleza SOMECIMA A.C. Tequisquiapan Querétaro 29-31 de octubre del 2014.
- Martínez, A.J.C., Sotelo, C.N.D., Maldonado, M.I.D., Mora, R.G.A., Leyva, M.K.Y. y Fierro, C.R.A. 2021. Avances en el control biológico de malezas de interés agrícola en el norte de Sinaloa. 55-6. *In: Memoria XLII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza 2021 San Luis Potosí.*
- Nichols, V.; Verhulst, N.; Cox, R.; Govaerts, B. 2015. Weed dynamics and conservation agriculture principles: A review. *Field Crops Res.* 183, 56–68.
- Papa, J.C. y Tuesca, D. 2017. Evaluación de alternativas de control químico de *Amaranthus palmeri* de tamaño mayor a 25 cm de altura. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta.evaluacion-alternativas-control-quimico-amaranthus-palmeri-tamano-mayor-25-cm-altura.pdf> [consultado 24-06-2022]
- Rosales, R. E. Y Medina, C. T. 2011. Manejo de malezas en cultivos básicos. En: manejo de malezas en México. pp. 157- 159. Universidad Autónoma de Sinaloa-ASOMECIMA.
- Silva, F. M. A., Rodríguez, M. J. C., Díaz, G. O., y Bautista, M. N. 2005. Efectividad biológica de un derivado de ácido graso para el control de *Macrosiphum rosae* L. (Homóptero: Aphididae) y *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Agrociencia* 39: 319-325.
- Sims, B.; Corsi, S.; Gbehounou, G.; Kienzle, J.; Taguchi, M.; Friedrich, T. 2018. Sustainable weed management for conservation agriculture: Options for smallholder farmers. *Agriculture*, 8, 118.
- SMN-CONAGUA. 2022. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias> [CONSULTADO 24-06-22].
- Tardieu, F. 2013. Plant Response to environmental conditions: Assessing potential production, water demand, and negative effects of water deficit. *Front. Physiol.* 4, 17.
- Ward, S. M., T. M. Webster, and L. E. Steckel. 2013. Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*): A Review. *Weed Technology*.7:12-27.

RIESGO DE MERCADO DE PRODUCTOS HORTÍCOLAS DE JALISCO

JALISCO HORTICULTURAL PRODUCTS MARKET RISK

Erick Baltazar Brenes

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, Av. Biodiversidad Núm. 2470, Km. 8 Carr. Tepatitlán – Lagos de Moreno, Rancho Las Cruces, México. Correo electrónico: baltazar.erick@inifap.gob.mx

RESUMEN

La producción de hortalizas en México es una opción con altos índices de rentabilidad. En el estado de Jalisco, representan alrededor de 24% del valor de la producción cultivada en zonas de riego y 6.3% de la superficie sembrada. En este trabajo se analiza el comportamiento de los precios de 2001 a 2021 para determinar el nivel de riesgo de mercado que representan los 10 productos más importantes en Jalisco por superficie sembrada. La mayoría de los productos tienen precios con tendencia al alza y niveles de riesgo aceptables.

Palabras clave: Hortalizas, producción de riego, volatilidad de precios.

ABSTRACT

The production of vegetables in Mexico represents an option with high rates of profitability. In the state of Jalisco, they represent around 24% of the value of production cultivated in irrigated areas and 6.3% of the cultivated area. In this paper, the behavior of prices from 2001 to 2021 is analyzed to determine the level of market risk represented by the 10 most important products in Jalisco by planted area. Most products have upward trending prices and acceptable risk levels.

Key words: Vegetables, irrigation production, prices volatility.

INTRODUCCIÓN

En 2021 el valor de la producción de hortalizas representó 15.89% del total de la producción agrícola en México, y fueron cultivadas en 3.16% de la superficie sembrada.

Las hortalizas de riego producidas en Jalisco con mayor superficie cultivada son: brócoli (B), calabacita (C), cebolla (CE), chile verde (CV), lechuga (L), melón (M), pepino (P), sandía (S), jitomate (J) y tomate verde (T). Estos cultivos cubren alrededor de 6% de la superficie de riego sembrada en el estado y aportan aproximadamente 24% del valor de la producción (Tabla 1).

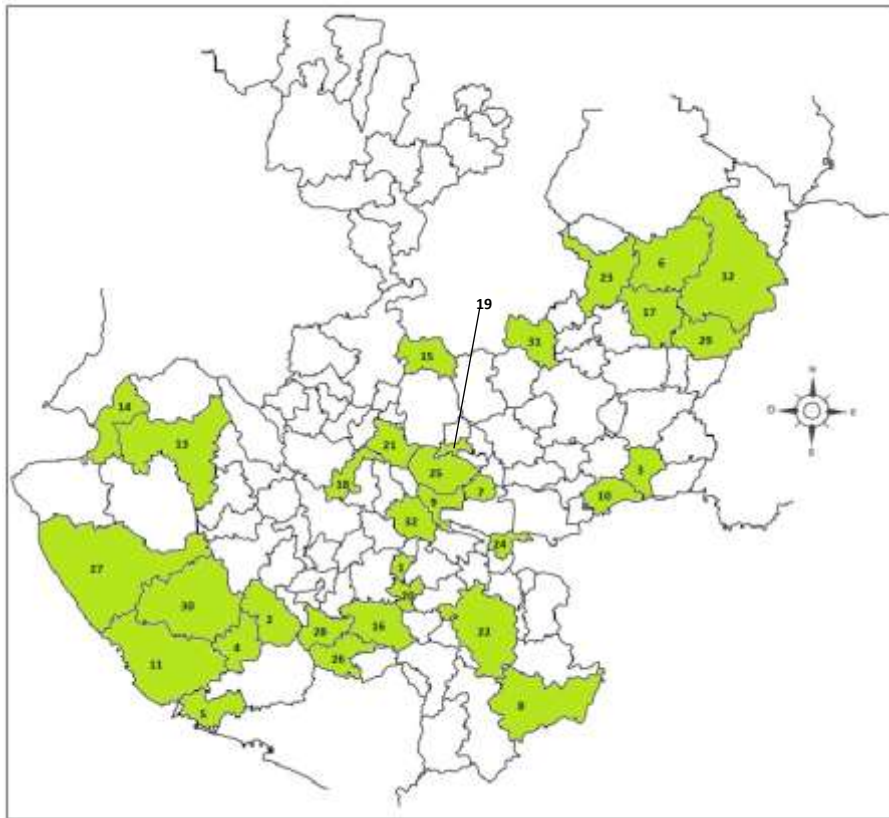
Tabla 1. Participación porcentual promedio de hortalizas en la superficie sembrada y valor de la producción, de 2001 a 2021 en Jalisco.

Participación	B	C	CE	CV	L	M	P	S	J	T
---------------	---	---	----	----	---	---	---	---	---	---

Superficie sembrada	0.48	0.43	0.53	1.58	0.15	0.19	0.22	1.32	0.88	0.63
Valor de la producción	0.91	0.64	1.45	6.45	0.18	0.36	0.38	3.90	9.36	0.88

Los principales municipios de Jalisco dedicados a la producción de las hortalizas seleccionadas se muestran en la Figura 1.

Figura 1. Municipios de Jalisco productores de hortalizas.



- | | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| 1. Amacueca | 21. Tala |
| 2. Autlán de Navarro | 22. Tamazula de Gordiano |
| 3. Ayotlán | 23. Teocaltiche |
| 4. Casimiro Castillo | 24. Tizapán el Alto |
| 5. Cihuatlán | 25. Tlajomulco de Zúñiga |
| 6. Encarnación de Díaz | 26. Tolimán |
| 7. Ixtlahuacán de los Membrillos | 27. Tomatlán |
| 8. Jilotlán de los Dolores | 28. Tuxcacuesco |
| 9. Jocotepec | 29. Unión de San Antonio |
| 10. La Barca | 30. Villa Purificación |
| 11. La Huerta | 31. Yahualica de González Gallo |
| 12. Lagos de Moreno | 32. Zacoalco de Torres |
| 13. Mascota | |
| 14. Puerto Vallarta | |
| 15. San Cristóbal de la Barca | |
| 16. San Gabriel | |
| 17. San Juan de los Lagos | |
| 18. San Martín Hidalgo | |
| 19. San Pedro Tlaquepaque | |
| 20. Sayula | |

La participación de Jalisco en la producción nacional de los productos seleccionados se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Participación porcentual de Jalisco en la producción de hortalizas en 2021.

Participación	B	C	CE	CV	L	M	P	S	J	T
Posición	4 ^a	7 ^a	10 ^a	6 ^a	11 ^a	11 ^a	9 ^a	2 ^a	4 ^a	6 ^a
Producción	3.93	4.37	4.37	5.09	1.52	0.73	2.75	12.36	6.22	4.59

Las hortalizas son cultivos demandantes de agua y con altos costos de inversión, por lo que el crecimiento de la superficie cultivada no es muy grande. De 2001 a 2021 la superficie sembrada total de los productos analizados se incrementó 6.24%, de 17,280 a 18,359 ha. Los cambios en la superficie sembrada de cada producto se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Cambios porcentuales de la superficie sembrada de hortalizas, de 2001 a 2021.

Cambio	B	C	CE	CV	L	M	P	S	J	T
Superficie sembrada	79.7	10.2	114.5	4.7	0.8	-81.2	242.9	-42.1	3.2	50.7

En el periodo analizado, el rendimiento promedio en Jalisco de los productos seleccionados, en general, ha tenido un incremento (Tabla 4).

Tabla 4. Cambio relativo del rendimiento de las hortalizas de Jalisco ($t\ ha^{-1}$) de 2001 a 2021.

Rendimiento	B	C	CE	CV	L	M	P	S	J	T
$t\ ha^{-1}$ en 2021	19.13	20.49	31.05	35.01	21.72	22.51	25.14	52.25	85.29	15.97
Cambio %	46.93	56.41	28.95	115.45	-4.02	8.64	61.05	40.31	119.37	61.48

De acuerdo con los datos del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM), además del mercado estatal, los principales destinos nacionales de la producción de hortalizas de Jalisco son: Baja California Sur, Chihuahua, Ciudad de México, Colima, Durango, Guanajuato, Michoacán, Nuevo León, Querétaro, Sinaloa, Sonora y Zacatecas. El riesgo de mercado de cada producto puede influir en la decisión de siembra de los productores. El comportamiento cíclico de las opciones originan escenarios de incertidumbre (Gomero *et al.* 2017). En este trabajo se analizó el comportamiento de los precios medios rurales de los productos seleccionados para identificar el nivel de riesgo de mercado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron bases de datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) y del Banco de México (BANXICO). El periodo analizado fue de enero de 2001 a diciembre de 2021. Los precios medios rurales corresponden al promedio del estado de Jalisco. Los

precios se actualizaron a diciembre de 2021 empleando los datos del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), base julio de 2018 publicados por el Banco de México. Se obtuvo la desviación estándar de la tasa de crecimiento continua de cada precio para calcular el nivel de riesgo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El chile verde, melón, cebolla, calabacita, lechuga y pepino tienen una tendencia del precio al alza; el resto tiene tendencia a la baja. La lechuga y el melón han tenido los incrementos más altos de los precios reales, 122.39% y 120.8% respectivamente, le siguen el pepino (40.05%), cebolla (18.14%), tomate verde (7.66%) y chile verde (7.45%); los demás productos muestran una disminución: jitomate (-35.49%), calabacita (-6.83%), sandía (-3.83%) y brócoli (-0.44%), que prácticamente conserva un precio constante. En la Figura 2 se muestra el comportamiento de los precios de las hortalizas y su tendencia.

Respecto a la variación de los precios, la sandía presenta la volatilidad más alta ($\sigma = 0.1564$), y el de menor volatilidad es el pepino ($\sigma = 0.0588$). En la Tabla 5 se muestran los valores de todos los productos.

Tabla 5. Valores de la volatilidad de los precios de las hortalizas.

Volatilidad	B	C	CE	CV	L	M	P	S	J	T
Valores de σ	0.123	0.106	0.161	0.103	0.097	0.078	.058	0.156	0.111	0.122

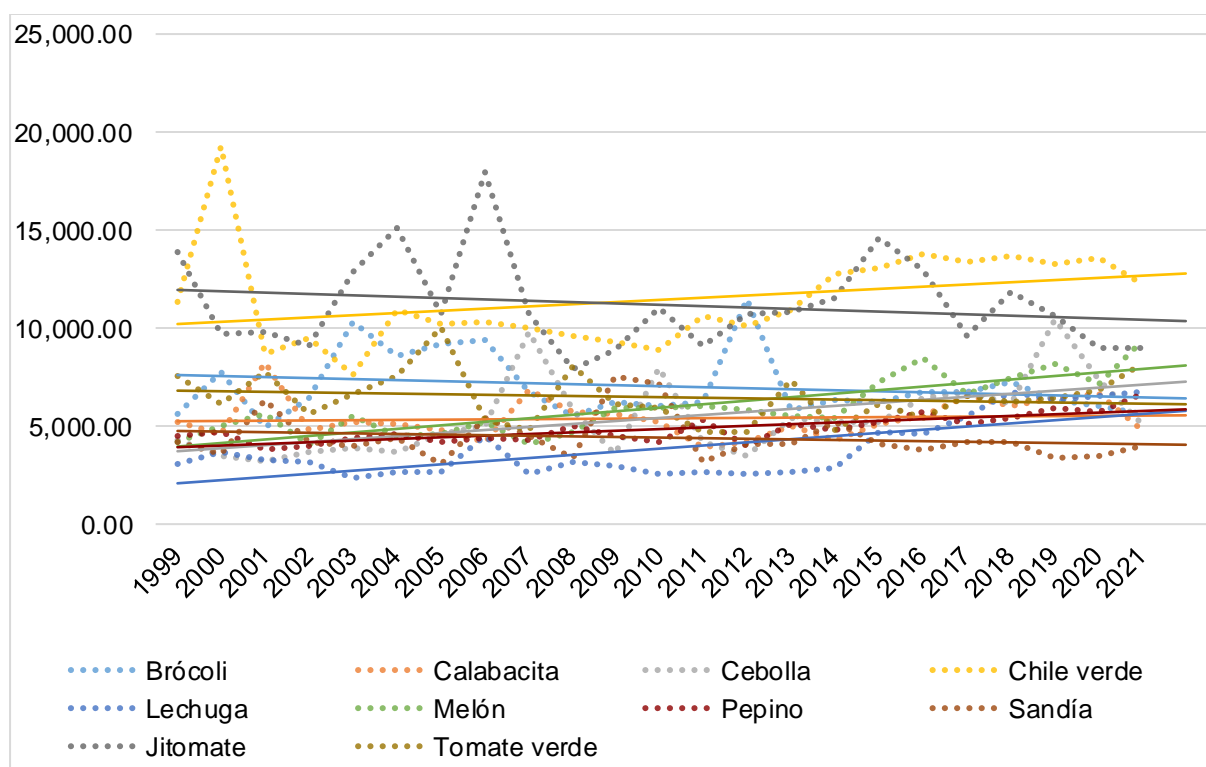


Figura 2. Comportamiento y tendencia de los precios por t de las hortalizas.

CONCLUSIONES

El producto más recomendable, considernado el incremento relativo del precio, su tendencia y el nivel de riesgo por la variación anual es el pepino, que de acuerdo con Ramírez y colaboradores (2021), es una opción rentable; seguido del melón y la lechuga. Otras opciones recomendables son, de manera ordinal: la cebolla, el chile verde y el tomate verde. En sentido opuesto, las opciones con más riesgo son, de manera ordinal: jitomate, sandía, calabacita y brócoli. La recomendación final es que, en la medida de lo posible, el productor cultive más de un producto con la finalidad de disminuir el riesgo.

REFERENCIAS

- Gomero, N., Masuda V. y Bazan, S. 2017. Uso del coeficiente de correlación y la desviación estándar en la selección de activos financieros de renta variable. *Quipukamayoc* 25(4): 129-149. Doi: <http://dx.doi.org/10.15381/quipu.v25i49.14288>
- Ramírez, A.O., F., Hernández, M.J., C. y González, R.F.J. 2021. Análisis económico del pepino persa en condiciones de invernadero en Guerrero y Estado de México, 2020. *Revista Mexicana de Agronegocios* 48:2 677-691. Id: 141676100009.

RESPUESTA DEL LIXIVIADO DE LOMBRIZ COMO FERTILIZANTE EN EL DESARROLLO DE PLÁNTULA DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill.)

M. C. Maihualy Martínez Fernández, M. C. María Gabriela Ramírez Valádez

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Carretera Durango – El Mezquital km. 4.5 Durango, Dgo.
mmf1206@hotmail.com

RESUMEN

En la agricultura se han utilizado un amplio número de productos de síntesis química, para fertilizar los cultivos, con el fin de incrementar los rendimientos, así como mejorar la calidad de los productos que se producen, indiscriminado de estos productos más allá de beneficiar e incrementar la productividad agrícola, está provocado un fuerte desequilibrio de los recursos naturales, suelo, agua, ambiente, causando su degradación, contaminación y en algunos casos su pérdida total; de la misma manera la calidad y sanidad de los alimentos que se producen mediante la agricultura, se ha visto mermada.

El tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) es la hortaliza de mayor importancia a nivel nacional e internacional, debido a su amplio consumo, al área cosechada y al valor económico de la producción.

Su producción se ve inmersa en el uso inadecuado de fertilizante y pesticidas químicos, lo que llega a repercutir en la degradación de los recursos naturales, como en la salud humana. Debido a ello en el presente trabajo, se evalúa y muestran los resultados obtenidos de la evaluación de la aplicación de lixiviado de lombriz como alternativa de nutrición en la elaboración y desarrollo de un almácigo de tomate.

Palabras clave: Almácigo, Tomate, Lixiviado, lombriz

ABSTRACT

In agriculture, a large number of chemical synthesis products have been used to fertilize crops, in order to increase yields, as well as improve the quality of the products that are produced, indiscriminately using these products beyond benefiting and increasing agricultural productivity, is causing a strong imbalance of natural resources, soil, water, environment, causing their degradation, contamination and in some cases their total loss; In the same way, the quality and health of the food produced through agriculture has been diminished.

The tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) is the most important vegetable at a national and international level, due to its wide consumption, the harvested area and the economic value of the production.

Its production is immersed in the inappropriate use of chemical fertilizers and pesticides, which has an impact on the degradation of natural resources, as well as human health.

Due to this, in the present work, the results obtained from the evaluation of the application of earthworm leachate as an alternative of nutrition in the elaboration and development of a tomato seedling are evaluated and shown.

Key words: Seedling, tomato, leachate, earthworm

INTRODUCCION

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es la hortaliza de mayor importancia a nivel nacional e internacional, debido a su amplio consumo, al área cosechada y al valor económico de la producción. Durante los últimos años, esta hortaliza ha incrementado su producción anual principalmente por el aumento en el rendimiento y en menor proporción por el incremento de la superficie cultivada.

Para proporcionar la nutrición al cultivo de tomate, existen dos alternativas: abonos orgánicos y fertilizantes inorgánicos. En ambos casos lo que se pretende es enriquecer el medio de desarrollo del cultivo y/o hacer disponibles los nutrientes básicos para la planta, entre ellos el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K), lo que se denominan abonos NPK o fertilizantes NPK.

De acuerdo a información del comercio exterior y la producción nacional de fertilizantes, en el 2017 hubo una disponibilidad de 4.9 millones de toneladas de fertilizantes en México, de los cuales el 66.4% son nitrogenados, el 22.2% son fosfatados, 8.1% potásicos y el 3.3% son mezclas de los tres principales nutrientes que definen a los tipos de fertilizantes mencionados (nitrógeno, fósforo y potasio).

Las plantas necesitan nutrientes para poder desarrollarse. Estos nutrientes los elementos químicos presentes en la tierra o sustrato que las plantas absorben a través de sus raíces (sales minerales y agua) o que toman del aire a través de las hojas (oxígeno y dióxido de carbono).

En los últimos 40 años, los productores redujeron la aplicación de abonos orgánicos a causa del inicio de una agricultura intensiva (López, 2001), generando una disminución en el uso de fertilizantes orgánicos hasta un punto en el que la aplicación de los inorgánicos se convirtió en un problema ambiental en muchos lugares del mundo (Butler 2007).

Una alternativa a la aplicación de fertilizantes, la constituye el empleo de abonos orgánicos (compost, biosólidos, entre otros) u órgano-minerales, que presentan parte del N en formas orgánicas, más o menos estables, que paulatinamente van mineralizándose y pasando a disposición de las plantas (Lamfus, 2003). En este mismo sentido, se indica que la fertilización orgánica sustituye en gran medida el uso de fertilizantes minerales (Soto, 2001).

No obstante, el costo de los fertilizantes minerales obliga a la búsqueda y evaluación de alternativas para el manejo de la nutrición vegetal; dentro de los más destacados y de mayor acceso para los agricultores, está el reciclado de nutrimentos a partir de fuentes como el

compostaje, el uso de estiércol de origen animal y otras fuentes propias de los sistemas productivos como la pulpa de café y los residuos de cosecha, que se constituyen en las materias primas del proceso

Debido a lo anterior, el presente trabajo, evaluó la respuesta de la aplicación de lixiviado de lombriz, como alternativa de fertilización para el desarrollo de plántula de tomate, pretendiendo determinar una dosis recomendada para implementarse en el desarrollo de almácigos, y crear un preámbulo para analizar la opción en diferentes cultivos.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se desarrolló en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ubicado en el kilómetro 4.5, carretera Durango – El Mezquital.

El experimento el día 17 de siembra. Donde se utilizaron charolas de unicel de 200 cavidades, como sustrato peat moos marca Cosmocel®, semilla de tomate tipo saladet.

Las charolas se desinfectaron antes de usarlas con una solución clorada al 10% por un tiempo de 30 minutos, después se enjuagaron.

Después se preparó el sustrato, lo cual consistió en vaciar una parte del bulto que lo contenía, sobre una superficie plana y limpia, en la cual por medio de frotarlo se deshicieron los terrones (Figura 1 y 2), hasta lograr un sustrato fino y sin partículas mayores a un cm de longitud, a continuación se fue humedeciendo poco a poco con agua corriente, hasta lograr tener el sustrato con la humedad adecuada para poder ser utilizado para llenar las charolas, dicha humedad fue tomada por medio de la “técnica del puño”, la cual consiste en tomar el sustrato con la mano, apretarlo y verificar que no escurra agua entre los dedos, y al abrir el puño, el sustrato no se disperse ni caiga.

Posteriormente se llenaron las charolas con el sustrato y en cada cavidad se colocaron dos semillas de tomate, aproximadamente a 3 a 5 mm de profundidad, luego la semilla fue cubierta con el mismo sustrato, cuidando no sacar la semilla. Luego se aplicó un riego ligero para sellar el almacigo

Después las charolas se apilaron y se cubrieron con plástico negro para disponerse en un lugar donde no varíe mucho la temperatura, y no se le permita perder la humedad contenida al momento de elaborar el almacigo, durante 4 a 7 días; revisando diariamente el proceso de germinación para evitar lastimar el embrión germinado

Durante los días posteriores a la siembra del almacigo, y por el monitoreo, al contar 7 días, terminaron de germinar hasta el 90% de las plántulas, el resto ocurrió en los días subsiguientes. La germinación de la semilla es un paso crítico durante el proceso de producción de la plántula. La semilla de tomate requiere de buena aireación para germinar, por lo que es necesario evitar la saturación del sustrato con agua. La temperatura óptima para

la germinación está entre 23 y 25 °C. El tiempo necesario para la germinación varía según la variedad y el lote de semillas. A partir de los 21 días de germinación y cuando estuvo formado el primer par de hojas verdaderas, se procedió a iniciar con la fertilización, a partir de la cual se evaluaron 4 tratamientos, con los cuales se determinó una dosis de recomendación para implementar el uso de una alternativa agroecológica para la producción de almácigos de tomate. Los tratamientos fueron los siguientes:

T1= Testigo (fertilización química)

T2= 1 litro de lixiviado de lombriz en 20 litros de agua.

T3= 2 Litros de lixiviado de lombriz en 20 litros de agua.

T4= 3 litros de lixiviado de lombriz en 20 litros de agua

Durante 30 posteriores al inicio de la aplicación de la fertilización, cada tercer día se realizó la dicha actividad, hasta completar 50 días y cuando las plántulas alcanzaron la talla y características adecuadas en la que pudieran ser trasplantadas.

Ocurrido el tiempo mencionado, se procedió a evaluar el rendimiento del almácigo, por medio de la medición de variables de crecimiento: altura de planta (ALT), diámetro basal (DB), número de hojas (NH), peso fresco foliar (PFF), longitud de raíz (LR), peso fresco raíz (PFR), peso seco foliar (PSF), peso seco raíz (PSR).

Para ello fue necesario realizar un muestreo destructivo mediante el cual se seleccionaron 25 plantas de cada tratamiento. Para la toma de datos se realizó lo siguiente:

- 1.1 Se sacó cada planta completa de las charolas
- 2.1 Se enjuagó la raíz en agua corriente y se le quitó el exceso de humedad con papel sanita
- 3.1 Se tomó el diámetro basal con un vernier digital
- 4.1 Se cortó la planta desde a partir del cuello de la raíz, para separar la parte de foliar de la radical y tomar el dato de altura de planta)
- 5.1 Se tomó el dato de longitud de raíz.
- 6.1 Posteriormente de cada parte de cada plántula se tomaron los datos de peso (6.1 a y b)

Se dispusieron todas las plantas medidas con ambas partes, foliar y radicular para que se secan, y posteriormente tomar los datos de peso seco foliar y radicular

RESULTADOS Y DISCUSION

Después de tomar los datos, se procedió a realizar en análisis de la información por medio de un análisis de varianza, con un diseño experimental completamente al azar y una probabilidad $\alpha=0.05$, por medio de una prueba de Kruskal Wallis, donde al existir diferencia significativa se realizaría una prueba de medias y los resultados obtenidos arrojaron la siguiente información.

El análisis de varianza realizado para la variable altura, mostró que existe diferencia significativa entre tratamientos, lo mismo para las variables diámetro basal, peso foliar fresco, longitud de raíz, peso fresco raíz, peso seco foliar, peso seco raíz, indicando que el comportamiento con menor respuesta es el número (Cuadros 1, 3, 6, 8, 10, 12, 14) donde se aplicó la fertilización química, donde incluso, las plantas mostraron características físicas más decadentes, como deficiente desarrollo radicular.

Debido a lo anterior, en las mismas variables (ALT, DB, PFF, LR, PFR, PSF, PSR), se realizó una prueba de medias, para determinar la mejor dosis recomendada para fertilizar con lixiviado de lombriz.

Cuadro 1. Análisis de varianza de la variable altura

Var.	Trat.	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
ALT	2	25	14.16	0.96	14.25	51.05	<0.0001
	3	25	13.54	0.72	13.5		
	4	25	14.34	1.1	14.15		
	1	25	11.63	0.92	11.35		

Cuadro 2. Prueba de medias de la variable altura

Trat.	Medias	Ranks		
1	11.63	16.58	a	
3	13.54	50.84		b
2	14.16	65.82		b
4	14.34	68.76		c

Cuadro 3. Análisis de varianza de la variable Diámetro basal

Var.	Trat.	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
DB	2	25	2.13	0.17	2.12	50.87	<0.0001
	3	25	1.97	0.24	2		
	4	25	1.93	0.24	1.97		
	1	25	1.5	0.23	1.54		

Cuadro 4. Prueba de medias de la variable Diámetro basal

Trat.	Medias	Ranks		
1	1.5	17.82	a	
4	1.93	52.6		b
3	1.97	56.5		b
2	2.13	75.08		c

En el análisis de varianza de la variable número de hojas, no existió diferencia significativa (Cuadro 5). Lo que puede inferir en que la fertilización no influye en la formación de superficie fotosintética, mostrándose un comportamiento similar en todos los tratamientos.

Cuadro 5. Análisis de varianza de la variable Número de hojas

Var.	Trat.	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
NH	2	25	9.68	0.83	9.5	5.9	0.1104
	3	25	10.04	1.77	10.5		
	4	25	10.4	1.44	10.5		
	1	25	9.33	1.94	9.5		

Aunque en la variable número de hojas no existió diferencia significativa, para la variable peso fresco foliar (Cuadro 6) ocurrió lo contrario, indicando que el rendimiento del cultivo en etapa de plántula es diferente, lo que se puede interpretar, que la aplicación de la dosis de 3 litros de lixiviado en 20 litros de agua, representa un coadyuvante en la calidad de planta, otorgando al almácigo un mejor desarrollo, turgencia y tamaño de plántulas.

Cuadro 6. Análisis de varianza de la variable Peso fresco foliar

Var.	Trat.	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
PFF	2	25	0.92	0.27	0.98	29.18	<0.0001
	3	25	1.02	0.14	1.03		
	4	25	1.14	0.22	1.12		
	1	25	0.71	0.25	0.6		

Para la variable peso fresco foliar (Cuadro 7.) se pudo observar que, aunque existieron diferencias significativas, los tratamientos 2 y 3 se comportaron de forma similar.

Cuadro 7. Prueba de medias de la variable Peso fresco foliar

Trat.	Medias	Ranks		
1	0.71	26.62	a	
2	0.92	48.18		b
3	1.02	57.96		b c
4	1.14	69.24		c

Cuadro 8. Análisis de varianza de la variable Longitud de raíz

Var.	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
LR	2	25	9.18	1.38	9	17.15	<0.000
	3	25	8.18	2.1	8.2		1
	4	25	8.78	1.47	8.8		
	1	25	7.54	1.04	7.3		

En la variable longitud de raíz se observó que los tratamientos 3 y 4 se comportaron de manera similar, además se puede observar que el tratamiento con mejor comportamiento fue el número 2, lo que se puede traducir, en que el tratamiento de menor dosis, representa una opción viable como coadyuvante en el desarrollo de raíz, por lo que se recomienda repetir el experimento para confirmar dicha información. De la misma manera se puede inferir en que se obtuvo información sobre una alternativa como promotor de enraizamiento.

Cuadro 9. Prueba de medias de la variable longitud de raíz

Trat.	Medias	Ranks		
1	7.54	33.08	A	
3	8.18	46.3		b
4	8.78	57.96		b c
2	9.18	69.24		c

Cuadro 10. Análisis de varianza de la variable peso fresco raíz

Var.	Trat.	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
PFR	2	25	0.44	0.13	0.46	34.52	<0.0001
	3	25	0.29	0.08	0.28		
	4	25	0.37	0.12	0.36		
	1	25	0.25	0.17	0.2		

El análisis de la variable peso fresco raíz (cuadro 11), se observa el mismo comportamiento que en la variable longitud de raíz, aunque en esta variable se observa que dos de los tratamientos representan una alternativa como promotor de desarrollo radicular

Cuadro 11. Prueba de medias de la variable peso fresco raíz

Trat.	Medias	Ranks		
1	0.25	29	a	
3	0.29	40.6	a	b
4	0.37	58.82		b
2	0.44	73.58		

Cuadro 12. Análisis de varianza de la variable peso seco foliar

Var.	Trat.	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
PSF	2	25	0.09	0.13	0.07	8.96	0.0297
	3	25	0.06	0.01	0.06		
	4	25	0.07	0.02	0.06		
	1	25	0.08	0.13	0.05		

Derivado del análisis de la variable peso seco foliar, se infiere en el comportamiento de los tratamientos, y se puede decir que la fertilización orgánica es una aliada en el aprovechamiento de energía.

Cuadro 13. Prueba de medias de la variable peso seco foliar

Trat.	Medias	Ranks		
1	0.08	38.7	a	
3	0.06	45.7	a	b
4	0.09	57.9		b
2	0.07	59.7		b

Cuadro 14. Análisis de varianza de la variable peso seco raíz

Var.	Trat.	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
PSR	2	25	0.03	0.01	0.03	36.03	<0.0001
	3	25	0.02	0.01	0.02		
	4	25	0.04	0.02	0.04		
	1	25	0.02	0.01	0.02		

Cuadro 15. Prueba de media de la variable peso seco raíz

Trat.	Medias	Ranks		
1	0.02	31.04	a	
3	0.02	35.4	a	
2	0.03	65.66		b
4	0.04	69.9		b

CONCLUSIONES

El análisis de varianza realizado a la variable altura, indicó que para las variables ALT, DB, PFF, LR, PFR, PSF, PSR, existieron diferencias significativas. Siendo las variables ALT, PFF, PSF Y PSR donde el tratamiento 4 mostró el mejor comportamiento y para las variables DB, LR Y PFR, observó mejor comportamiento en tratamiento 2.

Lo anterior indica que no es una generalidad que las dosis de aplicación más altas sean las más adecuadas para recomendar.

El tratamiento con menor dosis de lixiviado de lombriz, muestra un comportamiento favorable, relacionado con su como aliado en el desarrollo radicular de las plantas, por lo que se recomienda repetir el experimento con este y otro cultivos, para reafirmar la hipótesis.

Para el uso del lixiviado de lombriz como fertilizante orgánico, se recomiendan tanto la dosis mas alta mostrada, como la menor, y aunque ambas proporcionan diferentes beneficios al cultivo, la implementación de las dosis dependerá del criterio, economía y acceso al producto.

REFERENCIAS

- Butler, D. M.; Ranells, N. M.; Franklin, D. H.; Poore, M. H. y Green, J. T. Ground cover impacts on nitrogen export from matured riparian pasture. *J. Environ. Qual.*, 2007, vol. 36, pp. 155-162. ISSN 1537-2537.
http://www.cedrssa.gob.mx/post_n-fertilizantes-n.htm#home
- Blog de opinión 15 de enero del 2019. NOTAS SOBRE FERTILIZANTES (consultado 3 de septiembre de 2021)**
- Infoagro. 2017. El cultivo del tomate. <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>. [Links]
- Lamsfus, C.; Lasa, B.; Aparicio, T. P. M. e Irigoyen, I. Implicaciones ecofisiológicas y agronómicas de la nutrición nitrogenada: La ecofisiología vegetal: una ciencia de síntesis. 1a ed. España: Paraninfo: 2003. pp. 361-386. ISBN 84-9732-267-3.
- López, M. J. D. A.; Díaz, E. E.; Martínez, R. y Valdez, R. D. C. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento de maíz. *Terra*, 2001, vol. 19, pp. 293-299. ISSN 0187-5779.
- Maraña Santacruz, M. A., E. Castellanos Pérez, C. Vázquez Vázquez, J. J. Martínez Ríos, H. I. Trejo Escareño, M. Á. Gallegos Robles e I. Orona Castillo. 2018. Rendimiento de chile jalapeño con lixiviado de lombriz con dos métodos de riego. *Terra Latinoamericana* 36: 345-354. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v36i4.253>
- Ramírez, B. V. H., Duque, N. N. 2010. Respuesta del lulo de la Selva (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*) a la aplicación de fermentados aeróbicos tipo bocashi y fertilizante químico. *Acta Agronómica*, 2010, vol. 59, no. 2, pp. 156-157. ISSN 2323-0118.
- Soto, M. Renovación de plantaciones bananeras, un negocio sostenible, mediante el uso de umbrales de productividad, fijados por agricultura de precisión. Joinville-Santa Catarina: En: 17a Reunión internacional de la asociación para la cooperación en las investigaciones sobre banano en el Caribe y en la América Tropical. 2006. pp. 178-189.
<https://www.suministrosagricolasluque.com/cuales-son-las-diferencias-entre-abono-organico-e-inorganico/>
- ¿Cuáles son las diferencias entre abono orgánico e inorgánico? [\(consultado el 17 junio, 2020\)](https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/fertilizantes-desafios-y-soluciones-para-protoger-nuestro-planeta)
<https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/fertilizantes-desafios-y-soluciones-para-protoger-nuestro-planeta>

Fertilizantes: desafíos y soluciones para proteger nuestro planeta (consultado 22 de nov de 2021)
Víctor, R. B. y Naidu, N. Respuesta del lulo de la Selva (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*) a la aplicación de fermentados aeróbicos tipo bocashi y fertilizante químico. Acta Agronómica, 2010, vol. 59, no. 2, pp. 156-157. ISSN 2323-0118.

CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE CHILE EN DURANGO

M. C. Maihualy Martínez Fernández, Dra. Mercedes Borja Bravo, M. C. Sergio Arellano Arciniega, Dra. Blanca Isabel Sánchez Toledano

**Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Carretera Durango – El Mezquital km. 4.5 Durango, Dgo.
mmf1206@hotmail.com**

RESUMEN

Han surgido nuevas tecnologías que coadyuvan al crecimiento, desarrollo y mejora de la calidad de los productos agrícolas que se producen en el campo. Tal es el caso, en el cultivo de chile, los sistemas de producción modernos como las cubiertas plásticas (invernaderos, casa sombras, malla sombras, acolchados, etc, así como la tecnificación de los sistemas de riego, maquinaria adaptada a espacios reducidos. Sin embargo, no todos los productores del sector tienen la posibilidad de acceder a este tipo de tecnologías y herramientas; esto debido a diversos factores que van desde la índole económico hasta el social. Debido a ello, el presente trabajo describe algunos de los factores que influyen en la forma en como los productores de chile del estado de Durango producen el cultivo implementando diversos métodos para realizarlo, desde la agricultura tradicional, hasta quien han logrado tecnificar el proceso.

Palabras clave: Productores, chile, tecnología, siembra, cultivo

ABSTRACT

New technologies have emerged that contribute to the growth, development and improvement of the quality of agricultural products produced in the field. Such is the case, in the cultivation of chili, modern production systems such as plastic covers (greenhouses, shade houses, shade mesh, padding, etc.), as well as the modernization of irrigation systems, machinery adapted to small spaces, . However, not all producers in the sector have the possibility of accessing this type of technology and tools, due to various factors that range from economic to social. Because of this, the present work breaks down some of the factors that they influence the way in which chili producers in the state of Durango produce the crop by implementing various methods to do it, from traditional agriculture, to those who have managed to technify the process.

Key words: Producers, chile, technology, planting, cultivation

INTRODUCCION

Existe una demanda potencial en crecimiento por el chile (*Capsicum spp.*), Lo que lo posiciona como un alimento básico y estratégico en la alimentación y agricultura de México.

Se encuentra en la mesa de la mayoría de las familias en todo el territorio nacional e incluso fuera de nuestras fronteras. Es uno de los principales ingredientes en los platillos de la comida mexicana, sinónimo de identidad, cultura y tradición que ha perdurado por siglos

Aunado a ello, Espinosa (2010) desarrollo de nuevas tecnologías que mejoren la calidad de los productos. Por ello, han surgido varias opciones de sistemas de producción en los últimos 10 años, entre ellas bajo condiciones de invernadero y la de campo abierto con el uso de riego por goteo, entre otros. Estas variantes de producción constituyen sistemas que generan una mayor calidad y rendimiento del fruto.

MATERIALES Y METODOS

Se recolectaron datos en momento y tiempo único, para describir variables y analizar su incidencia e interrelación en el momento dado. (Hernández, Fernández, y Baptista, 2000). El estudio se realizó en la zona productora de chile en el estado de Durango, la cual incluyó 4 municipios: Poanas, San Juan del Río, Nuevo Ideal y Lerdo.

La población objetivo fueron los productores que cultivan chile en el estado de Durango a quienes se les aplicó una encuesta estructurada durante octubre y noviembre de 2021. Para tener representación estatal, se determinó una muestra para las poblaciones finitas.

Con base en la población (N) constituida por 136 productores de chile en el estado de Durango, a un nivel de confianza de 90% un error de 10% y la probabilidad de que la muestra represente el 50%, el tamaño de muestra (n) estimado fue de 45 encuestas; sin embargo, se aplicaron 51. La selección de los productores que se encuestaron, fue al azar.

RESULTADOS Y DISCUSION

Después de realizar las encuestas y analizar los datos, los resultados que se obtuvieron señalan que productores de chile en el estado de Durango tienen una edad promedio de 49 años. El 100% de las personas a las que se les aplicó la encuesta, son hombres, con promedio de 22 años de dedicarse a la producción de chile. El 56% de la muestra (29 encuestas)-tiene un grado máximo de estudios de secundaria (Cuadro 3), lo que indica bajo nivel de escolaridad.

La edad y el nivel académico de los productores son factores que influyen directamente sobre la forma de cultivar y la disponibilidad de adoptar nuevas tecnologías (Damián et al., 2007).

Características	Frecuencia	%
Edad		
20 a 40 años	10	19.6
40 a 60 años	28	54.9
60 a 80 años	13	25.5
Total	51	100
Escolaridad		
Sin estudios	12	24
Primaria	16	31
Secundaria	12	24
Universidad	10	20
Total	51	100
Años de producir chile		
1 a 25 años	35	68.6
25 a 50 años	15	29.4
50 a 75 años	1	2
Total	51	100

Tenencia de la tierra

En la Figura 2 se muestra que el 80.4% de los productores incluidos en la encuesta tienen tierras ejidales y el 21.4 % bajo el régimen de propiedad privada.

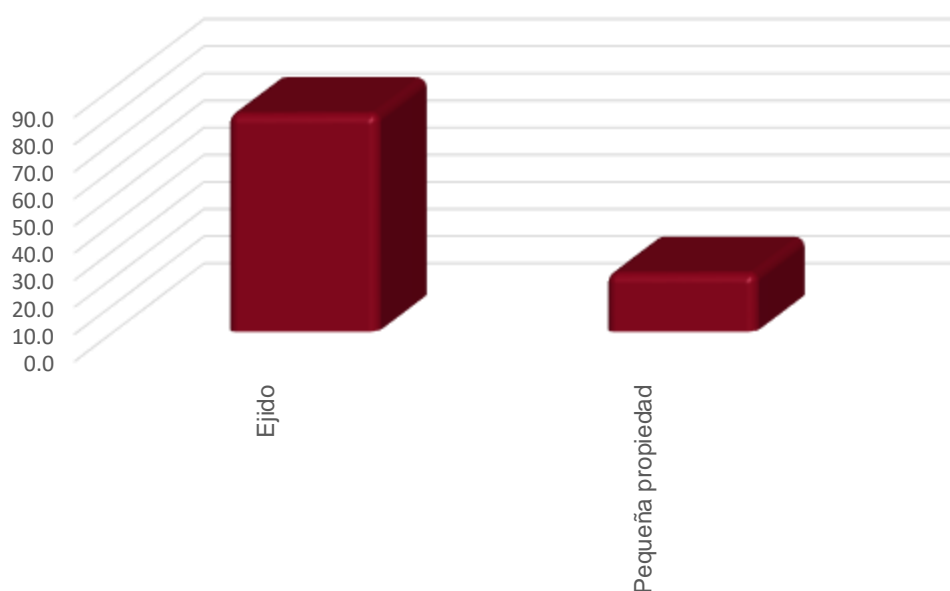


Figura 2.- Tenencia de la tierra

Inventario de maquinaria y equipo para el cultivo de Chile

Las herramientas y equipo con las que cuentan los productores son: 80% poseen rastra, el 76% tractor y arado y otros implementos son las aspersoras mecánicas y de mochila, así como la sembradora y surcadora. Muy pocos productores cuentan con una desvaradora y niveladora (Figura 3).

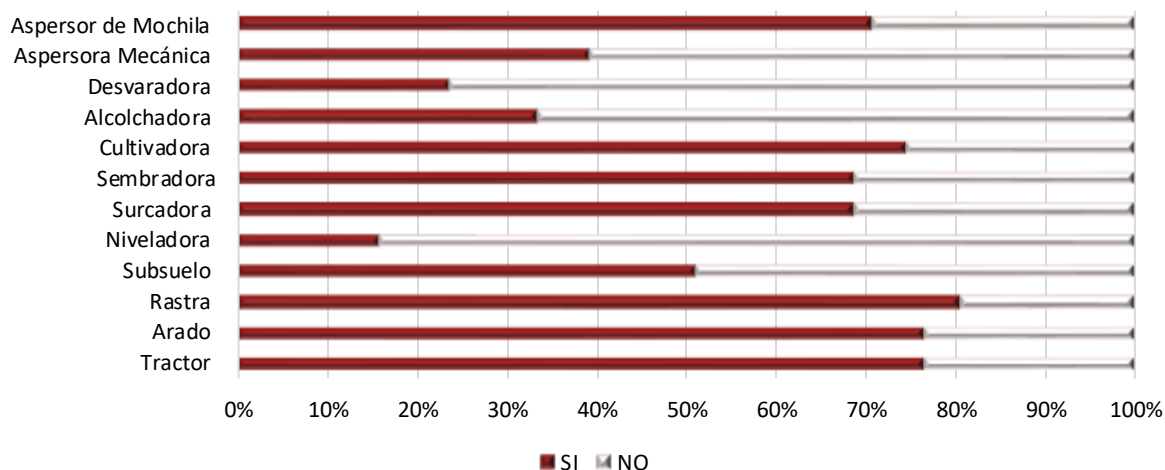


Figura 3.- Inventario de maquinaria y equipo

Preparación del terreno

La mayor parte de los productores encuestados mencionó que, al iniciar el establecimiento del cultivo, entre los meses de marzo a julio, según la finalidad del cultivo, así como el mercado del mismo, realizan la práctica de barbecho y/o subsuelo, así como un paso de rastra. Para llevar a cabo el trasplante, realizan el surcado del terreno (Figura 3).

Riego

El 73% de los encuestados señaló que riega su cultivo por gravedad y la fuente principal de agua son pozos colectivos. La mayoría de productores (33%) usa pozo colectivo, solo el 18% riega con agua de pozo propio, el resto almacena agua de lluvia, compra el servicio por pipa y/o dispone de estructuras para almacenamiento de agua.

Respecto a los sistemas de riego, el 73% riega por gravedad, 37% por goteo y el 2% por aspersión y/o microaspersión, es decir, tienen tecnificación para realizar esta actividad.

Plagas y enfermedades

Respecto a las plagas que se presentan en el cultivo, el 71% de los encuestados mencionó con alta frecuencia problemas de mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), el 33% el gusano del fruto (*Heliothis zea*), 16% gusano trozador (*Peridroma saucia*), el 10% Minador de la hoja (*Liriomyza trifolii* Burgess) y con menor incidencia problemas por araña roja (*Tetranychus urticae*) (Figura 4).

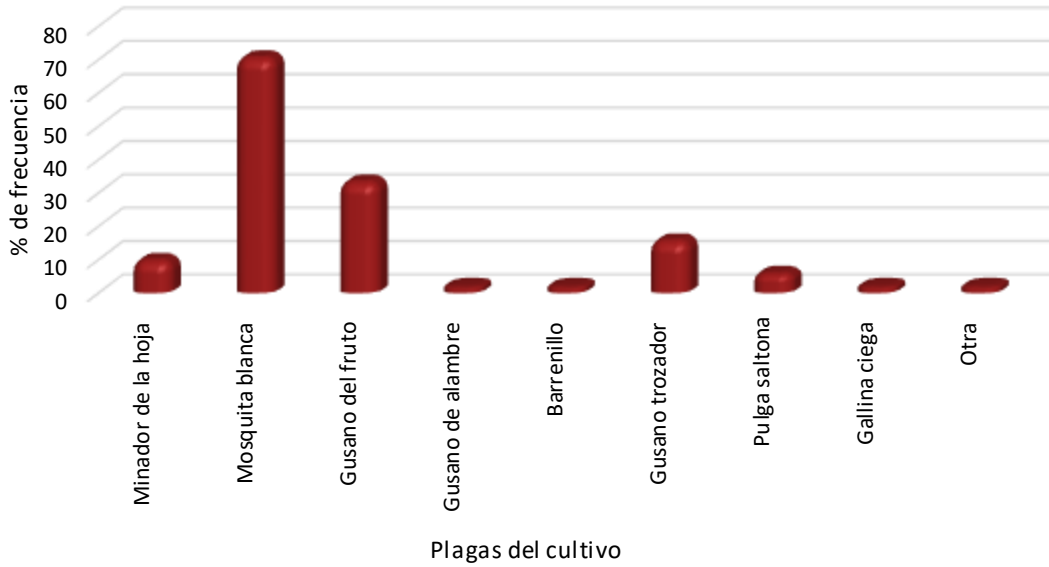


Figura 4.- Insectos plaga observados durante el período del cultivo de chile en Durango

El 33% de los productores mencionan que la principal enfermedad que afecta al cultivo es la pudrición de la raíz ocasionados por (*Phytophthora capsici*l. y *Fusarium spp.*), el 6% presenta problemas por la cenicilla polvorienta (*Oidiopsis spp.*) y solo el 4% mencionó que ha observado en su cultivo afectaciones por virus (Figura 5).

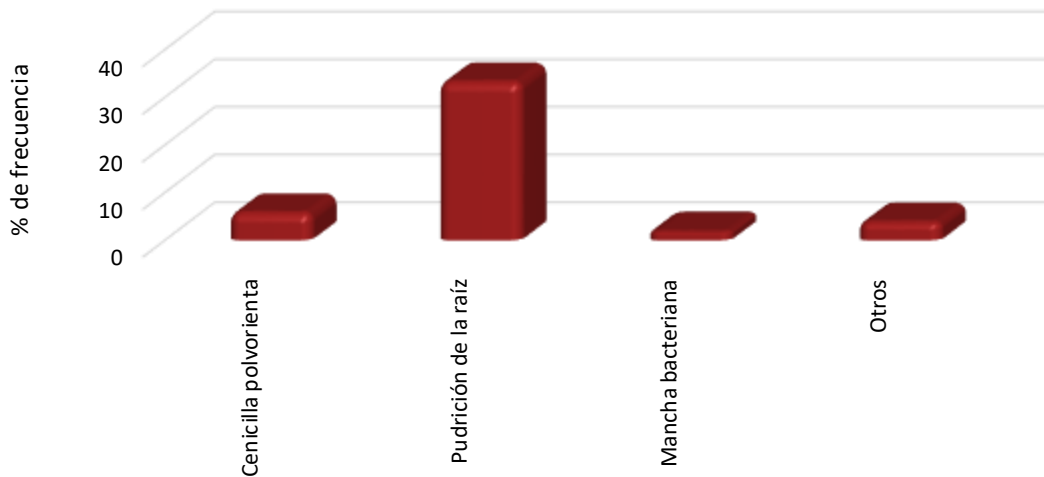


Figura 5.- Enfermedades del cultivo de chile

CONCLUSIONES

El cultivo de chile es de las principales actividades productivas que propician el ingreso económico, por lo que, en el caso de los productores de chile en Durango, se recomienda incrementar su capacitación, ya sea por la vía formal o a través de asistencia técnica, ya que del total de la población que se dedican a esta actividad, al menos el 70%, aún no tecnifican el desarrollo de las actividades que se derivan, lo que implica realizar gastos para el corto plazo.

La tecnificación del cultivo, permite reducir costos de inversión anuales, ya que muchos de los materiales y equipos que se obtienen a manera de inversión, mantienen su funcionalidad en 3, 5 y hasta 10 años o más, tal es el caso de los sistemas de riego, maquinaria, herramientas varias, etc.

REFERENCIAS

- Espinosa-Torres, L. E.; Pérez-Grajales, M.; Martínez-Damián, M.T.; Castro-Brindis, R. y Barrios-Puente, G. 2010. Efecto de empaques y temperaturas en el almacenamiento de chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.). *Rev. Chapingo Serie Horticultura*. 115-121.
- Damián, H., Ramírez, V. B., Parra, I. F., Gil, M. A., Cruz, L. A., & López, O. J. (2007). Adopción de tecnologías por productores de maíz en el estado. En *Agricultura Técnica en México* (págs. 163-173). Tlaxcala, México.
- Hernández, S., Fernández, C., & Baptista, L. P. (2000). En *Metodología de la Investigación*. (pág. 501). México, D.F: Segunda edición. Mc Grow Hill. .
- SIAP. (2021). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Obtenido de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.: <http://www.siap.gob.x/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>

PATÓGENOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE FRIJOL EN DURANGO

M. C. Maihualy Martínez Fernández, M. C. María Gabriela Ramírez Valádez

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Carretera Durango – El Mezquital km. 4.5 Durango, Dgo.
mmf1206@hotmail.com

RESUMEN

Durango ocupa el lugar número 10 en producción y consumo a nivel nacional (Gamboa 2019). Una de las principales causas de esta afección, es debido a la presencia de hongos patógenos presentes en el suelo tales como *Fusarium* sp., *Rhizoctonia*, royas, entre otros, los cuales se consideran de gran importancia debido a su distribución y las cuantiosas pérdidas de rendimiento (Navarrete 2009), debido al desconocimiento sobre la sanidad del cultivo, en lo respectivo al saber sobre el tipo de agentes causales y enfermedades que estos causan. Por ello el presente trabajo tuvo como objetivo principal, identificar las especies y determinar el porcentaje de incidencia de diferentes hongos patógenos presentes en los suelos de Durango, dónde se determinó que los más abundante y con más probabilidad de incidencia fueron: *Fusarium* sp, *Phytophthora* sp., *Uromyces phaseoli*, *Rhizopus oryzae*

Palabras clave: Frijol, hongos, patógenos

ABSTRACT

Durango ranks 10th in production and consumption at the national level (Gamboa 2019). One of the main causes of this condition is due to the presence of pathogenic fungi present in the soil such as *Fusarium* sp., *Rhizoctonia*, rusts, among others, which are considered of great importance due to their distribution and the large losses of yield (Navarrete 2009), due to the lack of knowledge about the health of the crop, in relation to knowing about the type of causal agents and diseases that they cause.

For this reason, the main objective of this work was to identify the species and determine the percentage of incidence of different pathogenic fungi present in the soils of Durango, where it was determined that the most abundant and with the greatest probability of incidence were: *Fusarium* sp, *Phytophthora* sp. ., *Uromyces phaseoli*, *Rhizopus oryzae*

Key words: Bean, fungi, pathogens

INTRODUCCION

El cultivo del frijol es de gran importancia para la economía del estado de Durango, muchas familias dependen económicamente de la comercialización del cultivo, debido a que es la única actividad productiva a la que se dedican.

Durango ocupa el lugar número 10 en producción y consumo a nivel nacional (Gamboa 2019). Una de las principales causas de esta afección, es debido a la presencia de hongos patógenos presentes en el suelo tales como *Fusarium* sp., *Rhizoctonia*, royas, entre otros, los cuales se consideran de gran importancia debido a su distribución y las cuantiosas pérdidas de rendimiento (Navarrete 2009)-, Sin embargo, para la región de los llanos en el estado de Durango, no se tienen estudios reportados sobre las especies de patógenos presentes en la zona y que se encuentran relacionados con la disminución de rendimiento en la misma. Debido a esto el presente trabajo, tiene como objetivo la identificación de las especies de hongos patógenos que son causantes de esta problemática, lo que abriría una oportunidad para la investigación y control de enfermedades de una manera más eficiente.

Contribuir con el cuidado y protección de los suelos, coadyuvando a identificar los diferentes hongos patógenos, será de gran utilidad no solo para este cultivo, sino también para la mejora de otras leguminosas que se establecen en el municipio de Durango y sus alrededores, así como para el conocimiento de los productores.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en dos etapas, la primera en campo, en la cual se realizaron los muestreos, en diferentes parcelas de frijol sembrado en el INIFAP Durango.

La segunda etapa, referente al aislamiento e identificación de los hongos patógenos, se realizó en el laboratorio de usos múltiples del INIFAP en Durango, en el Campo Experimental Valle del Guadiana.

Se seleccionaron 6 parcelas con antecedente de frijol en el INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES AGRÍCOLAS Y PECUARIAS (INIFAP), las cuales se georreferenciaron por medio de un GPS y se identificaron con el número de muestra, ubicación de la parcela y tipo de frijol que se cultiva.

- Parcela número 1, ubicada (23°59'17"N 104°37'32"W) 2.34 km.
- Parcela número 2, ubicada (23°59'18"N 104°37'32"W) 2.57 km.
- Parcela número 3, ubicada (23°59'15"N 104°37'37"W) 2.38 km.
- Parcela número 4, ubicada (23°59'21"N 104°37'35"W) 2.08 km.
- Parcela número 5, ubicada (23°59'14"N 104°37'17"W) 2.51 km.
- Parcela número 6, ubicada (23°59'23"N 104°37'10"W) 3.18 km.

Se realizó un muestreo de suelo en las 6 parcelas, por medio de la metodología del 5 de oros, donde se obtuvo una muestra homogénea de cada una de las parcelas, las cuales se trasladaron al laboratorio de usos múltiples del INIFAP en

De cada muestra se obtuvieron 40 sub-muestras de 50 gr., las que individualmente se tomaron en cuenta como unidades experimentales, con las cuales se realizó la metodología para la obtención de micelio colonial de los diferentes hongos patógenos que estén presentes en el suelo, y que están asociados con la pérdida de rendimiento en cultivo de frijol.

Cada una de las sub-muestras se colocó en cajas Petri plásticas. Sobre la muestra de suelo se colocaron cinco trozos de 1cm^3 de papa, calabaza, chile, así como cinco semillas de frijol pinto y negro respectivamente como trampa para desarrollo de micelio. De cada vegetal (calabacita, chile y papa) y semilla utilizados, se realizaron 10 repeticiones por muestra de suelo. De cada muestra de suelo, se realizaron 10 repeticiones por tipo de vegetal que se colocó.

Se humedeció el suelo de cada caja Petri y se dispuso a incubar en una cámara de incubación a 28°C , simulando una temperatura media ambiental.

1. Se seleccionaron 40 cajas Petri, las cuales desinfectamos con alcohol y enumeramos del 1 al 10 con forme a la trampa de vegetales que se utilizó; 10 cajas Petri de calabaza, 10 de chile, 10 de frijol y 10 de papa.
2. Se prepararon las muestras, se obtuvieron 40 sub-muestras de 50 gr., las que individualmente se tomaron en cuenta como unidades experimentales. Se lea retiro los restos de materia orgánica y piedras, se colocó 50 gr de la muestra en las cajas Petri en los diferentes cultivos utilizados, por lo menos dos repeticiones de muestra en cada trampa de los vegetales (Figura 25).

Monitoreo del micelio

Se realizó un monitoreo sobre el desarrollo y crecimiento de micelio en cada caja Petri, y donde se observó presencia de micelio, se inició con la identificación de estructuras miceliales, para la determinación de la especie de hongo aislada.

El monitoreo se realizó cada tres días para no exponer a las cajas Petri a contaminarse de algún tipo de microorganismo

Identificación de estructuras miceliales

Posteriormente se realizó la identificación de la especie de hongo, se tomó micelio de cada caja Petri, por medio de un asa bacteriana; la muestra se colocó en una gota de agua destilada sobre un portaobjetos, y se cubrió con un cubre objeto y se dispuso a observar bajo el microscopio.

Los hongos incubados y crecidos en cajas Petri sobre los vegetales y las semillas de frijol fueron caracterizados en cuanto a las siguientes observaciones culturales: tasa de

crecimiento y aspecto del micelio. La caracterización microscópica se realizó en las cajas más abundantes de micelio. Se observó la morfología de los macro conidios, presencia - ausencia y forma de macroconidios (40X). A partir de las caracterizaciones realizadas se identificaron las distintas especies de hongos, de acuerdo a las claves taxonómicas de Booth (1971), Nelson et al., (1983), Gerlach y Nirenberg (1982), Burgess et al. (1994) y Leslie and Summerell (2006).

Se tomaron fotografías de las estructuras observadas y se compararon con las imágenes de un manual de identificación y así, se determinó el hongo aislado por cada unidad experimental observada.

Se tomaron los datos sobre la incidencia de cada especie de hongo determinada, así como el número de veces que cada uno detecto.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las cajas Petri evaluadas fueron las que contenían semillas de frijol pinto, en estas se observó la presencia de *Fusarium* (50%), *Rhizopus oryzae* (40%), las especies *Pythium*, *Erysiphe* y *Cercospora stizolobii* (10%) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Hongos identificados en las cajas Petri con trampas de semilla de frijol

UI	<i>Fusarium</i>	<i>Rhizopus oryzae</i>	<i>Pythium</i>	<i>Erysiphe</i>	<i>Cercospora stizolobii</i>
1	X	X			X
2	X			X	
3					
4	X	X			
5					
6		X			
7			X		
8	X	X			
9	X				
10					

***Nota: UI= unidad experimental**

Enseguida, se evaluaron las cajas Petri con las trampas de trozos de chiles, en la cual se observó la presencia de *Rhizopus oryzae* (70%), *Fusarium* (60%), *Uromyces* (20%), *Phytophthora* (10%), las trampas de trozos de chiles fueron las que más presentaron presencia de micelio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Hongos identificados en las cajas Petri con trampas de chile

UI	<i>Fusarium</i>	<i>Uromyces</i>	<i>Rhizopus oryzae</i>	<i>Phytophthora</i>
1	X			X
2			X	
3	X	X		
4	X		X	
5	X		X	
6			X	
7	X		X	
8			X	
9		X		
10	X		X	

***Nota: UI= unidad experimental**

Se continuó con la evaluación de las cajas Petri de las trampas de trozos de papa, en la cual se observó la presencia de *Rhizopus oryzae* (70%), *Fusarium* (60%), *Uromyces* (20%) la caja Petri número 3 presento bacterias la cual pudrió el vegetal evitando el crecimiento de micelio (Cuadro 3).

Cuadro 3. Hongos identificados en las cajas Petri con trampas de papa

UI	<i>Fusarium</i>	<i>Uromyces</i>	<i>Rhizopus oryzae</i>
1	X		X
2	X		X
3			
4	X		X
5	X		X
6	X		X
7	X		X
8		X	
9		X	
10			X

***Nota: UI= unidad experimental**

Las 10 cajas Petri con trozos de calabaza, no presentaron presencia de hongos, ya que el vegetal se pudrió, las cajas Petri sudaron demasiado y eso causo mucha humedad lo que ocasionó la pudrición del vegetal a los 4 días de haberlas puesto en la cámara de incubación.

CONCLUSIONES

Las especies de hongos patógenos identificadas en suelos de cultivo de frijol en el municipio de Durango fueron: *Fusarium*, *Rhizopus oryzae*, *Pythium*, *Erysiphe*, *Cercospora stizolobii*, *Uromyces* y *Phytophthora*.

El porcentaje por especies identificadas con suelos de cultivo de frijol que si presentaron micelio fueron: 50% de *Rhizopus oryzae*, 40% de *Fusarium*, 10% de *Pythium*, *Erysiphe* y *Cercospora stizolobii*, siendo la de mayor presencia *Rhizopus oryzae* y *Fusarium*, porcentajes identificados en el municipio de Durango. Debido a lo anterior las recomendaciones que se

hacen es aplicar acciones preventivas para el control de las principales especies presentes previo al establecimiento del cultivo para así reducir las pérdidas en rendimiento. Se recomienda hacer un estudio posterior para evaluar productos orgánicos, así como actividades agroecológicas que puedan influir en minimizar la incidencia de este tipo de afecciones.

REFERENCIAS

- Alonzo, J. (1 de enero de 2004). *Hongos*. Recuperado el 13 de abril de 2021, de hongos: http://www.smlucus.org/UserFiles/Files/cursos/3TAXONOMIA_Y_CLASIFICACION_D_E_LOS_HONGOS.pdf
- BPA. (01 de ENERO de 2018). *FAO*. Recuperado el 14 de MAYO de 2021, de FAO: <http://www.fao.org>
- CALZADA, J. E. (2015). *AGENDA TECNICA DURANGO MOVERA MEXICO. AGENDA TECNICA AGRICOLA DURANGO*, www.inifap.gob.mx.
- Castillo, A. M. (28 de AGOSTO de 2017). *EL ECONOMISTA*. Recuperado el 14 de MAYO de 2021, de EL ECONOMISTA: <http://www.economista.com.mx>
- Cordova, E. A. (01 de 01 de 2018). *programa de granos básicos*. Recuperado el 12 de mayo de 2021, de programas de granos básicos: http://centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Centa_Frijol%202019.pdf
- Fung. (22 de marzo de 2016). *fung*. Recuperado el 11 de abril de 2021, de fung: <https://hongosmasquecallampas.wordpress.com/2016/03/22/clasificacion-de-los-hongos/>
- Gamboa, J. (2019). Programa Esquema Emergente para Beneficio de Productores de Baja Escala de Frijol. *Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural*, file:///C:/Users/walmart2432/Documents/inifap/2--programa-esquema-emergente-parabeneficio-de-productores-de-baja-escala-de-frijol.pdf.
- INIFAP. (01 de 01 de 2014). *TECNICA DE PRODUCCION*. Recuperado el 14 de 04 de 2021, de TECNICA DE PRODUCCION: <http://www.inifapcirne.gob.mx>
- Meléndez, J. A. (12 de NOVIEMBRE de 2012). *YUMPU*. Recuperado el 8 de ABRIL de 2021, de YUMPU: <https://www.yumpu.com/es/document/read/42791989/muestreo-de-malezascon-el-metodo-5-de-oros-universidad->
- MENDOZA, R. B. (01 de agosto de 2017). *guía técnica para muestreo de suelo*. Recuperado el 14 de mayo de 2021, de guía técnica para muestreo de suelo: <http://repositorio.una.edu.ni>
- NAVARRETE, R. (2009). REACCIÓN DE GENOTIPOS DE FRIJOL A *Fusarium spp.* Y *Rhizoctonia solani* BAJO CONDICIONES DE CAMPO E INVERNADERO*. *Agricultura Técnica en México*, file:///C:/Users/walmart2432/Documents/bio/v35n4a11.pdf.
- Pérez, M. J. (23 de febrero de 2012). *Instituto Nacional de Investigaciones*. Recuperado el 13 de mayo de 2021, de Instituto Nacional de Investigaciones: file:///C:/Users/walmart2432/Documents/9%20semestre/ant2021/Nueva%20carpeta/935.pdf
- Serna, R. R. (01 de NOVIEMBRE de 2017). *INIFAP*. Recuperado el 14 de MAYO de 2021, de INIFAP: <http://www.researchgate.net>
- Serna, R. R. (20 de 06 de 2018). *REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS AGRICOLA*. Recuperado el 12 de 05 de 2021, de REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS AGRICOLA: <http://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/editorial/index.php/agricolas/article/view/1354#:~:text=En%20la%20actualidad%20se%20requieren%20prolongada%20y%20alto%20precio.>
- Solano, R. R. (01 de NOVIEMBRE de 2017). *UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO*. Recuperado el 13 de MAYO de 2021, de UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO:

file:///C:/Users/walmart2432/Documents/9%20semestre/ant2021/Nueva%20carpeta/antedentes/K%2065003%20Ruiz%20Solano,%20Roberto%20taxonomia.pdf

EVALUACIÓN DE GOMA XANTANA EN LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE HARINA COMPUESTA DE FRIJOL/MAÍZ Y EN LA PRODUCCIÓN DE PANQUÉ

EVALUATION OF XANTHAN GUM IN THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF COMPOSITE BEAN/CORN FLOUR AND IN POUND CAKE PRODUCTION

Juan José Figueroa-González^{1*}, José Ángel Cid-Ríos¹

¹INIFAP- Campo Experimental Zacatecas, Carr. Zacatecas-Fresnillo km 24.5, Calera, Zac., México. *figueroa.juan@inifap.gob.mx

RESUMEN

La harina de frijol puede incrementar aún más su valor comercial, buscando alternativas de diversificación en los procesos agroindustriales, principalmente en la elaboración de alimentos libres de gluten, los cuales cada vez más, tienen más demanda por los consumidores. Sin embargo, se tiene que investigar la mezcla adecuada tanto de legumbres como de cereales que ofrezcan mejores propiedades funcionales, nutritivas de digestibilidad e incluso nutraceuticas que permitan el desarrollo de panes no tradicionales competentes con los presentes en el mercado actual. En consecuencia, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la goma xantana en las propiedades funcionales de mezclas compuestas de harina de frijol/maíz y su efecto en la producción de panqué, como una alternativa de valor agregado a esta legumbre. Las diferentes harinas de frijol/maíz presentaron excelente capacidad de absorción de aceite y capacidad de absorción de agua, permitiendo mejor altura y volumen en los diferentes panqués de frijol/maíz. La incorporación de goma xantana en harinas compuestas de frijol/maíz permite la obtención de panqués con excelente volumen y calidad nutricional.

Palabras clave: Harina compuesta, frijol pinto, goma xantana, panqué

ABSTRACT

Bean flour can further increase its commercial value, seeking diversification alternatives in agro-industrial processes, mainly in the production of gluten-free foods, which are increasingly in demand by consumers. However, it is necessary to investigate the appropriate mixture of both legumes and cereals that offer better functional properties, nutritional digestibility and even nutraceutical properties that allow the development of non-traditional loaves of bread that are competitive with those present in the current market. Consequently, the objective of this work was to evaluate the effect of xanthan gum on the functional properties of bean/corn flour mixtures and its effect on Pound cake production, as a value-added alternative to this legume. The different bean/corn flours presented excellent oil absorption capacity and water absorption capacity, allowing better height and volume in the different bean/corn pound cakes. The incorporation of xanthan gum in compound bean/corn flours allows obtaining pound cakes with excellent volume and nutritional quality.

Keywords: Composite flour, pinto bean, xanthan gum, pound cake

INTRODUCCIÓN

Las harinas compuestas pueden considerarse en primer lugar como mezclas de trigo y otras harinas (Chandra, et al., 2015) de dos o más cereales; leguminosas o tubérculos para diferentes fines (Pacheco-Delahaye y Testa, 2005); producción de panes con levadura, productos horneados sin levadura, pastas, papillas y bocadillos; o, en segundo lugar, mezclas de harinas o sémolas que no contengan trigo, para el mismo fin (Chandra et al., 2015). Estas harinas compuestas se están utilizando en diversas partes del mundo con el objeto de remediar, en parte, las deficiencias de proteínas, vitaminas y minerales de la dieta (Crosa et al., 2013). La cocción es el proceso que transforma la masa en productos de panadería con

características sensoriales excepcionales (Peris et al., 2019). Asimismo, los productos de panadería como los pasteles se consumen ampliamente en todo el mundo; por lo que su enriquecimiento con vitaminas, minerales, polifenoles y fibra se considera una forma efectiva de producir alimentos de alto valor nutricional (Salehi, y Aghajanzadeh, 2019). Además, las harinas de legumbres se utilizan para la fabricación de productos de panadería ricos en proteínas. Las proteínas de las legumbres contienen una composición equilibrada de aminoácidos, proporcionan beneficios nutricionales (Bijlwan et al., 2019) y son fuente importante de fibra dietaria en comparación con los cereales (Arslan et al., 2018). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de la goma xantana en las propiedades fisicoquímicas de harinas y producción de panqué.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la variedad de frijol pinto Centauro y maíz nixtamalizado comercial (Maseca®). Las harinas de frijol/maíz (HF/M, 80/20 %) se mezclaron en seco con diferentes concentraciones de goma xantana: 0 % (HF/M_{GX0%}), 0.25 % (HF/M_{GX0.25%}) y 0.50 % (HF/M_{GX0.50%}). A las diferentes mezclas de HF/M se les determinó la capacidad de absorción de aceite (CA_{aceite}), capacidad de absorción de agua (CA_{agua}), capacidad de hinchamiento (CH) y capacidad de retención de agua (CRA) de acuerdo a Umaña et al. (2013). El panqué de frijol/maíz (PF/M) se elaboró de acuerdo a la metodología de (Figueroa-González et al., 2015) para obtener tres diferentes panqués PF/M_{GX0%}, PF/M_{GX0.25%} y PF/M_{GX0.50%}. A los diferentes PF/M se les determinó el contenido de humedad, cenizas, grasa y fibra (AOAC 1990) y el contenido de proteína por el método de AACC (2000). El contenido de carbohidratos se calculó por diferencia. Además, se les determinó el volumen (cm³) por el método de desplazamiento de semillas de acuerdo con Tan et al. (2011). El volumen específico se obtuvo de la relación del volumen entre el peso del panqué (cm³/g). El índice de volumen se determinó de acuerdo con Turabi et al. (2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La HF no presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) para la CAA (Figura 1 a) entre las diferentes mezclas de frijol/maíz. Ratnawati et al. (2019) reportaron para harina de frijol rojo 3.4 g de CAA, casi tres veces mayor que el presentado en la HF. En harinas de frijol rojo mezcladas con harina de trigo en diferentes proporciones, de 50-50 % a 90-10 % presentaron valores de CAA de 4.48 a 6.28 g, además, los valores de CAA disminuyen conforme se incrementaba la proporción de la harina de frijol rojo (Okoye et al., 2008). La CAA (Figura 1 b) en la HF presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos. La harina HF/M_{GX0.50%} presentó valores más altos de CAA. Okoye et al. (2008) mencionan que alta capacidad de absorción de aceite funcionarán como extensores de carne. En tanto, altas capacidades de absorción de agua serán útiles para la producción de donas y panqueques. La CH se refiere al grado de hinchamiento que sufre la harina para aumentar su volumen en presencia de un exceso de agua. La CH (Figura 1 c) es mayor en la HF/M_{GX0.25%} seguido de la HF/M_{GX0.50%}. En harina de frijol variedad Almonga se reportó una CH de 2.9 mL/g, valores más altos que los reportados en este trabajo. Además, un alta CH es un indicador que puede favorecer su utilidad en la formulación de pastas, natillas y embutidos. Por otro lado, la CRA se refiere a la cantidad de agua que permanece unida a la fibra hidratada después de la aplicación de una fuerza externa específica como la centrifugación. La mayor CRA (Figura 1 d) se puede observar cuando se agrega GX a las mezclas de harina. Por lo tanto, un aumento en la CRA puede atribuirse a la descomposición del polisacárido, lo que probablemente incrementó los sitios de interacción de las moléculas de agua.

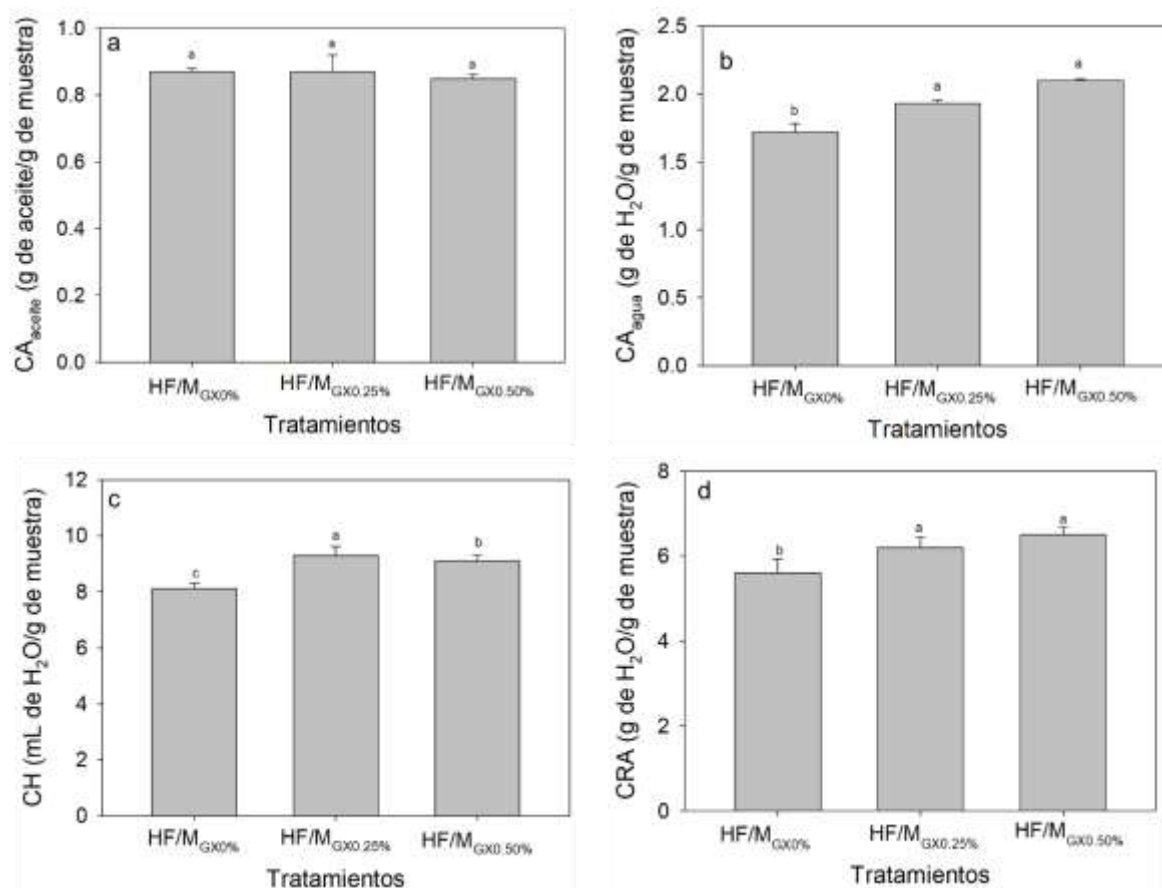


Figura 1. Propiedades fisicoquímicas de la harina de frijol Centauro mezclada con harina de maíz. Capacidad de absorción de aceite (1a), capacidad de absorción de agua (1b), capacidad de hinchamiento (1c) y capacidad de retención de agua (1d). Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas $p < 0.05$.

En el Cuadro 1 se aprecia una menor humedad en el PF/M_{GX0%} (Cuadro 1), indicando que conforme se incrementa la concentración de GX, se incrementa la humedad permitiendo panqués con mayor suavidad. La mejora de la humedad por parte de los hidrocoloides se atribuye a la capacidad de retención de agua de la GX, que es el resultado de su naturaleza hidrofílica (Naji-Tabasi et al., 2015). El Contenido de grasa, fibra y proteína no presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los diferentes panqués elaborados. En muffins elaborados con mezclas de legumbres-arroz, el contenido proteico incrementó de 4.9 ± 0.1 a 9.0 ± 0.3 % conforme se incrementaba el porcentaje de adición de harina de legumbre a la harina de arroz (Jeong et al., 2020).

El peso, el índice de volumen y el volumen de los diferentes PF/M incrementaron (Cuadro 1) conforme incrementó la concentración de GX y está en relación con valores mayores de CA_{agua} (Figura 1b) y CRA (Figura 1d). Por otro lado, la GX no forma geles, pero su comportamiento pseudoplástico afecta las características reológicas de la masa sin gluten, imitando de esta manera las propiedades reológicas propias del gluten (Burešová et al., 2016). Tebben et al. (2018) menciona que la GX permite un aumento en la absorción de agua, incrementando el índice de volumen y volumen en la hogaza de pan integral.

Cuadro 1. Análisis químico proximal y propiedades físicas del panqué de frijol variedad Centauro enriquecido con harina de maíz.

Componente (%/100 g de muestra en b. s.)	PF/M _{GX0%}	PF/M _{GX0.25%}	PF/M _{GX0.50%}
Humedad	5.3 ± 0.26 ^c	6.2 ± 0.21 ^b	6.7 ± 0.23 ^a
Cenizas	3.6 ± 0.20 ^a	3.4 ± 0.29 ^{ab}	3.3 ± 0.15 ^b
Grasa	17.4 ± 0.31 ^a	17.2 ± 0.25 ^{ab}	17.9 ± 0.29 ^a
Fibra	22.4 ± 0.18 ^a	22.1 ± 0.26 ^a	22.2 ± 0.24 ^a
Proteína	20.3 ± 0.11 ^a	20.4 ± 0.24 ^a	20.2 ± 0.13 ^a
Carbohidratos	36.3 ± 0.47 ^a	36.9 ± 0.23 ^a	36.4 ± 0.44 ^a
Propiedades físicas en panqué de frijol variedad Centauro			
Peso (g)	86.2 ± 2.9 ^c	91.2 ± 3.7 ^b	100.2 ± 2.6 ^a
Índice de volumen (cm ³)	10.8 ± 1.3 ^b	11.6 ± 0.58 ^b	13.3 ± 0.95 ^a
Volumen (cm ³ /g)	243.4 ± 5.94 ^c	288.4 ± 4.6 ^b	306.8 ± 1.9 ^a

PF, panqué de frijol; M, maíz; GX, goma xantana. Diferentes letras minúsculas entre filas indican diferencias significativas $p < 0.05$.

CONCLUSIONES

Las harinas de frijol/maíz pueden ser una opción para el desarrollo de panqués libres de gluten, con la finalidad de enriquecer proteicamente este tipo de alimentos. Debido a que la mayoría de los productos libres de gluten son deficientes en proteína y otros nutrientes. Además, el uso de hidrocoloides como goma xantana se pueden utilizar en la elaboración de estos productos para reemplazar y disminuir el contenido azúcares o grasas pero que permitan la producción de panes con las características sensoriales adecuadas para el consumidor.

LITERATURA CITADA

- AACC. 2000. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, Volumes 1-2 Tenth Edition.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C.
- Arslan, M., Rakha, A., Xiaobo, Z., & Mahmood, M. A. (2019). Complimenting gluten free bakery products with dietary fiber: Opportunities and constraints. *Trends in food science & technology*, 83, 194-202.
- Biljwan, M., Naik, B., Sharma, D., Singh, A., & Kumar, V. (2019). Recent Development in Dough Based Bakery Products: A Mini Review. *The Pharma Innovation Journal*, 8(5), 654-658.
- Burešová, I., Masaříková, L., Hřivna, L., Kulhanová, S., y Bureš, D. (2016). The comparison of the effect of sodium caseinate, calcium caseinate, carboxymethyl cellulose and xanthan gum on rice-buckwheat dough rheological characteristics and textural and sensory quality of bread. *LWT-Food Science and Technology*, 68, 659-666.
- Chandra, S., Singh, S., & Kumari, D. (2015). Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. *Journal of food science and technology*, 52(6), 3681-3688.
- Crosa, M. J., Curia, A., Curutchet, A., Cadenazzi, M., Dotta, G., Ferreyra, V., ... & Escudero, J. (2013). Estudio comparativo de la estabilidad lipídica de harinas de soja, sorgo, avena, salvado y germen de trigo con y sin extrusión. *Innotec*, (8), 30-38.
- Figueroa-González, J. J., Guzmán-Maldonado, S. H., & Herrera-Hernández, M. G. (2015). Atributo nutricional y nutracéutica de panqué y barritas a base de harina de frijol

- (*Phaseolus vulgaris* L.)/Nutritional and nutraceutical attribute of loaf and bars made of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour. *Biotecnia*, 17(3), 9-14.
- Jeong, D., Hong, J. S., Liu, Q., Choi, H. D., & Chung, H. J. (2021). The effects of different levels of heat-treated legume flour on nutritional, physical, textural, and sensory properties of gluten-free muffins. *Cereal Chemistry*, 98(2), 392-404.
- Naji-Tabasi, S., & Mohebbi, M. (2015). Evaluation of cress seed gum and xanthan gum effect on macrostructure properties of gluten-free bread by image processing. *Journal of Food Measurement and characterization*, 9(1), 110-119.
- Okoye, J. I., Nkwocha, A. C., & Agbo, A. O. (2008). Chemical composition and functional properties of kidney bean/wheat flour blends. *Continental Journal of Food Science and Technology*, 2, 27-32.
- Pacheco-Delahaye, E., & Testa, G. (2005). Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo y plátano verde. *Interciencia*, 30, 300-304.
- Peris, M., Rubio-Arreaez, S., Castelló, M. L., & Ortolá, M. D. (2019). From the laboratory to the kitchen: New alternatives to healthier bakery products. *Foods*, 8(12), 660.
- Ratnawati, L., Desnilasari, D., Surahman, D. N., & Kumalasari, R. (2019, March). Evaluation of physicochemical, functional and pasting properties of soybean, mung bean and red kidney bean flour as ingredient in biscuit. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 251, No. 1, p. 012026). IOP Publishing.
- Salehi, F., & Aghajanzadeh, S. (2020). Effect of dried fruits and vegetables powder on cakes quality: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 95, 162-172.
- Tebben, L., & Li, Y. (2019). Effect of xanthan gum on dough properties and bread qualities made from whole wheat flour. *Cereal Chemistry*, 96(2), 263-272.
- Umaña, J., Lopera, S., & Gallardo, C. (2013). Caracterización de harinas alternativas de origen vegetal con potencial aplicación en la formulación. *Alimentos Hoy*, 22(29), 33-46.

COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA AMBIENTE Y FRIGORÍFICA EN LA PÉRDIDA DE PESO E ÍNDICE VISUAL DE DORMICIÓN EN AJO (*Allium sativum* L.) PARA CONSUMO FRESCO

BEHAVIOR OF AMBIENT AND REFRIGERATED TEMPERATURE IN WEIGHT LOSS AND VISUAL DORMANCY INDEX IN GARLIC (*Allium sativum* L.) FOR FRESH CONSUMPTION

Juan José Figueroa González^{1*}, Manuel Reveles Hernández¹

¹INIFAP- Campo Experimental Zacatecas, Carr. Zacatecas-Fresnillo km 24.5, Calera, Zac., México. *figueroa.juan@inifap.gob.mx

RESUMEN

En el estado de Zacatecas existen sociedades o cooperativas de agricultores de ajo que en conjunto almacenan ajo en cámaras frigoríficas para su posible venta en temporadas bajas a precios más justos. Sin embargo, no se tienen estudios proyectados a las propiedades físicas (pérdida de peso e índice visual de dormición) del ajo almacenado en frigoríficos que sean de utilidad a los agricultores mejorando así la calidad de esta hortaliza, antes de su comercialización. El objetivo de este estudio fue conocer la pérdida de peso y el índice visual de dormición del ajo sometido a la conservación frigorífica y temperatura ambiente durante su almacenamiento e interrupción de la cadena de frío. La pérdida de peso fue mayor a temperatura ambiente (TA) comparada con la frigoconservación (FC). Mientras que el índice visual de dormición fue mejor en TA. Es posible trabajar el ajo en FC para mantenerlo fresco por 120 días de almacenado hasta su comercialización.

Palabras clave: *Allium sativum*, frigorífico, índice visual de dormición.

ABSTRACT

In the state of Zacatecas, there are societies or cooperatives of garlic farmers who together store garlic in cold storage for possible sale in low seasons at fairer prices. However, there are no studies on of physical properties (weight loss and visual dormancy index) of garlic stored in refrigerators that are useful to farmers. Thus, the quality of this vegetable was improved before it is marketed. The objective of this study was to know the weight loss and the visual dormancy index of garlic subjected to cold storage and room temperature during storage and interruption of the cold chain. Weight loss was higher at room temperature (RT) compared to cold storage (FC). While the visual index dormancy was better in TA. It is possible to work the garlic in FC to keep it fresh for 120 days of storage until marketing out of season.

Key words: *Allium sativum*, refrigerator, visual dormancy index.

INTRODUCCIÓN

El ajo es una hortaliza utilizada a nivel mundial como condimento en diferentes tipos de platillos alimentarios. Esta hortaliza contiene calcio, hierro y vitamina C, alicina y diferentes sulfatos con potencial culinario, agroindustrial y medicinal (Metwally et al., 2012). El ajo es un importante cultivo que se produce en varias zonas climáticas y, además, cientos de variedades comerciales y variedades locales se adaptan a diferentes condiciones ambientales (Rohkin et al., 2015). Los bulbos de ajo tienen un período de latencia de más de tres meses, su brotación y emergencia están controladas principalmente por la temperatura (Desta et al., 2022). La latencia termina rápidamente en ajos almacenados a temperaturas entre 5 y 10 °C (Ibrahim et al., 2018). Cabe mencionar, que las condiciones de almacenamiento necesarias para prolongar la latencia son principalmente opuestas a las necesarias para estimular la brotación; por lo tanto, el almacenamiento a una temperatura de 7.5 °C ofrece la pérdida de latencia más rápida. El grado de latencia de los bulbos almacenados se puede medir por la relación entre

la longitud de la hoja interna del brote y la de la hoja almacenada en una muestra de dientes de ajo (Desta et al., 2022). El ajo se puede almacenar cerca de 0 °C, pero estos ajos brotan inmediatamente después de sacarlos de las cámaras frigoríficas. El ajo se almacena comercialmente en un lugar fresco, seco y bien ventilado en contenedores en condiciones ambientales. Sin embargo, la vida útil del ajo en tales condiciones es de 3 a 5 meses con pérdidas totales de almacenamiento de 30 a 45 % en condiciones ambientales. Por lo tanto, se requiere alguna tecnología para prolongar la vida de almacenamiento de los bulbos de ajo en condiciones ambientales con pérdidas mínimas de calidad (Sharma et al., 2020). El objetivo de este estudio fue conocer la pérdida de peso y el índice visual de dormición del ajo sometido a la conservación frigorífica y temperatura ambiente durante su almacenamiento e interrupción de la cadena de frío.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó el genotipo de ajo Barretero sembrado y cosechado en 2015 en el Campo Experimental Zacatecas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (22° 54' N, 102° 39' O) con una altitud de 2 197 msnm.

Los ajos se limpiaron y se seleccionaron al azar 36 cabezas de calibre 6 y otras de calibre 9, las cuales se colocaron dentro de bolsas perforadas de papel. Además, se utilizaron dos sistemas de conservación: 1) frigoconservación (-4 °C) a 65% de humedad relativa y 2) temperatura ambiente (22 °C). Los tratamientos fueron los siguientes: T1 (testigo) sometido a temperatura ambiente (TA), T2 (30 y 60 días), el T3 (30, 60 y 90 días) y el T4 (30, 60, 90 y 120 días). Cabe mencionar que, T2, T3 y T4 fueron sometidos a frigoconservación (FC) y se les interrumpió la cadena de frío por 48 horas, en los días anteriormente mencionados.

Pérdida de peso (PP). La PP para las muestras de ajo se realizó pesando las cabezas en una balanza digital (Modelo AA-160, Denver Instrument Company) granataria y se reportó en gramos (g).

Índice visual de dormición (IVD). Se cortaron longitudinalmente los dientes y se midió la proporción entre el largo del brote y el largo del diente y se reportó en porcentaje (%). Éste índice es efectivo, pero solamente para evaluar el estado de reposo de los bulbos almacenados a temperatura ambiente y en cámara frigorífica (Burba, 2009).

Análisis estadístico. La información se analizó con un modelo completamente aleatorio con arreglo factorial en los tratamientos con el procedimiento GLM del sistema de análisis estadístico (SAS ver. 9.2, SAS Institute Inc.). La separación de medias de tratamientos se hizo por la diferencia mínima significativa de Tukey con $p \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación a la pérdida de peso (PP), el análisis no presentó interacción significativa, por lo tanto, el efecto principal del calibre y de los tratamientos (TA y FC) se estudiaron por separado. La PP fue hasta 1% mayor en los bulbos de calibre 9 comparados con los bulbos de calibre 6 durante los 0 ($p \geq F = 0.038$), 30 ($p \geq F = 0.709$), 60 ($p \geq F = 0.715$), 90 ($p \geq F = 0.246$) y 120 ($p \geq F = 0.008$) días de almacenamiento a TA y FC (Figura 1A). Sin embargo, los bulbos de calibre 9 utilizados en este estudio presentaron de 22.6 a 31.9% más peso inicial que los bulbos de calibre 6. Los diferentes tratamientos no presentaron diferencias estadísticas en los 0 ($p \geq F = 0.581$), 30 ($p \geq F = 0.697$), 60 ($p \geq F = 0.436$) y 90 ($p \geq F = 0.202$) días de almacenamiento (Figura 1B). Mientras que para los días 120 los tratamientos presentaron una PP de 54.2%, 51.6%, 51% y 46.6% para el T4, T2, T3 y T1 respectivamente con una $p \geq F = 0.034$ y una $R^2 = 0.94$ estos datos concuerdan con Rivero et al. (2005). Las bajas temperaturas evitan que el ajo pierda agua y se deshidrate, por lo que, el T1 perdió peso a través del tiempo de almacenamiento a TA comparado con el T2 y T3 que disminuían lentamente el peso en el sistema de FC. Asimismo, el T4 fue el que presentó menor PP durante el estudio. Esto puede

ser atribuido a que, los ajos que se someten a FC y que además se les interrumpe la cadena de frío de manera constante son más tolerantes a las bajas temperaturas manteniéndolos hidratados por 4 meses.

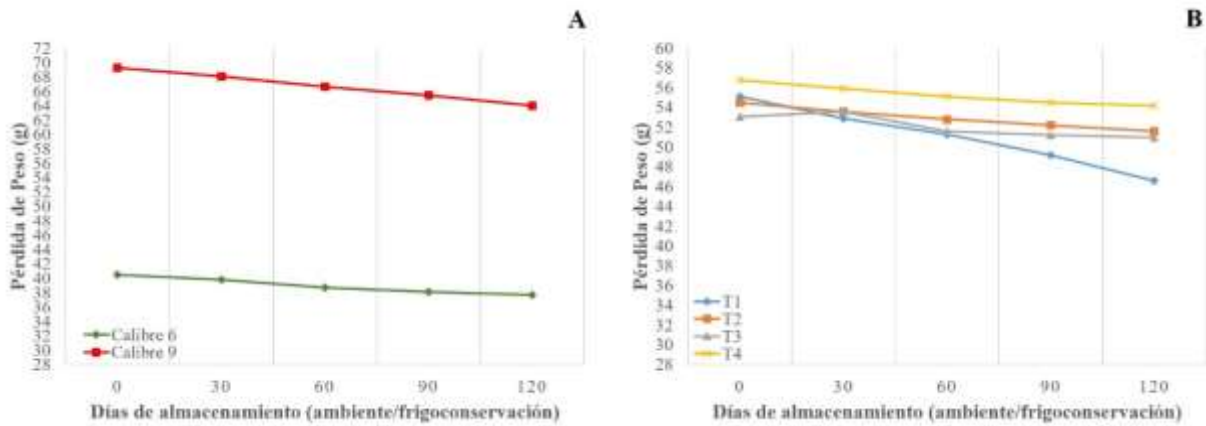


Figura 1. A) Pérdida de peso (g) de los bulbos de ajo calibre 6 y 9 de la variedad Barretero a temperatura ambiente y frigoconservación. B) Pérdida de peso (g) de los bulbos de ajo de los tratamientos de la variedad Barretero a temperatura ambiente y frigoconservación.

El índice visual de dormición (IVD) para el calibre 6 y 9 en los días 0 ($p \geq F = 0.038$) y 120 ($p \geq F = 0.008$) presentaron diferencias significativas. En tanto que, para los 30 ($p \geq F = 0.709$), 60 ($p \geq F = 0.715$) y 90 ($p \geq F = 0.246$) días de almacenamiento a TA y FC no presentaron diferencias estadísticas (Figura 2A). Los bulbos de calibre 9 a los 90 días de almacenamiento a TA y FC tienden a disminuir el porcentaje de IVD mientras que los bulbos de calibre 6 disminuyen el crecimiento del brote. Esto indica, que a mayor calibre de bulbos mayor IVD en los diferentes tipos de almacenamiento. En la Figura 2B se observa como la TA favorece el crecimiento del IVD en los bulbos de ajo, preferentemente, a partir de los 30 días de almacenamiento. El T1 incrementó el IVD más del 20% comparado con los T2, T3 y T4. En los días 0 ($p \geq F = 0.317$), 30 ($p \geq F = 0.658$) y 60 ($p \geq F = 0.041$) no se presentaron diferencias significativas y en los 90 ($p \geq F = 0.0001$) y 120 ($p \geq F = 0.0001$) días de almacenamiento a TA y FC fueron altamente significativos entre sí. De los 0 a los 90 días de almacenamiento en FC a los bulbos de ajo les favorece porque se incrementa el crecimiento del brote siempre y cuando se maneje la interrupción de la cadena de frío. Por lo tanto, los bulbos de la TA de acuerdo con Rivero et al. (2005) produjeron un incremento de la tasa respiratoria y estimularon la biosíntesis de etileno y de hormonas responsables del crecimiento.

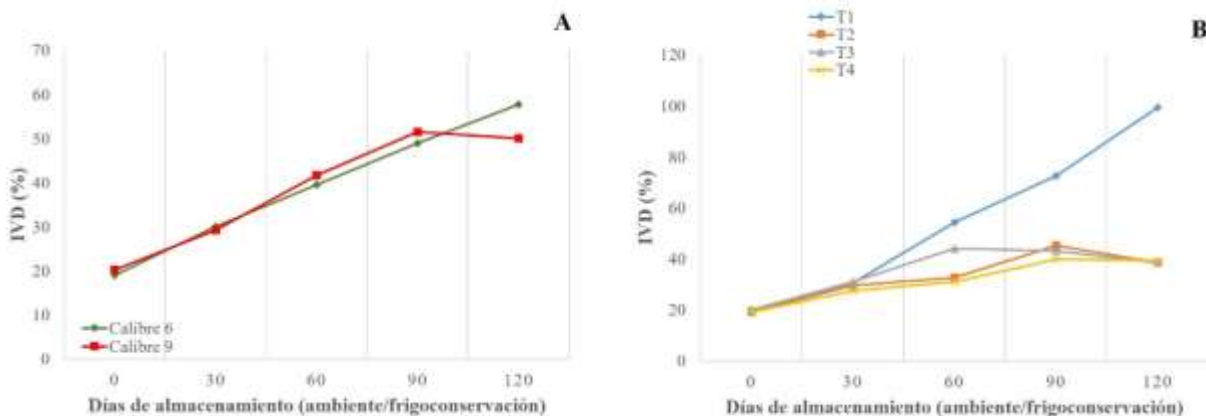


Figura 2. A) Índice visual de dormición (IVD) representado en porcentaje de los bulbos de ajo calibre 6 y 9 de la variedad Barretero a temperatura ambiente y frigoconservación. B) Índice

visual de dormición (IVD) representado en porcentaje de los bulbos de ajo por tratamiento de la variedad Barretero a temperatura ambiente y frigoconservación.

CONCLUSIONES

La pérdida de peso e índice visual de dormición del ajo Barretero cosechado en el estado de Zacatecas varían de acuerdo al sistema de almacenamiento (ambiente o frigoconservación) así como de la interrupción de la cadena de frío. Asimismo, el frigorífico es un sistema que permite alargar la vida de anaquel del ajo y mantenerlo en estado fresco para ser comercializado en temporadas bajas a un mejor precio. Los calibres 6 y 9 pueden ser almacenados hasta por 120 días en frigoríficos debido a que no son alterados fisicoquímicamente al aplicar la interrupción de la cadena de frío.

LITERATURA CITADA

- Burba, J. L. 2009. Sistema de conservación de ajo para largo tránsito (SCA/INTA). XI Curso Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo. INTA EEA, Tupungato, Mendoza, Argentina. Pp 123-130.
- Desta, B., Tena, N., & Amare, G. (2022). Regulation of Garlic Bulb Dormancy. *Asian Journal of Research and Review in Agriculture*, 1-5.
- Ibrahim, D. M., Bahnasawy, A. H., & Khater, E. S. G. (2018). Effect of storage condition and package type on the quality of garlic during storage. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 35(2), 587-602.
- Metwally, E. I., El-Denary, M. E., Omar, A. M. K., Naidoo, Y., & Dewir, Y. H. (2012). Bulb and vegetative characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) from in vitro culture through acclimatization and field production. *African Journal of Agricultural Research*, 7(43), 5792-5795.
- Rivero, M. L., Quiroga, M. I., & Burba, J. L. 2005. Efecto del método de acondicionamiento y del momento de ingreso a cámara frigorífica, sobre la calidad de una cultivar de ajo colorado para consumo en fresco. *AgriScientia Argentina*, 22(1/2), 17-24.
- Rohkin Shalom, S., Gillett, D., Zemach, H., Kimhi, S., Forer, I., Zutahy, Y., ... & Eshel, D. (2015). Storage temperature controls the timing of garlic bulb formation via shoot apical meristem termination. *Planta*, 242(4), 951-962.
- Sharma, P., Sharma, S. R., Dhall, R. K., Mittal, T. C., & Bhatia, S. (2020). Physio-chemical behavior of γ -irradiated garlic bulbs under ambient storage conditions. *Journal of Stored Products Research*, 87, 101629.

COMPORTAMIENTO DE LINEAS EXPERIMENTALES DE CÁRTAMO (*Carthamus tinctorius* L.) EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA, MÉXICO.

Néstor Alberto Aguilera Molina¹., Xochilt Militza Ochoa Espinoza¹., Elco Humberto García Bolívar¹., Lope Montoya Coronado¹., Eva Ávila Casillas²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) km. 12. Carretera Norman E. Borlaug. Cd. Obregón, Sonora, México

² Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Valle de Mexicali (CEMEXI). km 7.5 Carretera a San Felipe, Mexicali, Baja California, México. Correo: aguilera.nestor@inifap.gob.mx

RESUMEN

El cártamo es un cultivo muy importante para el noroeste de México y entre los principales factores que limitan su producción se encuentran la falta de variedades con alto potencial productivo y las enfermedades presentes en la zona. Por esta razón el objetivo de este trabajo fue evaluar líneas generadas por el programa de mejoramiento genético de cártamo para conocer su potencial y determinar si son candidatas para ser nuevas variedades. La investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Campo Experimental Norman E. Borlaug localizado en el Valle del Yaqui. Durante el ciclo O-I 2021-22. Se establecieron 30 materiales de los cuales 20 eran líneas experimentales y 10 eran variedades comerciales como testigos. El manejo agronómico se realizó de acuerdo a las recomendaciones del INIFAP. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones; el tamaño de la parcela experimental fue de 4 surcos de 6 m de largo, con 80 cm de distancia entre surcos (19.2 m²); como parcela útil se utilizaron 4 m de los dos surcos centrales (6.4 m²). Se registraron las variables de número de días a floración, a madurez fisiológica, altura y rendimiento. Los materiales que obtuvieron los mejores rendimientos fueron las líneas: CC-1777-1-1-0Y y C-63-0Y con 2738.7 y 2670.5 kg/ha respectivamente seguidas por la variedad Huatson OL con 2632.2 kg/ha, la cual es una variedad que fue liberada recientemente.

Palabras clave: *Rendimiento, Oleaginosas. Mejoramiento genético.*

ABSTRACT

Safflower is a very important crop for northwestern Mexico and among the main factors that limit its production are the lack of varieties with high productive potential and the diseases present in the area. For this reason, the objective of this work was to evaluate lines generated by the safflower genetic improvement program to know their potential and determine if they are candidates to be new varieties. The research was carried out at the facilities of the Norman E. Borlaug Experimental Field located in the Yaqui Valley. During the A-W 2021-22 cycle. 30 materials were established, of which 20 were experimental lines and 10 were commercial varieties as controls. The agronomic management was carried out according to the recommendations of INIFAP. The experimental design was completely randomized with four repetitions; the size of the experimental plot was 4 rows 6 m long, with a distance of 80 cm between rows (19.2 m²); 4 m of the two central furrows were used as a useful plot (6.4 m²). The variables of number of days to flowering, physiological maturity, height and yield were recorded. The materials that obtained the best yields were the lines: CC-1777-1-1-0Y and C-63-0Y with 2738.7 and 2670.5 kg/ha respectively followed by the Huatson OL variety with 2632.2 kg/ha, which is a variety that was released recently.

Key words: *Yield, Oilseeds. Genetic improvement.*

INTRODUCCIÓN

En el sur de Sonora desde hace años se ha presentado un problema de sequía que se mantiene latente, esto ha influido en la captación del sistema de presas con el que se irriga la superficie del Valle del Yaqui, causando incertidumbre en la disponibilidad de agua para el establecimiento de cultivos en los ciclos agrícolas del valle (Minjares *et al.*, 2010). Es por esto que se busca establecer cultivos que sean de poco requerimiento hídrico. Este es el caso del cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), el cual ha sido adaptado a las condiciones de la zona y debido a sus características físicas puede cumplir su ciclo con una menor cantidad de agua en comparación con los cultivos tradicionales como el trigo y el maíz (Aguilera *et al.*, 2021).

A pesar de que el cártamo está bien adaptado a la zona, aún tiene factores que limitan su producción, como las enfermedades, que al presentarse las condiciones climáticas adecuadas pueden desarrollarse con mucha severidad en las parcelas establecidas (Montoya *et al.*, 2008a). Las principales enfermedades son: la roya de la hoja (*Puccinia carthami*) y la falsa cenicilla (*Ramularia carthami*) las cuales pueden presentarse durante todas las etapas de desarrollo del cultivo, estas enfermedades si no se atienden de manera oportuna afectan directamente a la producción, ocasionando pérdidas económicas para los productores (Ramírez *et al.*, 2017). Es por esto que el programa de mejoramiento genético del cultivo de cártamo establecido dentro del Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) se ha dado a la tarea de generar líneas y variedades comerciales que presenten características de resistencia y tolerancia a estas enfermedades, las cuales están a disposición de los productores de cártamo de la región (Borbón *et al.*, 2019).

El objetivo de este trabajo es evaluar las líneas generadas por el programa de mejoramiento genético del cultivo de cártamo para su posible liberación como variedades comerciales por su rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo durante el ciclo O-I 2021-22 dentro de las instalaciones del CENEB ubicado en el Valle del Yaqui. Se establecieron 30 materiales donde 10 fueron variedades testigo y las demás líneas avanzadas provenientes del programa de mejoramiento genético de cártamo (Cuadro 1). Se utilizó una densidad de población de 15 plantas por metro lineal con una fecha de siembra del 8 de diciembre de 2021 y se estableció el cultivo en húmedo para evitar el problema de malezas; el manejo agronómico del cultivo se realizó de acuerdo a las recomendaciones del INIFAP para la región. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones; el tamaño de la parcela fue de 4 surcos de 6 m de largo, con 80 cm de distancia entre surcos (19.2 m²); como parcela útil se utilizaron 4 m de los dos surcos centrales (6.4 m²). Se registraron variables agronómicas (días a floración, días a madurez fisiológica y altura) y rendimiento. La cosecha de la parcela útil fue manual y la trilla se realizó con ayuda de una maquina tipo pullman. Gracias a estas actividades se logró conseguir el dato de producción. A estos datos se les aplicó un análisis de varianza y una comparación de medias con un $\alpha = 0.05$, utilizando el programa estadístico de la Universidad de Nuevo León.

Cuadro 1.- Materiales de cártamo utilizados en este estudio.

Numero	Material	Numero	Material
1	CCC-1633-1-1-1-0Y	16	CC-1761-1-1-1-0Y
2	CCC-1651-1-1-1-2-0Y	17	CC-1762-1-3-1-0Y
3	CC1644-1-2-0Y	18	CC-1762-1-5-1-0Y
4	C-32-0Y	19	CC1644-1-2-0Y-1-1-1-0Y
5	C-63-0Y	20	CC1631-1-1-1-1-1-0Y
6	C-27-1Y-2Y(A/N)	21	*Huatson-OL
7	CCC-1651-1-1-1-2Y-1Y	22	*CW-3268
8	CC1635-1-1-1-1Y	23	*AS-32
9	S-518-SEL-PPR'SS10 (A/N)	24	*Forrcart 2020
10	P.R. limpia	25	*Ciano-OL
11	M-CW-3268	26	*S-390
12	C-55-1-MOC	27	*Chey-OL
13	C-63-1-MOC	28	*RC-1002
14	PALO ROJO	29	*S-323
15	CC-1777-1-1-0Y	30	*Semay-OL

*Testigos comerciales

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a la variable de días a floración se encontraron líneas que superaron los 120 días para llegar esta etapa como: C-27-1Y-2Y(A/N), CC1644-1-2-0Y, CC-1761-1-1-1-0Y manteniéndose a la par con el testigo Ciano-OL. Aunque también se encontraron variedades comerciales que llegaron a dicha etapa en aproximadamente 110 días después de la siembra como: S-323, RC-1002, Huatson-OL y algunas líneas, como CC1635-1-1-1-1Y (Cuadro 2). Y en cuanto a la variable días a madurez todos los materiales llegaron a esta etapa entre los 144 a 151 días, lo cual es común para el cultivo de cártamo (Montoya et al., 2008b).

En cuanto al mejoramiento del cultivo de cártamo se buscan materiales que sean de porte bajo, para evitar problemas de acame (Montoya, 2010). La línea que presentó la menor altura fue P.R limpia con 103 cm de altura, superando a los testigos evaluados (Cuadro 2).

Cuadro 2.- Variables agronómicas evaluación de materiales de cártamo ciclo O-I 2021-22.

Material	Días a floración	Días a Madurez	Altura (cm)
CCC-1633-1-1-1-0Y	117	144	122
CCC-1651-1-1-1-2-0Y	117	148	133
CC1644-1-2-0Y	122	144	161
C-32-0Y	118	147	143
C-63-0Y	115	145	136
C-27-1Y-2Y(A/N)	123	146	154
CCC-1651-1-1-1-2Y-1Y	120	144	152
CC1635-1-1-1-1Y	110	146	134
S-518-SEL-PPR'SS10 (A/N)	114	143	125
P.R. LIMPIA	114	147	103
M-CW-3268	114	145	119
C-55-1-MOC	115	146	128
C-63-1-MOC	115	147	126
PALO ROJO	117	147	131
CC-1777-1-1-0Y	117	147	124
CC-1761-1-1-1-0Y	122	145	126
CC-1762-1-3-1-0Y	114	146	138
CC-1762-1-5-1-0Y	116	148	125
CC1644-1-2-0Y-1-1-1-0Y	116	144	133
CC1631-1-1-1-1-1-0Y	122	147	125
*Huatson-OL	112	144	138
*CW-3268	116	145	144
*AS-32	114	141	128
*Forrcart 2020	112	144	138
*Ciano-OL	120	149	125
*S-390	117	151	141
*Chey-OL	112	145	115
*RC-1002	111	145	118
*S-323	110	147	126
*Semay-OL	115	144	135

Los materiales que obtuvieron el mejor rendimiento fueron las líneas CC-1777-1-1-0Y y C-63-0Y con 2738.7 y 2670.5 kg/ha respectivamente superando a los testigos evaluados y superando ligeramente a la variedad recientemente liberada Huatson OL con 2632.2 kg/ha (Aguilera *et al.*, 2022). En cuanto al resto de los materiales evaluados, la mayoría obtuvo rendimientos aceptables por el rango de los 2100 a los 2.600 kg/ha. En el caso del material Forrcart 2020, presentó los rendimientos más bajos de toda la evaluación, debido a que es un material para uso forrajero, por lo que no tiene espinas en comparación con los demás materiales que si las presentan (Ochoa *et al.*, 2021), esta característica la hace susceptible al ataque de aves que se alimentan de los capítulos mermando el rendimiento.

Cuadro 3.- Evaluación de rendimiento de grano en materiales de cártamo ciclo O-I 2021-22

Material	Rendimiento kg/ha	Material	Rendimiento kg/ha
CC-1777-1-1-0Y	2738.7 a	P.R. limpia	2509 abcd
C-63-0Y	2670.5 a	C-32-0Y	2506.7 abcd
Huatson OL	2632.2 ab	S-323	2505 abcd
C-63-1-MOC	2629.7 ab	CC1631-1-1-1-1-1-0Y	2505 abcd
CC-1762-1-3-1-0Y	2627.7 ab	CC1635-1-1-1-1Y	2493.2 abcd
CCC-1633-1-1-1-0Y	2606.2 ab	S-390	2487 abcd
M-CW-3268	2597.7 ab	Palo rojo	2447.5 abcd
CC-1762-1-5-1-0Y	2590.5 abc	Semay-ol	2392.5 abcd
CC-1761-1-1-1-0Y	2582.2 abcd	CC1644-1-2-0Y-1-1-1-0Y	2356.5 abcd
CC1644-1-2-0Y	2580.5 abcd	RC-1002	2353.7 abcd
CW-3268	2566 abcd	C-27-1Y-2Y(A/N)	2346.2 abcd
AS-32	2564 abcd	CCC-1651-1-1-1-2Y-1Y	2265.7 bcd
Ciano-OL	2562 abcd	C-55-1-MOC	2186.7 cd
Chey-OL	2552 abcd	CCC-1651-1-1-1-2-0Y	2179.7 d
S-518-SEL-PPR'SS10 (A/N)	2514.2 abcd	Forrcart 2020	435 e

CV: 16.54 α = 0.05 DMS: 404

CONCLUSIONES

Dentro de los materiales evaluados, algunas líneas como CC-1777-1-1-0Y y C-63-0Y superan a los testigos comerciales, lo cual las posiciona como candidatas a ser liberadas como variedades comerciales en un futuro. El material Huatson OL presentó rendimientos superiores a las demás variedades comerciales, cabe resaltar que este dato es importante debido a que es el material liberado más reciente por el programa de mejoramiento genético del cultivo de cártamo.

REFERENCIAS

- Aguilera, M. N. A., X. M. Ochoa. E., L. Montoya C., A. Borbón. G., E. Ávila. C., C. Cota. B., J. A. Marroquín. M., V. Valenzuela. H. y E. García. B (2022) Huatson OL: Variedad de cártamo altamente tolerante a falsa cenicienta. Memorias del día del agricultor 2022. CENEB-CIRNO-INIFAP. p 39-41.
- Aguilera, M. N. A., A. Hernández. J., L. Montoya. C., L. A. Aguirre. U., E. Cerna. C. y J. Landeros. F. (2021). Comportamiento de líneas élite de cártamo de alta productividad y calidad de aceite en el Valle del Yaqui, Sonora. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 12(3): 421-432.
- Borbón, G. A., L. Montoya C., X. M. Ochoa. E., N. A. Aguilera. M. E. Ávila. C. y C. I. Cota. B. (2019). SEMAY OL, Nueva variedad de Cártamo oleica. Revista Fitotecnia mexicana. 42(1):83-85.
- Ochoa, E. X. M., L. Montoya. C., D. G. Reta. S., A. Borbón. G., N. A. Aguilera. M., E. Ávila. C., C. I. Cota. B. y P. Cano. R (2021) Forrcart 2020, Nueva variedad de cártamo forrajero en México. Revista Fitotecnia Mexicana. 44(2): 275-277.
- Minjarez, L. J. L., J. B. Valdés., R. F. Salmon. C., L. A. Oroz. R. and R. López. Z. (2010) Sustainable planning, management, and evaluation of water resources in irrigation District No. 041, Río Yaqui, Mexico. Water technology and sciences, formerly hydraulic engineering in Mexico. 1(1):137-151.
- Montoya, C. L., C. M. Armenta C., J. A. Ramírez A., R. Valenzuela B., I. Armenta C., F. Cabrera C., M de J. Beltrán F., R. A. Lagarda G., A. Borbón G. y X. M. Ochoa. E. (2008a) Guía para producir Cártamo INIFAP-CIRNO-CEVY-SEMAY. en Sonora. Folleto para productores No. 38. Ciudad Obregón, Sonora. 27 p.

- Montoya, C. L., F. Ochoa B., J. Wong P., M. Camarillo P. y J. Macías C. 2008b. CIANO-OL, CIANO LIN, RC-1002-L, RC-1005-L, y RC-1003-L. Variedades de cártamo altamente tolerantes a falsa cenicilla (*Ramularia carthami*). INIFAP-CIRNO-CEVY. Folleto técnico No. 60. Cd. Obregón Sonora, México. p. 29.
- Montoya, C. L (2010) El cultivo de cártamo (*Carthamus tinctorius* L) en México. INIFAP-CIRNO-CENEB. Libro Técnico No. 5. Cd. Obregón Sonora. 96 p.
- Ramírez A. J. A., F. Cabrera C., L. Montoya C., X. M. Ochoa E. y A. Borbón G. (2017) Efecto del riego en el desarrollo y control de la falsa cenicilla del cártamo en el Sur de Sonora. INIFAP-CIRNO-CENEB. Folleto Técnico no. 101. Cd. Obregón Sonora. 28 p.

EFFECTO DEL CAMBIO DE pH ÁCIDO Y ULTRASONICACIÓN EN LAS PROPIEDADES TECNOFUNCIONALES EN PROTEÍNA NATIVA DE AMARANTO

EFFECT IN ACID pH SHIFTING AND ULTRASONICATION ON TECHNO-FUNCTIONAL PROPERTIES IN NATIVE AMARANTH PROTEIN

Juan José Figueroa-González^{1*}, Consuelo Lobato-Calleros², Eduardo Jaime Vernon-Carter³, Eleazar Aguirre-Mandujano²

¹INIFAP- Campo Experimental Zacatecas, Carr. Zacatecas-Fresnillo km 24.5, Calera, Zac., México. ²Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5, Carretera México-Texcoco, 56230, Texcoco, México. ³Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, San Rafael Atlixco 186, Vicentina, CDMX, 09340, México. *figueroa.juan@inifap.gob.mx

RESUMEN

Las propiedades tecnofuncionales de las proteínas vegetales no son siempre óptimas, y, por lo tanto, se requiere de modificarlas física o químicamente para incrementar su solubilidad. De esta manera, se pueden mejorar sus propiedades tecnofuncionales, que permitan una mayor diversificación agroindustrial. El amaranto es una fuente no convencional de proteína que puede ser utilizado como aislado proteico en la producción de diversos alimentos. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de la solubilidad, grupos sulfhidrilos y enlaces disulfuro en proteína nativa de amaranto modificada mediante cambios de pH ácido y ultrasonificación. Los resultados en el tamaño de partícula incrementaron cuando la proteína fue sometida a cambios de pH ácido y la solubilidad disminuyó significativamente. Así mismo, cuando la proteína fue sometida a ultrasonificación y/o cambio de pH el tamaño de partícula disminuyó e incrementó la solubilidad comparada con el tratamiento físico de ultrasonificación. Además, los grupos sulfhidrilos y enlaces disulfuro, presentaron cambios con la modificación de la proteína nativa de amaranto. La modificación de la proteína de amaranto ofrece una mayor versatilidad de su uso y mejores propiedades tecnofuncionales.

Palabras clave: aislado proteico, amaranto, cambio de pH, ultrasonificación

ABSTRACT

The techno-functional properties of vegetable proteins are not always optimal, and therefore, it is necessary to modify them physically or chemically to increase their solubility. In this way, its techno-functional properties were improved, allowing greater agro-industrial diversification. Amaranth is an unconventional source of protein that was used as protein isolate in the production of various foods. Therefore, this work aimed to evaluate the behavior of solubility, sulfhydryl groups and disulfide bonds in modified native amaranth protein by acid pH shift and ultrasonication. The results in the particle size increased when the protein was subjected to acidic pH shifting and the solubility decreased significantly. Likewise, when the protein was subjected to ultrasonication and/or pH shifting, the particle size decreased and the solubility increased compared to the physical treatment of ultrasonication. In addition, the sulfhydryl groups and disulfide bonds showed changes with the modification of the native amaranth protein. The modification of the amaranth protein offers greater versatility in its use and better techno-functional properties.

Keywords: protein isolate, amaranth, pH shifting, ultrasonication

INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha existido un interés creciente de los consumidores y de la industria alimentaria por las proteínas vegetales como sustitutos de las proteínas animales. Las fuentes de proteínas de origen vegetal tienen ventajas sobre las proteínas de origen animal, por ejemplo, menor costo de producción (Timilsena et al., 2016), beneficios potenciales para la salud de los consumidores, sostenibilidad climática (Kristensen et al., 2016; Fasolin et al., 2019), renovables (Pojić et al., 2018) y alta disponibilidad en la naturaleza. El amaranto (*Amaranthus spp.*) es un pseudocereal, considerado una fuente vegetal no convencional de proteína, y tiene un contenido proteico relativamente alto (15-17%) (López et al., 2018). La proteína de amaranto es ampliamente utilizada como ingrediente de alimentos complementarios (Bolontrade et al., 2013) y podría usarse en la preparación de alimentos para la preparación de alimentos para proporcionar propiedades estructurales y nutricionales adecuadas. Estas propiedades están relacionadas con las características estructurales de las proteínas, las cuales están influenciadas por variables ambientales como la temperatura, el pH y la fuerza iónica (Avanza y Añón, 2007). Se ha demostrado que el cambio de pH es una técnica simple y adaptable y puede usarse para convertir proteínas vegetales poco solubles de un estado agregado en monómeros y tensioactivos fuertemente hidrófilos que son adecuados para aplicaciones comerciales (Jiang et al., 2018). Por otro lado, Wen et al. (2019) informaron que el ultrasonido (US) disminuyó el tamaño de las partículas, aumentó la adsorción de proteínas en la interfaz aceite-agua y mejoró la solubilidad de las proteínas de las fuentes de proteínas renovables derivadas de plantas. La combinación de cambios de pH y ultrasonido puede ser un medio útil para mejorar las propiedades funcionales de las proteínas (Jiang et al., 2017). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del tratamiento combinado de cambio de pH ácido y ultrasonificación sobre las propiedades fisicoquímicas del aislado de proteína nativa de amaranto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las semillas de amaranto (*Amaranthus spp.*) variedad Nutrisol fue proporcionado por el INIFAP, Campo Experimental Valle de México, Texcoco, Estado de México, México. Con coordenadas de 19° 26' 51.12" N y 98° 53' 48.76 O y con una elevación sobre el nivel del mar de 2,261 m. La harina de amaranto (HA) se obtuvo por la molienda de los granos de amaranto y se tamizó por un tamiz de malla No. La HA se desengrasó con hexano en un aparato de Soxhlet durante 5 h (Martínez-Velasco et al., 2018). La HA se dispersó en AD (1:8 p/v) y se realizó la solubilización de la proteína ajustando el pH a 11.0 (2.5 N de NaOH) en agitación constante por 2 h, posteriormente, se centrifugó a 8000 rpm (133.33 Hz) por 15 min a 20 °C. El sobrenadante se filtró y se almacenó por 16 h a 4 °C. Posteriormente, se agitó la muestra por 10 min y se precipitó la proteína ajustando el pH a 4.5 (2.5 N de HCl) y se mantuvo en agitación constante por 2 h. La muestra se centrifugó a 8000 rpm por 15 min a 20 °C. El precipitado obtenido se lavó con agua destilada (1:5 p/v) y se centrifugó a las mismas condiciones anteriores. Se neutralizó el precipitado de proteína a pH 7 y se secó a 35 °C por 45 h en una estufa con circulación de aire.

La dispersión de la proteína de amaranto (PA) se realizó de acuerdo al método de Jiang et al. (2017). La proteína (30 mg/mL) se dispersó en agua destilada, se dejó en agitación constante por 1 h a temperatura ambiente (22 ± 2 °C). Posteriormente, la PA se modificó mediante cambios de pH, el cambio de pH se realizó en condiciones ácidas a pH 2.0 (tratamiento PA_{pH2}) con 2.5 N de HCl, se siguió el procedimiento de la modificación con ultrasonido (5 min de ultrasonido, reposo de 5 min y 5 min más de ultrasonido) con 50 % de amplitud, con este proceso se obtiene el tratamiento PA_{pH2US}. Inmediatamente, se dejó en agitación por 1 hora a temperatura ambiente (22 ± 2 °C). Después, se ajustó el pH a 7.0 para el replegamiento estructural de la proteína y se dejó en agitación por 1 hora. Además, se obtuvo otro tratamiento sin cambio de pH solamente con ultrasonido (PA_{US}). Finalmente, la dispersión se secó a 35 °C por 45 h. La muestra seca se trituró hasta obtener un polvo fino y se almacenó en recipientes de color ámbar. La muestra control fue el aislado de proteína nativa de amaranto (PA_{Nat}) sin ninguna modificación. A las diferentes variaciones de la PA se midió el tamaño de partícula y solubilidad de acuerdo con Martínez-Velasco et al. (2018). El contenido de grupos

sulfhidrilos (SH) y enlaces disulfuro (SS) de cada variación de PA se determinaron como lo describe (Valenzuela, Abugoch et al., 2013). El experimento se condujo por triplicado en un diseño experimental completamente al azar. Los resultados fueron reportados como la media y la desviación estándar. Las diferencias fueron analizadas usando el ANOVA con el programa estadístico SAS. Las diferencias significativas entre medias fueron identificadas por la prueba de Tukey ($P < 0.05$). El análisis de los datos se realizó con el paquete estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute Inc., NC, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tamaño de partícula

El tamaño de partícula, expresado como diámetro hidrodinámico (d_h), se muestra en la Figura 1. Los valores de d_h de PA_{Nat} (1167.0 ± 15.6 nm), cuando se tratan a pH 2, ya sea ultrasonificado o no, aumentaron a 2268.7 ± 54.9 nm (PA_{pH2US}) y 2490.0 ± 5.3 nm (PA_{pH2}). Este resultado se puede atribuir al tiempo prolongado de ultrasonido, que promovió una desnaturalización extensa de proteínas y favoreció la formación de agregados, a través de enlaces no covalentes, como interacciones hidrofóbicas de regiones expuestas durante el proceso (Constantino y García-Rojas, 2020). Gao y col. (2020) encontraron que la glicinina de soya tratada en condiciones extremas de ácido (pH 1) produjo un aumento en el tamaño de la fracción de soya 11S debido al despliegue completo de la proteína en estas condiciones. En contraste, el tratamiento en condiciones de ultrasonido (PA_{US}) mostró valores de d_h más pequeños que PA_{Nat} . Esta tendencia se ha encontrado con otros aislados de proteínas vegetales.

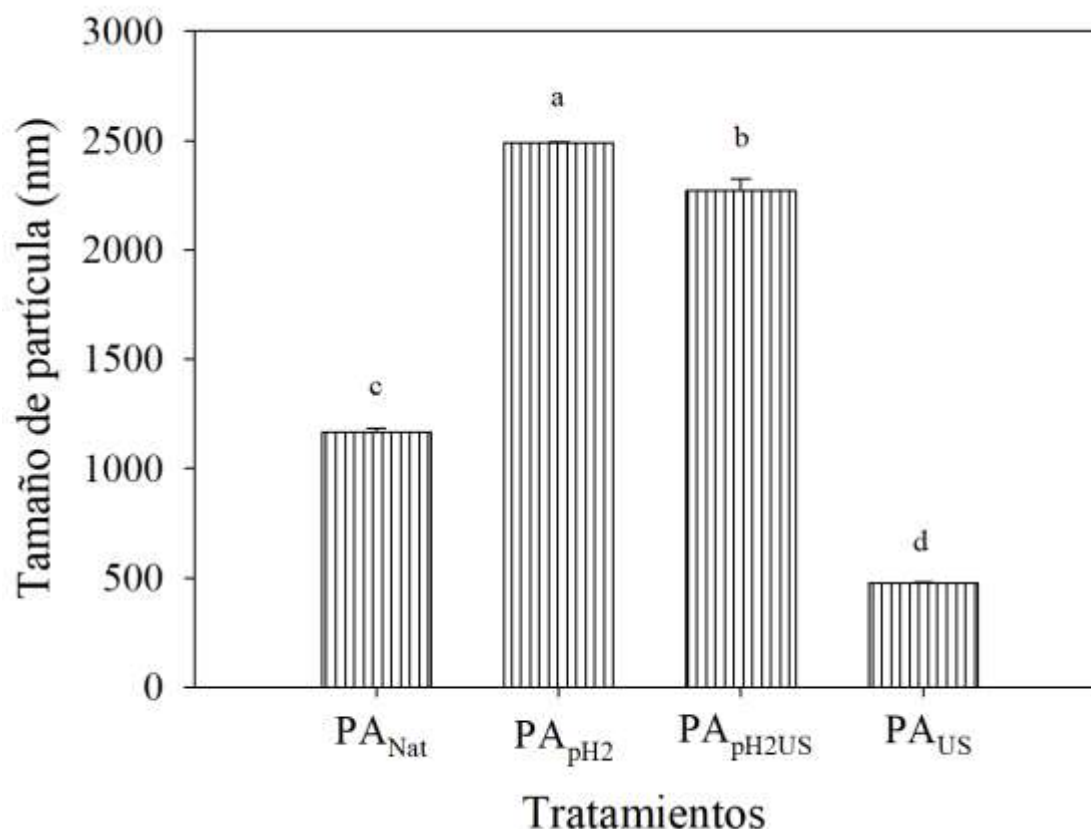


Figura 1. Tamaño de partícula (nm) de PA. Las barras verticales indican la desviación estándar. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas $p < 0.05$.

Solubilidad proteica

La solubilidad de las proteínas es una propiedad funcional tecnológica importante en diferentes aplicaciones alimentarias (Xiong et al., 2018), es decir, influye en la actividad

superficial y las propiedades emulsionantes (Gao et al., 2020). La Figura 2 muestra la solubilidad de las variaciones de PA. Como se esperaba, la solubilidad de las variaciones de PA a pH 5 y cerca del punto isoeléctrico fue significativamente menor que a pH 7 y pH 9. Los valores de solubilidad a pH 5 fluctuaron entre 26.0 ± 0.8 a $67.5 \pm 2.3\%$, mientras que a pH 7 osciló entre 33.3 ± 1.2 a $69.3 \pm 0.6\%$ y a pH 9 entre 55.7 ± 1.5 a $89.7 \pm 1.0\%$. La solubilidad de PA_{Nat} mejoró significativamente en PA_{US} . Un aumento de la solubilidad proteica se ha relacionado con cambios conformacionales y la formación de agregados proteicos solubles (Jiang et al., 2017), la reducción del tamaño de partícula y el consecuente aumento del área de contacto entre las moléculas de proteína y el agua (Constantino y García -Rojas, 2020). Por lo tanto, el aumento de la solubilidad puede estar relacionado con un aumento en las interacciones iónicas de proteínas cargadas y agua (Jiang et al., 2009; Jiang et al., 2017).

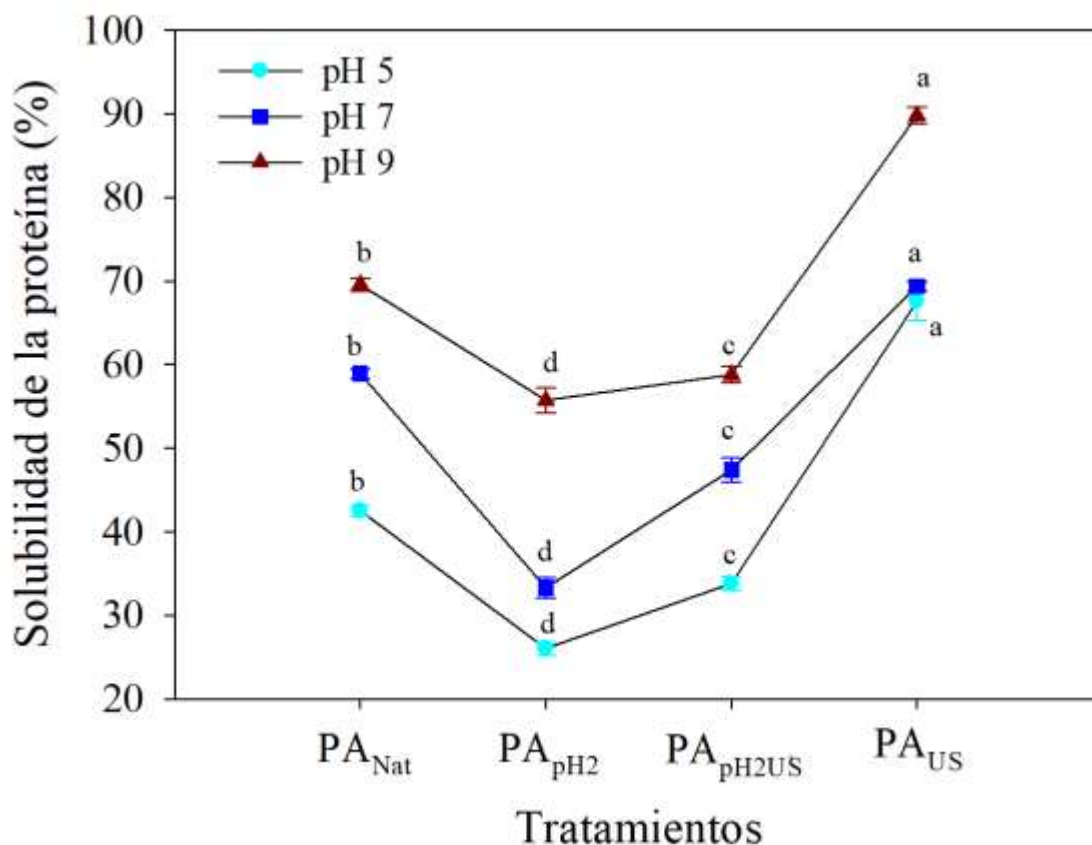


Figura 2. Solubilidad de PA (%). Las barras verticales indican la desviación estándar. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas $p < 0.05$.

Grupos sulfhidrilos (SH) y enlaces disulfuro (SS)

La cuantificación de enlaces disulfuro es una forma indirecta de verificar la adecuada conformación espacial durante la fabricación de una proteína de interés biofarmacéutico, así como de determinar posibles cambios estructurales que pueden ocurrir durante la vida útil (Guillen-García et al., 2016). Los efectos del cambio de pH y la ultrasonificación sobre el contenido de grupos sulfhidrilos y enlaces disulfuro de PA mostraron diferencias significativas (Figura 3). El grupo de sulfhidrilos expuestos (SH_e) de PA_N fue mayor (9.0 ± 0.2 $\mu\text{mol/g}$ de proteína) que la PA_{pH2US} (4.0 ± 0.1 $\mu\text{mol/g}$ de proteína), PA_{pH2} (4.7 ± 0.1 $\mu\text{mol/g}$ de proteína) y PA_{US} (7.1 ± 0.25 $\mu\text{mol/g}$ de proteína). Esta disminución puede atribuirse a la oxidación de estos grupos y la formación de nuevos enlaces disulfuro intra o intermolecularmente (Hu, Wang y Li, 2017). Asimismo, los sulfhidrilos totales (SH_t) presentaron valores entre 43.7 ± 0.1 a 45.4 ± 0.1 $\mu\text{mol/g}$ de proteína. Se han informado valores de SH_e de 9.0 a 19.2 $\mu\text{mol/g}$ para la proteína de quinoa (Valenzuela et al., 2013). El contenido del grupo SH_t puede afectar

seriamente el desempeño funcional de la proteína y juega un papel clave en la producción de una estructura relativamente rígida. Además, el aumento de SH_t se puede atribuir a un cierto grado de despliegue de moléculas, lo que promueve la exposición de grupos SH enterrados o grupos tiol enterrados (Zou et al., 2019). Los enlaces disulfuro presentaron valores de 18.8 ± 0.1 a 20.7 ± 0.1 $\mu\text{mol/g}$ de proteína en comparación con PA_N (17.4 ± 0.1 $\mu\text{mol/g}$). El aumento de los enlaces SS puede deberse a reacciones de intercambio SH/SS, a la oxidación de SH y a la susceptibilidad de los grupos tiol para formar especies de iones mercaptídicos (S^-). La velocidad a la que se producen estos fenómenos aumenta con mayor alcalinidad (Chen et al., 2019).

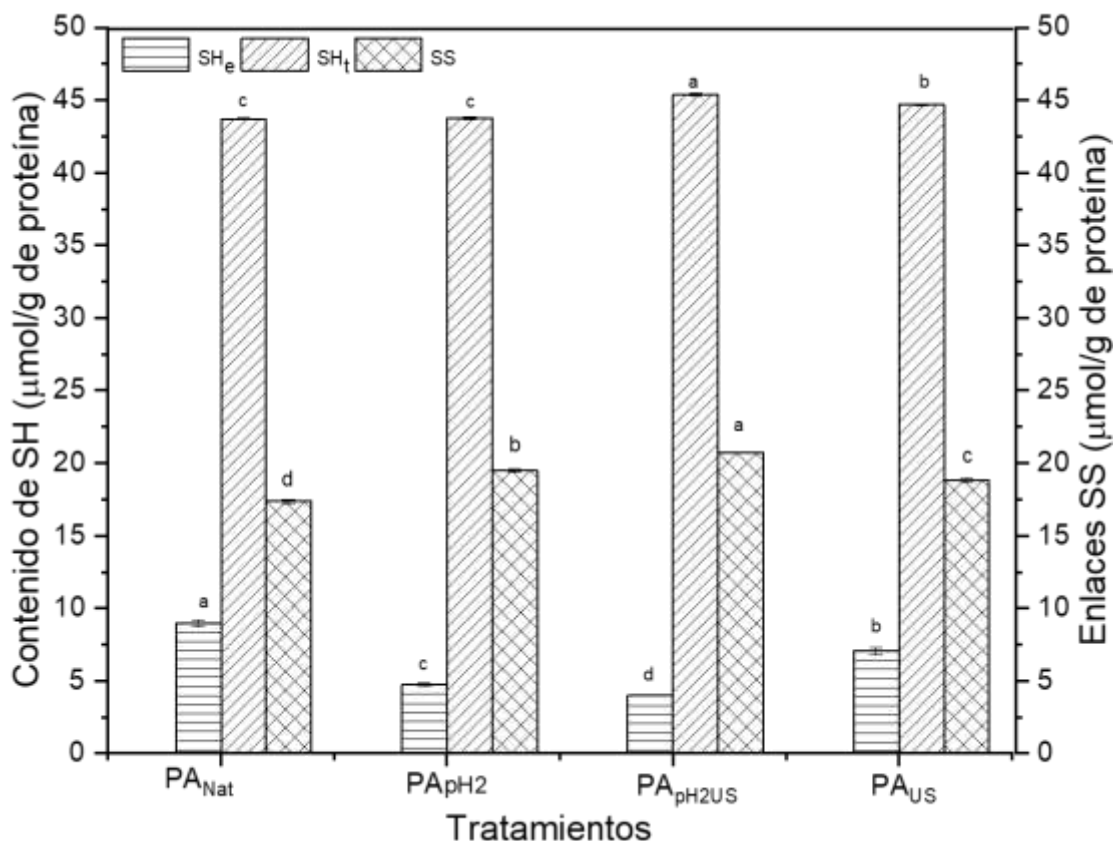


Figura 3. Grupos sulfhidrilos expuestos (SH_e) y totales (SH_t) y enlaces disulfuro (SS). Las barras verticales indican la desviación estándar. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas $p < 0.05$.

CONCLUSIONES

El asilado de la proteína nativa de amaranto y modificada mediante cambios de pH ácidos mejora la solubilidad y permite la disminución de grupos sulfhidrilos. Cuando la PA es tratada con US disminuye el tamaño de partícula y, por ende, aumenta su solubilidad, permitiendo de esta manera, la obtención de aislados proteicos de amaranto con mejores propiedades tecnofuncionales que permitan la aplicación en diversas actividades agroindustriales. Por lo tanto, las propiedades fisicoquímicas de la proteína de amaranto resultan favorables al ser modificadas con cambios de pH ácido y combinado con ultrasonificación.

LITERATURA CITADA

- Avanza, M. V. & Añón, M. C. (2017). Effect of thermal treatment on the proteins of amaranth isolates. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87(4), 616-623.
- Bolontrade, A. J., Scilingo, A. A., & Añón, M. C. (2013). Amaranth proteins foaming properties: adsorption kinetics and foam formation—part 1. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 105, 319-327.

- Chen, W., Wang, W., Ma, X., Lv, R., Watharkar, R. B., Ding, T., & Liu, D. (2019). Effect of pH-shifting treatment on structural and functional properties of whey protein isolate and its interaction with (-)-epigallocatechin-3-gallate. *Food Chemistry*, 274, 234-241.
- Constantino, A. B. T., & Garcia-Rojas, E. E. (2020). Modifications of physicochemical and functional properties of amaranth protein isolate (*Amaranthus cruentus* BRS Alegria) treated with high-intensity ultrasound. *Journal of Cereal Science*, 95, 103076.
- Fasolin, L. H., Pereira, R. N., Pinheiro, A. C., Martins, J. T., Andrade, C. C. P., Ramos, O. L., & Vicente, A. A. (2019). Emergent food proteins—Towards sustainability, health and innovation. *Food Research International*, 125, 108586.
- Gao, J., Li, X. M., Chen, F. L., Piekoszewski, W., Yang, Y., Wang, B., & Zhang, N. (2020). The effect of extreme acid-induced soybean glycinin molten globules state on foaming ability. *Food Hydrocolloids*, 105, 105819.
- Guillén-García, A., Hernández-Moreno, A. V., Pérez-Medina-Martínez, V., Miranda-Hernández, M. P., Pérez, N. O., López-Morales, C. A., & Medina-Rivero, E. (2016). Validación de un método espectrofotométrico para cuantificación de tioles libres en filgrastim. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 15(3), 741-748.
- Hu, H., Wu, J., Li-Chan, E. C., Zhu, L., Zhang, F., Xu, X., Fan, G., Wang, L., Huang, X., & Pan, S. (2013). Effects of ultrasound on structural and physical properties of soy protein isolate (SPI) dispersions. *Food Hydrocolloids*, 30(2), 647-655.
- Hu, Y., Wang, L., & Li, Z. (2017). Modification of protein structure and dough rheological properties of wheat flour through superheated steam treatment. *Journal of Cereal Science*, 76, 222-228.
- Jiang, J., Chen, J., & Xiong, Y. L. (2009). Structural and emulsifying properties of soy protein isolate subjected to acid and alkaline pH-shifting processes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 7576-7583.
- Jiang, J., Wang, Q., & Xiong, Y. L. (2018). A pH shift approach to the improvement of interfacial properties of plant seed proteins. *Current Opinion in Food Science*, 19, 50-56.
- Jiang, S., Ding, J., Andrade, J., Rababah, T. M., Almajwal, A., Abulmeaty, M. M., & Feng, H. (2017). Modifying the physicochemical properties of pea protein by pH-shifting and ultrasound combined treatments. *Ultrasonics Sonochemistry*, 38, 835-842.
- Kristensen, M. D., Bendsen, N. T., Christensen, S. M., Astrup, A., & Raben, A. (2016). Meals based on vegetable protein sources (beans and peas) are more satiating than meals based on animal protein sources (veal and pork)—a randomized cross-over meal test study. *Food & Nutrition Research*, 60(1), 32634.
- Lado, M. B., Burini, J., Rinaldi, G., Añón, M. C., & Tironi, V. A. (2015). Effects of the dietary addition of Amaranth (*Amaranthus mantegazzianus*) protein isolate on antioxidant status, lipid profiles and blood pressure of rats. *Plant Foods for Human Nutrition*, 70(4), 371-379.
- Li, J., Wu, M., Wang, Y., Li, K., Du, J., & Bai, Y. (2020). Effect of pH-shifting treatment on structural and heat induced gel properties of peanut protein isolate. *Food Chemistry*, 325, 126921.
- López, D. N., Galante, M., Robson, M., Boeris, V., & Spelzini, D. (2018). Amaranth, quinoa and chia protein isolates: Physicochemical and structural properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, 152-159.
- Martínez-Velasco, A., Lobato-Calleros, C., Hernández-Rodríguez, B. E., Román-Guerrero, A., Alvarez-Ramirez, J., & Vernon-Carter, E. J. (2018). High intensity ultrasound treatment of faba bean (*Vicia faba* L.) protein: Effect on surface properties, foaming ability and structural changes. *Ultrasonics Sonochemistry*, 44, 97-105.
- Pojić, M., Mišan, A., & Tiwari, B. (2018). Eco-innovative technologies for extraction of proteins for human consumption from renewable protein sources of plant origin. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 93-104.

- Timilsena, Y. P., Adhikari, R., Barrow, C. J., & Adhikari, B. (2016). Physicochemical and functional properties of protein isolate produced from Australian chia seeds. *Food Chemistry*, 212, 648-656.
- Valenzuela, C., Abugoch, L., Tapia, C., & Gamboa, A. (2013). Effect of alkaline extraction on the structure of the protein of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and its influence on film formation. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(4), 843-849.
- Xiong, T., Xiong, W., Ge, M., Xia, J., Li, B., & Chen, Y. (2018). Effect of high intensity ultrasound on structure and foaming properties of pea protein isolate. *Food Research International*, 109, 260-267.
- Zou, Y., Yang, H., Li, P. P., Zhang, M. H., Zhang, X. X., Xu, W. M., & Wang, D. Y. (2019). Effect of different times of ultrasound treatment on physicochemical, thermal, and antioxidant properties of chicken plasma protein. *Poultry Science*, 98(4), 1925-1933.

IDENTIFICACIÓN DE VIROIDES EN EL CULTIVO DE MANDARINA: INCIDENCIA Y SEVERIDAD.

Juan Jasso-Argumedo¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental "Mocochá". Km. 25 Carr. Mérida-Motul, Mocochá, Yucatán. CP 97454.

jasso.juan@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los cítricos en Yucatán son fuertemente afectados por viroides, los cuales provocan fuertes pérdidas en el limón persa y naranja sobre patrones susceptibles. En este trabajo, se ha identificado en mandarina la presencia de viroides y los síntomas y daños que ocasiona, así como las pérdidas de árboles en el transcurso del tiempo y la reducción en la producción. La incidencia general fue de 30.2%, con síntomas severos de achaparramiento en un 7.4%. El porcentaje de árboles que se pierden cada año es de un 8.1%, lo cual representa una muerte anual de 34 árboles por hectárea. El diagnóstico del laboratorio nos indica como agente causal el viroide de la exocortis, sin embargo, como regularmente existen mezclas de viroides dentro de una misma planta, la Caquexia puede ser el patógeno causal, ya que la mandarina es susceptible a este y no a la exocortis.

Palabras clave: Viroides, Exocortis, Caquexia, incidencia, severidad.

ABSTRACT

Citrus in Yucatan is strongly affected by viroids, which cause heavy losses in Persian lime and orange on susceptible rootstocks. In this work, the presence of viroids and the symptoms and damage the cause have been identified in mandarin, as well as the loss of trees over time and the reduction in production. The overall incidence was 30.2% with severe stunting symptoms in 7.4%. The percentage of trees that are lost each year is 8.1%, which represents an annual death of 34 trees per hectare. The laboratory diagnosis indicates the exocortis viroid as the causal agent, however, as there are regular mixtures of viroids within the same plant, cachexia may be the causal pathogen, since the mandarin is susceptible to this and not to the exocortis.

Key words: Viroids, exocortis, Cachexia, incidence, severity.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de mandarina se lleva a cabo en el estado de Yucatán bajo condiciones de suelo pedregoso y suelos mecanizables, el portainjerto utilizado es el naranjo agrio y la variedad más utilizada es la Dancy. En total, se cultivan 1,570 hectáreas principalmente en los municipios de Sacalum, Ticul, Dzan, Oxkutzcab y Akil (SIAP, 2022). El cultivo de los cítricos a nivel mundial es afectado por los viroides, los cuales, son pequeñas moléculas de ácido ribonucleico (ARN) de bajo peso molecular, que

pueden infectar las células vegetales, se automultiplican usando las herramientas metabólicas de la célula infectada y producen enfermedades. Los viroides difieren de los virus en por lo menos dos características: 1) el tamaño del ARN, el cual tiene un bajo peso molecular y 2) el hecho de que el ARN de un virus se encuentra rodeado por una cubierta de proteína, mientras que los viroides carecen de esta (Agrios, 1988). Los viroides que afectan a los cítricos son: Citrus Exocortis (CEVd) con un tamaño de 370-375 nucleótidos; el Hop Stunt viroid (HSVd) con un tamaño de 296-301 nucleótidos, que provoca el enanismo del lúpulo, y es también agente causal del fruto pálido del pepino, del fruto manchado del ciruelo y durazno, y de la caquexia-xiloporosis de los cítricos; el (CVd-I), (CVd-III), y CVd-IV) capaces de replicarse en casi todas las especies de cítricos (Durán-Vila, 1999). La presencia de viroides en México ha sido reportada desde los años 70's en el estado de Nuevo León por Sánchez-Salas *et al.* (1979), en Tamaulipas por Robles-Serna (1985), con presencia en huertas de naranja, toronja y mandarina (Rocha-Peña y Byerly-Murphy, 1998), Rocha-Peña, *et al.* (1995) y más recientemente por Alvarado *et al.*, (2000) y Almeyda-León, *et al.*, (2002) ambos en limón Persa. En Yucatán, se ha reportado la presencia de viroides en limón persa y en naranja. El presente trabajo tiene como objetivo conocer la importancia de los viroides en el desarrollo y producción de la mandarina cultivada en Yucatán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se ubicaron varias huertas con el monocultivo de mandarina y otras donde el cultivo de mandarina está asociado a otras especies de cítricos y frutales. En cada huerta muestreada se realizó una evaluación de la incidencia y severidad de los síntomas sospechosos de la presencia de viroides. **La incidencia y severidad** se realizó contabilizando el número de árboles con (N-0) ausencia de síntomas en el follaje, (N-1) síntomas de amarillamiento en el follaje de los árboles (N-2) árboles con amarillamiento del follaje, achaparramiento y presencia o ausencia de síntomas en el tronco. En 3 plantaciones se evaluó durante 3 años (2018, 2019 y 2020), el progreso de la enfermedad y su impacto en la producción de mandarina.

Identificación del patógeno. En el mes de enero 2021, se tomaron muestras de tres huertas de mandarina y se enviaron al laboratorio de Biociencia para su análisis y diagnóstico., se enviaron muestras compuestas de corteza del tronco, brotes nuevos y hojas de árboles con síntomas severos. La primera muestra se tomó de una huerta con árboles de más de 25 años de edad, las muestras 2 y 3 se tomaron de árboles de 14 años de edad y las muestras 4 y 5 se tomaron de árboles jóvenes en una huerta de seis años de edad; estos árboles jóvenes presentaban achaparramiento, amarillamiento y picado del tallo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sintomatología. Los árboles de mandarina presentan un amarillamiento en el follaje producto del desarrollo de un declinamiento muy parecido al que provoca la gomosis, falta de agua, deficiencias nutricionales, entre otros (imágenes 1a, 1b y 1c).



Figuras 1, 2 y 3. Árboles con la sintomatología de la enfermedad en el follaje.

En el tronco se presenta una necrosis en la parte del injerto, esto es en la mandarina, mientras que la parte del tronco perteneciente al patrón agrio, no presenta síntomas. Las imágenes de abajo ilustran muy bien la sintomatología en esta parte del árbol.



Figuras 4, 5 y 6. Síntomas de la enfermedad en tronco y ramas.

Incidencia y severidad. La enfermedad se encontró presente en todas las huertas muestreadas y en alrededor de un 30% de los árboles, esto representa un porcentaje muy alto considerando que el muestreo solo se basó en síntomas foliares y no en un análisis de laboratorio. Por su parte, la severidad es de un 7.4 para árboles con un fuerte detrimento en su desarrollo, mientras que los árboles afectados de manera general sin efectos aún en su desarrollo fue del 22.8%.

Cuadro 1. Incidencia y severidad de la enfermedad en diferentes huertas.

Huertas	Árboles con presencia de la enfermedad (%)		
	N-0*	N-1*	N-2*
H-1	61.6	21.0	17.4
H-2	41.0	41.0	18.4
H-3	60.5	26.8	12.7
H-4	81.7	17.0	1.3
H-5	86.0	13.0	1.0
H-6	77.0	21.0	2.0
H-7	69.8	24.5	5.7
H-8	85.4	14.6	0
H-9	64.4	26.7	8.9
Promedios	69.7	22.8	7.4

*N-0: Árboles son síntomas aparentes.

*N-1: Árboles con amarillamiento parcial o general.

*N-2: Árboles con amarillamiento del follaje, achaparramiento y necrosis en tronco.

Se ha observado que los síntomas iniciales, el deterioro y muerte de los árboles pueden variar dependiendo de la etapa de infección. En árboles que se injertaron con yema contaminada, los síntomas de amarillamiento del follaje inician a los pocos años y son los árboles que mostraron achaparramiento en los muestreos (N-2); mientras que los árboles que muestran amarillamiento en el follaje (N-1) pero un tamaño normal, en estos la infección pudo ocurrir en los árboles ya estando en la huerta y producto de las prácticas culturales de poda y deschupone. En la etapa productiva, los árboles muestran una mayor velocidad en el desarrollo de la enfermedad y en el deterioro y muerte de los árboles.

En un seguimiento a 3 huertas de mandarina de diferentes edades y todas injertadas sobre naranjo agrio, se encontró que la enfermedad en un periodo de dos años, causó la pérdida de árboles en 19, 16 y 14%, respectivamente.

Cuadro 2. Porcentaje de mortalidad por viroides en tres huertos de mandarina.

Huertos	Porcentaje de árboles en el huerto sin deterioro por la enfermedad según año			Pérdidas en 24 meses
	2018	2019	2020	
1	56	49	37	19
2	74	64	60	14
3	45	33	29	16

Las pérdidas en la producción son considerables, ya que un árbol en buenas condiciones de producción rinde alrededor de 120 kg, lo que significa una reducción de 4.5 toneladas por año por un periodo de seis años, lo cual es el tiempo que se tardaría en tener otro árbol en las mismas condiciones que el que murió, adicionalmente, la reducción en la producción de fruta de aquellos árboles que están infectados, muestran diferentes grados de deterioro y reducción en la producción

individual. las pérdidas estimadas por año pueden llegar a ser de otras 4 toneladas por hectárea acumulables.

Identificación del patógeno. Las muestras enviadas fueron analizadas para viroides y también para el virus de la tristeza de los cítricos y para *Phytophthora*. Los resultados fueron negativos para el virus de la tristeza y *Phytophthora* y positivos para viroides.

El diagnóstico del laboratorio nos indica como agente causal el viroide de la exocortis, sin embargo, como regularmente existen mezclas de viroides dentro de una misma planta, la Caquexia puede ser el patógeno causal, ya que la mandarina es susceptible a este y no a la exocortis.

CONCLUSIONES

La incidencia fue de un 30% de árboles afectados. La severidad fue mas alta en un 7.4% de los árboles con una condición de amarillamiento y achaparramiento de los árboles; mientras que un 22.8% de los árboles solo tuvieron un amarillamiento parcial o general del árbol sin reducción en su tamaño. El diagnóstico de laboratorio indica la presencia de exocortis, pero la mandarina es susceptible a caquexia, por lo que al parecer este viroide es el causal de los daños a la mandarina.

REFERENCIAS

- Agrios G.N. 1988. Fitopatología. Limusa. 756 pag.
- Almeyda-León, I. H., Iracheta-Cárdenas, M. M. Jasso-Argumedo, J., Curti-Díaz, S. A., Ruíz-Beltrán, P., and Rocha-Peña, M. A. 2002. Reexamination of citrus viroids of Tahiti lime in México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 20:152-160.
- Alvarado-Gómez, O. G., Rocha-Peña, M. A., Silva-Vara, S. Martínez-Soriano, J. P., Lee, R. F., Rivera-Bustamante, R., and Ruíz-Beltrán, P. 2000. Citrus exocortis and citrus cacheria in commercial groves of Tahiti lime in México. pp. 289-293. In: R. K. Yokomi, J. V. da Graca and R. F. Lee (eds.). *Proceedings 14 th Conference of the International Organization of Citrus Virologist*. Riverside, California, USA. 435 p.
- Duran-Vila N. 2000. Enfermedades producidas por viroides y agentes similares. En: Duran-Vila N. y Moreno Pedro. (Eds): *Enfermedades de los Cítricos*. Monografía de la Sociedad Española de Fitopatología. No. 2. Ed. Mundiprensa-SEF. P 87-92.
- Futch, S. H., K.S. Derrick, R.H. Brlansky. 2011. Field identification of Citrus Blight. Serie HS995 of the Horticultural Sciences Department, florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida.
- Robles-Serna, R. 1985. Presencia de exocortis en los cítricos de Tamaulipas. Resúmenes del XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Guanajuato, Guanajuato, México. Resumen 145.
- Rocha-Peña, M. A. y K. F. Byerly-Murphy. 1998. Manejo integrado de la tristeza de los cítricos: Escenario potencial en México. pp. 157-178. En *Memorias 1^{er} Simposio Internacional Protección Fitosanitaria*. Hermosillo, Sonora, México. 222 p.
- Rocha-Peña, M. A., Martínez-Soriano, J. P., y Byerly-Murphy K. F. 1995. Viroides de cítricos: Amenaza oculta para la citricultura de México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 13:146-149.
- Sánchez-Salas, J. A., Robles-Serna, R. y González-Garza, R. 1979. Ocurrencia de exocortis de los cítricos en el estado de Nuevo León y su efecto en una combinación patrón-injerto

susceptible. Proceedings Tropical Region of the American Society of Horticultural Sciences. 23:75-78.
SIAP, 2022. Estadísticas de la producción Agrícola ciclo 2021. Cíclicos y perennes.
<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

INFLUENCIA DE LA FECHA DE SIEMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE GRANO EN TRIGO CRISTALINO Y HARINERO.

Aispuro Arana, Eduardo Abigail¹; Díaz Ceniceros, Huizar Leonardo²; Hidalgo Ramos, Dreyli Maygualida¹; García Urías, Julio Cesar¹; Aispuro Arana, Francisco Humberto²; Marroquín Morales, José Ángel².

¹Tecnológico Nacional de México Campus Valle del Yaqui. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug. km. 12. ³Instituto Tecnológico de Sonora. 5 de Febrero 818 Sur, Col. Centro, Ciudad Obregón, Sonora, México.

*aispuro1306@hotmail.com.

RESUMEN

El cultivo de trigo, en el sur de Sonora, se ha establecido durante los últimos años principalmente en los meses de noviembre y diciembre, con el cual se esperan rendimientos mayormente positivos que, en distintos meses del año, llevando a cabo, distintas evaluaciones dentro de estos dos meses con fechas de siembra. El sistema de producción actual requiere de mejoras o ajustes que ayuden a contribuir y mitigar los efectos del cambio climático, enfermedades y adaptarlas a las necesidades actuales. El objetivo del trabajo fue determinar el impacto sobre el rendimiento de grano en genotipos de trigo en diferentes fechas de siembra. La primera fecha de siembra alcanzó un rendimiento promedio de 5,934 kg ha⁻¹ y fue superior a la segunda fecha evaluada, la cual obtuvo un rendimiento promedio de 5,029 kg ha⁻¹. Los parámetros de temperaturas fueron más positivos en la primera fecha de siembra, acumulando mayor cantidad de horas frío (594 horas) que la segunda fecha (502 horas) y menor incidencia de enfermedades. La primera fecha de siembra permite que el cultivo se desarrolle en condiciones más favorables y repercute de manera positiva en los rendimientos del grano de trigo.

Palabras Clave: Genotipos, Rendimiento, Fecha de Siembra, Horas Frío.

ABSTRACT

Wheat cultivation in southern Sonora has been established in recent years, mainly in the months of November and December, with which mostly positive yields are expected that, in different months of the year, carrying out different evaluations within of these two months with sowing dates. The current production system requires improvements or adjustments that help contribute to and mitigate the effects of climate change, diseases and adapt them to current needs. The objective of the work was to determine the impact on grain yield in wheat genotypes at different planting dates. The first sowing date reached an average yield of 5,934 kg ha⁻¹ and was higher than the second evaluated date, which obtained an average yield of 5,029 kg ha⁻¹. The temperature parameters were more positive on the first planting date, accumulating more cold hours (594 hours) than the second date (502 hours) and lower incidence of

diseases. The first planting date allows the crop to develop in more favorable conditions and has a positive impact on wheat grain yields.

Keywords: *Genotypes, Yield, Planting Dates, Cold Hours.*

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, las condiciones ambientales han perjudicado de gran manera al cultivo de trigo, por lo que, para buscar alternativas de una mejor producción se han modificado las fechas de siembra para el cultivo de trigo. En el Valle del Yaqui, Sonora los factores limitantes de la producción de trigo son fechas de siembra, variedades y densidades de siembra. Dentro de estas, la fecha óptima de siembra es señalada como el factor principal en la producción, ya que de este depende en alto grado que variedades susceptibles a royas, logren un rendimiento a la par con variedades resistentes (*Quiñones, 1975*).

La fecha óptima de siembra es un factor muy importante para el éxito de cualquier cultivo, una variedad de trigo sembrada fuera de fecha óptima reduce hasta en un 40 % su rendimiento (*Urbina et al., 1980*)

La necesidad de atender la demanda de los productores con acciones de validación de nuevas variedades. Sin embargo, para lograr una cosecha rentable también es necesario incluir otros componentes de la producción como la aplicación oportuna y apropiada de fertilizantes, cantidad de semilla, manejo eficiente del agua de riego, control de plagas, enfermedades y malezas, entre otros (*Palomo et al., 2007; Hernández y Guzmán, 2010*).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las instalaciones del Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), se encuentra ubicado en Carretera Norman E. Borlaug, SN, Km 12; con C.P 85000 en Ciudad Obregón Sonora, en donde se evaluaron distintos genotipos en dos fechas de siembra. El CENEB se ubica en el paralelo 27° 21' de latitud norte, en el meridiano 109° 54' de longitud oeste, y con una altitud de 40 metros sobre el nivel del mar. En este estudio se evaluó 50 genotipos seleccionados de líneas del programa de mejoramiento del INIFAP, el cual hizo la selección de dichas líneas para ser sembradas y evaluadas en dos fechas de siembra. Las siembras se realizaron el 15 y 30 de diciembre. Los 50 genotipos fueron distribuidos en un diseño experimental Alpha Lattice (10 Sub-bloques con 5 parcelas) con 2 repeticiones. Las parcelas estuvieron compuestas de 2 surcos de 3 m de longitud con una separación en surcos de 80 cm, sobre el lomo del surco dos hileras con una separación de 30 cm entre ellas.

La siembra fue directa en suelo seco por medio de una sembradora experimental Winstersteiger. Al día posterior de la siembra se aplicó el riego. Posterior de siembra, a los 30 días se realizaron trabajos para marcar calles para facilitar la evaluación. Se aplicaron 4

riegos de auxilio. El primer riego de auxilio se aplicó a los 41 después del riego posterior a la siembra, el segundo fue aplicado a los 77 días, siendo el tercero a los 97 días, finalizando con el cuarto de auxilio a los 112 después de riego posterior a la siembra. El manejo agronómico la dosis de fertilización fue de 287-52-00, la cual se aplicó en presiembra 149 unidades del N y la totalidad del P, posteriormente, al primer riego de auxilio se aplicaron 92 unidades de N y el resto del N se incorporó en el segundo riego de auxilio. Para el control malezas se usaron herbicidas como: Metsulfurón metil + Thifensulfurón metil (Situi) y Pinoxaden + Cloquintocet-mexyl (Axial), 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 el Cuadro 1 se muestran los resultados del análisis de varianza para las variables: días a floración (DF), días a madurez (DM), periodo llenado de grano (PLLG), altura de la planta (AP), rendimiento (REND) y kilogramos por día (KG DIA), donde se observa que los coeficientes de variación fueron bajos lo que permite generar conclusiones precisas. En dicho cuadro se observa para fecha de siembra y las variedades presentaron diferencia altamente significativa para las variables en estudio.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables días a Floración (DF), Días a Madurez (DM), Altura de la Planta (AP), Peso llenado de grano (PLLG), Rendimiento (REND) y Kilogramos por día (Kg día).

FV	GL	DF	DM	PLLG	AP	REND	KG/DÍA
Fecha De Siembra	1	332.82**	1501.52**	420.5*	2664.5**	41093458.24*	8299.87**
Bloques (FS)	2	6.29*	10.4*	7.57**	2NS	427835.6**	28.02 NS
sb(fs*rep)	36	1.58. NS	2.67NS	1.08. NS	7.19. NS	90124.6. NS	66.07 NS
Variedad	49	17.19*	19.99**	5.88**	36.55**	973369.1**	628.34 **
F+V	49	1.98*	3.71*	2.12 NS	13.51**	133420.42**	121.62**
Error	62	61.49	130.05	91.89	286.80	61820.8	3632.15
Total	199						
R2		0.96	0.95	0.90	0.95	0.96	0.94
C.V.		1.32	1.25	3.04	2.47	4.53	5.59

FV = fuentes de variación; GL = grados de libertad; CV = coeficiente de variación; ** = altamente significativo; * = significativo. NS. No significativo

Analizando los rendimientos medios obtenidos en cada fecha de siembra en el cuadro 2, resultó que el mayor rendimiento obtenido fue para la fecha de siembra realizada el 15 de diciembre con un valor de 5,934.44 kg ha⁻¹, siendo que demostró diferencias estadísticas con

respecto a la segunda fecha de siembra realizada que tuvo un rendimiento de 5,027.82 kg ha⁻¹. La segunda fecha de siembra (30 de diciembre) obtuvo 906.62 kg menos que la primera (15 de diciembre), atribuyendo también que el mayor rendimiento de la primera fecha a que en las primeras etapas de desarrollo del cultivo se presentaron temperaturas más frescas y días cortos hasta antes de llegar a la etapa de floración, de esta manera se propicia a un macollamiento más abundante en condiciones idóneas de desarrollo.

Cuadro 2. Comparación de medias entre dos fechas de siembra.

FS	DF	DM	PLLG	AP	REND	KG/DÍA	HF	U.C.
1	76.53a	117.94a	41.49a	90.70a	5934.44a	143.29a	594	796
2	73.87b	112.46b	38.59a	83.40b	5027.87b	130.41b	502	786
DHS	1.52	1.96	1.67	0.86	398.01	3.75		

FS= Fecha de Siembra, DF= Días a Floración, DM= Días a Madurez, AP = Altura, PLLG=Periodo Llenado de Grano, KG/DIA = Kilogramos por día, y REND = Rendimiento. DHS. Diferencia Honesta Significativa. HF= Horas Frio, U.C.= Unidades Calor.

Dentro de la primera fecha de siembra se obtuvieron valores en horas frío con un máximo de 594 horas aprovechables para el cultivo de trigo (cuadro 2), considerando que el mínimo acumulable son 600 horas para que el cultivo cuente con un buen desarrollo y presente buenas condiciones como rendimientos. Se registraron también 796.94 unidades de calor. En la segunda fecha de siembra 502 horas y unidades calor de 786.99 promedio. Cada fase del desarrollo requiere un mínimo de acumulación de temperatura para llegar a su término y que la planta pueda pasar a la fase siguiente. En trigo se ha encontrado una reducción entre el 3% al 5% en el peso de grano por cada grado de aumento en la temperatura por encima de los 15°C durante el período de llenado de grano en experimentos en condiciones controladas y a campo (Wardlaw y Wrigley, 1994).

Analizando el Cuadro 3 se puede observar que los genotipos 23, Borlaug 100 F2014, 9, 15, 20, 12, 21 y 11 son las variedades con mayor promedio de rendimiento en los trigos harineros, siendo de esta manera, el testigo Borlaug 100 F2014 el mejor testigo de los presentes, solamente siendo superado por el genotipo 23.

Cuadro 3. Interacción entre variedades y fecha de siembra.

No.	Fs	Var	rend.	No.	Fs	var	rend.	No.	Fs	Var	rend.	No.	Fs	Var	rend.
23.BW	1	23	6871	31.DW	1	31	6046.	Conacist C2015	2	28	5520.	62.BW	2	12	4940.
47.DW	1	47	6860.	10.BW	1	10	6026.	Conatrigo F2015	1	6	5476.	Noreste F2018	2	7	4902.
Borlaug. 100	1	4	6800.	22.BW	1	22	6004.	81.DW	2	31	5473.	92.DW	2	42	4896.
9.BW	1	9	6697.	Conasist. C2015	1	28	5987.	61.BW	2	11	5466.	97.DW	2	47	4888.
15.BW	1	15	6575.	16.BW	1	16	5987.	85.DW	2	35	5431.	68.BW	2	18	4855.
20.BW	1	20	6492.	89.DW	2	39	5965.	72.BW	2	22	5408.	Kronstad F2004	1	1	4835.
12.BW	1	12	6459.	70.BW	2	20	5906.	Rio Bravo C2018	1	30	5403.	44.DW	1	44	4805.

21.BW	1	21	6457.	14.BW	1	14	5906.	60.BW	2	10	5392.	Rio Bravo C2018	2	30	4797.
11.BW	1	11	6401.	Noreste f2018	1	7	5904.	36.DW	1	36	5376.	Hans F2019	2	8	4762.
49.DW	1	49	6390.	42.DW	1	42	5903.	67.BW	2	17	5349.	98.DW	2	48	4730.
Don Goyo C2019	1	32	6388.	Movas C2011	1	27	5866.	84.DW	2	34	5320.	90.DW	2	40	4726.
39.DW	1	39	6368.	65.BW	2	15	5809.	Roelfs F2007	1	2	5285.	Roelfs F2007	2	2	4697.
38.DW	1	38	6333.	69.BW	2	19	5771.	Barobampo C2015	2	29	5260.	100.DW	2	50	4671.
13.BW	1	13	6311.	45.DW	1	45	5766.	87.DW	2	37	5248.	Anatoly C2011	1	26	4612.
19.BW	1	19	6287.	40.DW	1	40	5766.	59.BW	2	9	5241.	Movas C2011	2	27	4609.
50.DW	1	50	6285.	18.BW	1	18	5718.	73.BW	2	23	5214.	Anatoly C2011	2	26	4513.
Barobampo C2015.DW	1	29	6254.	Don Goyo C2019	2	32	5694.	74.BW	2	24	5212.	64.BW	2	14	4505.
35.DW	1	35	6238.	33.DW	1	33	5673.	88.DW	2	38	5164.	93.DW	2	43	4418.
Bacorehuis f2015	1	5	6214.	46.DW	1	46	5663.	66.BW	2	16	5138.	95.DW	2	45	4300.
17.BW	1	17	6199.	91.DW	2	41	5623.	96.DW	2	46	5062.	Conatrigo F2015	2	6	4183.
48.DW	1	48	6194.	Borlaug 100f2014	2	4	5611.	86.DW	2	36	5059.	94.BW	2	44	4108.
34.DW	1	34	6151.	99.DW	2	49	5585.	24.BW	1	24	5025.	Kronstad F2004	2	1	3940.
41.DW	1	41	6092.	Villa Juárez F2014	1	3	5575.	43.DW	1	43	5024.	Villa Juárez F2014	2	3	3725.
Hansf2019	1	8	6077.	Bacorehuis F2015	2	5	5571.	63.BW	2	13	5003.	CIRNO C2008	1	25	3613.
37.DW	1	37	6057.	71.BW	2	21	5522.	83.DW	2	33	4971.	CIRNO C2008	2	25	3219.

Los genotipos 47, 49, Don Goyo C2019, 39, 38 y 50 son las líneas con mejor promedio de rendimientos siendo Don Goyo C2019 el mejor testigo de los trigos cristalinos. Se obtuvieron mejores rendimientos en la primera fecha de siembra (15 de diciembre) compitiendo el testigo Borlaug 100 F2014 con el genotipo 23 que obtuvo el mejor rendimiento en general con 6,871 kg ha⁻¹. Borlaug 100 F2014 y el genotipo 23 así como las demás variedades mostraron mejores resultados en la fecha del 15 de diciembre, puesto que en fecha de 30 de diciembre se obtuvieron menores rendimientos, esto puede deberse a que se obtuvieron menores horas frío y mayores unidades de calor presente, lo que puede acelerar el proceso de crecimiento del cultivo así impidiendo rendimientos más altos. hay variedades en la segunda fecha de siembra que tuvieron mayor rendimiento de grano que la primera fecha de siembra (15 de diciembre).

Teniendo la primera fecha de siembra como óptima hubo genotipos de la segunda fecha de siembra con un mejor promedio en rendimiento, de esta manera se ven ciertas variedades que presentan tolerancia al calor permitiendo que no tenga un deceso en su rendimiento.

Destacando una de las variedades testigo CIRNO C2008 con un rendimiento de 3,219 kg ha⁻¹, este genotipo es uno de los más sembrados en el valle del Yaqui siendo que desde su liberación al comercio y productores, con el paso del tiempo nuevas variantes vencieron su resistencia a royas, afectando de esta manera su rendimiento.

CONCLUSIONES

Los genotipos evaluados de la primera fecha de siembra tuvieron un mejor desempeño presentaron mayor rendimiento, debido a la acumulación mayor promedio de horas frío.

La primera fecha de siembra obtuvo el más alto rendimiento. Solo por efecto de fecha de siembra se perdió el 15.27 % de rendimiento lo que equivale a 906.57 kg ha⁻¹. Logrando de esta manera, identificar tres o cuatro nuevas líneas que responden bien en ambas fechas de siembra de trigo cristalino y harinero que superan el rendimiento de los testigos comerciales.

REFERENCIAS

- Hernández, V.B. y S.C. Guzmán R. 2010. Trigo en el Valle de Mexicali, B.C. y San Luis Rio Colorado, Son. Trigo y cereales de grano pequeños. Campo Experimental Valle de Mexicali, INIFAP. Desplegable para productores Núm. 27.
- Palomo, R. M., M.A. Flores, A, Espinosa J. J., J. G. Martínez R. y U. Figueroa V. 2007. Tecnología para la producción de trigo en el norte y noroeste de Chihuahua. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Pp. 4-5.
- Quiñones, M.A.L, 1975. Reunión técnica sobre resultados objetivos, problemas y enfoques del mejoramiento de los cereales. Chapingo, Mex. INIA.
- Urbina A.R. y J.L. de L. Maya, 1980. El trigo en el Bajío recomendaciones-invierno 1980 1981, INIA-SARH.
- Wardlaw IFand Wrigley CW. 1994. Heat tolerance in temperate cereals: an overview. Australian Journal of Plant Physiology 21, 695-703.

IMPACTO DE FECHAS DE SIEMBRA SOBRE EL RENDIMIENTO DE GRANO EN TRIGO CRISTALINO (*Triticum durum* Desf.)

Aispuro-Arana, Eduardo Abigail¹; Diaz-Ceniceros, Huizar Leonardo¹; Salazar-Huerta, Francisco Javier²; Aispuro-Arana, Francisco Humberto³; Marroquín-Morales, José Angel¹.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug. km. 12. Cajeme, Obregón, Sonora, México., ²Tecnológico Nacional de México Campus Valle del Yaqui. ³Instituto Tecnológico de Sonora 5 de Febrero 818 Sur, Col. Centro, Ciudad Obregón, Sonora, México.
*aispuro1306@hotmail.com.

RESUMEN

Durante los últimos años, las condiciones ambientales han realizado modificaciones a las fechas de siembra en el sur de Sonora, problema que el cultivo de trigo se ve afectado teniendo menores porcentajes de rendimientos. Cuando el trigo se cultiva en condiciones de riego en las regiones intertropicales y en altitudes cercanas al nivel del mar, como es el caso de la región sur de Sonora, la temperatura es el principal factor climático que define la estabilidad de su rendimiento. Por lo anterior es de vital importancia generar variedades que hagan frente a dichas circunstancias. 19 líneas avanzadas de trigo cristalino (más 7 variedades testigo) se evaluaron en el Ensayo Nacional De Trigo De Riego del programa de mejoramiento del Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP, para identificar las líneas avanzadas de trigo cristalino con mejor respuesta a diferentes fechas de siembra. Durante el desarrollo de la investigación se evaluaron variables días a floración, días a madurez, altura de planta, reacción a enfermedades 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. Obteniendo los promedios, los testigos DON GOYO C2019, CONASIST C2015 y BAROBAMPO C2015 obtuvieron los mejores rendimientos de los testigos evaluados 6,025.8, 5,718.3 y 5,644.3 kg ha⁻¹, respectivamente. DON GOYO C2019 siendo superado solo por 2 genotipos. Los resultados en rendimientos por fecha de siembra indica que la primera fecha de siembra es mucho mejor que la segunda indicando mayores valores positivos.

Palabras Clave: Genotipos, Rendimiento, Fecha de Siembra.

ABSTRACT

During the last years, the environmental conditions have made modifications to the planting dates in the south of Sonora, a problem that the wheat crop is affected by having lower percentages of yields. When wheat is grown under irrigation conditions in intertropical regions and at altitudes close to sea level, as is the case in the southern region of Sonora, temperature

is the main climatic factor that defines the stability of its yield. Therefore, it is of vital importance to generate varieties that cope with these circumstances. 19 advanced durum wheat lines (plus 7 control varieties) were evaluated in the National Irrigated Wheat Trial of the Norman E. Borlaug-INIFAP Experimental Field breeding program, to identify the advanced durum wheat lines with the best response to different dates. planting. During the development of the investigation, variables days to flowering, days to maturity, plant height, reaction to diseases and grain yield were evaluated. An analysis of variance was performed with the statistical package SAS 9.4 (2013), in addition, a comparison of means (Tukey, $p < 0.05$) was performed for the genotypes. Obtaining the averages, the controls DON GOYO C2019, CONASIST C2015 and BAROBAMPO C2015 obtained the best yields of the evaluated controls 6,025.8, 5,718.3 and 5,644.3 kg ha⁻¹, respectively. DON GOYO C2019 being surpassed only by 2 genotypes. The results in yields by sowing date indicate that the first sowing date is much better than the second, indicating higher positive values.

Keywords: Genotypes, Yield, Planting Dates.

INTRODUCCIÓN

El valle del Yaqui es la zona nacional más importante de producción de trigo cristalino (*SIAP, 2020*). El volumen obtenido es destinado principalmente para exportación, para la elaboración de pastas en la industria nacional, así como alimento porcino. La fecha de siembra es una de las decisiones más importantes que el productor de trigo 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. Los principales estados productores son Sonora, Sinaloa, Baja California, Guanajuato y Michoacán, que participan con 90 % de la producción total (*SIAP, 2020*). El trigo cristalino prevalece en el noroeste debido a sus altos rendimientos, resistencia a enfermedades y a la aceptación que éste tiene en el mercado internacional (*Fuentes-Dávila et al., 2014*).

La productividad de los cultivos está gobernada por interacciones como el clima y los procesos ecofisiológicos que conllevan. El éxito productivo no solamente dependerá de la intensidad de los estímulos climáticos sino también de la secuencia temporal de estos durante el ciclo de la vida de los cultivos (*Ruiz et al., 2008*). Por lo que las variaciones en la fecha de siembra afectan de manera importante el crecimiento y desarrollo del cultivo, ya que colocan a las distintas etapas de generación del rendimiento bajo diferentes condiciones de radiación, temperatura y precipitaciones (*Castellarín et al., 2008/09, Hernández et al., 2012*). El objetivo del proyecto fue con el fin de lograr comparar y observar el desarrollo, crecimiento, rendimientos y reacciones a enfermedades, para determinar rendimientos y evaluar reacciones en diferentes fechas de siembra.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en las instalaciones del Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), se encuentra ubicado en Carretera Norman E. Borlaug, SN, Km 12; con C.P 85000 en Ciudad Obregón Sonora. El Ensayo Nacional de Trigo de Cristalino de Riego se evaluaron 19 líneas de trigo cristalino más 7 variedades testigo contando con 26 genotipos en total, establecidos con dos fechas de siembra (15 diciembre 2020 y 30 diciembre 2020). Se utilizó un diseño experimental de Diseño de Bloques Completamente al Azar, las parcelas estuvieron constituidas de 2 surcos de 3 metros de longitud con una separación de surcos de 80 centímetros, sobre el lomo del surco dos hileras con una separación de 30 centímetros entre ellas, en las cuales los genotipos fueron desplegados de una forma aleatoria. Se aplicaron cuatro riegos de auxilio, se aplicó un riego posterior a la siembra, posteriormente a los 41 días después de la siembra, el segundo a los 77 dds, el tercero a los 97 dds y el cuarto a 112 dds. En cuanto al manejo agronómico la dosis de fertilización fue de 287-52-00, la cual se aplicó en presiembra 200 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. Para el control malezas se usaron herbicidas como: Metsulfurón metil + Thifensulfurón metil (Situi) y Pinoxaden + Cloquintocet-mexyl (Axial), 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 el Cuadro 1 se muestran los resultados del análisis de varianza para las variables de días a floración, días a madurez, altura de la planta y rendimiento de grano, donde se observa que los coeficientes de variación (C.V.) fueron bajos permitiendo que se genere conclusiones aún más precisas y con niveles de la mayoría altamente significativos.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables días a floración (DF), días a madurez (DM), Altura de la Planta (AP) y rendimiento de grano (REND).

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>DF</i>	<i>DM</i>	<i>AP</i>	<i>REND</i> (Kg Ha ⁻¹)
Fecha De Siembra	1	202.16*	825.47**	1246.15**	19824958.16*
Bloques (FS)	2	6.97*	5.54 NS	0.48 NS	221009.12 NS
Variedad	25	23.28**	28.63**	29.11 **	1462068.5 **

F+V	25	2.12 NS	5.81**	19.15 **	152930.78 NS
Error	50	75.55	2.46	4.98	98294.65
Total	103				
R2		0.91	0.93	0.90	0.92
C.V.		1.63	1.35	2.60	5.81

FV = fuentes de variación; GL = grados de libertad; CV = coeficiente de variación; ** = altamente significativo; * = significativo. NS. No significativo

Cuadro 2. Comparación de medias entre dos fechas de siembra evaluándose Dias a floración (DF), Dias a Madurez (DM), Altura y Rendimiento.

FS	DF	DM	ALTURA	RENDIMIENTO (Kg ha⁻¹)
1	76.5a	118.4a	89.1a	5826.5 a
2	73.7b	112.7b	82.2b	4953.3b
DHS	2.22	1.98	0.58	396.69

FS= Fecha de Siembra, DF= Dias a Floración, DM= Dias a Madurez, Altura y Rendimiento
Dentro de las variedades testigo evaluadas en el cuadro 3 podemos observar que Don Goyo C2019 fue el testigo con mayor rendimiento con 6,025.8 kg ha⁻¹ que las demás testigo y genotipos evaluados, solamente superado por los genotipos 49 y 39 con 6,058.8 y 6,259 kg ha⁻¹, respectivamente. El testigo CIRNO C2008 obtuvo un promedio de 3,477 kg ha⁻¹, debido a que no se realizaron control de roya de la hoja. En el sur de Sonora una de las variedades con mayor superficie sembrada es el CIRNO C2008. Esto se debe a sus grandes resultados que presentaba en rendimientos. Pero al paso del tiempo fue presentando susceptibilidades, por lo que una opción para hacer frente a la problemática de la producción de trigo cristalino es la liberación de nuevas variedades que conjunten altos rendimientos, tolerancia a royas y una buena calidad para la elaboración de pastas alimenticias (Magallanes-Lopez et al., 2017)

Cuadro 3 Comparación de medias entre genotipos con variables, Dias a Floración (DF), Dias a Madurez (DM), Altura y Rendimientos

GENOTIPOS	DF	DM	ALTURA	RENDIMIENTO (Kg Ha⁻¹)
CIRNO C2008	78.25A	117. ABCDE	78.75. E	3477. H
RIO BRAVO C2018	78.A	119.5 A	85. ABCD	4963.8 DEFG
35	77.75ABC	118.5 ABC	81.25 ED	5843.5 ABC
39	77.5ABCD	117.5 ABCD	85 ABCD	6259.8 A
MOVAS C2011	77.5ABCD	118.75 AB	85 ABCD	5154.8 CDEFG
36	77 ABCD	118.25 ABC	83.75 BCDE	5227 BCDEFG
37	77 ABCD	118 ABCD	82.5 CDE	5618.3 ABCD
DON GOYO C2019	76.75 ABCDE	115 BCDEF	86.25 ABCD	6025.8 AB
CONASIST C2015	76.75 ABCDE	118.25 ABC	86.25 ABCD	5718.3 ABCD
31	76.75 ABCDE	117.5 ABCD	85 ABCD	5722 ABCD

38	76.25 ABCDEF	117.75 ABCD	83.75 BCDE	5873.8 ABC
47	76 ABCDEFG	115.75 ABCDEF	90 A	5701.5 ABCD
49	75.75 ABCDEFG	116 ABCDEF	90 A	6058.8 AB
ANATOLY C2011	75.5 ABCDEFGH	114.25 CDEF	87.5 ABC	4435.3 G
41	75 ABCDEFGH	114.75 BCDEF	88.75 AB	5943 ABC
33	74.75 BCDEFGH	115.25 ABCDEF	86.25	5317 BCDEF
40	74.5 CDEFGH	114.25 CDEF	86.25 ABCD	5298.5 BCDEF
34	74.25 DEFGH	117.75 ABCD	82.5 CDE	5895.3 ABC
48	73.5 EFGH	111.75 GF	88.75 AB	5371.3 BCDEF
50	73.25 FGH	114.5 BCDEF	86.25 ABCD	5465.8 ABCDE
43	73.25 FGH	112 GF	86.25 ABCD	4674.5 EFG
BAROBAMPO C2015	73 FGH	115.75 ABCDEF	86.25 ABCD	5644.3 ABCD
46	72.75 GH	112.75 EFG	86.25 ABCD	5378.3 BCDEF
45	72.75 GH	112.25 GF	86.25 ABCD	5099.3 CDEFG
42	72.5 H	113.75 EFD	83.75 BCDE	5386.5 BCDEF
44	67.5 I	108.5 G	90 A	4586 FG

DF= Dias a Floración, DM= Dias a Madurez, Altura y Rendimiento

CONCLUSIONES.

Los genotipos evaluados de la primera fecha de siembra seleccionada tuvieron un mayor impacto debido a que presento mayor rendimiento en sus líneas por lo que la primera fecha de siembra seleccionada es la óptima para su siembra.

Los genotipos evaluados en la primera fecha de siembra obtuvieron un mejor desarrollo debido al periodo de llenado de grano, teniendo más días a floración y días a madurez.

La segunda fecha de siembra presentó un menor rendimiento por lo que pudo haber sido afectada en un estrés por calor en etapa de espigamiento y llenado de grano negando así un desarrollo óptimo y obteniendo rendimientos más bajos.

REFERENCIAS

- Castellarín, P. H.; Ferraguti, J. M. y Rosso, O. *Fechas de siembra y rendimientos de maíz en Oliveros* (Santa Fe), campaña 2008/09. [en línea]. Manejo de Cultivos. INTA EEA Oliveros. 2009. [Consultado: junio 2011]. Disponible en:
- Fuentes-Dávila G., P. Figueroa-López., M. A. Camacho-Casas, G. Chávez-Villalba y J. L. Félix-Fuentes (2014) 'Quetchehueca Oro C2013', nueva variedad de trigo cristalino para el noroeste de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37:399-401.
- Hernández, N. y Soto, Francisco. (2012). Influencia de tres fechas de siembra sobre el crecimiento y la relación fuente-demanda del cultivo del maíz (*Zea mays* L.). *Cultivos Tropicales.*, vol. 33, no. 1, pp. 28-34. ISSN 1819-4087.

- Magallanes-López A. M., K. Ammar, A. Morales-Dorantes, H. GonzálezSantoyo, J. Crossa and C. Guzmán (2017) Grain quality traits of commercial durum wheat varieties and their relationships with drought stress and glutenins composition. *Journal of Cereal Science* 75:1-9, <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.03.005>
- Ruiz, F. H.; Marrero, P.; Cruz, O.; Murillo, B. y García, J. L. (2008) Influencia de los factores agroclimáticos en la productividad de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en una zona árida de Baja California Sur, México. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 2008, vol. 17, no. 1, pp. 44-47. ISSN 2071-0054.
- SIAP, *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera* (2020) Boletín mensual de producción. Trigo. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/537083/Boletin_avance_producci_n_trigo_enero_2020.pdf

Caracterización morfológica y molecular de hongos asociados a *Valeriana ceratophylla* Kunth de Molcaxac, Tepexi de Rodríguez, Puebla

Lucas Ortiz Patricia¹, Guillermo Márquez Licona² Alma Rosa Solano Báez³ Marco Antonio Hurtado Salgado² Hilda Elizabet Flores Moctezuma²

¹Licenciatura en Biología, Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla, ²Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, 62731, Yautepec, Morelos, México.

³Universidad Autónoma de Occidente, Los Mochis, Sinaloa, México

*solanobaez@gmail.com

RESUMEN

La valeriana (*Valeriana ceratophylla* Kunth; Caprifoliaceae) es una especie perenne, nativa de México, que presenta diversas propiedades farmacológicas. En las plantas de valeriana se presentan enfermedades fúngicas en hojas, raíz y principalmente en tallos al realizar cultivos *In vitro*. El objetivo de esta investigación fue determinar la micobiota asociada a tallos de *V. ceratophylla* mediante la identificación morfológica y molecular. Para esto, del vivero del Centro de Investigación de Plantas Nativas se colectaron tallos de valeriana, mismos que se procesaron en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de la Universidad Autónoma Popular del Estado de Puebla. Se identificó morfológica y molecularmente a *Alternaria alternata* y un hongo que pertenece al complejo de *Colletotrichum glorioeospoides*.

Palabras clave: caracterización morfológica, caracterización molecular, *Valeriana ceratophylla*, hongos.

ABSTRACT

Valerian (*Valeriana ceratophylla* Kunth; Caprifoliaceae) is a perennial species, native to Mexico, that has various pharmacological properties. In valerian plants, fungal diseases occur in leaves, roots, and mainly stems when performing in vitro cultures. The objective of this research was to determine the mycobiota associated with *V. ceratophylla* stems through morphological and molecular identification. For this, valerian stems were collected from the nursery of the Native Plants Research Center, which were processed in the Plant Tissue Culture Laboratory of the Popular Autonomous University of the State of Puebla. *Alternaria alternata* and a fungus belonging to the *Colletotrichum glorioeospoides* complex were identified morphologically and molecularly.

Key words: morphological characterization, molecular characterization, *Valeriana ceratophylla*, fungi.

INTRODUCCIÓN

El género *Valeriana* ssp. pertenece a la familia Valerianaceae. Dentro de Valerianaceae existen 16 géneros con 365 especies reportadas (Mabberley, 1993). La valeriana se encuentra distribuida en todo el mundo, principalmente en regiones templadas del este de

América del Norte y del este asiático (Heywood, 1985). El género *Valeriana* destaca por sus propiedades sedativas, antiespasmódicas, y ansiolíticas, esto debido a la presencia de valepotriatos, así como aceites esenciales presentes en las raíces y rizomas (Houghton, 1988).

Los valepotriatos también regulan la actividad del sistema nervioso autónomo, adicionalmente, este grupo de plantas producen aminoácidos libres, como el ácido gama, aminobutírico (GABA), tirosina, arginina, glutamina (Houghton, 1988). Mientras que los aceites esenciales de *valeriana* son los que aportan efecto sedante. Las especies *V. officinalis* y *V. edulis* son de las especies más estudiadas, por su actividad sedante para el sistema nervioso y son utilizadas de manera natural en preparados fitoterapéuticos (Evans, 2002; Morazzoni y Bombardelli, 1995). En contraste, la especie *V. ceratophylla* Kunth es una planta poco estudiada, aunque de igual forma tiene antecedentes de importancia farmacéutica, ya que contienen más de 150 componentes químicos de interés farmacológicos (Patocka y Jakl 2010).

Esta especie crece en pastizales perturbados, preferentemente en ambientes rocosos, con una amplia distribución en el Estado de México, Hidalgo, Oaxaca, Querétaro, San Luis Potosí (Rzedowski y Rzedowski, 2001). A pesar de ser una planta que sobrevive al estrés ambiental, en entornos áridos y rocosos, se han observado problemas fitosanitarios que atacan a *Valeriana*. Por lo que, el objetivo de este estudio fue conocer la identidad de los hongos asociados a *V. ceratophylla*.

MATERIALES Y MÉTODOS

La planta original *V. ceratophylla* se recolectó entre los municipios de Molcaxac y Tepexi de Rodríguez, Puebla, México, y fue trasladada al Centro de Investigación de Plantas Nativas (CIPNA), para su mantenimiento *in vivo*. Posteriormente, se recolectaron tallos de *V. ceratophylla* que presentaban síntomas como cambios en la tonalidad del tallo, las muestras se analizaron en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de la Universidad Autónoma Popular del Estado de Puebla. Se cortaron 10 trozos de tallo de *V. ceratophylla* y se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1.2% durante 1 minuto, después se enjuagaron por triplicado con agua destilada estéril, los tallos desinfectados se colocaron en toallas de papel estériles hasta que se encontraran secos y así se transfirieron a cajas petri con medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA), las placas se incubaron durante 15 d a 26 ± 3 °C. Los aislados se purificaron con la técnica de cultivos monohifales, a partir de punta de hifa que se encontraba sembrada en medio agua-agar, colocando la punta de hifa en medio de extracto de malta, papa-zanahoria-agar (PCA) y medio de avena-agar (OA),

se incubaron a 26°C por 15-18 d.

Para la caracterización cultural y morfológica de los aislados, estos se agruparon por velocidad de crecimiento, color de colonia, características del micelio y tipo de esporas, en medio de cultivo PDA, PCA y OA, obteniendo 2 tipos de aislado. Una vez obtenidas las estructuras reproductivas de cada aislamiento, se realizaron preparaciones permanentes para analizar las características morfológicas de cada uno; se analizaron largo y ancho de conidióforos (n=40), conidios (n=40). Las características de las estructuras reproductivas se compararon con las reportadas en claves taxonómicas especializadas.

El análisis molecular se hizo mediante la extracción de ADN siguiendo el protocolo Rojas-Martínez *et al.* (2016).

Los aislados purificados se sembraron en medio de cultivo PDA, incubando las a 26°C ± 1 en oscuridad, 15 días después de la siembra se realizó la extracción de ADN. Los cebadores utilizados fueron ITS 5 (GGA AGT AAA AGT CGT AAC AAG G) y 4 (TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC) (White *et al.*, 1990). Los productos amplificados se verificaron por electroforesis en gel de agarosa al 1.2%. El gel se analizó con luz ultravioleta con un transiluminador M-26X usando un sistema de imágenes GelDoc-It™ 300 (UVP, EE.UU.). Los fragmentos amplificados con los oligos del espaciador transcrito interno (ITS), fueron purificados mediante el protocolo de DNA clean & concentrator™-5 (Zymo Research, EE.UU.). Dichos fragmentos de DNA purificados se enviaron a secuenciar al IPN-CINVESTAV, Irapuato. Las secuencias obtenidas fueron comparadas con las secuencias disponibles en base de datos en NCBI mediante la herramienta BLAST (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características culturales del aislado 1 en medio de cultivo PDA 10 d después de la siembra mostraron micelio aéreo algodonoso, blanco a grisáceo, con masas estromáticas oscuras y zonas de color naranja con formaciones conidiales. La morfometría indicó conidios hialinos, unicelulares, cilíndricos, con los extremos redondeados y el hilo conspicuo, con medidas promedio de 10.5–14.66 × 4.15–5.92 µm. Apresorios típicos de forma cilíndrica con 1 o 2 lóbulos. Estas características concuerdan con las reportadas para varias especies dentro del complejo *Colletotrichum gloeosporioides* ((Hyde *et al.*, 2009, Viera *et al.*, 2012, Weir *et al.*, 2012).

Las características culturales del aislado 2 mostraron en medio de cultivo PDA a los 15 d después de la siembra, micelio filamentoso escasamente algodonoso, con una coloración de verde olivo a gris-negro brillante. La colonia tuvo un crecimiento radial de 4.5 - 5 cm. con una tasa de crecimiento de 5 mm d⁻¹ esto indica incremento de crecimiento radial durante

exposiciones sucesivas a ciclos diarios de luz-obscuridad (Simmons *et al.*, 2007). Con respecto a la morfometría del hongo se observaron conidióforos comparativamente cortos de 30–70 × 2–5 µm solitarios o con 2 a 3 ramificaciones. Conidios elipsoides en los extremos redondeados, con forma ovoide, presencia de septos transversales y longitudinales cuyas medidas fueron 34.49–13.78 × 15.72–6.78 µm, de color café. De acuerdo con las características antes descritas se encontraron similitudes con especies de *Alternaria* (Simmons *et al.*, 2007), aunque el aislado analizado presenta una mayor similitud con *Alternaria alternata* (Rotem 1994).

El protocolo que se utilizó para la PCR descrito por Weir *et al.* (2012), dio resultados favorables con las condiciones estándar para ambas especies de hongos y los diferentes marcadores moleculares utilizados. Los marcadores moleculares que se utilizaron para la determinación de la especie del complejo de *C. gloeosporioides* y *A. alternata*, fueron de suma importancia, ya que el marcador ITS es el gen oficial de códigos de barras para hongos, aunque en no logró discriminar entre las especies dentro del complejo *C. gloeosporioides* (Schoch *et al.* 2012). Las plantas de *V. ceratophylla* tiene características que la hacen únicas y resistentes en condiciones ambientales adversas se ha reportado que la roya *Aecidium sp.*, puede dañar tallos, hojas o raíz (Farr y Rossman, 2020), además del reporte de *Alternaria* y *Colletotrichum* spp. qué aporta este trabajo.

CONCLUSIÓN

La caracterización morfológica del aislado de *Alternaria* permitió identificar a la especie *A. alternata*, mientras que la caracterización molecular corroboró los resultados morfológicos. Sin embargo, la caracterización morfológica de *Colletotrichum* no permitió discriminar entre especies que pertenecen al complejo de *Colletotrichum gloeosporioides*. Es necesario continuar los estudios moleculares para precisar la identidad de los hongos reportados en el presente estudio, así como analizar la interacción parasítica entre la planta y los hongos aislados.

REFERENCIAS

- Cannon, P. F. Damm, U., Johnston, P.R. y Weir, B.S. (2012). *Colletotrichum*- estado actual y direcciones futuras. *Estudios de Micología* 73: 181-213
- Houghton P.J., (1988). La actividad biológica de la valeriana y plantas relacionadas, *Journal of Ethnopharmacology*, 22, 121.
- Morazzoni P. y Bombardelli E., (1995). Valeriana officinalis: uso tradicional y evaluaciones recientes de actividad, *Fitoterapia*, 66, 99.
- Patocka J y Jakl J, (2010). constituyentes químicos biomédicamente relevantes de Valeriana officinalis. *J. Appl. Biomed.* 8: 11-18. Doi: 10.2478 / v10136-009-0002-z
- Rzedowski, G. C. de 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

- Simmons, E. G. (2007). *Alternaria*. Un manual de identificación. El Centro de Biodiversidad Fúngica de CBS. Utrecht, Holanda. 775 p.
- Pavón, M.A., González, I., Pegels, N., Martín, R. & García, T. (2010). Detección e identificación por PCR de grupos de especies de *Alternaria* en alimentos procesados a partir del marcador genético Alt a1. *Control de alimentos* 21: 1745-1756.
- Rotem, J. (1994). *La Alternaria: Biología, Epidemiología y Patogenicidad*. APS Press,
- Rojas-Martínez, R.I., M. Camacho-Tapia, E. Zavaleta-Mejía, and J. Levy. First report of the presence of haplotypes A and B of *Candidatus Liberibacter solanacearum* in Chili (*Capsicum annuum* L.) in the central Region of Mexico. *Journal of Plant Pathology* 98, no. 1 (2016): 111–15. <http://www.jstor.org/stable/24892629>.
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S. J. W. T., & Taylor, J. W. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR protocols: a guide to methods and applications* 18(1): 315-322.

EVALUACIÓN DE INSECTICIDAS BIORRACIONALES PARA EL MANEJO DE GUSANO DE LA CÁPSULA (*Heliothis* spp.) Y GUSANO SOLDADO (*Spodoptera exigua* H.), EN EL CULTIVO DE GARBANZO EN EL SUR DE SONORA

Néstor Alberto Aguilera Molina¹, Isidoro Padilla Valenzuela¹, Juan de Dios Amarillas Chicuate¹ y Yenire Yanelli Buitimea Valenzuela¹.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) km. 12. Carretera Norman E. Borlaug. Cd. Obregón, Sonora, México
Sonora.Correo: aguilera.nestor@inifap.gob.mx

RESUMEN

Las principales plagas que atacan al cultivo de garbanzo en el sur de Sonora son el gusano de la cápsula (*Heliothis virescens*) y el gusano soldado (*Spodoptera exigua*), las cuales son factores limitantes para la producción. El control químico es el más utilizado por los productores de la región para su control. Durante el 2021 se evaluó la efectividad de los insecticidas Indoxacarb (250 mL/ha), benzoato de emamectina (500 mL/ha, *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (500 g/ha), y agua como testigo. Las aplicaciones se llevaron a cabo sobre la variedad "Blanco Sinaloa 92". Los resultados demuestran que los productos evaluados impactan las poblaciones del gusano de la cápsula y el gusano soldado, siendo el indoxacarb el más efectivo de estos.

Palabras clave: Plagas, Control químico, producción.

ABSTRACT

The main pests that attack chickpea crops in southern Sonora are the chickpea pod borer (*Heliothis virescens*) and the army worm (*Spodoptera exigua*), which are limiting factors for production. Chemical control is the most used by the producers of the region for its control. During 2021, the effectiveness of the insecticides Indoxacarb (250 mL/ha), emamectin benzoate (500 mL/ha), *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (500 g / ha) and water as a check. The applications were carried out on "Blanco Sinaloa 92" variety. The results showed that the evaluated products impact the populations of the capsule worm and the soldier worm, indoxacarb being the most effective of these.

Keywords: Pests, Chemical control, production.

INTRODUCCIÓN

La superficie del cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum* L.), durante el ciclo otoño-invierno al mes de diciembre en el estado de Sonora, asciende a: 5,149 hectáreas (SIAP, 2020). Entre las principales limitantes de la producción destacan la falta de estabilidad en el rendimiento y calidad de grano causadas por rabia (*Fusarium* sp.), moho gris (*Botrytis cinerea*) y gusano de la cápsula (*Heliothis virescens* F.), que se agudizan con las variaciones de clima de un año a otro (Padilla *et al*, 2008). Ante esta presión, los productores realizan entre una y tres aplicaciones de agroquímicos para el control o prevención de los problemas fitosanitarios. El cultivo de garbanzo blanco tiene tres insectos plaga que dañan la parte aérea de la planta, el minador de la hoja, el gusano soldado y el gusano de la cápsula (Cortez *et al*, 2018). El complejo de lepidópteros afecta entre 10 – 80 % de su productividad (Fú *et al*, 2017). El gusano de la cápsula (*Heliothis* spp.) es la plaga más importante del garbanzo, por el daño directo que origina al reducir el rendimiento y la calidad del grano, principalmente en las fechas de siembra tardías después de noviembre, en las que se pueden encontrar decenas y cientos

de larvas por metro de surco, originando pérdidas económicas en el cultivo (Cortez *et al.*, 2019).

Las plantas pueden soportar hasta 50% de defoliación sin afectar el rendimiento durante la etapa vegetativa, sin embargo, en el periodo de fructificación una defoliación del 20 al 25% puede ocasionar pérdidas considerables (Garza y Terán, 2007). Pérez (2012) menciona que estudios realizados por Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) indican que al haber un ataque de insectos en las etapas de floración y formación de capsulas, estos pueden causar un decremento de la producción de hasta de 500 kg/ha (kilogramos por hectarea). El objetivo de este estudio fue determinar la eficacia de distintos productos químicos para el control del gusano de la cápsula (*Heliothis* spp.) y el gusano soldado (*Spodoptera exigua*) en el Valle del Yaqui, Sonora, México

MATERIAL Y MÉTODOS.

El presente trabajo se realizó durante el ciclo agrícola 2021, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug, en Ciudad Obregón, Sonora, bajo riego por gravedad. Se estableció la variedad Blanco Sinaloa 92, con fecha de siembra del 06 de enero del 2021, en húmedo para evitar problemas de maleza en el cultivo. Para este ensayo se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas, en dos unidades experimentales, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de 8 surcos con una longitud de 100 metros de largo y una marca 0.80 centímetros. La parcela útil estuvo formada por los dos surcos centrales. Los tratamientos evaluados contra gusano de la cápsula (*Heliothis* spp.) y gusano soldado (*S. exigua*) fueron: 1) Indoxacarb (250 mL/ha, 2) Benzoato de emamectina (500 mL/ha, 3) *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (500 g/ha), 4) Agua como testigo. La aplicación de estos productos se realizó con ayuda de una mochila aspersora motorizada con capacidad de 20 litros y durante la aplicación de cada tratamiento se agregó un coadyuvante acidificante (Inex-A), para prevenir hidrólisis alcalina. Se efectuaron dos aplicaciones antes de la etapa fructífera del cultivo y se realizaron cuatro muestreos de larvas a los 40, 70, 91 y 98 días después de la siembra (DDS).

Se registraron las siguientes variables: a) **Número de larvas antes y después de las aplicaciones de los tratamientos**, donde con ayuda de una manta que se extendió en el fondo del surco, se colectó material que se obtuvo al sacudir la planta a lo largo de un metro lineal, realizándose cuatro repeticiones, b) **Rendimiento de origen**: donde se cosecharon las plantas de dos surcos en un tramo de cuatro metros lineales y c) **Porcentaje de exportación**: se tomó una muestra de un kg y se pasó por una criba con orificios de 9 mm por 9 mm. A estos datos se les aplicó un análisis de varianza y una comparación de medias con un $\alpha = 0.05$, utilizando el programa estadístico de la Universidad de Nuevo León, para determinar significancia estadística.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El tratamiento de indoxacarb presentó el mejor control para *Heliothis* spp. ya que el promedio de larvas presentes durante el desarrollo del cultivo fue de 4.25 menor en comparación con los demás tratamientos que presentaron incremento en la población como 11 en el tratamiento con el benzoato de emamectina y 16.5 en el tratamiento de *B. thuringiensis* var. *kurstaki*. Aun así, presentaron valores inferiores a los del testigo aplicado con agua. Lo que demuestra su efectividad (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Promedio de presencia del gusano de la capsula (*Heliothis spp.* F.), en garbanzo ciclo 2021.

Tratamientos	40 DDS	70 DDS	91 DDS	98 DDS	Promedio
Indoxacarb	3	3	11	0	4.250 c
Benzoato de emamectina	9	5	26	4	11.000 bc
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	33	3	20	10	16.500 a
Testigo	32	19	20	2	18.250 ab

DMS: 7.138 CV: 42.35.

En cuanto a la presencia de *S. exigua* los resultados presentan que al igual que en el control del gusano de la cápsula, el tratamiento con los mejores resultados fue el aplicado con el producto indoxacarb. El cual presentó un promedio menor de larvas durante el desarrollo del cultivo. seguido del tratamiento aplicado con el producto benzoato de emamectina y *B. thuringiensis* var. *kurstaki* respectivamente (Cuadro 2). El desempeño de Indoxacarb coincide con lo reportado por Meena *et al.*, (2018) que en una evaluación de productos para el control del gusano de la capsula encontró que este ingrediente activo fue más efectivo para el control de esta plaga, superando incluso a tratamientos aplicados con *B. thuringiensis*.

Cuadro 2.- Presencia de gusano soldado (*Spodoptera exigua* H.), en garbanzo ciclo 2021.

Tratamientos	40 DDS	70 DDS	91 DDS	98 DDS	Promedio
Indoxacarb	2	0	18	4	6.0 c
Benzoato de emamectina	7	1	25	15	12.0 bc
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	8	10	22	20	15.0 ab
Testigo	9	22	23	11	16.25 a

DMS: 5.99 CV: 30.14

Los rendimientos obtenidos durante la cosecha favorecen al tratamiento aplicado con benzoato de emamectina, el cual obtuvo 2.476 t/ha, superando al tratamiento aplicado con indoxacarb el cual presentó un rendimiento inferior de 2.174 t/ha. Es importante mencionar que todos los tratamientos evaluados superaron el rendimiento del testigo, lo cual demuestra la importancia que tiene realizar acciones de control para reducir el daño causado por el gusano de la cápsula y el gusano soldado.

Cuadro 3.- Rendimiento de garbanzo Blanco Sinaloa 92 con tratamientos para el control de gusano de la capsula y gusano soldado. Ciclo 2021.

Tratamiento	Rendimiento de origen (T/Ha)	% Exportación
Indoxacarb	2.174 bc	35.50
Benzoato de emamectina	2.476 a	58.70
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	2.225 ab	61.20
Testigo	1.931 c	59.10

DMS: 0.255 CV: 4.76%

Los resultados obtenidos de las variables registradas indican que los productos evaluados impactan las poblaciones de larvas tanto del gusano de la cápsula como del gusano soldado, lo cual favorece el adecuado desarrollo del cultivo, influyendo en la producción y en la calidad de la cosecha, ya que según lo reportado por Patil *et al.* (2012) que de no controlar las poblaciones de estas plagas puede ocasionar una reducción de hasta 90% en la producción y afectar directamente a la calidad del grano.

CONCLUSIONES.

Los productos evaluados presentan un control adecuado de larvas de *Heliothis* spp. y de *S. exigua*, favoreciendo el desarrollo e impactando en la producción del cultivo de garbanzo.

BIBLIOGRAFÍA.

- Cortez, M. E., Pérez, M. J. y Saucedo, A. R. H. (2018) Manejo de insectos plaga en garbanzo. En seminario "Producción sustentable de garbanzo en Sinaloa". Guamúchil. Sinaloa. INIFAP-CIRNO-CEVAF. Memoria Técnica No. 6. pp. 46-52.
- Fú, C, A. A., Pérez, L, A. I. y Corella, M, M. A. G. (2017). Evaluación de trampas con atrayentes alimenticios para gusano soldado en garbanzo. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 8(7), 1677-1683.
- Garza U. E. y A. P. Terán V. (2007) El gusano soldado *Spodoptera exigua* y su manejo en la Planicie Huasteca. Campo Experimental Sur de Tamaulipas. Sitio Experimental Ébano. INIFAP-CIRNE. San Luis Potosí, México. Folleto Técnico Núm. 15. 18 p.
- Meena, R. K., Naqvi, A. R., Meena, D. S. and Shivbhagvan (2018) Evaluation of bio-pesticides and indoxacarb against gram pod borer on chickpea. Journal of Entomology and Zoology Studies. 6(2): 2208-2212.
- Padilla, V, I., Valenzuela, V, R. I., Armenta, C, C. M., Salinas, P, R. A. y Sánchez, S, E. (2008). Comportamiento agronómico de genotipos de garbanzo en siembra tardía en el valle del Mayo, Sonora, México. Revista Fitotecnia Mexicana, 31(1): 43-43.
- Patil, S. B., Goyal, A., Chitgupekar, S. S., Kumar, S. and El-bouhssini. (2017) Sustainable management of chickpea pod borer. A review. Agronomy for Sustainable Development. 37, 20.
- Pérez M, J. 2012. Principales plagas que atacan al cultivo de garbanzo en Sinaloa. VIII Jornada del cultivo del garbanzo. Fundación Produce Sinaloa A.C. 68 p.
- Servicio de Información Agrícola y Pecuaria (SIAP). 2021. Cierre de producción agrícola 2020 por estado. En línea: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado>.

ESTUDIO DETALLADO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DEL RANCHO SAN MIGUEL INLUM EN YUCATÁN, MÉXICO

Ramírez-Jaramillo G^{1*}, Ramírez Silva J. H²., Lozano Contreras M. G³.

^{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.

*Autor de correspondencia: ramirez.genovevo@inifap.gob.mx

RESUMEN

El suelo es indispensable y determinante para la estructura y el funcionamiento de los ciclos del agua, del aire y de los nutrientes. Las funciones específicas que un suelo proporciona se rigen en gran medida por el conjunto de propiedades químicas, biológicas y físicas que se hallan en dicho suelo. Así mismo, los suelos son una reserva clave de biodiversidad mundial que abarca desde los microorganismos hasta la flora y la fauna. Esta biodiversidad tiene una función fundamental en el respaldo a las funciones del suelo y, por tanto, a los bienes y servicios ecosistémicos asociados con los suelos. Algunos atributos del suelo, son los elementos fundamentales que determinan la distribución espacial de las especies vegetales y en parte controla la sobrevivencia de las plantas y su producción. Así, el uso potencial se puede considerar como la aptitud y capacidad de uso que posee un área de terreno, determinado por las características edáficas y topográficas, y complementadas con características climáticas. Es debido a lo anterior que, en el presente estudio de suelos del Rancho San Miguel Inlum en Muna, Yucatán, México, su objetivo fue realizar el muestreo de suelos y ubicar con GPS cada uno de ellos, para en base a su análisis físico-químico a través de la interpolación con el programa Arc/Gis 9.3 localizar los tipos de suelo en el predio y sus principales características físicas y químicas, así como su distribución. Se identificaron 3 tipos de suelo: Luvisoles, Vertisoles y Leptosoles todos de tipo arcilloso, ricos en potasio y deficientes en nitrógeno y fósforo.

Suelos, Características, SIG, Interpolación.

ABSTRACT

The soil is essential and decisive for the structure and functioning of the cycles of water, air and nutrients. The specific functions that a soil provides are largely governed by the set of chemical, biological, and physical properties found in that soil. Likewise, soils are a key reserve of global biodiversity that ranges from microorganisms to flora and fauna. This biodiversity plays a critical role in supporting soil functions and thus the ecosystem goods and services

associated with soils. Some attributes of the soil are the fundamental elements that determine the spatial distribution of plant species and partly control the survival of plants and their production. Thus, the potential use can be considered as the aptitude and capacity of use that an area of land possesses, determined by the edaphic and topographical characteristics, and complemented with climatic characteristics. It is due to the above that, in the present soil study of Rancho San Miguel Inlum in Muna, Yucatan, Mexico, its objective was to carry out soil sampling and locate each of them with GPS, based on their physical analysis. Through interpolation with the Arc/Gis 9.3 program, locate the types of soil on the property and their main physical and chemical characteristics, as well as their distribution. Three types of soil were identified: Luvisols, Vertisols and Leptosols, all clayey, rich in potassium and deficient in nitrogen and phosphorus

Soils, Characteristics, GIS, Interpolation.

INTRODUCCION

El manejo sostenible de los recursos agrícolas requiere de acciones adecuadas y para ello es importante considerar una planificación basada, no solamente en el conocimiento de los factores del suelo y clima, sino también en sus interacciones. Por lo consiguiente planificar debe tener el propósito de zonificar, separando áreas con el mismo potencial productivo e iguales limitaciones para implementar un desarrollo sostenible. Para este propósito, los sistemas de información geográfica (SIG) han surgido como una poderosa herramienta para la planeación Agropecuaria y Forestal del país.

De esta manera, los sistemas de información geográfica son herramientas que generan información útil para tomar decisiones estratégicas para el uso sostenible de los recursos de la tierra. Según los criterios de la FAO, la definición de zonas agroecológicas se basa en la combinación de sus características fisiográficas, clima y suelo; de esta manera, la zonificación agroecológica se refiere a la división de áreas geográficas en unidades más pequeñas con similares características en cuanto a la aptitud para ciertos cultivos, al potencial de producción y al impacto ambiental de su utilización. Las condiciones climáticas (temperatura – precipitación) y algunos atributos del suelo, son los elementos fundamentales que determinan la distribución espacial de las especies vegetales y la disponibilidad del agua es el factor más importante que controla la sobrevivencia de las plantas y su producción. Así, el uso potencial se puede considerar como la aptitud y capacidad de uso que posee un área de terreno, determinado por las características climáticas, topográficas y edáficas.

Es debido a lo anterior que, en el presente estudio detallado de la fertilidad de suelos del Rancho San Miguel Inlum en Muna, Yucatán se realizaron muestreos de suelo apoyados el análisis de suelos con el uso de GPS para georreferenciarlos y así realizar un análisis detallado espacial a través del programa Arc/Gis 9.3.

MATERIALES Y METODOS

Sitio. El trabajo de Gabinete se llevó a cabo en Mérida, Yucatán y el de campo en el predio San Miguel Inlum, se ubica en el municipio de Muna en el sur del estado de Yucatán. La temperatura media anual es de 25,3 °C, la máxima se registra en el mes de mayo y la mínima se registra en enero.

Método de Muestreo. El estudio edafológico de gran visión se realizó tomando 12 muestras, considerando el método bidimensional sistematizado aleatorio con la ubicación geográfica de cada punto mediante GPS, 11 de ellas a una profundidad de 0 a 30 cm y 30 a 60 cm y solo una de 0 a 20 cm por estar en lomerío. El muestreo se realizó en área abierta a cultivo equivalente en un área de 80 hectáreas (25%) caracterizada por poseer suelos clasificados por su textura como: arcilloso, franco- arcillo- arenoso, franco limoso, franco arenoso y arcillo arenoso. Para ubicar espacialmente cada muestra se asignó un centroide en el polígono correspondiente a cada lote, con el fin de obtener las coordenadas geográficas (X, Y) y anexar los valores Z (variables químicas del suelo analizadas), necesarios para realizar las interpolaciones. Los resultados de los análisis se vaciaron en una hoja de Excel con las coordenadas geográficas de cada punto, altitud, profundidad y los datos de pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno asimilable, fósforo, potasio, calcio, magnesio y microelementos.

Proceso de Interpolación. Se utilizó el método de interpolación IDW, los puntos de muestreo se ponderan durante la interpolación de tal manera que la influencia de un punto en relación con otros disminuye con la distancia desde el punto desconocido que se desea crear. En los SIG, los resultados de la interpolación usualmente se muestran como una capa raster de 2 dimensiones y en este caso se refiere a la ubicación y el valor de cada una de las variables del análisis de fertilidad. El SIG para realizar el proceso de interpolación fue el Arc Gis 9.3.

RESULTADOS Y DISCUSION

Tipos de suelo. En base a los resultados de los análisis de suelos, el 62% de las 80 hectáreas muestreadas resultaron ser suelos arcillosos ubicados principalmente en la parte baja del paisaje con suelos de color rojo del tipo Luvisol en base a la clasificación de la WRB de FAO y conocido regionalmente como *Kan Kab* de la terminología maya con arcillas tipo Kaolinita de alta capacidad de drenaje. También en la parte baja del paisaje, en una superficie aproximada de 30 hectáreas, se encuentran suelos grises tipo Ak'alche de la terminología

maya y *Vertisol gleyco* por la WRB de FAO, igualmente arcillosos, pero con posibilidades de inundación ya que poseen arcillas del tipo Montmorillonita.

Por otra parte, los suelos de lomerío, de mayor pedregosidad se clasifican como *Pus Luu'm* en la terminología maya y *Leptosoles rendzicos* por la de WRB de FAO. Estos suelos representan aproximadamente el 74% de la superficie (231 Has), con texturas muy buenas catalogadas como francas. Poseen piedra suelta con buena permeabilidad y pocas posibilidades de inundación. Sin embargo, presentan problemas para su mecanización (En la Figura 1 se observa que las áreas abiertas al cultivo de color verde en son las más bajas y el resto son pequeños lomeríos en color amarillo en la delimitación del predio).

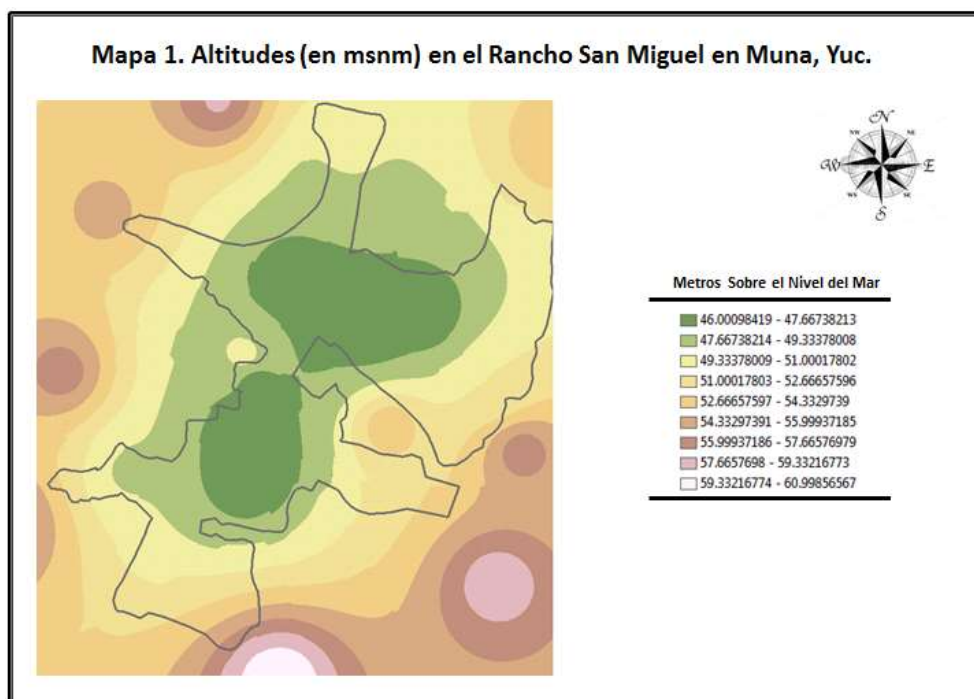


Figura 1. Distribución de las altitudes en el predio estudiado

El pH presente en la mayor parte del predio fluctúa entre 7.1 y 7.5, lo que va de neutro a ligeramente alcalino. En cuanto a los elementos mayores son deficientes principalmente de Fósforo, así como de Nitrógeno y ricos en Potasio. Este comportamiento presente en el área estudiada es muy frecuente en la mayor parte de los suelos del estado de Yucatán

El nitrógeno del suelo en su forma de nitratos (NO^3) se encontró en el rango de 8.00 ppm a 21.6 ppm. El 84% de las muestras presento niveles de insuficiencia al estar abajo del valor de referencia de 18 ppm. En la Figura 2 se muestran los resultados de los puntos de muestreo donde solamente 2 muestras se ubican en el rango óptimo.

En el caso del fósforo ningún punto de muestreo superó el límite crítico de 20 ppm. Los rangos variaron de 4 a 8 ppm con una media de 5.64 ppm. Las mejores muestras fueron de 8 ppm y solamente cubre el 40% de lo requerido por la mayoría de los cultivos y debe complementarse con otras fuentes. En la Figura 3 se muestra la distribución en el predio estudiado.

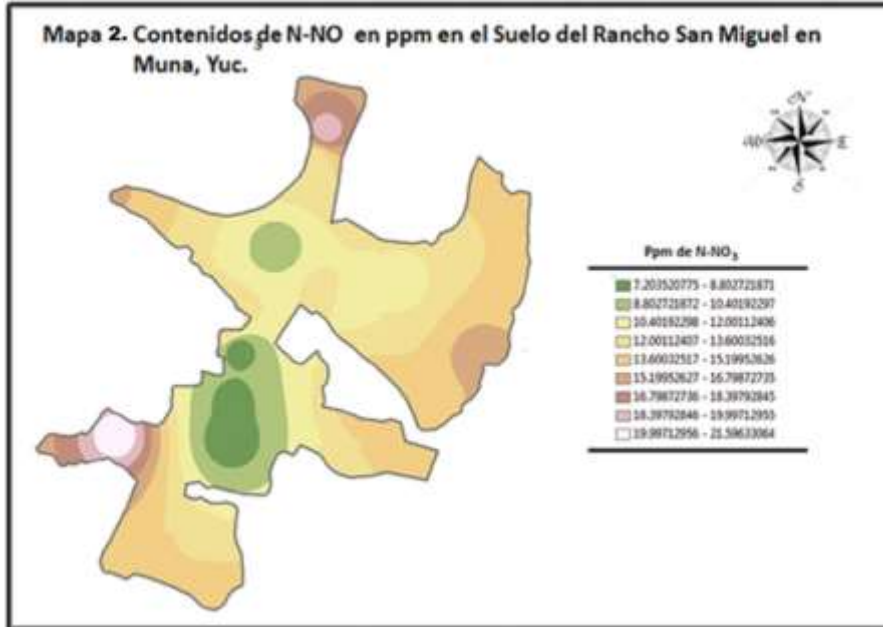


Figura 2. Distribución del nitrógeno en el predio estudiado

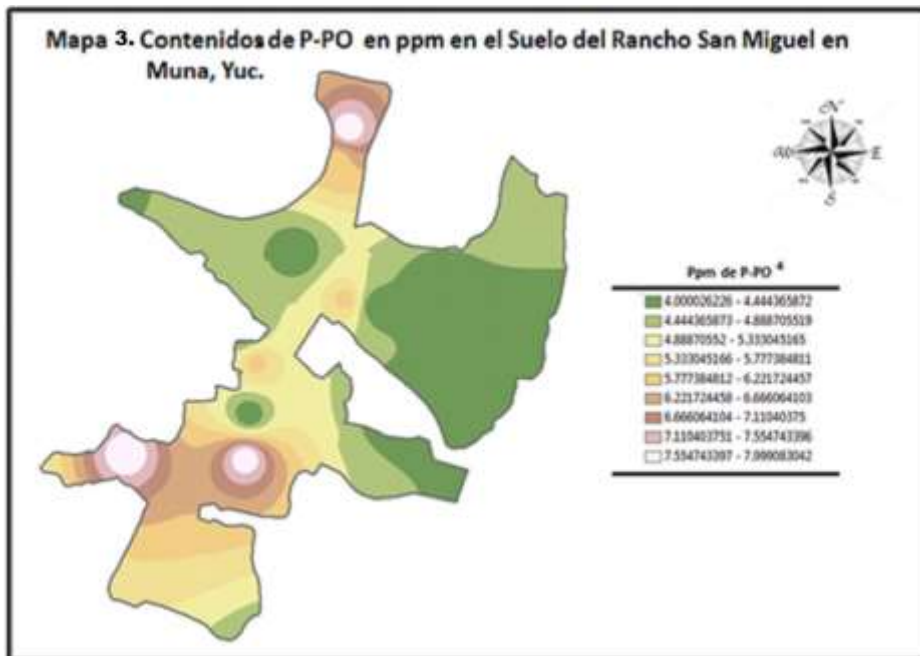


Figura 3. Distribución del fósforo en el predio estudiado

De los microelementos estudiados: Hierro (Fe), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Manganeso (Mn) y Boro (B) se observa al Fe, Zn y B como los elementos más limitantes al tener contenidos abajo de los niveles críticos.

CONCLUSIONES

1. En el predio se dispone de suelos Leptosoles en un 75 %, Luvisoles 16 % y Vertisoles 9%.
2. Los suelos arables constituyen el 25 % del total de la superficie, aproximadamente 80 hectáreas. Los suelos Luvisoles no obstante de ser arcillosos, presentan características de buen drenaje, a diferencia de los Vertisoles que por el tipo de arcilla presentan un drenaje deficiente y dificultades para su manejo agrícola.
3. Los suelos Luvisoles son los que permiten una gran diversificación de especies vegetales (más de 30 especies) y en los que se pueden lograr los mayores rendimientos en el estado de Yucatán.
4. En cuanto al pH presente en la mayoría fluctúa entre 6.7 y 7.7 lo que va de ligeramente ácido a ligeramente alcalino.
5. En cuanto a los elementos mayores en todos los puntos de muestreo se presentaron deficiencias, en 10 puntos deficientes en N y en todos, son ricos en Potasio.
6. En cuanto a los elementos menores se detectaron deficiencias de Zinc y Hierro.

REFERENCIAS

- ESRI. 1996. *Automation of Map Generalization. The Cutting-Edge Technology*. Redlands, California. USA: Environmental Systems Research Institute.
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.
- Análisis Espacial (Interpolación) – QGIS Documentation
http://docs.qgis.org/2.6/es/docs/gentle_gis_introduction/spatial_analysis_interpolation.html.
15/01/2015.

POTENCIAL PRODUCTIVO DE *Vigna unguiculata* L., BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN MÉXICO

Ramírez Jaramillo G^{1*}, Lozano Contreras M. G^{2.}, Ramírez Silva J. H^{3.}

^{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. *Autor de correspondencia: ramirez.genovevo@inifap.gob.mx

RESUMEN

Vigna unguiculata L., también conocido como frijol caupí o frijol x'pelon es una importante leguminosa cuyo consumo primario es en granos secos, aunque también se le consume en forma de vainas inmaduras ricas en proteínas, vitaminas, fibra, minerales y antioxidantes. Es una excelente fuente de proteínas (23 a 25%); contiene todos los aminoácidos esenciales, carbohidratos, vitaminas y minerales, gran cantidad de fibras dietéticas, baja cantidad de grasas y libre de colesterol. Además, tiene una gran adaptación a altas temperaturas, excesos de lluvias, tolerante al estrés por sequía, poco exigente a suelos de calidad, evitar erosión e incorporar nitrógeno al suelo. Ante las ventajas que tiene esta especie como alimento y ser un cultivo resiliente, se consideró como principal objetivo de este estudio el conocer y delimitar espacialmente las zonas de alto y mediano potencial en México. La selección se hizo con el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) a través de intersecciones y algebra de mapas, teniendo como información inicial, los requerimientos agroecológicos óptimos que requiere el cultivo, por ciclo para desarrollarse bajo condiciones de temporal y su procesamiento con el Software QGIS. En el estudio se determinó que en la República Mexicana se dispone de más de 13 millones de hectárea con potencial productivo alto bajo condiciones de temporal para frijol caupí.

Áreas Potenciales, Leguminosa, SIG

ABSTRACT

Vigna unguiculata L., also known as cowpea bean or x'pelon bean, is an important legume whose primary consumption is dry grains, although it is also consumed in the form of immature pods rich in protein, vitamins, fiber, minerals and antioxidants. It is an excellent source of protein (23 to 25%); It contains all the essential amino acids, carbohydrates, vitamins and minerals, a large amount of dietary fiber, low in fat and cholesterol-free. It also has a great adaptation to high temperatures, excess rainfall, tolerant to drought stress, not very demanding of quality soils, avoiding erosion and incorporating nitrogen into the soil. Given the advantages that this species has as food and being a resilient crop, it was considered the main objective of this study to know and spatially delimit the areas of high and medium potential in Mexico. The selection was made with the use of Geographic Information Systems (GIS) through

intersections and map algebra, having as initial information, the optimal agroecological requirements that the crop requires, per cycle to develop under temporary conditions and its processing with the QGIS software. In the study it was determined that in the Mexican Republic there are more than 13 million hectares with high productive potential under rainfed conditions for cowpea beans.

Potential Areas, Legume, GIS

INTRODUCCION

La especie *Vigna unguiculata* Lin., es una leguminosa procedente de África occidental, transferida a Asia posteriormente en la era antes de Cristo. Su producción y consumo está extendida en Asia y África principalmente, ya que estos continentes son los que poseen la mayor parte de la producción mundial, y en menor medida Europa meridional y Latino América (Cuñarro *et al*, 2018). Es conocido como frijol Caupi y en la península de Yucatán como frijol X'pelon.

Es una leguminosa muy valiosa en la alimentación humana, se aprovechan tanto las semillas como las vainas y poseen muy buen sabor; como planta forrajera, la *V. unguiculata* se cultiva para alimentación del ganado bovino y ovino. Las semillas contienen entre 27 y 28 % de proteína, 47 y 49 % de almidón, 1.5 % de grasas y el 2.8 y 5.2 % de celulosas. Las vainas jóvenes tienen 3.4% de proteínas, 7.4% de carbohidratos, 1.8% de fibras, 0.3% de grasas, 0.9% de cenizas (Quintero, 2011). Este cultivo se encuentra entre los granos más importante de África, Asia y algunas regiones de Sudamérica, constituyendo la mayor fuente de proteína de la dieta humana en esas zonas (Cuñarro *et al*, 2018).

Sus propiedades agroecológicas y nutricionales, así como su capacidad para coexistir con otros cultivos en regiones semiáridas, a *V. unguiculata* se le dan un lugar de relevancia en el mapa general de las leguminosas secas (FAO, 2016). Bajo temporal se siembra entre julio y agosto en México y los rendimientos para producción de vaina van desde 2.9 t ha⁻¹ en Yucatán hasta las 5.0 t ha⁻¹ en Tamaulipas y 15.0 t ha⁻¹ en Guerrero; respecto al rendimiento por hectárea de grano se reportan desde 0.7 t ha⁻¹ hasta 2.2 (Da Conceição, Ruiz y Jiménez, 2022).

Ante la necesidad de ubicar las regiones donde *Vigna unguiculata* L., presenta las mejores condiciones para su producción bajo condiciones de temporal, se planteó el presente trabajo con el fin de determinar las zonas potenciales para esta especie vegetal en la República Mexicana.

MATERIALES Y METODOS

La determinación espacial para identificar la aptitud agroecológica de especies vegetales se puede realizar usando diferentes metodologías, sin embargo, en este caso se hizo basándose

en el uso de álgebra de mapas, tomando como variables de entrada los requerimientos agroecológicos del cultivo en México. La utilización de Sistemas de Información Geográficos (SIG), como una herramienta orientada al desarrollo y ordenamiento agrario, ha sido un método acertado en la determinación espacial de las zonas óptimas para el desarrollo de un cultivo (Kahsay *et al.*, 2018). Por medio de los SIG's, se puede manejar las variables agroecológicas que representan al medio físico en donde se desarrolla una actividad, tales como clima, suelo y recurso hídrico, y partiendo de la variación espacial de estas, definir áreas óptimas y sub óptimas en donde un cultivo se puede desarrollar adecuadamente.

Para la determinación de áreas con aptitud agroclimática se consideraron tres aspectos fundamentales que son los siguientes:

3.1 Determinación de los requerimientos agroecológicos. La información agroecológica fue integrada en base a diferentes fuentes bibliográficas (Cuñarro *et al.*, 2018; Enciso *et al.*, 2019; FAO-Ecocrop, 2018; Saldariaga, 2015). Por otro lado, también se tomó en consideración la experiencia de algunos expertos en el cultivo.

3.2 Obtención de información espacial. Se consideraron varias bases de datos geoespaciales. La información edáfica, fue tomada de la base de Referencia Mundial del Recurso Suelo, conocida por sus siglas en inglés como WRB, en formato vectorial. Los datos climáticos se tomaron de la base de WorldClim versión 2.0, específicamente temperatura y precipitación promedio durante el ciclo del cultivo. El Modelo Digital de Elevación (MDE), se obtuvo del Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (INEGI), en formato raster con una resolución de 500 m². El mapa de pendiente, cuerpos de agua, manglar, áreas urbanas y rurales de México, así como áreas naturales protegidas, fueron recuperadas del Geoportal del sistema nacional de información para la biodiversidad de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), a resolución de 1:1000000, en formato vectorial.

3.3 Procesamiento de datos. Se entiende por álgebra de mapas al conjunto de técnicas y procedimientos que, operando sobre una o varias capas en formato raster, y/o vectorial, nos permiten obtener información derivada, generalmente en forma de nuevas capas de datos. Para este caso, los procedimientos que se aplicaron sobre la información geográfica en formato vectorial consistieron básicamente en clasificar los atributos climáticos y edáficos en los rangos agroecológicos establecidos para las condiciones de temporal. Los datos vectoriales son entidades asociadas a cada atributo, y tienen sus propias características espaciales, y la geometría que definen a cada atributo sirve por sí sola para llevar a cabo numerosos algunos geoprocursos como cortes e intersecciones. Estas operaciones geométricas sobre datos vectoriales consistieron en interceptar las capas edáficas y

climáticas, para posteriormente eliminar las áreas que correspondían a manglar, áreas protegidas, y asentamientos urbanos y rurales. Todo el procesamiento y reclasificación de la información se realizó en el software QGIS 3.6.0 Noosa de licencia libre.

RESULTADOS Y DISCUSION

El crecimiento, desarrollo y producción de *V. unguiculata* 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 durante su periodo vegetativo como: la época de floración, brotes, fructificación y cosecha están regulados por los factores medioambientales. En base a la información revisada se estructuró la Tabla 1, con las variables consideradas y sus condiciones para el desarrollo del cultivo.

Tabla1. Requerimientos agroecológicos de *Vigna unguiculata* (L.)

Criterio	Unidad	Óptima	Subóptima	No Apta
Temperatura Media Anual	°C	25-30	18-24 30-35	Menor de 18 Mayor de 35
Precipitación media anual	mm	1,000 a 2,000	650 a 1,000 2,000 a 2,500	Menor de 650 Mayor de 2500
Altitud	msnm	0-1500	1500 - 2000	Mayor de 2000
Suelo	Clase	Fluvisoles Regosoles Luvisoles Nitrosiles Andosoles Phaeozem Castañozems	Cambisoles	Solonchak's Leptosoles Vertisoles Gleysoles Arenosoles Calcisoles
Textura	Tipo	Media	Ligera	Pesada
Profundidad	m	Mayor de 1	1 a 0.5	> de 50
pH	Indicador	5.5 a 6.5	5.0 a 5.4 6.5 a 7.5	< de 5.0 > de 7.5
Horas luz anual	Horas luz	Mayor de 3000	2500 a 3000	Menor de 2500
Drenaje	Tipo	Bueno	Medio	Deficiente

Fuente: Elaboración propia en base a la investigación documental revisada

Respecto a los criterios para la zonificación de la aptitud agroclimática para *V. unguiculata* bajo condiciones de temporal, 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. En base a lo planteado con el procesamiento de datos se observa que en

la mayor parte del país se tienen condiciones óptimas de suelo, altitudes y horas luz por año, no así en el caso de la temperatura media anual y la precipitación media anual que están más localizadas en las áreas tropicales y subtropicales del país.

Las Superficies Potenciales para *V. unguiculata* en México. Existen muy pocos estudios sobre zonificación de la aptitud agroclimática para el desarrollo productivo de *V. unguiculata*. Con la metodología utilizada se determinaron que existen más de 13 millones de hectáreas de alto potencial bajo condiciones de temporal distribuidas en 25 entidades. Entre los estados que sobresalen por su superficie en hectáreas de alto potencial se tiene a Guerrero, seguido de Campeche, Michoacán, Jalisco, Sinaloa, Nayarit, Veracruz, Yucatán y Quintana Roo entre los más importantes (Figuras 1 y 2).

En base a los resultados obtenidos se pudo observar que en la mayor parte de los estados que limitan con el Océano Pacífico, Golfo de México y Mar Caribe, con climas tropicales y subtropicales son las entidades que presentan las mayores zonas potenciales y que una de las variables que delimito en mayor proporción las zonas potenciales para *V. unguiculata* fue la precipitación median anual y la precipitación media mensual de agosto a octubre.



Figura 1. Distribución de las zonas de alto y mediano potencial para *V. unguiculata* Bajo condiciones de temporal en México.

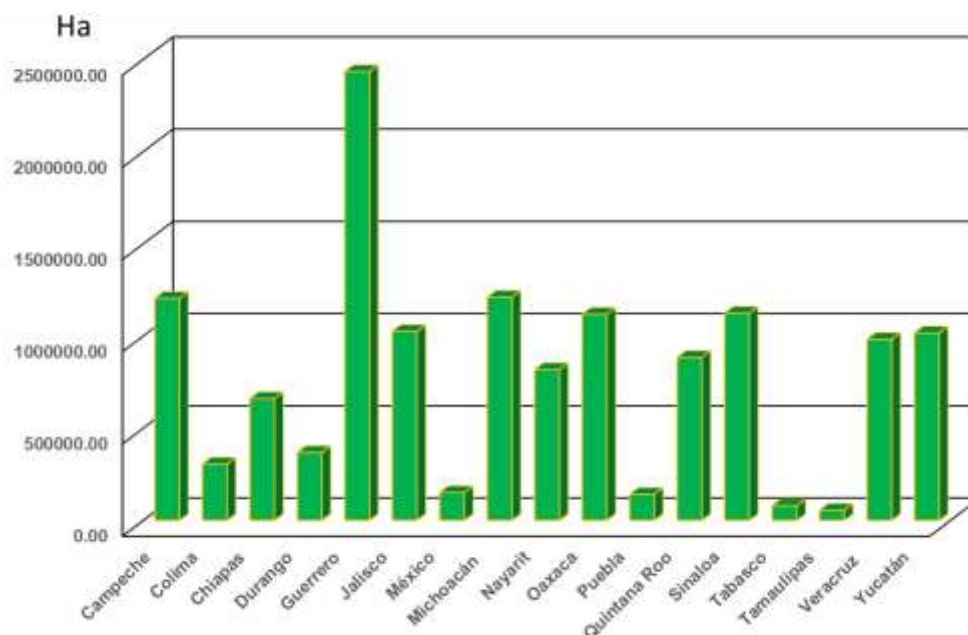


Figura 2. Superficies de alto potencial de *V. unguiculata* por estado en México

CONCLUSIONES

1. Existen condiciones agroecológicas óptimas para producir *V. unguiculata* bajo condiciones de temporal en México.
2. Las zonas más apropiadas para producir *V. unguiculata* bajo condiciones de temporal se localizan en 16 estados de la República Mexicana.
3. El tipo de suelo, precipitación media anual y temperatura media anual son factores determinantes en la definición de zonas de alto y mediano potencial de *V. unguiculata* bajo condiciones de temporal.
4. Los rendimientos para producir *V. unguiculata* bajo condiciones temporal, son factibles de mejorar si se ubican las zonas productivas en las regiones de alto potencial y se transfieren tecnología generada actualmente por las instituciones de investigación.

REFERENCIAS

- Cuñarro C. R., Hernández E. I., Urra Z. I., Ruiz R. F., Díaz G. M. E., Fito D. E., Sánchez V. C., Polón. R., Riopedre G. T., Benítez C. M., Abadín L. J. P., Grau Gózales. J. C. 2018. *Revista Ciencia Universitaria*. El cultivo de algunas legumbres para la producción local de alimentos y la mitigación del cambio climático PARTE I. El cultivo del frijol carita o caupí (*Vigna unguiculata* Lin). Vol. 16 No. 1 (enero-diciembre). Universidad Agraria de la Habana. La Habana, Cuba.
- Da Conceição dos S, L. F., Ruiz S, E., & Jiménez O, J. J. 2022. Caracterización agromorfológica de 20 cultivares de frijol caupí (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) en Yucatán, México. *Acta Universitaria* 32, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, Guanajuato.
- Enciso G, C. R., Tullo A, C. C. César Arnaldo Caballero M, C. A., Jorge Daniel González V, J. D. 2019. Cultivo de Poroto. Guía Técnica. Proyecto Paquetes Tecnológicos. JICA-Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay.
- FAO. 2016. Legumbres semillas nutritivas para un futuro sostenible. Un viaje por todas las regiones del planeta, Roma, Italia. 196 p.
- 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.
- Kahsay. A., Haile. M., Gebresamuel. G., Mohammed M., 2018. Springer Nature Switzerland. Modeling Earth Systems and Environment. Zurich, Switzerland.
- Quintero, E. F. 2011. Caracterización morfológica, fisiológica y agronómica del banco de genotipo de caupí en el centro de Investigaciones agropecuaria de Villa Clara. (CIAP). 5to Encuentro Internacional de Arroz y Primer Simposio de Granos. Habana Cuba, p. 104.
- Saldariaga de G. M. A. 2015. "EFECTO DE LA POSICIÓN DE SIEMBRA DENTRO DEL SURCO EN TRES VARIEDADES DE FRIJOL CAUPI (*Vigna unguiculata* L. Walp)", Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Piura. Piura, Perú.

PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA AUMENTAR PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD DE MAÍZ EN EL BAJÍO

Aurelio Báez Pérez¹, Bertha Patricia Zamora Morales², Edgar Adrián Olivares Arreola³

¹INIFAP, Campo Experimental Bajío. Km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, C.P. 38110, Celaya, Guanajuato.

²INIFAP CENID-COMEF, Av. Progreso 96, Santa Catarina, Coyoacán, Ciudad de México, C.P. 04010. CDMX.

³Tecnológico Nacional de México, Campus Roque. Carretera Celaya - Juventino Rosas Km. 8, C.P. 38110, Celaya, Guanajuato.

Autor de correspondencia baez.aurelio@inifap.gob.mx

RESUMEN

El uso eficiente de los insumos agrícolas y la adecuada distribución espacial de las plantas, deriva en un aumento significativo en la producción de maíz y disminución de costos de producción. Se estableció un ensayo para evaluar la productividad de maíz en dos condiciones distintas de manejo agronómico: (1) surcos de 0.80 m de ancho y una población de 100,000 plantas ha⁻¹; (2) surcos de 1 m de ancho y una población de plantas de 70,000 plantas ha⁻¹. Se establecieron tres repeticiones y se hizo una comparación de medias mediante la prueba de t de Student. El experimento se estableció en primavera-verano de 2019, con riego de auxilio. Se sembró la variedad antilope de Asgrow, en un suelo *Vertisol pelico*. Se evaluaron los componentes de rendimiento y se puso énfasis en parámetros relacionados con la mazorca: longitud, diámetro, número de hileras, número de granos hilera⁻¹ y número de granos mazorca⁻¹. El rendimiento de grano promedio en el tratamiento 1 fue de 11.4 t ha⁻¹, mientras que en el tratamiento 2 alcanzó 13.9 t ha⁻¹, y fue estadísticamente ($p < 0.05$) diferente a su contraparte. La longitud de mazorcas promedio en este último fueron 2.7 cm más largas, comparado con las que hubo en el tratamiento con mayor población de plantas, por lo tanto, en número de granos mazorca⁻¹ fue también 11 % mayor. Estos parámetros fueron los que determinaron la mayor producción en el tratamiento con menor población de plantas (1). Por otra parte, el costo de producción representó 15 % menor, con una producción de grano 22 % mayor en este tratamiento comparado con su contraparte. Estos resultados sugieren que es necesario hacer un uso más racional de los insumos para aumentar la rentabilidad en la producción de maíz.

Palabras clave: Productividad, Prácticas agrícolas, manejo agronómico

ABSTRACT

The efficient use of agricultural inputs and the adequate spatial distribution of the plants results in a significant increase in corn production and a decrease in production costs. A trial was established to evaluate the productivity of corn under two different conditions of agronomic management: (1) rows of 0.80 m wide and a population of 100,000 plants ha⁻¹; (2) rows of 1 m wide and a population of plants of 70,000 plants ha⁻¹. Three repetitions were established and a comparison of means was made using the Student's t-test. The experiment was established in spring-summer 2019, with auxiliary irrigation. The Asgrow antelope variety was planted in a *Vertisol pelico* soil. Yield components were evaluated and emphasis was placed on parameters related to the ear: length, diameter, number of rows, number of grains row⁻¹ and number of grains ear⁻¹. The average grain yield in treatment 1 was 11.4 t ha⁻¹, while in treatment 2 it reached 13.9 t ha⁻¹, and was statistically ($p < 0.05$) different from its counterpart. The average length of ears in the latter was 2.7 cm longer, compared to those in the treatment with the highest population of plants, therefore, the number of grains ear⁻¹ was also 11 %

higher. These parameters were the ones that determined the highest production in the treatment with the lowest population of plants (1). On the other hand, the production cost represented 15 % lower, with a grain production 22 % higher in this treatment compared to its counterpart. These results suggest that it is necessary to make a more rational use of inputs to increase profitability in maize production.

Key words: Productivity, agricultural practices, agronomic management

INTRODUCCION

El Bajío es una zona productora de cereales por excelencia, el potencial de rendimiento de maíz en esta región, bajo condiciones de riego, puede alcanzar 20 t ha⁻¹. Los agricultores generalmente esperan obtener estos niveles de producción y recurren frecuentemente al uso excesivo de fertilizantes nitrogenados. Lo anterior, además de encarecer los costos de producción y generar graves problemas de contaminación ambiental, provocan un serio problema de deterioro de los suelos por salinización, compactación y disminución de las reservas orgánicas (Báez *et al.*, 2012). En el Bajío y en otras regiones agrícolas del país dominan las recomendaciones para la producción de maíz provenientes de las casas comerciales. Frecuentemente los productores siembran entre 100, 000 y 120, 000 plantas ha⁻¹ para producción de grano, para lo cual se requiere una fuerte inversión en semilla y fertilizantes, los insumos que más encarecen los costos de producción. Durante 2022 el costo de los fertilizantes nitrogenados ha alcanzado hasta \$ 23, 000 la tonelada de urea. Ante los bajos precios que frecuentemente tiene el maíz en los mercados nacional e internacional, durante la época de cosecha, es necesario buscar alternativas tecnológicas que permitan disminuir los costos de producción y con ello aumentar la rentabilidad. Un entorno con mediana competencia entre plantas, aumenta la luminosidad en la parcela, la tasa de acumulación de materia seca y translocación de fotosintatos a la mazorca, lo que deriva en una producción de mazorcas más grandes y con mayor número de granos por mazorca. Con poblaciones por encima de 100, 000 plantas ha⁻¹ en surcos de 0.75 a 0.80 cm de ancho se obtienen mayor número de mazorcas, pero de medianas a pequeñas, con granos ligeros, y requiere una mayor inversión en insumos agrícolas, lo impacta directamente en la rentabilidad. Diversos estudios muestran que el rendimiento de granos puede ser semejante entre poblaciones medianas y altas, tanto en temporal como con disponibilidad de riego (Cano *et al.*, 2001; Cervantes-Ortiz *et al.*, 2014); sin embargo, con un costo de producción mayor con mayor densidad de población. Una población de plantas mediana (6.5 a 7.5 plantas m⁻²) tiende a producir mazorcas más grandes, con mayor número de granos y más pesados, comparado mazorcas producidas con densidades de población altas (10 y 12 plantas m⁻²). El-Hendawy *et al.* (2008) mencionan que el bajo rendimiento de grano con poblaciones de plantas altas también puede deberse a polinización deficiente como resultado de asincronía entre floración femenina y masculina, por la alta competencia entre plantas. Hidalgo-Sánchez *et al.* (2020) menciona que el aumento en la densidad de población disminuye el peso de grano por mazorca; sin embargo, el efecto global del aumento de la densidad puede ser un incremento en el rendimiento final de grano, dependiendo de la variedad. Con base en lo anterior es importante estudiar cual es la mejor condición de distribución espacial para una población de plantas que proporcione una mayor productividad a un costo de producción más bajo. El propósito de este estudio fue comparar para la producción de cereales y su relación con su disponibilidad en el suelo.

MATERIALES Y METODOS

Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en el INIFAP, Campo Experimental Bajío ubicado a los 20° 34' 44.9" N y 100° 49' 09.5" O, a una altitud de 1754 m. El clima de la región, según García (1987), es

BS1hw(W)(e) q, semicálido con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 20.6 °C y la precipitación media anual es de 597 mm. El suelo en el que se establecieron los experimentos, correspondió a un Vertisol pélico, de color oscuro y profundo (>1 m). El resultado del análisis físico-químico, para los primeros 30 cm de profundidad, evidenció un contenido de arcilla de cerca de 60%, pH ligeramente alcalino, mediano contenido de materia orgánica y alto contenido de P extractable-Olsen, K, Ca y Mg.

Ensayo

Se estableció un ensayo para evaluar la productividad de maíz en dos condiciones distintas de manejo agronómico: (1) surcos de 0.80 m de ancho y una población de 100, 000 plantas ha⁻¹; (2) surcos de 1 m de ancho y una población de plantas de 70, 000 plantas ha⁻¹. Se establecieron tres repeticiones y se hizo una comparación de medias mediante la prueba de t de Student. El experimento se estableció en primavera-verano de 2019, con riego de auxilio. Se sembró la variedad antilope de Asgrow, en un suelo *Vertisol pelico*. Se evaluaron los componentes de rendimiento de maíz y se puso énfasis en parámetros relacionados con la mazorca: longitud, diámetro, número de hileras, número de granos hilera⁻¹ y número de granos mazorca⁻¹.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de los componentes de rendimiento de maíz y parámetros de mazorcas se presentan en el Cuadro 1. La población promedio en el tratamiento 1 fue de 103,000 plantas ha⁻¹, mientras que en el tratamiento 2 fue de 71, 000 plantas ha⁻¹. En ambos casos hubo una mazorca por planta, por lo que el número de mazorcas fue igual al número de plantas.

Cuadro 1. Resultados de componentes de rendimiento y parámetros de mazorca

Trat.	Rep	Número		Peso grano t ha ⁻¹	Mazorca		Número		
		plantas m ²	mazorcas		Longitud cm	Diámetro	hileras mazorcas ⁻¹	granos hilera ⁻¹	granos mazorca ⁻¹
1	1	10.5	10.5	11.1	14.2	5.1	16.6	31.0	513
1	2	10.1	10.1	12.2	15.0	4.7	16.6	34.6	574
1	3	10.4	10.4	11.0	14.3	3.7	15.7	38.3	601
	Media	10.3	10.3	11.4	14.5	4.5	16.3	34.6	563
	DE	0.2	0.2	0.7	0.4	0.7	0.5	3.7	45
	EE	0.1	0.1	0.4	0.2	0.4	0.3	2.1	26
	CV (%)	2.1	2.1	5.7	2.9	16.1	3.2	10.5	8
2	1	6.8	6.8	13.8	17.2	5.1	16.6	37.9	629
2	2	6.5	6.5	12.5	17.8	5.2	17.2	38.6	663
2	3	7.8	7.8	15.6	16.5	5.0	15.2	38.4	583
	Media	7.1	7.1	13.9	17.2	5.1	16.3	38.3	625
	DE	0.7	0.7	1.6	0.6	0.1	1.0	0.4	40
	EE	0.4	0.4	0.9	0.4	0.1	0.6	0.2	23
	CV (%)	9.8	9.8	11.3	3.7	2.5	6.3	0.9	6
	TS	0.001**	0.001**	0.031*	0.002**	0.115	0.481	0.079	0.074

CV: coeficiente de variación DE: desviación estándar, EE: error estándar, TS: t de Student.

El rendimiento de grano promedio en el tratamiento 1 fue de 11.4 t ha⁻¹, mientras que en el tratamiento 2 alcanzó 13.9 t ha⁻¹ (Figura 1), y fue estadísticamente ($p < 0.05$) diferente a su contraparte. La longitud de mazorcas promedio en este último fueron 2.7 cm más largas, comparado con las que hubo en el tratamiento con mayor población de plantas (1), por lo tanto (Figura 2), en número de granos mazorca⁻¹ fue también 11 % mayor. Estos parámetros fueron los que determinaron la mayor producción en el tratamiento con menor población de plantas (1). No hubo diferencias por efecto del diámetro de mazorca (Figura 3).

El costo de producción representó 15 % menor en el tratamiento 1, con una producción de grano 22 % mayor en este tratamiento comparado con su contraparte. Estos resultados sugieren que es necesario hacer un uso más racional de los insumos para aumentar la rentabilidad en la producción de maíz.

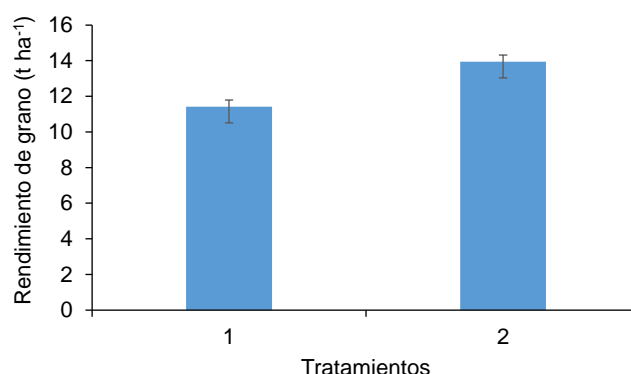


Figura 1. Rendimiento de grano



Figura 2. Comparación de longitud de mazorca



Figura 3. Comparación de diámetro de mazorca

CONCLUSIONES

La densidad de población de 71,000 plantas tuvo la producción de grano más alta, por presentar mazorcas más largas, mayor número de granos por hilera y mayor cantidad de grano por mazorca. Por otra parte, el costo de producción representó 15 % menor, con una producción de grano 22 %. Estos resultados sugieren que es necesario hacer un uso más racional de los insumos para aumentar la rentabilidad en la producción de maíz.

REFERENCIAS

- Báez-Pérez, A. J.M. Arreola-Tostado, B. Triomphe, A. Bautista-Cruz y P. de J. Licea-Morales. 2012. Implementación de la siembra directa para producción de cebada maltera en el estado de Guanajuato. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3:1509-1519.
- Cano, O., H. Tosky, M. Sierra, F.A. Rodríguez. 2001. Fertilización y densidad de población en genotipos de maíz cultivados bajo condiciones de temporal. *Agronomía Mesoamericana* 12(2):199-203
- Cervantes-Ortiz, F., M.T. Gasca-Ortíz, E. Andrio-Enríquez, M. Mendoza-Elos, L.P. Guevara-Acevedo. F. Vázquez-Moreno, S. Rodríguez-Herrera. 2014. Densidad de población y correlaciones fenotípicas en caracteres agronómicos y de rendimiento en genotipos de maíz. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 2(1):9-16.
- El-Hendawy S.E., E.A.A. El-Lattief, M.S. Ahmed, U. Schmidhalter. 2008. Irrigation rate and plant density effects on yield and water use efficiency of drip-irrigated corn. *Agricultural Water Management* 95(7):836-844.
- Hidalgo-Sánchez, M.G., V.A. González-Hernández, L.E. Mendoza-Onofre, N. Cruz-Huerta, I. Ramírez-Ramírez. 2020. Desempeño de arquetipos de maíz (*Zea mays* L.) en dos densidades de población. *Agrociencia* 54: 491-504.

RESPUESTA EN RENDIMIENTO Y CALIDAD DE CEBOLLA A DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA CON FERTIRRIEGO EN EL BAJÍO

Alejandro Rodríguez Guillén^{1**}, Salvador Villalobos Reyes², Pedro Antonio Dávalos González³

^{1,2,3}Investigador en suelos, horticultura protegida y mejoramiento genético, respectivamente. Campo Experimental Bajío (CEBAJ), Km 6.5 carr. Celaya-San Miguel de Allende. Celaya, Gto. AP 112. alejandrorodriguezguillen1@gmail.com.

RESUMEN

En el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) se realizó un estudio bajo condiciones de fertirrigación, empleando riego por goteo con cintilla, a 15 kPa de tensión hídrica en promedio. Los tratamientos de N evaluados en cebolla durante el estudio fueron 0, 120, 200 y 280 unidades ha⁻¹. El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento. El objetivo del estudio fue determinar la respuesta del cultivo de cebolla a diversas dosis y fuentes de N en un suelo Vertisol. El rendimiento mercadeable más alto se obtuvo con la dosis de 120 kg N ha⁻¹, mientras que las dosis mayores a esta no incrementaron significativamente el rendimiento del bulbo. No se observó respuesta a P ni a K. Se concluyó que una concentración de N entre 3.5 y 3.8% en la hoja más recientemente madura (HMRM) es adecuada entre los 50 y 70 días después del trasplante (DDT), de 2.5 a 3.0% entre 75 y 100 DDT, de 2.0 a 2.5% entre 100 y 120 DDT y de 1.75 a 2.0% entre 120 y 140 DDT. El cultivo de cebolla tiene un gran potencial de producción bajo condiciones de fertirrigación, ya que duplica el rendimiento obtenido con el sistema tradicional de riego superficial; y ahorra alrededor del 50% de la lámina de agua. La concentración de N y P se incrementó en el extracto de solución de la hoja (savia) a medida que aumentó la dosis de nitrógeno de 0 hasta 280 unidades de N ha⁻¹. La mayor demanda de K ocurrió en todos los tratamientos hacia el final del ciclo vegetativo, lo que indica la importancia de este nutrimento en la calidad del bulbo. Para un rendimiento mercadeable de 71 t ha⁻¹, se presentó una extracción nutrimental de 175 kg N, 80 kg de K₂O, 26 kg de P, 29 kg de Mg y 140 kg Ca ha⁻¹.

Palabras clave: *Allium cepa* L., nutrición vegetal, fertilización, riego por goteo.

ABSTRACT

A study was carried out under fertigation conditions, using drip irrigation with a band, at an average water tension of 15 kPa at the Bajío Experimental Field (CEBAJ). The N treatments evaluated in onion during the study were 0, 120, 200 and 280 units ha⁻¹. The experimental design used was randomized blocks, with four repetitions per treatment. The objective of the study was to determine the response of the onion crop to various doses and sources of N in a Vertisol soil. The highest marketable yield was obtained with the dose of 120 kg N ha⁻¹, while doses higher than this did not significantly increase bulb yield. No response to P or K was observed. It was concluded that a N concentration between 3.5 and 3.8% in the most recently mature leaf (HMRM) is adequate between 50 and 70 days after transplanting (DAT), from 2.5 to 3.0 % between 75 and 100 DAT, from 2.0 to 2.5% between 100 and 120 DAT and from 1.75 to 2.0% between 120 and 140 DAT. Onion cultivation has great production potential under fertigation conditions, since it doubles the yield obtained with the traditional surface irrigation system; and save about 50% of the water table. The concentration of N and P increased in the extract solution of the leaf (sap) as the nitrogen dose increased from 0 to 280 units of N ha⁻¹. The highest demand for K occurred in all treatments towards the end of the vegetative cycle, indicating the importance of this nutrient in bulb quality. For a marketable yield of 71 t ha⁻¹, a nutritional extraction of 175 kg N, 80 kg of K₂O, 26 kg of P, 29 kg of Mg and 140 kg Ca ha⁻¹ was presented.

Keywords: *Allium cepa* L., plant nutrition, fertigation, drip irrigation.

INTRODUCCIÓN

A medida que avanza el nuevo milenio muchos países están ingresando en una fase de severa escasez de agua, lo que tiene un impacto profundo en las personas más pobres del mundo y la competencia por ella está ocasionando frecuentes conflictos en todos los sectores y niveles de la sociedad. El riego representa dos tercios del agua dulce consumida a nivel mundial, más del 80% en los países en desarrollo y el 83% en México. Mediante el análisis a nivel mundial, es importante explorar con más detalle las restricciones y oportunidades identificadas en el caso de México, ya que este país afronta el mismo grado y variación regional de escasez de agua que muchos otros países, incluyendo a China y la India. Esto se debe a que con la expansión de las presas y el riego con pozos profundos aumentó la superficie regada: En el mundo pasó de 149.9 millones de ha a 260.6 millones de ha y, en nuestro país, pasó de 3.2 millones de ha a 6.1 millones de ha en solo 50 años, representando un incremento de 71% y 91%, respectivamente (Barker *et al.*, 2000).

Hasta hace poco, la mayoría de las personas pensaban que siempre tendríamos agua suficiente para producir alimentos, para beber y para sostener la industria. Sin embargo, a medida que nos adentramos en el nuevo milenio, muchos países están ingresando en una era de severa escasez de agua. Esta escasez podría tener un impacto profundo en las personas más pobres del mundo e, incluso, llevar a conflictos regionales e internacionales.

La agricultura productiva del Norte y Centro de México depende del riego y la mayoría de los cultivos hortícolas utiliza las reservas de agua del subsuelo, las cuales se encuentran severamente agotadas. En 1960 se sembraban en el Bajío solamente 2,700 ha con hortalizas y hoy en día alcanzan más de 75,000 ha, mientras que los pozos profundos de uso agrícola se incrementaron en más de 17,000 (30% de los pozos registrados por la Comisión Nacional de Agua), lo que ha convertido a esta región la más sobreexplotada del país. Esto representa alrededor del 12% de todos los pozos del país y se estima que 15,600 de sus pozos registrados se emplean para la agricultura, lo que equivale del 75 a 85% del agua freática bombeada en Guanajuato. El agua freática, o de pozos profundos, es la principal fuente de abastecimiento para los hogares, industria y riego en las zonas semiáridas y áridas de México. En Guanajuato, con apenas el 1.6% del territorio nacional, existe un alarmante déficit entre la extracción y reposición del agua freática de alrededor de 839 millones de metros cúbicos por año (Wester *et al.*, 2000).

En años recientes se reporta que la demanda mundial de cebolla ha aumentado un 16%, sobre todo en los mercados de Norteamérica, Europa y Asia. México está entre los primeros productores mundiales de cebolla en fresco con más de 1.4 millones de t año⁻¹; China es el principal productor de cebolla deshidratada con una producción de 18 millones de t año⁻¹. El valor de producción bruta de cebollas producidas en todo el mundo ocupa el segundo lugar entre los cultivos de hortalizas después de los tomates (FAO, 2021).

En México, la cebolla es la tercera hortaliza más importante, superada solo por el tomate y el chile. Cada año se siembran cerca de 50,000 ha, con un volumen de producción promedio de 1.4 millones toneladas de cebolla en fresco. Los estados que más la cultivan son Chihuahua, Coahuila, Zacatecas, Michoacán, Durango y Guanajuato, donde se concentra 70% de la superficie nacional sembrada y 74% de la producción nacional (<http://www.sicde.gob.mx/>).

Nuestro país es uno de los principales países exportadores de hortalizas, llegando a ocupar el tercer lugar mundial con \$ 428.3 millones de dólares y cerca de 2 millones t año⁻¹, lo que representa el 12.7% del total del mundo (<http://www.worldstopexports.com/onions-exports-by-country/>). Tomate, chile, cebolla, pimienta, pepino y calabacita se han colocado entre los primeros diez lugares de las exportaciones mexicanas, rebasando los 500 millones de dólares al año. Del total de cebollas producidas, México exporta alrededor del 19.5%, de las cuales

casi el 90% se envía hacia los EUA, lo que lo convierte en el principal mercado de cebolla mexicana (INEGI, 2018).

En Guanajuato durante todo el año se siembran más de 5,000 ha de cebolla, ocupando el quinto lugar nacional y el tercero estatal en superficie sembrada bajo condiciones de riego (solo después de brócoli y chile verde), con un rendimiento medio de 28.3 t ha⁻¹. El volumen de agua aplicado a la superficie de cebolla en el estado es de 47.6 millones de m³, con una lámina total de riego de 86 cm en promedio (Marañón-Pimentel y Wester, 2000). Debido a sus raíces escasas y poco profundas, la cebolla es susceptible a la escasez de agua que se origina en una frecuencia de riego inadecuada causada por una frecuencia de riego insuficiente y anegamiento, lo que puede afectar la eficiencia del uso del agua (Wakchaure *et al.*, 2018). Guanajuato exporta más de la mitad de la superficie sembrada con hortalizas, lo cual genera un ingreso superior a los 50 millones de dólares anuales, produciendo un ingreso importante de divisas para el estado, además de los empleos que se generan directa e indirectamente en el sector rural, pues se requieren entre 80 y 120 jornales ha⁻¹ ciclo⁻¹.

Por otra parte, los productores de hortalizas tienden a fertilizar excesivamente con nitrógeno con la finalidad de obtener altos rendimientos y, debido a ello, existe un riesgo constante de contaminación del agua subterránea por nitratos (Grageda-Cabrera *et al.*, 2004; Álvarez *et al.*, 2011). El nitrógeno (N) es un nutriente esencial, que a menudo limita el rendimiento en la producción de cultivos. Debido a su sistema radicular escaso y poco profundo, la eficiencia del uso de fertilizantes nitrogenados en la producción de cebolla (*Allium cepa* L.) suele ser baja y el riesgo de pérdidas por lixiviación de nitrato es alto (Geisseler *et al.*, 2022). Colateralmente, los productores de hortalizas tienden a fertilizar excesivamente con nitrógeno con la finalidad de obtener altos rendimientos. La contaminación del agua subterránea por NO₃⁻ está en constante aumento no solo en México, sino también en los Estados Unidos de Norteamérica, y estas situaciones están forzando a los horticultores a mejorar la eficiencia en el uso de agua y N. Una solución alternativa para disminuir los problemas de abatimiento del nivel freático y de contaminación del agua del subsuelo por NO₃⁻ es el uso de sistemas de riego más eficientes y la aplicación de fertilizantes solubles a través de soluciones nutritivas. El uso de la fertirrigación en las hortalizas ofrece la posibilidad de incrementar el rendimiento, calidad y rentabilidad de estos cultivos, al mismo tiempo que se reduce la utilización de agua y las pérdidas de NO₃⁻ hacia el agua subterránea, con la consiguiente contaminación de los acuíferos.

El estudio se realizó con el objetivo de evaluar la respuesta en rendimiento y calidad de cebolla a diferentes niveles de fertilización nitrogenada bajo condiciones de fertirrigación, empleando riego por goteo con cintilla en la Región de El Bajío.

Actualmente el sistema convencional de producción de cebolla en El Bajío es bastante rústico, pues generalmente no se utiliza el sistema de fertirrigación para ahorrar agua y obtener rendimientos elevados y alta calidad de bulbo; sin embargo, algunos productores tecnificados de las localidades de Juventino Rosas, Victoria de Cortazar y Celaya (Guanajuato) ya empiezan a usarlo, tanto en cebolla como en otras hortalizas. Estos sistemas de riego podrían hacer el cultivo muy competitivo y facilitar el acceso a los mercados de EUA con ventajas importantes para los productores del Bajío y la economía de esta región.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo se estableció en el Campo Experimental Bajío (INIFAP), localizado en Celaya, Gto. El suelo donde se realizó el estudio es característico de El Bajío: de tipo Vertisol éutrico, con alto contenido de arcilla, con 2.1% de materia orgánica, un pH de 7.1, 15 ppm de P-Olsen, 850 ppm de K extraíble con Acetato de Amonio y 55 kg de N-NO₃ ha⁻¹ en la profundidad de 0-90 cm antes de que se estableciera el experimento de cebolla.

Los tratamientos de nitrógeno evaluados en cebolla durante el estudio fueron 0, 120, 200 y 280 unidades ha^{-1} y las dosis y fuentes de P y K fueron 100 kg $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ y de 200 de kg $\text{K}_2\text{O} \text{ ha}^{-1}$, manteniendo constantes dichos niveles. Los diversos tratamientos se regaron mediante goteo por cintilla a un promedio de 15 kPa de tensión hídrica, medidos en tensiómetros de Bourdon. El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento; el tamaño de la unidad experimental fue de cuatro surcos de 1 m de ancho x 12 m de largo y el tamaño de la parcela útil fue de 10 m lineales de los dos surcos centrales. Las semillas de cebolla (*Allium cepa* L.), se plantaron en agosto y se trasplantaron 50 días después.

Desde el punto de vista agronómico se manejaron óptimamente los además factores del cultivo, como son preparación de suelo, control de plagas y enfermedades, riegos y el manejo de la fertilización que se realizará a través del sistema de riego, utilizando las fuentes de nutrimentos más accesibles para el productor, considerando que llenen los requisitos técnicos de solubilidad y pureza.

Entre las variables evaluadas en planta, la biomasa aérea seca total se determinó en un área de 2 m^2 , durante seis veces a lo largo del ciclo vegetativo y posteriormente que se molieron, las muestras se analizaron para determinar el contenido de N total, P, K, Ca y Mg con el fin de obtener la curva de acumulación para cada nutrimento a lo largo del ciclo vegetativo.

Se muestreó la hoja más recientemente madura durante seis veces a través del ciclo vegetativo de la cebolla, se secaron en horno a 65 °C, se molieron y mediante la técnica de digestión se analizaron para determinar el contenido de macro y micronutrimentos. Las raíces de la cebolla se muestrearon durante varias veces a lo largo de ciclo del cultivo para analizar la concentración de $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ y K en peciolo y raíces y también en el extracto celular de raíz de dichas muestras.

El rendimiento de bulbo de las cebollas se determinó para cada tratamiento en cada una de las clases comerciales, de acuerdo a la clasificación convencional de mercado. Al final del ciclo vegetativo, también se tomaron muestras de residuo vegetal para analizar los macronutrimentos con la finalidad obtener la curva de acumulación nutrimental.

Se tomaron muestras de solución de suelo para los tratamientos de N, utilizando tubos de acceso a la solución del suelo (TASS), los que se colocaron a 16.8 y 36.9 cm de profundidad. Estas muestras se realizaron cada semana, 24 horas después del riego y antes de la aplicación de fertilizante. La concentración de N (N-NO_3 y total N) en tejido vegetal y extracto celular de raíz se relacionó con el rendimiento del cultivo para determinar los valores de requerimiento nutrimental de N en planta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La conductividad eléctrica, concentración de nitratos y de potasio se obtuvieron en muestras de un tubo de acceso a la solución del suelo (Cuadro 1). El contenido de nitratos fue muy variable entre fechas de muestreo, pero en un promedio general, el mejor rendimiento se alcanzó cuando la concentración de $\text{NO}_3\text{-N}$ estuvo en el rango de 25 a 33 mg L^{-1} a los 15 y 30 cm de profundidad. En este sentido, Geisseler *et al.* (2022) mencionan que la concentración de N en la biomasa disminuye durante la temporada de crecimiento y, en la cosecha, los bulbos contienen en promedio 1.7 kg N Mg^{-1} de producción total de bulbos. En este estudio, la concentración de K en la solución del suelo presentó un rango entre 18 y 20 mg L^{-1} , lo cual significa que los suelos con este valor o superior no presentan respuesta a potasio por parte de este cultivo. La nula respuesta a la aplicación de P y de K se atribuye a los altos niveles de estos nutrimentos encontrados en el suelo del sitio experimental.

Cuadro 1. Conductividad eléctrica promedio, concentración de NO₃-N y K en el suelo desde los tubos de acceso a la solución del suelo (TASS) para las diez fechas de muestro.

Tratamiento de nitrógeno (N)	CE, dS m ⁻¹		NO ₃ -N, mg L ⁻¹		K, mg L ⁻¹	
	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm
0	0.85	0.90	14.8	21.8	20.9	20.3
120	0.87	1.08	24.9	33.0	18.3	19.3
200	1.24	1.30	50.1	61.1	20.8	20.0
280	1.14	1.21	40.0	42.9	17.7	18.9

El rendimiento de cebolla, de acuerdo a su clasificación por tamaño o calibre, así como el diámetro del bulbo, varió significativamente en función de las dosis de N evaluadas en el estudio (Cuadro 2). El mayor rendimiento se obtuvo con 280 kg N ha⁻¹, pero no fue significativamente diferente al tratamiento con 120 kg N ha⁻¹ (87 vs 74 t ha⁻¹, respectivamente). Por lo que este último se considera como el nivel de N más adecuado. La mayor parte de los bulbos se clasificaron en el rango de 5.1 a 7.6 cm. No hubo respuesta a P ni a K por las razones mencionadas anteriormente.

Cuadro 2. Datos del efecto de dosis de N sobre el rendimiento y diámetro de bulbo en cebolla.

Tratamiento (kg ha ⁻¹)	Diámetro de bulbo (cm)				Rendimiento	Rezaga
	>12.7	7.6-10.2	5.1-7.6	<5.1		
	t ha ⁻¹					
0	7	30	15	2	54	3
120	22	41	10	1	74	11
200	19	45	6	0	71	6
280	27	53	6	0	87	5
DMS	12	13	7	1	14	NS

La extracción de nutrimentos por parte del cultivo varió a lo largo del ciclo para cada uno de ellos (Cuadro 3). Para obtener un rendimiento de 71 t ha⁻¹, las extracciones de N, K y Ca fueron muy similares a las encontradas por Ciampitti y García (2008), pero los niveles de extracción de P fueron mucho menores.

El rendimiento de la cebolla depende del número de bulbos cosechados por unidad de área y del peso promedio del bulbo. El nitrógeno tiene un efecto mucho más fuerte en el tamaño y peso del bulbo que en la densidad de plantas en el campo. Se ha encontrado que el aumento de las tasas de aplicación de N aumenta ligeramente (Tekle, 2015; Tekeste *et al.*, 2018), disminuye o no tiene efecto en el recuento de rodales. Por el contrario, la disponibilidad de N tuvo un fuerte efecto en el tamaño del bulbo, ya que el aumento de las tasas de aplicación de N dio como resultado bulbos más grandes (Tekle, 2015; Bekele *et al.*, 2018a; Tekeste *et al.*, 2018; Khan *et al.*, 2019; Bezabih y Girmay, 2020; Piri y Naserin, 2020). Con bulbos más grandes, el rendimiento comercializable aumentó al reducir el número de bulbos pequeños no comercializables. Cuando los bulbos de cebolla más grandes tienen un precio superior a los bulbos más pequeños, el rendimiento bruto aumenta aún más.

De acuerdo a estos datos de concentración de N total, la concentración en la HMRM y rendimiento mercadeable, las concentraciones adecuadas de N fueron de 2.5 a 3.0% para los muestreos de 77 DDT, 2.5 a 3.0% para 96 DDT, 2.0 a 2.5% para 117 DDT y 1.75 a 2.0% para 136 DDT, valores que son similares en cebollas españolas a los reportados por Maier *et al.* (1992).

Cuadro 3. Acumulación nutrimental en el cultivo de cebolla.

DDP	N	K	P	Mg	Ca
----- kg N ha ⁻¹ -----					
49	7.5	6.0	0.9	0.6	3.8
70	29.2	30	3.0	2.1	19.8
97	69.0	75.9	8.3	8.6	50.4
124	105.2	85.4	13.3	16.4	104.5
167	175.9	80.1	26.2	29.9	140.5

Además, la disponibilidad de nitrógeno también puede afectar la calidad del bulbo. El aumento de la disponibilidad de N generalmente aumenta el tamaño del bulbo y disminuye la incidencia de la brotación. Tal como se puede ver en el Cuadro 2, respecto a cada uno de los tratamientos (desde 0 hasta 280 kg N ha⁻¹) y su relación con el aumento en el tamaño del bulbo en cada uno de los calibres evaluados (de <5.1 a >12.7 cm de diámetro ecuatorial). Por el contrario, aumentar la disponibilidad de N, especialmente cuando excede la demanda de N, puede contribuir a una mayor incidencia de cuello grueso, brotación y descomposición del bulbo durante el almacenamiento (Geisseler *et al.*, 2022).

CONCLUSIONES

1) La concentración de N y P se incrementó en el extracto de solución de la hoja (savia) a medida que aumentó la dosis de N desde 0 hasta 280 unidades ha⁻¹. 2) El incremento en los niveles de N aumentó el rendimiento de materia fresca de los bulbos y redujo el rendimiento de bulbos no comercializables (rezaga). 3) Sobresale la ausencia de respuesta en rendimiento del cultivo de cebolla a la aplicación de P y K; sin embargo, se atribuye a que estos nutrimentos inciden más sobre el enraizamiento de la planta y la calidad del bulbo, respectivamente. 4) La mayor demanda de K ocurrió en todos los tratamientos hacia el final del ciclo vegetativo, lo que indica la importancia de este nutrimento en la calidad del bulbo. 5) El cultivo de cebolla tiene un gran potencial de producción bajo condiciones de fertirrigación, ya que duplicó el rendimiento obtenido con el sistema tradicional de riego superficial; además, se ahorró alrededor de 50% de la lámina total de agua aplicada.

REFERENCIAS

- Álvarez, A.; M. D'Elía; M. Paris; G. Fasciolo, y C. Barbazza. 2011. Evaluación de la contaminación de acuíferos producida por actividades de saneamiento y re-uso de efluentes en el norte de la provincia de Mendoza. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo, Argentina. Vol. 43, núm. 1. 19-39 pp.
- Barker, R.; C. A. Scott; P. Wester; C. De Fraiture, y U. Amasaringhe. 2000. Escasez mundial de agua y el reto que afronta México. En: Scott, C. A.; P. Wester, y B. Marañón-Pimentel (eds). Asignación, productividad y manejo de recursos hídricos en cuencas. IWMI, Serie Latinoamericana No. 20. México, D. F., México: Instituto Internacional del Manejo del Agua. XIX, 234 pág.
- Bekele, M.; A. Mohammed, & A. Nebiyu. 2018. Quality and storage life of onion (*Allium cepa* L.) as influenced by applications of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer, at Jimma, South Western Ethiopia. J. Natl. Sci Res, 8 (22) (2018), 31-44 pp.
- Bezabih, T. T., & S. Girmay. 2020. Nutrient use efficiency and agro-economic performance of onion (*Allium cepa* L.) under combined applications of N, K and S nutrients. Vegetos, 33 (2020), 117-127 pp.
- Ciampitti A., I., y F. O. García. 2008. Requerimientos nutricionales, absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios: II. Hortalizas, frutales y forrajeras. Archivo Agronómico # 12. IPNI Cono Sur. 1-4 pp.
- FAO [Food and agriculture Organization of the United Nations], 2021. FAOSTAT. Online at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (Accesado el 26 de abril, 2021).

- Geisseler, D.; R. Soto O., & J. Diaz. 2022. Nitrogen nutrition and fertilization of onions (*Allium cepa* L.) – A literature review. *Sci. Hortic.* 291, (2022) 110591. 1-11 pp.
- Grageda-Cabrera, O. A.; T. Medina-Cázares; J. L. Aguilar-Acuña; M. Hernández-Martínez; E. Solís-Moya; G. A. Aguado-Santacruz, y J. J. Peña-Cabriales. 2004. Pérdidas de nitrógeno por emisión de N₂ y N₂O en diferentes sistemas de manejo y con tres fuentes nitrogenadas. *Agrociencia. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Méx.* Vol. 38, núm. 6, 625-633 pp.
- <http://www.sicde.gob.mx/> (Accesado el 5 diciembre, 2021).
- <http://www.worldstopexports.com/onions-exports-by-country/> (Accesado el 22 junio, 2021).
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática]. 2018. Anuario estadístico del Estado de Guanajuato. 382-83 pp. (Accesado en febrero 4, 2018).
- Khan, N.; S. M. Khan; A. Khan; A. Farid; S. A. Khan; N. Ali, *et al.* 2019. Flowering initiation in onion bulb crop as influenced by transplanting dates and nitrogen fertilizer *J. Animal Plant Sci.*, 29 (2019), 772-782 pp.
- Maier, N. A., Dahlenburg, A. P., & T. K. Twigden. 1992. The use of total nitrogen in youngest fully expanded blades for assessing the nitrogen status of onions (*Allium cepa* L.) crops. *Aust. J. Exp. Agric.* 32: 245-249 pp.
- Marañón-Pimentel, B., y P. Wester. 2000. Respuesta institucional para el manejo de los acuíferos en la cuenca Lerma-Chapala, México. IWMI, Serie Latinoamericana No. 17. México, D. F., México: Instituto Internacional del Manejo del Agua. XV, 53 pág.
- Piri, H., & A. Naserin. 2020. Effect of different levels of water, applied nitrogen and irrigation methods on yield, yield components and IWUE of onion. *Sc. Hortic.* 268 (2020), 109361,
- Tekle, G. 2015. Growth, yield, and quality of onion (*Allium cepa* L.) as influenced by intra-row spacing and nitrogen fertilizer levels in central zone of tigray Northern Ethiopia. MSc. Thesis. Haramaya University, Haramaya (2015). 76 pág.
- Wakchaure, G. C.; P. S. Minhas; K. K. Meena, & N. P. Singh. 2018. Growth, bulb yield, water productivity and quality of onion (*Allium cepa* L.) as affected by deficit irrigation regimes and exogenous application of plant bio-regulators. *Agric. Water Manang.* (2018): 199; 1-20 pp.
- Wester, P.; G. Cornish, y J. J. Ramírez-Calderón. 2000. Determinación de las prioridades de las prioridades de mantenimiento en los sistemas de riego transferidos: La aplicación del procedimiento Marlin en el Distrito de Riego Alto Río Lerma, México. IWMI, Serie Latinoamericana: No. 16. México, D. F., México: Instituto Internacional del Manejo del Agua. 57 pág.

RESPUESTA DE CHILE ANCHO (POBLANO) A VARIAS DOSIS DE N Y TENSIONES DE HUMEDAD EN EL SUELO CON FERTIRRIEGO EN LA REGIÓN DEL BAJÍO

Alejandro Rodríguez Guillén¹, Salvador Villalobos Reyes², Pedro Antonio Dávalos González³:

^{1,2,3}Investigador en suelos, horticultura protegida y mejoramiento genético, respectivamente. Campo Experimental Bajío (CEBAJ), Km 6.5 carr. Celaya-San Miguel de Allende. Celaya, Gto. A.P. 112. alejandrordríguezguillen1@gmail.com

RESUMEN

El chile tipo ancho (poblano) es el segundo chile más popular en México. Normalmente requiere menos nitrógeno que cualquier otro tipo de pimiento, pero la literatura en esta materia es muy limitada. El presente estudio se llevó a cabo con el objetivo de determinar la respuesta del chile poblano a varias dosis de N y tres tensiones de humedad del suelo (THS), que se midieron para obtener diferentes manejos del riego. Se evaluaron cuatro dosis de N y dos tratamientos de contraste: T5 y T6; además, se incluyó un tratamiento de acolchado plástico (T7). Otro propósito de este experimento fue definir la adecuación de los niveles de N en hoja, pecíolo y savia para lograr el máximo rendimiento de chile. El experimento se estableció en un suelo Vertisol en el Campo Experimental Bajío, de INIFAP, ubicado en Celaya, Gto. El rendimiento comercial fue mayor con la dosis de 85 kg N ha⁻¹ y dosis mayores que ésta tendieron a disminuir el rendimiento del cultivo. No hubo respuesta a P ni a K debido a sus altos niveles encontrados en el suelo. El acolchado redujo el rendimiento del cultivo debido a que las plantas de este tratamiento presentaron un exceso de vigor y una excepcional altura, pero con menos frutos por planta. Una concentración de N entre 4.5 y 5.5% en la hoja más recientemente madura (HMRM) es suficiente para los primeros 60 días después del trasplante (DDT). Después de 80 DDT, el rango adecuado fue de 3.5 a 4%. La concentración adecuada de NO₃-N en el extracto celular estuvo entre 400 y 500 mg L⁻¹ (primeros 60 DDT) y disminuyó de 250 a 350 entre 60 y 100 DDT.

Palabras clave: chile ancho, *Capsicum annumm* L., nutrición vegetal, fertirrigación, NPK.

ABSTRACT

The wide chili (poblan type) is the second most popular in Mexico. It normally requires less nitrogen than any other type of pepper, but the literature on this subject is limited. The present study was carried out to determine the response of this pepper to various nitrogen doses and three soil moisture tensions (SMT). Four levels of N were assessed; two contrasting treatments (T5 and T6) and plastic mulch treatment were also included (T7). Another aim of this experiment was to define the adequacy of the N levels in the leaf, petiole and sap to achieve maximum pepper yield. The experiment was established in a Vertisol at the Bajío Experimental Field (INIFAP), Celaya, Gto. The commercial yield was higher with the dose of 85 kg N ha⁻¹ and the higher doses tended to decrease the crop yield. There was no response to P or K because of their high levels founded in the soil. The plastic mulch reduced the yield of the crop because the plants of this treatment appeared an excess of vigor and height, but with a fewer fruits per plant. Yield was not significantly affected by soil moisture tension, but showed higher yield in the treatment with higher moisture level. A concentration of N between 4.5 and 5.5% in the most recently mature leaf (MRML) was sufficient for the first 60 days after traplant (DAT). After 80 DAT, the adequate range was 3.5 to 4%. The adequate concentration of NO₃-N in the cell extract was 400 to 500 mg L⁻¹ (the first 60 DAT), and from 250 to 350 between 60 and 100 DAT.

Keywords: wide type chili, *Capsicum annumm* L., plant nutrition, fertigation, NPK.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la mayor parte de la agricultura productiva del norte y centro de México depende del riego y la mayoría de los cultivos hortícolas dependen de las reservas de agua subterránea, que están excesivamente agotadas debido a la sobreexplotación de este recurso. En el Estado de Guanajuato esto se debe a que hay un gran desequilibrio entre la extracción de aguas subterráneas y la baja recarga natural. Colateralmente, los productores de hortalizas tienden a fertilizar en exceso con nitrógeno para lograr altos rendimientos. La contaminación de las aguas subterráneas por NO_3^- es una preocupación cada vez mayor no sólo en México, sino también en el oeste de EUA, convirtiéndose cada vez más en un problema global generalizado que, al igual que su posible solución, se están estudiando intensamente en las principales regiones de producción agrícola del mundo (Singh & Craswell, 2021). Estas situaciones están obligando a los productores de hortalizas para mejorar la eficiencia en el uso de agua y N. Una solución alternativa para reducir los problemas de agotamiento de las aguas subterráneas y, por lo tanto, de escasez de agua, así como la contaminación por NO_3^- es realizar un uso más eficiente mediante sistemas de riego como la fertirrigación y la aplicación de nutrientes a través de los fertilizantes en el agua de riego por goteo. El uso del fertirriego en cultivos de hortalizas ofrece la posibilidad de aumentar el rendimiento de los cultivos, la calidad y los beneficios económicos, al mismo tiempo que se logra la reducción en la utilización de agua y las pérdidas de NO_3^- hacia las aguas subterráneas (Al-Jamal *et al.*, 2001).

El manejo de agua y fertilizantes en Chile han sido estudiadas por varios investigadores (Batal & Smith, 1981; O'Sullivan, 1979). Más recientemente, algunas investigaciones se han publicado en relación con el manejo de fertilizante a través de la fertirrigación en este cultivo (Payero *et al.*, 1990; Locascio & Alligood, 1992; Dukes *et al.*, 2006; Lozano-Fernandez *et al.*, 2018). Sin embargo, la mayoría de esta investigación se ha dedicado a tipos de Chile que pueden diferir mucho del Chile poblano, el cual es muy común en México y que normalmente requiere menos nitrógeno que el pimiento morrón. Por otra parte, el análisis de extracto celular de tejido es una herramienta muy valiosa para vigilar la nutrición de los cultivos y corregir adecuadamente una deficiencia a través de sistemas de fertirrigación por la posibilidad de dividir las aplicaciones en inyecciones múltiples de fertilizantes líquidos para evitar deficiencias de N y de insumos innecesarios.

Los objetivos del estudio fueron determinar la respuesta de Chile poblano a dosis de nitrógeno bajo riego por goteo en un suelo Vertisol, así como desarrollar directrices de análisis de tejido vegetal para aplicar los fertilizantes líquidos nitrogenados a través del sistema de riego por goteo en Chile ancho o poblano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se estableció en un suelo Vertisol en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ), perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Celaya, Gto., México. La textura del suelo es arcillosa, con 2.1% de materia orgánica, pH de 7.1, 15 ppm de P-Olsen, 850 ppm de K extraíble con acetato de amonio y con 85 kg de $\text{NO}_3\text{-N ha}^{-1}$ en los 0 a 90 cm de profundidad.

En el presente experimento se estudiaron nueve tratamientos: Cuatro niveles de N, manteniendo constantes los niveles de P ($80 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$) y K ($200 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$) y dos tratamientos de contraste (T3 -P y T3 -K) y también fueron incluidos otros dos niveles de tensión de humedad en el suelo (THS) (T8 y T9) y un tratamiento con acolchado plástico (T3 +Acol.) (Cuadro 1). El fósforo se aplicó antes de la plantación, utilizando fosfato monoamónico, el nitrógeno y el potasio se aplicaron semanalmente mediante el uso de fertilizantes líquidos de nitrato de amonio y sulfato de potasio. El agua del suelo se midió como tensión hídrica

mediante tensiómetros instalados a 15 cm entre dos emisores, a una profundidad de 15, 30 y 45 cm. Las lecturas de tensión se registraron todos los días a las 8:00 am. El agua de riego se aplicó según lo indicado por los tensiómetros y el volumen se midió con un medidor volumétrico en cada tratamiento de THS.

Cuadro 1. Tratamientos de nitrógeno, fósforo, potasio, acolchado plástico y tensión de humedad del suelo para el experimento de chile poblano (dosis en kg ha⁻¹).

Tratamiento [†]	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Acol.	THS [‡]	Variedad
T1. 0 N (+P) (+K) 15 kPa	0	100	200	No	15 kPa	San Luis
T2. 85 N (+P) (+K) 15 kPa	85	100	200	No	15 kPa	San Luis
T3. 175 N (+P) (+K) 15 kPa	175	100	200	No	15 kPa	San Luis
T4. 285 N (+P) (+K) 15 kPa	285	100	200	No	15 kPa	San Luis
T5. 175 N (-P) (+K) 15 kPa	175	0	200	No	15 kPa	San Luis
T6. 175 N (+P) (-K) 15 kPa	175	100	0	No	15 kPa	San Luis
T7. 175 N (+P) (+K) 15 kPa (+Acol.)	175	100	200	Si	15 kPa	San Luis
T8. 175 N (+P) (+K) 10 kPa	175	100	200	No	10 kPa	San Luis
T9. 175 N (+P) (+K) 30 kPa	175	100	200	No	30 kPa	San Luis

[†]P₂O₅ y K₂O fueron aplicados a dosis de 80 y 200 kg ha⁻¹; [‡]Tensión de humedad del suelo.

Los resultados del estudio se analizaron bajo un diseño experimental de bloques al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento; la parcela útil fue de cuatro camas de 12 m de largo y 1 m de ancho. Las semillas de chile poblano var. San Luis se sembraron en el invernadero y las plántulas se trasplantaron al campo 90 días después. El total de la biomasa aérea seca se determinó en un área de 2 m² en el Tratamiento 3, durante seis veces en el ciclo del cultivo. Las muestras de suelo se analizaron para determinar el contenido total de N, P, K, Ca y Mg para obtener la curva de acumulación para cada uno de estos nutrientes a lo largo del ciclo.

La hoja más recientemente madura (HMRM) fue muestreada en seis ocasiones durante el ciclo del cultivo, se secaron en horno a 65 °C, se molieron y procesaron para el análisis del contenido de macro y micronutrientes. Los pecíolos de chile poblano fueron muestreados varias veces en el ciclo para analizar la concentración de NO₃-N, PO₄-P y K en el extracto celular de pecíolo de las muestras. El rendimiento de fruta se determinó en cada tratamiento para las diferentes clases comerciales de chile, de acuerdo a la clasificación convencional de mercado. En el Tratamiento 3 en cada cosecha, después de la clasificación de la fruta, fue secada, molida y analizada para la determinación de macronutrientes. Al final del ciclo, se tomaron muestras de residuo vegetal para el análisis de macronutrientes para tener la serie completa de datos con la finalidad de obtener la curva de acumulación de nutrientes. Las muestras de solución del suelo se tomaron para los tratamientos de N, mediante el uso de tubos de acceso a la solución del suelo de 15 y 30 cm de profundidad. Estas muestras fueron tomadas cada dos semanas, 24 h después del riego y antes de la aplicación de fertilizantes. La concentración de N (NO₃-N y N total) en tejido vegetal y de extracto celular se relacionó con el rendimiento del cultivo para determinar las guías preliminares de N en la planta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se tomaron datos de la temperatura y las precipitaciones durante los dos ciclos de evaluación. El botoneo del chile poblano comenzó a los 36 DDT y la aparición de las primeras flores se produjo a 41 DDT, en tanto que primera cosecha se hizo a los 62 DDT.

El rendimiento comercial de chile poblano fue mayor con la dosis de 85 kg N ha⁻¹; aunque durante las dos primeras cosechas los mejores resultados se produjeron en el tratamiento testigo (Figura 1). Con dosis superiores a 85 kg N ha⁻¹ el rendimiento tendió a disminuir a finales del ciclo. Para chile, investigadores como Locascio & Alligood (1992) y Olsen & Lyons (1994) reportaron que la dosis óptima de nitrógeno estuvo en el orden de 210 a 280 kg ha⁻¹.

Sin embargo, otros estudios en México indican que la respuesta a N para este cultivo era del orden de 120 kg N ha⁻¹ en virtud del surco de riego. Además, no hubo respuesta a fósforo ni a potasio, como consecuencia de los altos niveles de los nutrientes que se encontraron en el suelo. El acolchado redujo el rendimiento de los cultivos y las plantas de este tratamiento presentaron un exceso de vigor y una excepcional altura, pero con menor número de frutos por planta. El rendimiento no fue significativamente afectado por la tensión de agua en el suelo, pero se presentó la mayor producción (59.9 t ha⁻¹) en el tratamiento con máximo nivel de humedad (10 kPa) (Cuadro 3). El tamaño de fruto no se vio afectado significativamente por la dosis de N, y presentó un peso promedio de 92 g fruto⁻¹.

Cuadro 3. Datos de rendimiento de chile poblano afectado por N, P, K, tensión de humedad del suelo y acolchado plástico.

Tratamiento [†]	Rendimiento				Rendimiento mercadeable
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	Rezaga	
	----- t ha ⁻¹ -----				
T1. 0 N (+P) (+K) 15 kPa [‡]	19.9	17.8	15.9	3.9	53.6
T2. 85 N (+P) (+K) 15 kPa	24.7	21.1	15.1	4.0	60.9
T3. 175 N (+P) (+K) 15 kPa	20.1	19.9	13.9	7.0	53.9
T4. 285 N (+P) (+K) 15 kPa	20.8	21.6	12.3	6.2	54.7
T5. 175 N (-P) (+K) 15 kPa	22.1	19.4	13.2	5.4	54.8
T6. 175 N (+P) (-K) 15 kPa	20.9	20.4	11.2	5.0	52.5
T7. 175 N (+P) (+K) 15 kPa (Acolchado +)	18.4	18.4	12.0	6.0	48.9
T8. 175 N (+P) (+K) 10 kPa	23.3	22.7	14.0	5.8	59.9
T9. 175 N (+P) (+K) 30 kPa	20.2	25.1	12.3	4.6	57.7
LSD	5	4	3	2	10
CV (%)	18	14	15	22	12

[†]P₂O₅ y K₂O se aplicaron a dosis de 80 y 200 kg ha⁻¹; [‡]Tensión de humedad del suelo.

En la Figura 1 se muestran los resultados del N total en la hoja más recientemente madura (HMRM) de chile poblano. De los datos preliminares de la Figura 1 se puede concluir que una concentración de N entre 4.5 y 5.5% es suficiente para los primeros 60 días después de trasplantar. Estos valores son ligeramente superiores a los propuestos por Locascio & Allgood (1992), pero similares a los propuestos por Lozano-Fernandez *et al.* (2018) y más bajos que los propuestos por Olsen & Lyons (1994). A 80 DDT el valor adecuado era alrededor del 4% y, después de esto, el rango adecuado fue de 3.5 a 4%.

En cuanto a la NO₃-N en el extracto celular, a partir de los datos de la Figura 2 y teniendo en cuenta que el tratamiento testigo presentó los mejores resultados durante las dos primeras cosechas del experimento, se llegó a la conclusión de que la concentración adecuada es de entre 400 y 500 mg NO₃-N kg⁻¹ durante los primeros 60 DDT y disminuye de 250 a 350 entre 60 y 100 DDT. Estos valores son muy inferiores a los reportados para pimiento por otros autores, como Hartz (1994); Olsen & Lyons (1994).

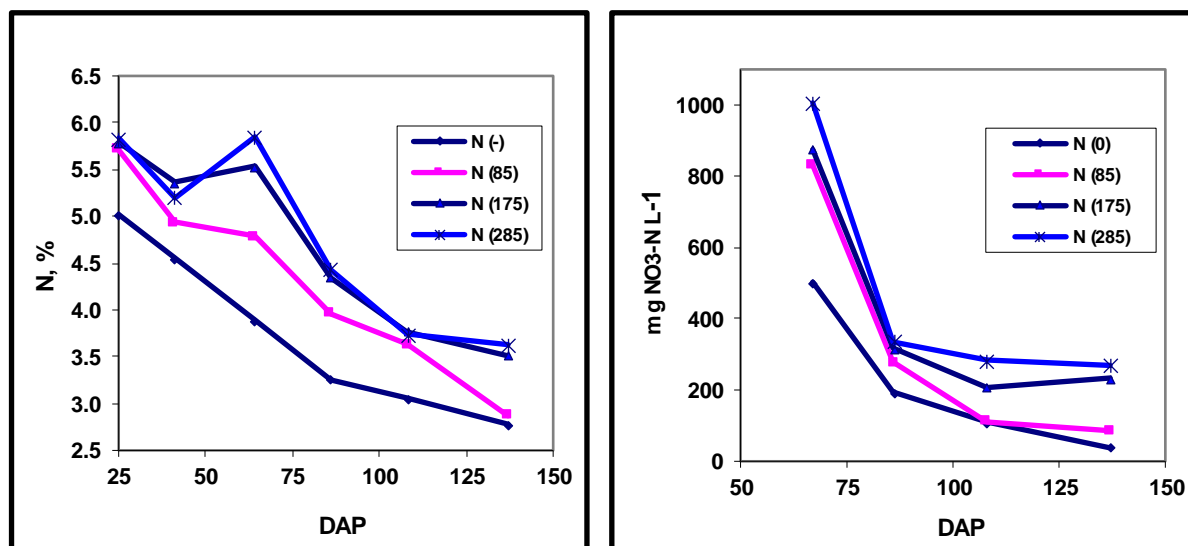


Figura 1. Concentración de nitrógeno en la HMRM y NO₃-N en extracto celular de chile poblano durante el ciclo para los cuatro niveles de nitrógeno estudiados.

La concentración de P y K determinado en extracto celular de pecíolo (ECP) se presenta en la Figura 2. La concentración de P en la hoja fue menor en el tratamiento sin P, pero esto no se reflejó en el rendimiento del cultivo y de los valores más bajos en la figura se consideran adecuados para el rendimiento óptimo durante el ciclo. En general, valores que entran dentro de los considerados adecuados por Jones *et al.* (1991). No hay informes de PO₄-P en extracto celular, pero los valores del presente estudio oscilaron entre 150 y 250 mg L⁻¹.

Si bien los valores del K en la HMRM oscilaron entre 2.5 y 3.5% durante la mayor parte del ciclo; valores que son inferiores a los reportados por Jones *et al.* (1991) para el chile poblano. El contenido de K en el extracto celular obtenido mediante prensa osciló entre 7,000 a 9,000 ppm durante los primeros 100 DDT, y disminuyó a 4,700 en 5,200 a 137 DDT. Olsen & Lyons (1994) propusieron el valor de 4,800 como el valor crítico de este nutriente en Chile. En este estudio, el rendimiento de Chile no estuvo limitado por este nutriente en el Tratamiento sin potasio (K⁻).

La curva de acumulación de nutrientes para Chile poblano se presenta en la Figura 2. La alta demanda de nutrientes comienza a finales de junio. La alta demanda de N no se corresponde con las dosis óptimas de N encontradas en el experimento y se indica en el Cuadro 1. Esto podría ser debido a la reserva de N mineral en el suelo, además de la mineralización de la materia orgánica del suelo.

En el Cuadro 3 se muestran los resultados de la conductividad eléctrica, nitrato y K en el suelo como solución de la muestra por tubo de acceso a la solución del suelo. Los nitratos estaban muy variables entre las fechas de muestreo, pero en promedio general, el mejor rendimiento cuando se han logrado NO₃-N son las concentraciones en el rango de 25 a 33 mg L⁻¹ para el 15 y 30 cm de profundidad. La concentración de K en el suelo solución presenta un rango entre 18 y 20 mg L⁻¹, lo que significa que los suelos con este valor o superior no presentan respuesta a K para este cultivo.

Cuadro 3. Promedio de Conductividad eléctrica (CE), concentraciones de NO₃-N y K en la solución del suelo a partir de tubos de acceso a la solución del suelo (TASS) para las diez fechas de muestreo.

Tratamiento de nitrógeno	CE, dS m ⁻¹		NO ₃ -N, mg L ⁻¹		K, mg L ⁻¹	
	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm
1. 0 N (+P) (+K) 15 kPa	0.85	0.90	14.8	21.8	20.9	20.3
2. 85 N (+P) (+K) 15 kPa	0.87	1.08	24.9	33.0	18.3	19.3
3. 175 N (+P) (+K) 15 kPa	1.24	1.30	50.1	61.1	20.8	20.0
4. 285 N (+P) (+K) 15 kPa	1.14	1.21	40.0	42.9	17.7	18.9

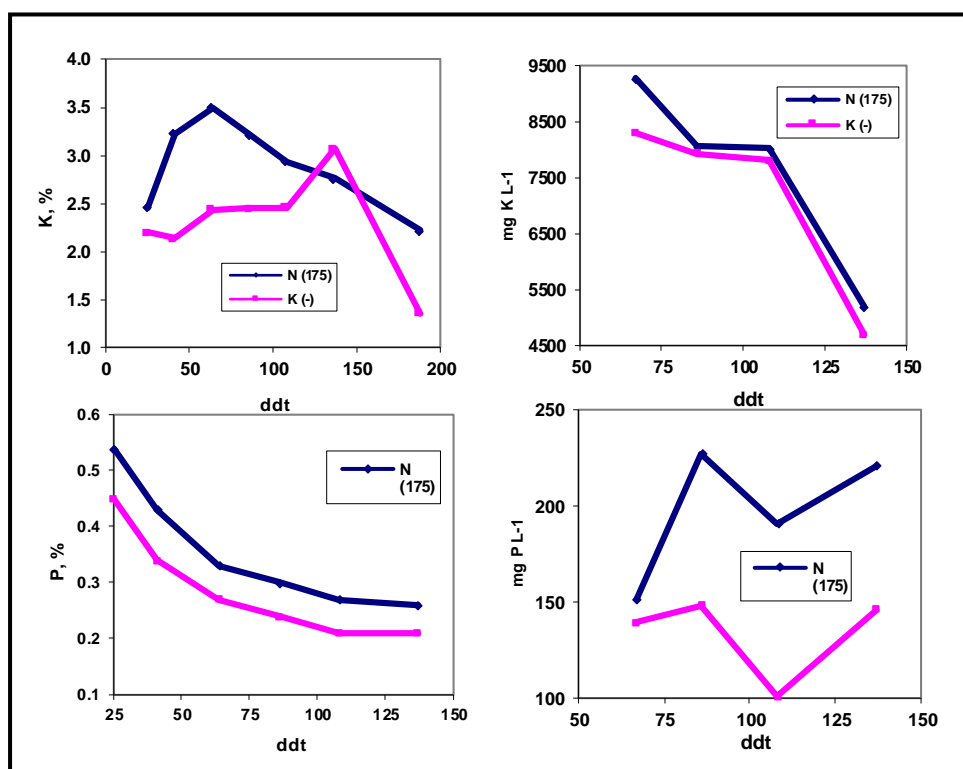


Figura 2. Concentración de P y K en la HMRM (%) y en el extracto celular de peciolo (ECP, en mg L⁻¹) durante varias fechas de muestreo a través del ciclo vegetativo del cultivo.

CONCLUSIONES

El chile poblano respondió a una disminución de las dosis de N, en comparación con pimiento morrón. Este cultivo también presentó los valores críticos de nitratos más bajos en el ECP y la concentración de NO₃-N adecuada fue alrededor de 25 a 30 mg L⁻¹ en la solución del suelo.

La concentración de nitrógeno y fósforo se incrementó en el extracto celular de hoja a medida que aumentó la dosis de N desde 0 hasta 280 unidades de N ha⁻¹. La mayor demanda de potasio ocurrió en todos los tratamientos hacia el final del ciclo vegetativo, lo que indica la importancia de este nutrimento para aumentar la calidad del fruto.

El chile poblano mostró un alto potencial de rendimiento bajo condiciones de fertirrigación empleando riego por goteo con cintilla, ya que experimentalmente se obtuvieron 63 t ha⁻¹ en comparación al esquema tradicional de producción con riego por gravedad, que fue de 23 t ha⁻¹.

Además de mostrar un gran potencial de rendimiento bajo condiciones de fertirrigación, con chile poblano se obtuvo un ahorro de 50% en la lámina total de agua aplicada durante todo el ciclo del cultivo.

REFERENCIAS

- Al-Jamal, M. S.; B. Shelby, & T. W. Sammis. 2001. Comparison of sprinkler, trickle and furrow irrigation efficiencies for plant production. *Agric. Water Manag.* 46(3):253-266 pp.
- Batal, K. M., & D. A. Smittle. 1981. Response of bell pepper to irrigation, nitrogen and plant population. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106:259-262 pp.
- Dukes, M. D.; L. Zotarelli; J. M. S. Scholberg, & R. Munoz-Carpena. 2006. Irrigation and nitrogen best management practices under drip-irrigated vegetable production. *Procs. ASCE EWRI World Water & Environmental Resource Congress.* 1-11 pp.
- Hartz, T. K. 1994. Drip irrigation and fertigation management of vegetable crops. *Calif. Dept. Food Agric. Sacramento, CA. USA.* 36 pp.
- Jones, B.; B. Wolf, & H. A. Mills. 1991. *Plant analysis handbook.* Micro Macro Publishing, Inc. Athens, GA. USA. 291 pág.
- Locascio, S. J., & M. Alligood. 1992. Nitrogen and potassium source and N-rate for drip irrigated pepper. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 105:323-325 pp.
- Lozano-Fernandez, J.; L. F. Orozco-Orozco, & L. F. Montoya-Munera. 2018. Effect of two environments and fertilization recommendations on the development and production of bell pepper (cv. Nathalie). *Acta Agronómica.* Vol. 67, no. 1:101-108 pp.
- Olsen, J. K., & D. J. Lyons. 1994. Petiole sap nitrate is better than nitrogen in dried leaf for indicating nitrogen status and yield responsiveness of capsicum in subtropical Australia. *Aust. J. Exp. Agric.* 34:835-843 pp.
- O'Sullivan, J. 1979. Response of peppers to irrigation and nitrogen. *Can J. Plant Sci.* 59:1085-1091 pp.
- Payero, J. O.; M. S. Bhangoo, & J. J. Steiner, 1990. Nitrogen fertilizer management practices to enhance seed production by "Anaheim chili" peppers. *J. Amer. Soc. Hort Sci.* 115:245-251 pp.
- Singh, B., & E. Craswell. 2021. Fertilizers and nitrate pollution of surface and ground water: An increasingly pervasive global problem. *SN Appl. Sci.* Article number 518; (3):1-24 pp.

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DOS VARIEDADES DE *Stevia rebaudiana* Bertoni EN SUELOS KANCAB, DEL ESTADO DE YUCATÁN

AGRONOMIC BEHAVIOR OF TWO VARIETIES OF *STEVIA REBAUDIANA* BERTONI IN KANCAB SOILS, YUCATAN STATE.

M. G. Lozano-Contreras^{1*}, G. Ramírez-Jaramillo², J. H. Ramírez-Silva²

¹Campo Experimental Mococho del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Mococho, Yucatán, México

²Centro de Investigación Regional Sureste del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Mérida, Yucatán, México

*Autor para correspondencia: lozano.monica@inifap.gob.mx

RESUMEN

Debido a la relevancia actual de *Stevia rebaudiana*, el contar con materiales adaptados a las condiciones de México es una necesidad urgente para que el cultivo se incremente en el país. Sin embargo, la variedad que más se emplea a nivel mundial es la variedad Morita II, desarrollada en Japón por Toyosigue Morita, que presenta mayores rendimientos de hoja seca y mejor contenido químico que las otras variedades. Pero esta variedad, no se adapta de igual forma en todas las regiones. El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento agronómico de dos variedades de *S. rebaudiana* Bertoni en suelos kancab, del estado de Yucatán. Se utilizaron plantas de *S. rebaudiana* cv. Morita II y la variedad clonal denominada Ch'ujuk (generada por el INIFAP); los esquejes fueron seleccionados a partir de plantas cultivadas con seis meses de edad, de ambos materiales vegetativos. Las variables evaluadas, fueron la altura de la planta y el número de tallos, a los 15, 30 y 45 días después del trasplante. La variedad Ch'ujuk es un material que presenta un mayor potencial de adaptabilidad a las condiciones de suelo y clima de esta región. Presenta una mayor altura y presenta multi-tallos, en comparación a la variedad Morita II.

Palabras clave: adaptabilidad, caracterización agronómica, variedades, condiciones de suelo.

ABSTRACT

Due to the current relevance of *Stevia rebaudiana*, there is an urgent need for materials adapted to Mexican conditions in order to increase its cultivation in the country. However, the most widely used variety worldwide is Morita II, developed in Japan by Toyosigue Morita, which has higher dry leaf yields and better chemical content than the other varieties. However, this variety does not adapt equally well to all regions. The objective of this study was to evaluate the agronomic performance of two varieties of *S. rebaudiana* Bertoni in kancab soils in the state of Yucatan. Plants of *S. rebaudiana* cv. Morita II and the clonal variety called Ch'ujuk

(generated by INIFAP) were used; cuttings were selected from plants grown at six months of age from both vegetative materials. The variables evaluated were plant height and number of stems at 15, 30 and 45 days after transplanting. The Ch'ujuk variety is a material with greater potential for adaptability to the soil and climatic conditions of this region. It has a greater height and presents multi-stems, compared to the Morita II variety.

Key words: adaptability, agronomical characterization, varieties, soil conditions

INTRODUCCION

El cultivo de *Stevia rebaudiana* contiene en sus hojas, agentes edulcorantes naturales sin aporte calórico, siendo los primarios el esteviósido y los rebaudiósidos A y C (Xiang *et al.*, 2019); es empleada para el consumo como sustituto de la sacarosa, con efectos positivos sobre la salud en los tratamientos contra el sobrepeso y diabetes al no incrementar los niveles de azúcar en la sangre, enfermedades que pueden conducir al desarrollo de múltiples complicaciones (Vaghela y Soni 2020). La variedad más sembrada a nivel mundial es la variedad Morita II, material que se generó en Japón (Martínez-Cruz, 2015), la cual es un cultivo de ciclo intermedio de 100 a 130 días. Esta variedad posee una alta concentración de los principales glucósidos; el contenido de Rebaudiósido-A, es de 7 al 13%, mientras que el Esteviósido es de 1,2 al 5%. Sin embargo, la siembra de este cultivo en el trópico, presenta algunos problemas agronómicos para su desarrollo comercial, tales como: un tallo, con limitaciones para el rebrote por lo que solo es factible sostenerlo durante un año, susceptible de acame y dificultad para el rejuvenecimiento, además de ser muy susceptible a *Fusarium*, provocando la pérdida de entre el 20 y el 30% de la población sembrada, además de presentar una mayor demanda de nutrientes que los materiales nativos (Jarma, 2008). Una alternativa a estos problemas, puede ser la variedad clonal denominada Ch'ujuk, cuya planta es de porte semi-decumbente, es una de ciclo intermedio (80 a 100 días). En lo que respecta a su resistencia al acame, presenta resistencia sobre todo por ser multi-tallo y con raíces abundantes en relación con la Morita II que es uni-tallo y con desarrollo de raíces escasa, lo que la hace más susceptible al acame y al daño de hongos presentes en el suelo (Ramírez-Jaramillo *et al.*, 2021). Con base a lo anterior se evaluó el comportamiento agronómico de estas dos variedades *Stevia rebaudiana*, en suelos kancab bajo condiciones de riego.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se estableció en condiciones de campo, 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).

Establecimiento del experimento

La parcela se estableció en suelo Luvisol (kancab), las propiedades del suelo se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características del suelo en el Sitio Experimental Uxmal, Muna, Yucatán.

pH	Materia orgánica (%)	N (mg kg ⁻¹)	P (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura
7.80	4.89	0.13	43.45	229.49	19.88	58	22.12	Franco-Limosa

Se utilizaron plantas de *Stevia rebaudiana* Bertoni cv. Morita II y la variedad clonal denominada Ch'ujuk (generada por el INIFAP); los esquejes fueron seleccionados a partir de plantas cultivadas con seis meses de edad, de ambos materiales vegetativos. Las plantas se podaron (poda de formación) 15 días después del trasplante, previo a la toma de las variables.

Variables evaluadas. Se evaluó el crecimiento de la planta mediante los siguientes parámetros: la altura de la planta medida con un flexómetro desde la base del tallo hasta el último ápice foliar, y el número de tallos, a los 15, 30 y 45 días después del trasplante (ddt). Se aplicó como comparador de medias el método de Tukey ($p \leq 0.05$) mediante el paquete estadístico InfoStat versión 2014 (Universidad Nacional de Córdoba, Argentina).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados indicaron que no existieron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) en la altura de las plantas (AP), entre las dos variedades. Se puede observar en la Figura 1, en los primeros 15 días de su establecimiento, que la variedad clonal Ch'ujuk presentó una mayor altura en comparación a la altura de variedad Morita II (14.02 y 12.04 cm de altura respectivamente), a los 30 y 45 ddt la variedad clonal Ch'ujuk continuó demostrando una mayor altura con respecto a la variedad Morita II (15.48 y 19.02 cm de altura). La variedad Morita II comenzó con un crecimiento lento, demostrando que esta variedad tarda en adaptarse a las condiciones de suelo y clima de la región, contrario a lo observado por la variedad Ch'ujuk. Resultado que se esperaba según lo reportado por Ramírez-Jaramillo *et al.*, 2020; para esta variedad clonal de ciclo intermedio (80 a 100 días), la cual presenta una altura promedio de 60 cm, en comparación a Morita II la cual reporta una altura máxima de 45 cm, en esta región.

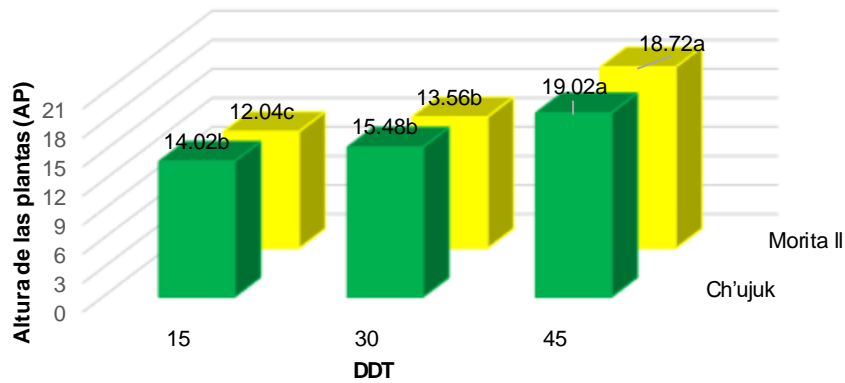


Figura 1. Altura de la planta a los 15, 30, y 45 días después del trasplante (ddt), entre dos variedades de *S. rebaudiana*. Las letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$, prueba de Tukey), $n=10$.

Con relación a la producción de tallos la variedad clonal Ch'ujuk presentó el mayor número de tallos, en comparación a la variedad Morita II. A los 45 después del trasplante (ddt), esta variedad presentó nueve tallos primarios, mientras que Morita II solo presentó cinco, en lo que respecta a tallos secundarios, el clon Ch'ujuk es muy ramificados en comparación a Morita II que presentó tallos poco ramificados (Figura 2). En los primeros días después del trasplante ambas variedades mostraron la misma producción de tallos, sin embargo, después de 45 días la variedad Ch'ujuk, presenta multi-tallos y con raíces abundantes en relación con la Morita II que es uni-tallo y con desarrollo de raíces escasa.

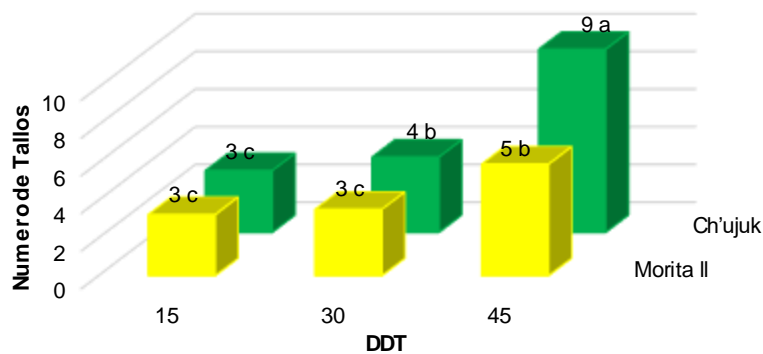


Figura 2. Número de tallos a los 15, 30, y 45 días después del trasplante (ddt), entre dos variedades de *S. rebaudiana*. Las letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$, prueba de Tukey), $n=10$.

CONCLUSIONES

La variedad clonal Ch'ujuk es un material que presenta un mayor potencial de adaptabilidad a las condiciones de suelo y clima de esta región. Presenta una mayor altura y presenta multi-tallos, en comparación a la variedad Morita II.

REFERENCIAS

- Jarma A. 2008. Estudios de adaptación y manejo integrado de estevia (*Stevia rebaudiana* Bert.): nueva alternativa agroindustrial del Caribe colombiano. Una revisión. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas 2(1): 109-120.
- Martínez-Cruz M. 2015. *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni. Una revisión. Cultivos Tropicales 36(1): 5-15.
- Ramírez-Jaramillo, G., Lozano-Contreras, M. G., Moguel-Ordóñez, Y. B. 2020. Ch'ujuk: variedad clonal de estevia como alternativa al cultivo masivo de Morita II para el Trópico de México. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 11(8): 2005-2010.
- Uribe-Valle, G. y Dzib-Echeverría, R. 2006. Micorriza arbuscular (*Glomus intraradices*), *Azospirillum brasilense* y Brassinoesteroide en la producción de maíz en el suelo luvisol. Agricultura Técnica en México, 32(1), 67-76.
- Xiang, Z., Tang, X., Liu, W. and Song, Ch. 2019. A comparative morphological and transcriptomic study on autotetraploid *Stevia rebaudiana* (Bertoni) and its diploid. Plant Physiology and Biochemistry 143(1): 154-164.
- Vaghela, S. and Soni, A. 2020. Comprehensive overview of *Stevia rebaudiana* and its secondary metabolite sweeteners. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 13(2): 26-138p

COMPORTAMIENTO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ A ENFERMEDADES FOLIARES EN EL SUR DE SONORA

BEHAVIOR OF MAIZE HYBRIDS TO FOLIAR DISEASES IN SOUTHERN SONORA.

Ramírez Arredondo José Alfonso, Valenzuela Borbón Jesús Rafael y Armenta Cejudo Ramón Antonio.

Campo Experimental Norman E. Borlaug INIFAP. Apdo. postal 115, Cd Obregón, Sonora, México. C P 85000. Correo: ramirez.alfonso@inifap.gob.mx.

RESUMEN

El cultivo de maíz en el sur de Sonora es afectado por enfermedades foliares. Esta investigación se realizó durante el ciclo primavera verano de 2020. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de híbridos de maíz a un complejo de enfermedades foliares bajo condiciones de infección natural en el sur de Sonora. Las enfermedades que se presentaron con mayor severidad en los híbridos de maíz fueron tizón norteño (*Exserohilum turcicum*) y roya común (*Puccinia sorghi*). Otras enfermedades con menor intensidad fueron: mancha gris (*Cercospora zea-maydis*), mancha zonada (*Gloeocercospora sorghi*) y mancha blanca (*Phaeosphaeria maydis*). La severidad del complejo en el tercio medio de las plantas del híbrido Armadillo, DK 4050, Rinoceronte, Hipopótamo y DK 4055 fue de 47.7, 37.5, 35.3, 34.4 y 33.0 % de área foliar dañada, respectivamente. La estimación de rendimiento en el híbrido DK 4050, DK 4055, Rinoceronte, Armadillo e Hipopótamo fue de 20.073, 17.297, 16.983, 16.530 y 15.697 t/ha, respectivamente. El híbrido Armadillo presentó la mayor susceptibilidad al complejo de enfermedades foliares; el híbrido DK 4050 presentó mediana susceptibilidad al complejo y el mayor rendimiento.

Palabras clave: *Exserohilum turcicum*, *Puccinia sorghi*, tolerancia.

ABSTRACT

Foliar diseases affect corn cultivation in southern Sonora. This research was conducted during the spring summer 2020 cycle. The objective of this work was to evaluate the behavior of maize hybrids to a complex of foliar diseases under natural infection conditions in southern Sonora. The diseases most severely in maize hybrids were northern blight (*Exserohilum turcicum*) and common rust (*Puccinia sorghi*). Other diseases with lower intensity were grey spot (*Cercospora zea-maydis*), zoned spot (*Gloeocercospora sorghi*) and white spot (*Phaeosphaeria maydis*). The severity of the complex in the middle third of the plants of the hybrid Armadillo, DK 4050, Rinoceronte, Hipopótamo and DK 4055 was 47.7, 37.5, 35.3, 34.4 and 33.0 % damaged foliar area, respectively. The yield estimate in the DK 4050, DK 4055, Rinoceronte, Armadillo and Hipopótamo hybrid was 20,073, 17,297, 16,983, 16,530 and 15,697 t/ha, respectively. The Armadillo hybrid presented the highest susceptibility to the foliar disease complex; the DK 4050 hybrid had medium susceptibility to the complex and the highest yield.

Key words: *Exserohilum turcicum*, *Puccinia sorghi*, tolerance.

INTRODUCCIÓN

En México el cultivo de maíz es afectado por varias enfermedades, se tiene consignadas: Roya (*Puccinia sorghi*), antracnosis (*Colletotrichum graminicola*), mildiu (*Peronosclerospora sorghi*), mancha café o peca (*Physoderma maydis*), mancha gris (*Cercospora zea-maydis*), tizón foliar (*Exserohilum turcicum*), mancha zonada (*Gloeocercospora sorghi*), mancha blanca (*Phaeosphaeria maydis*), pudrición carbonosa (*Macrophomina phaseolina*), pudrición del tallo (*Fusarium moniliforme*), carbón común (*Ustilago maydis*), carbón de la espiga (*Sporisorium*

reilianum), y pudrición de la mazorca (*Aspergillus flavus*) (CIMMYT, 2004; Shurtleff, 1980; Lanza et al, 2013). Actualmente la información en esta región sobre las enfermedades en maíz es limitada (Ramírez, Valenzuela y Cabrera, 2019). En atención a lo anterior se realizó esta investigación con el objetivo de conocer el comportamiento de cinco híbridos de maíz a las enfermedades foliares en las condiciones del sur de Sonora.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó durante el ciclo de primavera-verano de 2020, en la comunidad Juan de la Barrera, municipio de Huatabampo área Fuerte-Mayo del sur de Sonora. Se evaluó el comportamiento de cinco híbridos de maíz a un complejo de enfermedades foliares en una fecha de siembra intermedia (24 de diciembre de 2019). Los Híbridos fueron: Hipopótamo, Rinoceronte, Armadillo, DK 4050 y DK 4055 en condiciones de riego. El diseño experimental fue en franjas de ocho surcos de 250 m de longitud y a 0.8 m de separación. No se realizaron aplicaciones de fungicidas; el manejo del cultivo se hizo de acuerdo a las recomendaciones del programa de maíz del CENEB-INIFAP. Las variables consideradas fueron la severidad individual de cada una de las enfermedades presentes. Se tomaron datos del % de área foliar dañada (%AFD) en tres estratos: hoja bandera; una hoja de la parte media (inmediatamente superior al elote); y una hoja de la parte media del tercio inferior por planta muestreada. Para evaluar la severidad se utilizó una escala arbitraria, estimando visualmente el porcentaje de área dañada por las lesiones de cada una de las enfermedades presentes en cada hoja muestreada, y dando valores en una escala continua de 0 a 100 % (Ramírez, Valenzuela y Cabrera, 2019). Se estimó la severidad del complejo en 20 plantas por híbrido en madurez fisiológica. Las evaluaciones de severidad de las enfermedades foliares se realizaron el 29 de mayo de 2020. La información fue analizada con los datos climatológicos de la estación meteorológica automatizada del poblado Totoliboqui ubicada a 7 km del lote experimental. Se cosechó por separado cada una de las plantas muestreadas para correlacionar el rendimiento de mazorca con la severidad del complejo de las enfermedades presentes en cada planta; además considerando la densidad de número de plantas/m de cada una de las 20 plantas muestreadas, se estimó el rendimiento por hectárea. Los resultados se analizaron considerando un diseño completamente al azar. Los análisis de correlación se hicieron en el programa Excel 2016 y los análisis de varianza y la prueba de DMS para la separación de medias, se realizó con un paquete estadístico computarizado (Olivares, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el desarrollo del cultivo de maíz de enero a mayo 2020; en los meses de enero y febrero se presentaron condiciones de humedad relativa entre 70 y 80%, pero temperaturas bajas (Figura 1). Las temperaturas mínimas inferiores a 10 °C que predominaron durante los primeros dos meses del año, no favorecieron el desarrollo de enfermedades en el cultivo de maíz de acuerdo a lo reportado en la literatura. Las enfermedades desarrollaron a partir de la segunda quincena del mes de marzo, favorecidas por temperaturas superiores a 10 °C y humedad relativa predominante de 70% durante el mes de marzo y abril, las cuales están consignadas como favorables para su desarrollo (Beckman y Payne, 1983; Headrick y Pataky, 1986). Las condiciones favorables para el desarrollo de las enfermedades del maíz en el sur de Sonora durante el año 2019 se presentaron hasta el mes de abril (Ramírez, Valenzuela y Cabrera, 2019).

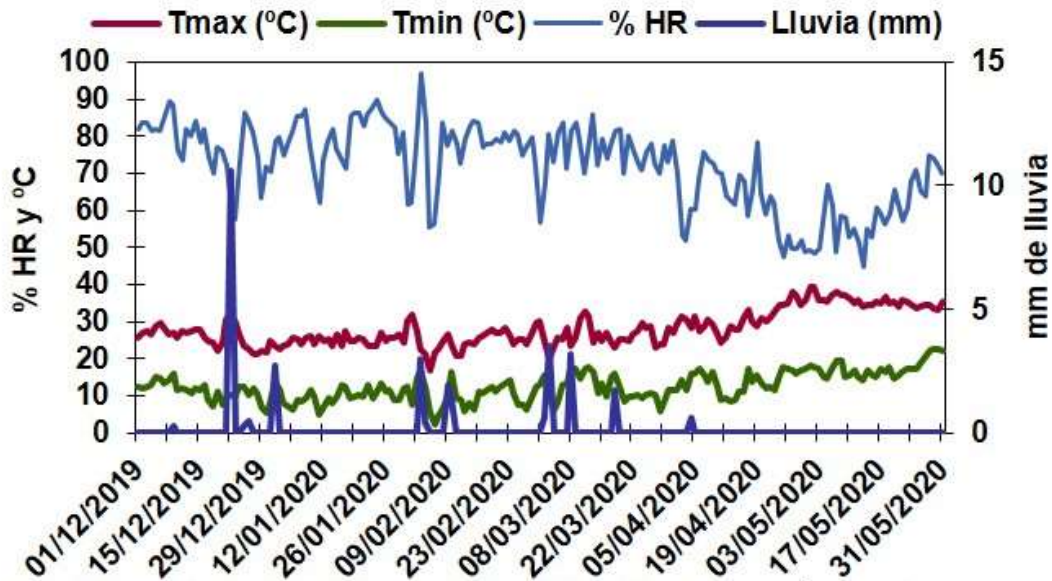


Figura 1. Condiciones meteorológicas durante el desarrollo del cultivo de maíz la región Fuerte-Mayo en el sur de Sonora. 2020.

Las enfermedades foliares que se presentaron con mayor severidad en el complejo fueron: tizón norteño (*Exserohilum turcicum*) y roya común (*Puccinia sorghi*). Otras enfermedades presentes en el complejo, pero con menor intensidad fueron: mancha blanca (*Phaeosphaeria maydis*), mancha gris (*Cercospora zea-maydis*) y mancha zonada (*Gloeocercospora sorghi*); la mancha zonada y mancha gris están reportadas en el sur de Sonora en el cultivo de sorgo (Ramírez, Morales y López, 2009; Ramírez y Morales, 2011). Se encontró que el %AFD estimado en tercio medio puede ser el más confiable, debido a que las hojas del tercio inferior se secan de manera ascendente en la planta al aproximarse la etapa de madurez fisiológica y la hoja bandera también inicia un secado por madurez que dificulta la evaluación de la severidad (Cuadro 2); las hojas en las plantas de maíz que permanecen mayor tiempo verdes, son las de la parte media superior ubicadas entre el elote y la espiga. La severidad del complejo en el tercio medio de las plantas del híbrido Armadillo, DK 4050, Rinoceronte, Hipopótamo y DK 4055 fue de 47.7, 37.5, 35.4, 33.9 y 33.0 %AFD, respectivamente (Cuadro 1 y 2). La severidad del complejo de enfermedades foliares de maíz en los híbridos Armadillo y DK 4050 fueron similares a los valores obtenidos para estos materiales en una fecha de siembra del día 18 de diciembre de 2018 y muestreo de severidad de enfermedades foliares realizado el día 28 de mayo del año 2019 (Ramírez, Valenzuela y Cabrera, 2019). El rendimiento de grano por mazorca obtenido en el híbrido DK 4050, DK 4055, Hipopótamo, Rinoceronte y Armadillo, fue de 178.4, 178.0, 162.1, 147.3 y 146.2 gr, respectivamente. Los valores de correlación entre el rendimiento de grano por mazorca y la severidad del complejo de las enfermedades foliares en el tercio medio de las plantas en el híbrido Rinoceronte, DK 4050, DK 4055, Hipopótamo y Armadillo fue de -0.60, -0.39, -0.14, -0.08 y -0.02. Un factor que tuvo efecto sobre el rendimiento de grano por mazorca fue la densidad de plantas/m, con valores de correlación negativa de hasta -0.56 obtenido en el híbrido Rinoceronte con 9.4 plantas/m. En cambio se obtuvo una correlación positiva de 0.17 con 7.8 plantas/m en el híbrido DK 4055. La información obtenida también indica que la densidad de plantas puede tener efecto sobre la severidad de roya con valores de correlación de hasta -0.45 en el híbrido Armadillo y 0.60 sobre tizón foliar en DK 4055; debido a que roya es favorecida por una mayor exposición de las hojas de las plantas de maíz a los rayos solares en bajas densidades, lo contrario sucede con tizón foliar que es favorecido por una mayor competencia entre las plantas en mayores densidades. La estimación de rendimiento por hectárea considerando la densidad de cada una de las plantas cosechadas para el híbrido DK 4050, DK 4055,

Rinoceronte, Armadillo e Hipopótamo fue de 20.073, 17.297, 16.983, 16.530 y 15.697 t/ha, respectivamente (Cuadro 2). Los rendimientos de los Híbridos de maíz DK 4050 y Armadillo en este trabajo superaron a los obtenidos en el año 2019 en una fecha de siembra del día 18 de diciembre (Ramírez, Valenzuela y Cabrera, 2019). El híbrido Armadillo en la presente investigación presentó la mayor susceptibilidad al complejo; el híbrido DK 4050 presentó mediana susceptibilidad al complejo de las enfermedades foliares y el mayor rendimiento (cuadro 1 y 2).

Cuadro 1.- Severidad de enfermedades foliares en el tercio medio de plantas de cinco híbridos de maíz en el área Fuerte-Mayo en el sur de Sonora. 2020.

Híbridos de maíz	% Severidad de Enfermedades Foliares del maíz en el tercio medio de las plantas ¹					Total %AFD
	Tizón norteño	Roya común	Mancha blanca	Mancha gris	Mancha zonada	
Armadillo	29.6	16.9	1.2	0.0	0.0	47.7 a*
DK 4050	25.9	9.5	1.1	0.8	0.3	37.5 b
Rinoceronte	22.8	7.3	3.5	1.5	0.4	35.4 b
Hipopótamo	18.8	10.5	3.5	1.1	0.0	33.9 b
DK 4055	21.4	10.1	1.5	0.0	0.0	33.0 b
Promedio	23.7	10.8	2.1	0.7	0.1	37.5

*Tratamientos con la misma letra entre columnas, son iguales DMS 0.05

¹ Tercio medio= Hoja inmediatamente superior al elote.

Cuadro 2.- Severidad del complejo de enfermedades foliare y rendimiento de cinco híbridos de maíz en el área Fuerte-Mayo en el sur de Sonora. 2020.

Híbridos	% Severidad de Enfermedades Foliares			Rendimiento (ton/ha)
	T. inferior	T. medio	Hoja Bandera	
DK 4050	100	37.5 b	45.5	20.073 a*
DK 4055	100	33.0 b	47.6	17.297 b
Rinoceronte	100	35.4 b	32.4	16.983 b
Armadillo	100	47.7 a*	45.3	16.530 b
Hipopótamo	100	33.9 b	32.5	15.697 b

*Tratamientos con la misma letra entre columnas, son iguales DMS 0.05

CONCLUSIONES

- Las enfermedades foliares del maíz encontradas en el sur de Sonora fueron: tizón foliar (*Exserohilum turcicum*), Roya común (*Puccinia sorghi*), mancha gris (*Cercospora zea-maydis*), mancha zonada (*Gloeocercospora sorghi*) y mancha blanca (*Phaeosphaeria maydis*).
- El híbrido Armadillo presentó la mayor severidad por enfermedades foliares.
- El híbrido de maíz DK 4050 resultó con el mayor rendimiento y mediana severidad de daño por el complejo de enfermedades foliares.

REFERENCIAS

- Beckman, P. M., and Payne, G. A. 1983. Cultural techniques and conditions influencing growth and sporulation of *Cercospora zae-maydis* and lesion development in corn. *Phytopathology* 73: 286-289.
- CIMMYT. 2004. Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. Cuarta Edición. México, D. F. 118 p.
- Headrick, J. M. and Pataky, J. K. 1986. Effects of night temperature and mist period on infection of sweet corn by *Puccinia sorghi*. *Plant Disease*, 70(10):950-953.
- Lanza, F. E., Zambolim L., Casela C. R., Costa R. V., Cota L. V., Silva D. D. and Figueiredo J. E. F. 2013. Etiology and epidemiological variables associated with maize resistance to white spot disease. *Journal of Plant Pathology* 95(12):349-359.
- Olivares S., E. 2015. Programa de análisis estadístico. Versión 1.6. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey. N. L.
- Ramírez A. J. A., Morales C. A. y López R. M. 2009. Comportamiento de híbridos de sorgo para grano (*Sorghum bicolor*) a un complejo de enfermedades foliares en el sur de Sonora. Memorias XII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México.
- Ramírez A. J. A. y Morales C. A. 2011. Respuesta de híbridos de sorgo para grano (*Sorghum bicolor*) a un complejo de enfermedades foliares en el sur de Sonora. Memorias XIV Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México.
- Ramírez, A. J. A., Valenzuela B. J. R. y Cabrera C. F. 2019. Comportamiento de dos híbridos de maíz a un complejo de enfermedades foliares en tres fechas de siembra en el sur de Sonora. Memorias XXII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México. Pag. 535-540.
- Shurtleff, M. C. 1980. Compendium of corn diseases. The American Phytopathology Society. pp.

SEVERIDAD DE ENFERMEDADES FOLIARES DEL MAÍZ EN EL SUR DE SONORA

SEVERITY OF MAIZE FOLIAR DISEASES IN SOUTHERN SONORA.

Ramírez Arredondo José Alfonso.

Campo Experimental Norman E. Borlaug INIFAP. Apdo. postal 115, Cd Obregón, Sonora, México. C P 85000. Correo: ramirez.alfonso@inifap.gob.mx.

RESUMEN

El cultivo de maíz es afectado por enfermedades foliares en el sur de Sonora. Esta investigación se realizó durante el ciclo primavera-verano de 2020. El objetivo de este trabajo fue estimar la severidad de las enfermedades foliares presentes en lotes comerciales y experimentales con cultivo de maíz en tres regiones del sur de Sonora. Las enfermedades foliares que se encontraron en el cultivo de maíz fueron tizón norteño (*Exserohilum turcicum*), roya común (*Puccinia sorghi*), mancha blanca (*Phaeosphaeria maydis*), mancha zonada (*Gloeocercospora sorghi*) y mancha gris (*Cercospora zea-maydis*) con una severidad promedio en el tercio medio de las plantas de 23.0, 5.3, 1.6, 0.4 y 0.2 % de área foliar dañada, respectivamente. La severidad del complejo en el tercio medio de las plantas de maíz en la región Fuerte-Mayo, Valle del Mayo y Valle del Yaqui fue de 35.5, 28.2 y 28.8% de área foliar dañada, respectivamente, con rendimiento promedio estimado de 13.019, 10.665 y 18.104 t/ha, respectivamente.

Palabras clave: *Exserohilum turcicum*, *Puccinia sorghi*, rendimiento.

ABSTRACT

Corn cultivation is affected by foliar diseases in southern Sonora. This research was conducted during the spring-summer cycle of 2020. The objective of this work was to estimate the severity of foliar diseases present in commercial and experimental batches with maize cultivation in three regions of southern Sonora. The foliar diseases found in the maize crop were northern blight (*Exserohilum turcicum*), common rust (*Puccinia sorghi*), white spot (*Phaeosphaeria maydis*), zonal spot (*Gloeocercospora sorghi*) and gray spot (*Cercospora zea-maydis*) with an average severity in the middle third of the plants of 23.0, 5.3, 1.6, 0.4 and 0.2% of damaged leaf area, respectively. The severity of the complex in the middle third of the corn plants in the Fuerte-Mayo, Valle del Mayo and Yaqui Valley region was 35.5, 28.2 and 28.8% of damaged leaf area, respectively, with estimated average yield of 13,019, 10,665 and 18,104 t/ha, respectively.

Key words: *Exserohilum turcicum*, *Puccinia sorghi*, yield.

INTRODUCCIÓN

En México el cultivo de maíz ocupa el primer lugar con una superficie cultivada de 7,581,280 hectáreas con una producción de 25,228,847 t/ha (SIAP-SAGARPA, 2013; 2014; 2015; 2016; 2017). El maíz es uno de los principales granos en nuestro país y constituye uno de los alimentos básicos para la población. Entre los factores que afectan el desarrollo de este cultivo se encuentran las enfermedades foliares. En México se tiene consignadas en el cultivo de maíz: roya (*Puccinia sorghi*), antracnosis (*Colletotrichum graminicola*), mildiu (*Peronosclerospora sorghi*), mancha café o peca (*Physoderma maydis*), mancha gris (*Cercospora sorghi*), tizón foliar (*Exserohilum turcicum*), mancha zonada (*Gloeocercospora sorghi*) y mancha blanca (*Phaeosphaeria maydis*) (CIMMYT, 2004; Shurtleff, 1980). Actualmente la información en esta región sobre las enfermedades en maíz es limitada. En atención a lo anterior se realizó el presente trabajo que tuvo como objetivo determinar la

severidad de las enfermedades foliares ocasionadas por hongos en el cultivo de maíz en el sur de Sonora.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó durante el ciclo primavera-verano de 2020 en el sur de Sonora. Se llevaron a cabo muestreos en lotes de maíz. Se colectaron 31 muestras de hojas con síntomas de enfermedades foliares, las cuales se revisaron en el microscopio de disección y se hicieron montajes temporales para observar las estructuras de fructificación en el microscopio compuesto; la identificación se realizó con la información existente para los hongos fitopatógenos reportados en maíz (CIMMYT, 2004; Shurtleff, 1980). También durante este ciclo se estimó la severidad de las enfermedades foliares del maíz, para ello se tomaron datos en cuatro lotes de maíz en la región Fuerte-Mayo con fecha de siembra de enero; cuatro lotes en el Valle del Mayo sembrados en diciembre y manejados con labranza de conservación; y en seis lotes en el Valle del Yaqui con fecha de siembra de diciembre. Los muestreos de severidad de las enfermedades foliares se realizaron en la etapa de madures fisiológica del cultivo. Se tomaron datos de 20 plantas de maíz por lote revisado. Las variables consideradas fueron la severidad individual de las enfermedades foliares presentes en el complejo, para ello se tomaron datos del % de área foliar dañada (%AFD) en una hoja del tercio inferior, tercio medio (primera hoja superior al elote) y hoja bandera, por planta revisada. Para evaluar la severidad se utilizó una escala continua de 0 a 100 % (Ramírez, Valenzuela y Cabrera, 2019). Se cosechó por separado cada una de las 20 plantas muestreadas por lote revisado, estos datos se utilizaron para correlacionar el rendimiento de mazorca con la severidad de las enfermedades presentes en cada planta. Además, considerando la densidad (planta/m) de cada una de las plantas muestreadas, se estimó el rendimiento en t/ha en cada uno de los lotes muestreados. La información fue analizada con los datos climatológicos de una estación meteorológica automatizada de cada una de las tres regiones en estudio. Los análisis de correlación se hicieron en el programa Excel 2016 y los análisis de varianza y la prueba de DMS para la separación de medias, se realizó con un paquete estadístico computarizado (Olivares, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las enfermedades foliares que se presentaron en el cultivo de maíz durante primavera-verano 2020 en el sur de Sonora fueron: tizón norteño (*Exserohilum turcicum*), manchas alargadas hasta de 30 cm y de 2-3 cm de ancho, color pajizo al principio y después de color café claro; roya común (*Puccinia sorghi*), pústulas de 1-2 mm de diámetro de color marrón. Otras enfermedades presentes, pero con menor intensidad fueron: mancha blanca (*Phaeosphaeria maydis*), lesiones circulares de 0.3-1.2 cm, color verde claro al principio y después de color blanco sucio con un anillo en la periferia color café claro; mancha zonada (*Gloeocercospora sorghi*), manchas circulares hasta de 4 cm de diámetro con anillos anchos, de color rojizo café; mancha gris (*Cercospora zea-maydis*), manchas rectangulares alargadas de color pajizo al principio y después de color gris, limitadas por las nervaduras, de 2 a 5 cm de longitud y de 2-3 mm de ancho. Las condiciones durante el desarrollo de las enfermedades foliares del maíz en los meses de marzo y abril en el sur de Sonora en la región Fuerte-Mayo fueron con temperaturas mínimas y máximas promedio de 12.9 y 29.9 °C, humedad relativa promedio de 65.0% y una llovizna ligera de 0.6 mm (Figura 1); en el área del Valle del Mayo se presentaron temperaturas mínimas y máximas promedio de 10.8 y 30.1 °C, humedad relativa promedio de 65.9% y tres lloviznas ligeras que acumularon 0.4 mm (Figura 2); las condiciones en el área del Valle del Yaqui fueron con temperaturas mínimas y máximas promedio de 10.8 y 29.9 °C, humedad relativa promedio de 65.7% y cuatro lloviznas ligeras que acumularon 2.5 mm (Figura 3).

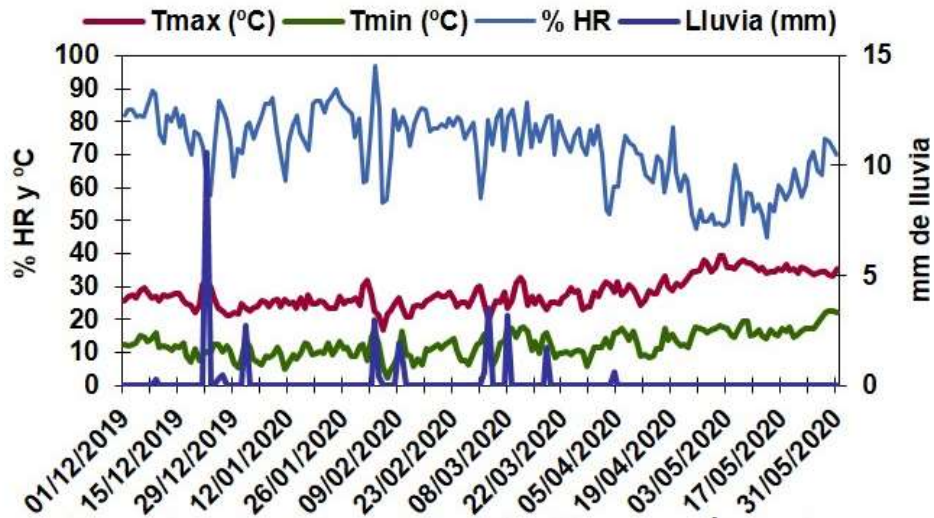


Figura 1. Condiciones meteorológicas durante el desarrollo del cultivo de maíz en la región Fuerte-Mayo en el sur de Sonora. Estación meteorológica Totoliboqui, 2020.

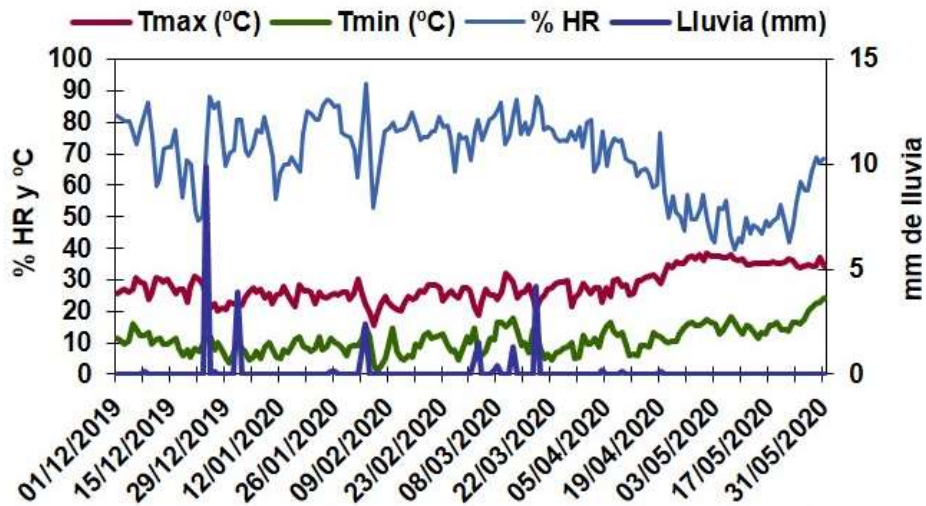


Figura 2. Condiciones meteorológicas durante el desarrollo del cultivo de maíz en el Valle del Mayo en el sur de Sonora. Estación meteorológica SEMAY, 2020.

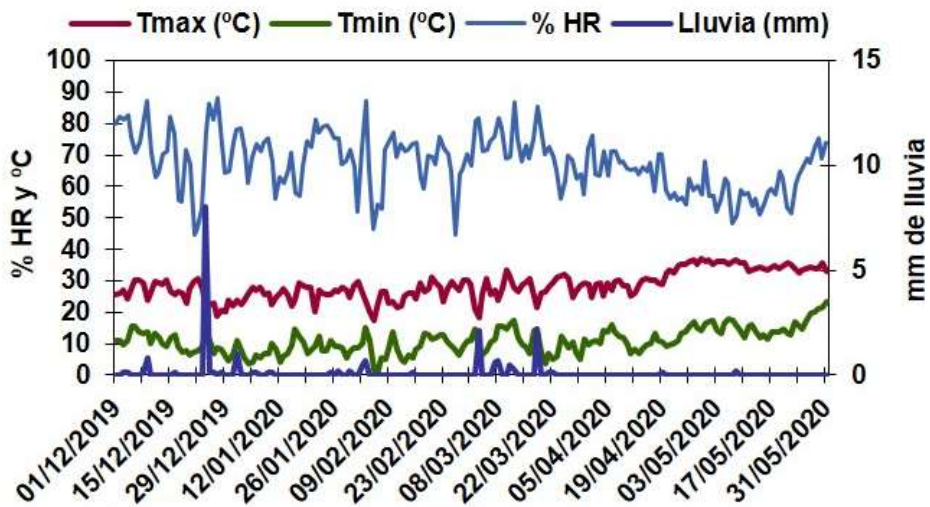


Figura 3. Condiciones meteorológicas durante el desarrollo del cultivo de maíz en el Valle del Yaqui en el sur de Sonora. Estación meteorológica CENEB, 2020.

La severidad promedio del complejo de enfermedades foliares en el tercio medio de las plantas de los lotes de la región Fuerte-Mayo, Valle del Mayo y Valle del Yaqui fue de 35.3, 28.2 y 28.8 %AFD, respectivamente (Cuadro 1). La mayor severidad del complejo de enfermedades foliares se encontró en la región Fuerte-Mayo debido a la fecha de siembra de enero y desarrollo de las enfermedades con temperaturas mínimas más cálidas y más favorables con un promedio de 12.9 °C (Beckman y Payne, 1983; Ramírez, Cabrera y Valenzuela, 2019), además la cercanía al mar de los lotes muestreados. Los rendimientos de mazorca en la región Fuerte-Mayo, Valle del Mayo y Valle del Yaqui fueron de 113.7, 103.1 y 172.2 gr, respectivamente. En los resultados de correlación entre rendimiento de mazorca con %AFD los coeficientes obtenidos fueron de -0.10 a -0.14. La correlación del rendimiento de mazorca con el factor densidad de plantas/m fue de -0.14 a -0.68 (Cuadro 2). La información obtenida también indica que la densidad de plantas puede tener efecto sobre la severidad de las enfermedades, ya que en la correlación entre densidad de plantas y la severidad de roya y tizón foliar se obtuvieron coeficientes de -0.25 a -0.26, y 0.0 a 0.33, respectivamente; debido a que roya es favorecida por una mayor exposición de las hojas de las plantas de maíz a los rayos solares en bajas densidades, en el caso de tizón foliar puede no afectarle o ser favorecido por una mayor competencia entre las plantas en mayores densidades (Cuadro 1 y 2). En los lotes de maíz del Valle del Mayo se tuvo menor severidad de roya debido posiblemente al menor vigor de las plantas por el manejo con labranza mínima. La estimación de rendimiento promedio por hectárea, considerando la densidad de cada una de las plantas cosechadas en los lotes de la región Fuerte-Mayo, Valle del Mayo y Valle del Yaqui fue de 13.019, 10.665, y 18.104 t/ha, respectivamente (Cuadro 2). El mayor rendimiento estimado en t/ha correspondió a la región del Valle del Yaqui, debido a la fecha de siembra óptima en el mes de diciembre (Valenzuela y Montoya, 2019) y superaron a los rendimientos obtenidos en los lotes de la región Fuerte-Mayo, los cuales fueron sembrados en enero; el rendimiento en lotes de maíz del Valle del Mayo sembrados en diciembre, no destacaron debido probablemente al manejo con labranza mínima (Cuadro 2).

Cuadro 1.- Severidad de enfermedades foliares del maíz en el sur de Sonora. 2020.

Región	% Severidad de enfermedades en tercio medio ¹					Total %AFD
	Tizón norteño	Roya común	Mancha blanca	Mancha zonada	Mancha gris	
Fuerte-Mayo	25.3	5.4	4.5	0.1	0.0	35.3 a*
Valle del Mayo	22.9	3.4	0.4	1.1	0.4	28.2 b
Valle del Yaqui	20.8	7.2	0.5	0.0	0.3	28.8 b
Promedio	23.0	5.3	1.8	0.4	0.2	30.7

*Tratamientos con la misma letra entre columnas, son iguales DMS 0.05= 4.774 %AFD

¹ Tm =Tercio medio; primera hoja superior al elote.

Cuadro 2.- Severidad del complejo de enfermedades foliares del maíz y rendimiento en el sur de Sonora. 2020.

Región	Plantas/m	Correlación Plantas/m con %AFD en Tm ¹		correlación con rendimiento de mazorca		Rendimiento	
		Roya	Tizón	Plantas/m	%AFD	Mazorca (gr)	t/ha
Valle del Yaqui	8.6	-0.25	0.25	-0.68	-0.14	172.2	18.104 a*
Fuerte-Mayo	9.3	-0.26	0.00	-0.17	-0.10	113.7	13.019 b
Valle del Mayo	8.3	-0.26	0.33	-0.14	-0.12	103.1	10.665 b

*Tratamientos con la misma letra entre columnas, son iguales DMS 0.05= 3.330 t/ha

¹ Tm =Tercio medio; primera hoja superior al elote.

CONCLUSIONES

- Las enfermedades foliares del maíz encontradas en el sur de Sonora fueron: tizón norteño (*Exserohilum turcicum*), Roya común (*Puccinia sorghi*), mancha blanca (*Phaeosphaeria maydis*), mancha zonada (*Gloeocercospora sorghi*) y mancha gris (*Cercospora zea-maydis*).
- Las enfermedades foliares del maíz con mayor predominancia en el sur de Sonora fueron tizón norteño (*Exserohilum turcicum*) y Roya común (*Puccinia sorghi*).
- Las siembras de maíz realizadas en enero presentaron mayor severidad por enfermedades foliares.

REFERENCIAS

- Beckman, P. M., and Payne, G. A. 1983. Cultural techniques and conditions influencing growth and sporulation of *Cercospora zea-maydis* and lesion development in corn. *Phytopathology* 73: 286-289.
- CIMMYT. 2004. Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. Cuarta Edición. México, D. F. 118 p.
- Olivares S., E. 2015. Programa de análisis estadístico. Versión 1.6. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey. N. L.
- Ramírez, A. J. A., Valenzuela B. J. R. y Cabrera C. F. 2019. Comportamiento de dos híbridos de maíz a un complejo de enfermedades foliares en tres fechas de siembra en el sur de Sonora. *Memorias XXII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas*. Mexicali, Baja California, México. Pag. 535-540.
- Shurtleff, M. C. 1980. *Compendium of corn diseases*. The American Phytopathology Society. pp.
- Valenzuela, B. J. R. y Montoya, C. L. 2019. Determinación de fechas de siembra en maíz con menor riesgo de daño por helada en el sur de Sonora. Ciclo O-I, 2017-2018. *Memorias Día del Agricultor CENEB-INIFAP*. Pág. 47-48.
- SIAP-SAGARPA, 2013-2017. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) Anuario estadístico de la producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos

POTENCIAL FORRAJERO DE BRÁSICAS EN COMPARACIÓN CON CEREALES DE OTOÑO-INVIERNO EN LA COMARCA LAGUNERA

FORAGE POTENTIAL OF BRASSICAS COMPARED WITH AUTUMN-WINTER CEREALS IN THE COMARCA LAGUNERA

David Guadalupe Reta Sánchez¹, Juan Isidro Sánchez Duarte², Esmeralda Ochoa Martínez², Arturo Reyes González², Karla Rodríguez Hernández²

¹Campo Experimental Delicias, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua, México. reta.david@inifap.gob.mx; ²Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Matamoros, Coahuila, México.

RESUMEN

El alto valor nutricional del forraje de las brásicas permite incrementar el potencial forrajero durante el ciclo otoño-invierno. El objetivo del estudio fue comparar el potencial forrajero de brásicas y cereales con dos cortes durante el ciclo otoño-invierno en la Comarca Lagunera. El estudio se realizó en Matamoros, Coahuila, México en el ciclo 2018-2019. Se evaluaron los cultivares de brásicas Winfred y Hunter, el rábano forrajero Graza, avena Cuauhtemoc, triticales Río Nazas y AN105, cebada Narro 95 y trigo AN265. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se realizaron dos cosechas en todos los cultivos, en la etapa de embuche en cereales y etapa vegetativa en las brásicas. Se determinaron las concentraciones de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y energía neta para lactancia (EN_L); así como los rendimientos de materia seca (MS), PC y EN_L. Las brásicas presentaron respecto a los cereales una mayor estabilidad entre cortes en composición nutritiva, además su forraje fue superior debido a sus menores contenidos de FDN y su mayor concentración de EN_L. Las brásicas produjeron rendimientos de MS similares a los de los cereales en los dos cortes. En la producción de PC y EN_L, los rendimientos entre brásicas y cereales fueron similares en el primer corte, mientras que en el segundo la brásica Winfred superó a los cereales debido a su mejor composición nutritiva y su mayor rendimiento de MS. Las brásicas presentaron un mayor potencial forrajero que los cereales tradicionales en otoño-invierno en la Comarca Lagunera.

Palabras clave: Composición nutritiva, nutrientes, rebrote, rendimiento

ABSTRACT

The high nutritional value of brassica forage allows for increased forage potential during the autumn-winter cycle. The objective of the study was to compare the forage potential of brassicas and cereals with two cuts during the autumn-winter cycle in the Comarca Lagunera. The study was conducted in Matamoros, Coahuila, Mexico in the 2018-2019 cycle. Brassica cultivars Winfred and Hunter, Graza forage radish, Cuauhtemoc oat, Río Nazas and AN105 triticales, Narro 95 barley and AN265 wheat were evaluated. A randomized complete block

experimental design with four replications was used. Two harvests were made in all the crops, in the boot stage in cereals and vegetative stage in brassicas. Crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and net energy for lactation (NE_L) concentrations were determined, as well as dry matter (DM), CP and NE_L yields. Compared to cereals, brassicas showed greater stability between cuts in nutritional composition, and their forage was superior due to their lower NDF content and higher NE_L concentration. The brassicas produced DM yields similar to those of the cereals in the two cuts. In the production of CP and NE_L, the yields between brassicas and cereals were similar in the first cut, while in the second the Winfred brassica surpassed the cereals due to its better nutritional composition and higher DM yield. The brassicas presented a higher forage potential than that of traditional cereals in autumn-winter in the Comarca Lagunera.

Key words: Nutritive composition, nutrients, regrowth and yield.

INTRODUCCIÓN

La producción de leche de vaca es una de las principales actividades económicas en la Comarca Lagunera, México. La producción de forraje en la región se basa principalmente en especies como alfalfa, maíz, sorgo, avena y triticale. La producción de estos cultivos enfrenta problemas de escasez de agua, salinidad en el suelo y elevadas temperaturas ambientales (Santamaría et al., 2006), condiciones que se agravarán en las próximas décadas debido al cambio climático (Andrade y Montero, 2014). Esta situación obliga a innovar los sistemas de producción con alternativas forrajeras que tengan capacidad de rebrote, presenten buenos rendimientos y calidad nutritiva.

Las brásicas forrajeras que incluyen especies de canola, colza, nabos, colinabo, col y rábano son una alternativa viable para la región debido a su potencial de producción, calidad nutritiva, requerimientos hídricos iguales o menores a los cereales de otoño-invierno, además de su capacidad de rebrote (Bell et al., 2020; Umami et al., 2022) y ensilaje del forraje (Sánchez et al., 2014; Kilic et al., 2021). Las brásicas producen de 8,000 a 15,000 kg ha⁻¹ de MS en un período de 80 a 150 días después de la siembra (dds). Esto significa que sus rendimientos de MS pueden ser iguales o superiores a los cereales forrajeros de otoño-invierno (Bell et al., 2020; Watt et al., 2021). El principal beneficio de las brásicas es su capacidad de producir forraje con alto valor nutritivo durante un periodo relativamente largo, ya que con la edad no disminuye marcadamente el contenido de PC ni la digestibilidad de la MS (Villalobos y Brummer, 2015). El objetivo del estudio fue comparar el potencial forrajero de brásicas y cereales con dos cortes durante el ciclo otoño-invierno en la Comarca Lagunera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental La Laguna (CELALA) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en Matamoros, Coahuila, México (103° 13' 42" longitud oeste y 25° 31' 41" latitud norte, a una altura de 1,100 m sobre el nivel del mar). El suelo del sitio experimental es de textura franco arcillosa con un pH de 8.14 (Santamaría et al., 2006). La preparación del terreno consistió en realizar un barbecho, doble rastreo y nivelación. Antes de la siembra cada parcela experimental se fertilizó manualmente con sulfato de amonio y fosfato monoamónico granulares en dosis de 50 kg N y 80 kg P₂O₅, respectivamente.

La siembra se realizó en forma manual el 12 de octubre de 2018, en esta fecha también se aplicó el riego de siembra con una lámina de riego de 15 cm. Ocho días después de sembrar se aplicó un sobre riego con una lámina de seis centímetros para facilitar la emergencia de plántulas. Las especies y cultivares evaluados fueron los siguientes: avena (*Avena sativa* L.), variedad Cuauhtémoc; triticale (x *Triticosecale* Wittmack), variedades Río Nazas y AN105; cebada (*Hordeum vulgare* L.), variedad Narro 95; trigo (*Triticum aestivum* L.), variedad AN265; brásica cultivar Winfred (*Brassica oleracea* L. x *Brassica rapa* L.); cultivar Hunter (*Brassica rapa* L. x *Brassica napus* L.) y rábano forrajero cultivar Graza (*Raphanus sativus* L. x *Brassica oleracea* L., *Raphanus maritimus* L.). Durante el ciclo de producción se aplicaron seis riegos de auxilio con una lámina total de 75 cm en avena, triticale, trigo, trébol, y brásica Hunter; mientras que, en cebada, brásica Winfred y rábano Graza se aplicaron cinco riegos de auxilio con una lámina de 63 cm. También se completó la dosis de fertilización nitrogenada (250 kg ha⁻¹), con 55 kg ha⁻¹ a los 33 dds, 90 kg ha⁻¹ después del primer corte en cada especie entre los 77 y 112 dds, y 55 kg ha⁻¹ antes del segundo corte entre los 112 y 135 dds.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental fue de 20 surcos a 0.18 m de separación y 6 m de longitud. La parcela útil para determinar el rendimiento de forraje fue de 14.4 m², cosechando 16 surcos centrales de 5 m de longitud. En la cosecha se determinaron los rendimientos de forraje fresco y de MS. En los cereales se realizaron dos cosechas en la etapa de embuche; mientras que los cultivares de brásica y rábano se realizaron dos cosechas en la etapa vegetativa.

Las plantas muestreadas para la determinación del contenido de MS también se usaron para analizar el valor nutritivo del forraje. Las muestras secas se molieron en un molino Wiley® (Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, USA) con una malla de 1 mm. El contenido de nitrógeno en cada muestra se determinó mediante el método de combustión Dumas número 990.03 de AOAC en el cual se utilizó el equipo Thermo Scientific Flash 2000, y el resultado se multiplicó por 6.5 para obtener el porcentaje de proteína cruda (PC) (AOAC, 2005). La fibra detergente neutro (FDN) se obtuvo de acuerdo a Goering y Van Soest (1970). El contenido de energía neta para lactancia (EN_L) se estimó siguiendo la metodología propuesta por Weiss et al.

(1992). Los rendimientos de PC y EN_L por hectárea se determinaron multiplicando los contenidos de PC y EN_L por el rendimiento de MS por hectárea estimado para cada parcela experimental.

Se analizaron los datos de la composición nutricional y los rendimientos de MS y nutrientes utilizando el procedimiento MIXED para medidas repetidas de SAS ($P \leq 0.05$). Las medias de estos parámetros se compararon con la prueba Tukey-Kramer ($P \leq 0.05$). El análisis de la información se efectuó con el programa estadístico SAS Institute (2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición nutricional

El análisis estadístico indicó diferencias significativas en la composición nutricional entre cortes para cada especie y entre especies para cada corte ($P \leq 0.05$). En las brásicas, la composición nutricional no se redujo entre cortes, sólo ocurrió una disminución del contenido de FDN en el segundo corte en brásica Winfred. Esta respuesta está acorde con lo observado en otros estudios en brásicas, donde se indica que el valor nutritivo de estas especies no disminuye marcadamente con la edad, ya que se presentan pocos cambios en valores de PC, FDN, fibra detergente ácida y digestibilidad de la MS conforme la planta madura (Villalobos y Brummer, 2015). Por el contrario, en algunos cereales, la composición nutricional se redujo en el segundo corte debido a cambios en el contenido de PC y FDN. Esto ocurrió en avena Cuauhtemoc, triticale AN105, cebada Narro 95 y trigo AN265 debido a reducciones de PC del primer corte al segundo de 200-225 g kg⁻¹ a 100-140 g kg⁻¹, e incrementos de FDN en avena de 553 g kg⁻¹ en primer corte a 655 g kg⁻¹ en el segundo (Cuadro 1).

La diferencia entre brásicas y cereales en cuanto a las variaciones en los contenidos de PC y FDN con la edad de las plantas, fue que las primeras se mantuvieron en estado vegetativo hasta la fecha de cosecha en los dos cortes realizados; mientras que los cereales presentaron el crecimiento de tallos e iniciaron la etapa reproductiva con el desarrollo de las espigas, con lo cual aumentó el contenido fibroso y ocurrió la reducción de la PC (Salama et al., 2021).

En la comparación entre especies, las brásicas presentaron contenidos de PC mayores o iguales a los observados en los cereales en los dos cortes, sobresaliendo la brásica Winfred en el primer corte (281 g kg⁻¹); mientras que en el segundo corte los mayores valores se observaron en la brásica Winfred (230 g kg⁻¹), rábano Graza (191 g kg⁻¹) y triticale Río Nazas (183 g kg⁻¹). Los contenidos de FDN (259 a 526 g kg⁻¹) en las brásicas fueron menores a los de los cereales en los dos cortes (FDN = 553 a 686 g kg⁻¹), con excepción de la avena Cuauhtemoc en el primer corte, con valores similares a brásica Winfred y rábano Graza. La comparación entre brásicas indica que el cultivar Hunter presentó los valores más bajos de FDN, con excepción en el segundo corte, donde obtuvo valores similares a la brásica Winfred (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición nutricional de cereales y brásicas forrajeros establecidos en el ciclo 2018-2019 en la Comarca Lagunera.

Cultivo	PC (g kg ⁻¹)		FDN (g kg ⁻¹)		EN _L (MJ kg ⁻¹ MS)	
	Corte 1	Corte 2	Corte 1	Corte 2	Corte 1	Corte 2
Avena Cuauhtemoc	218 A b	100 B c	553 B c	655 A a	5.61 A b	5.06 A c
Triticale Río Nazas	197 A b	183 A a	585 A b	620 A a	5.52 A b	5.56 A c
Triticale AN105	203 A b	138 B bc	686 A a	658 A a	4.85 A c	4.98 A c
Cebada Narro 95	225 A ab	109 B c	565 A c	567 A b	4.52 A c	4.10 A d
Trigo AN265	200 A b	140 B b	626 A b	630 A a	4.94 A c	5.10 A c
Brásica Winfred	281 A a	230 A a	509 A c	383 B c	6.65 A a	7.20 A a
Brásica Hunter	218 A b	169 A b	259 A d	289 A d	7.28 A a	7.36 A a
Rábano Graza	210 A b	191 A ab	526 A c	404 B c	6.65 A a	6.48 A b

Medias seguidas con distinta letra son significativamente diferentes (Tukey-Kramer $P \leq 0.05$). Las mayúsculas para comparación entre líneas para cada especie y variable; y las minúsculas, para comparación entre especies para cada columna. PC = proteína cruda; FDN = fibra detergente neutro; EN_L = energía neta para lactancia; MS = materia seca.

En el contenido de EN_L, todas las brásicas presentaron valores (6.48 a 7.36 MJ kg⁻¹ MS) superiores a los observados en los cereales (4.10 a 5.61 MJ kg⁻¹ MS) en los dos cortes. Entre brásicas, sólo el rábano Graza presentó un menor contenido en el rebrote. La comparación entre cultivos tradicionales mostró que la avena y el triticale Río Nazas presentaron el mayor valor de EN_L en el corte 1, mientras que, en el segundo corte, sólo cebada produjo los menores contenidos de EN_L (Cuadro 1).

En general los resultados de este estudio muestran que la composición nutricional del forraje de brásicas se caracterizó por sus altos contenidos de PC y EN_L, y bajos contenidos de fibras; sus valores se encuentran en el rango de los observados en otros estudios con contenidos de PC de 134 a 255 g kg⁻¹ (Villalobos y Brummer, 2015; Dillard et al., 2020) y de EN_L de 7.49 a 7.82 MJ kg⁻¹ de MS (Dillard et al., 2018). En los contenidos de fibra, sólo la brásica Hunter presentó valores similares a los obtenidos en estudios previos con 166 a 334 g kg⁻¹ en FDN (Omokanye et al., 2021; Dillard et al., 2018; Villalobos y Brummer, 2013); en las brásicas Winfred y rábano Graza se presentaron en los dos cortes mayores valores de FDN respecto a los valores observados en estudios anteriores. En comparación con el forraje de los cereales, las brásicas presentaron ventajas en su composición nutritiva, principalmente debido a sus menores contenidos de FDN, y su mayor concentración de EN_L, lo cual también fue reportado por Bell et al. (2020).

Rendimientos de materia seca y nutrientes

Todas las especies mantuvieron su capacidad de producción de MS y nutrientes en el rebrote respecto al primer corte; incluso se obtuvieron en el rebrote mayores rendimientos de MS y EN_L en la brásica Winfred, mientras que en la brásica Hunter sólo el rendimiento de EN_L fue superior en el rebrote (Cuadro 2). Esta respuesta indica que todas las brásicas presentaron una buena capacidad de rebrote, como ha sido indicado por Bell et al. 2020 y Umami et al. (2022).

Cuadro 2. Rendimientos de materia seca (RdMS), proteína cruda (RdPC) y energía neta para lactancia (RdEN_L) de cereales y brásicas forrajeros establecidos en el ciclo 2018-2019 en la Comarca Lagunera.

Cultivo	RdMS (kg ha ⁻¹)		RdPC (kg ha ⁻¹)		RdEN _L (MJ ha ⁻¹)	
	Corte 1	Corte 2	Corte 1	Corte 2	Corte 1	Corte 2
Avena	4694 A a	6550 A a	1020 A a	652 A b	26330 A a	33112 A b
Cuauhtemoc						
Triticale	3718 A a	5684 A a	741 A b	1039 A b	20393 A b	31677 A b
Río Nazas						
Triticale	4831 A a	4426 A a	982 A ab	601 A b	23497 A a	22045 A b
AN105						
Cebada	4089 A a	5697 A a	921 A ab	626 A b	18384 A b	23309 A b
Narro 95						
Trigo	4779 A a	6534 A a	940 A ab	914 A b	23493 A ab	33551 A b
AN265						
Brásica	4586 B a	7430 A a	1294 A a	1692 A a	30480 B a	53559 A a
Winfred						
Brásica	3391 A a	5178 A a	731 A b	877 A b	24681 B a	38137 A ab
Hunter						
Rábano	4483 A a	5999 A a	932 A ab	1150 A ab	29803 A a	38920 A ab
Graza						

Medias seguidas con distinta letra son significativamente diferentes (Tukey-Kramer $P \leq 0.05$). Las mayúsculas para comparación entre líneas para cada especie y variable; y las minúsculas, para comparación entre especies para cada columna. MS = materia seca.

En la comparación entre especies se observó que las brásicas produjeron rendimientos de MS similares a los de los cereales en los dos cortes evaluados, lo cual está de acuerdo con los resultados obtenidos por Bell et al. (2020) y Watt et al. (2021). En el primer corte la producción de PC y EN_L en las brásicas fue similar a la de los cereales cosechados en el inicio de embuche; mientras que en el rebrote, debido a sus ventajas en el rendimiento de MS y contenidos de PC y EN_L, la brásica Winfred produjo rendimientos superiores de PC (1692 kg ha⁻¹) y EN_L (53559 MJ ha⁻¹) respecto a los obtenidos en los cereales (PC = 741-1020 kg ha⁻¹; EN_L = 18384-26330 MJ ha⁻¹). Sólo brásica Hunter y rábano Graza produjeron rendimientos de nutrientes similares a brásica Winfred (Cuadro 2).

CONCLUSIONES

Las brásicas forrajeras presentan la capacidad para incrementar el potencial forrajero respecto a los cereales de otoño-invierno en la Comarca Lagunera, debido principalmente a su mayor composición nutricional.

REFERENCIAS

- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). Official methods of analysis. Dumas method (99003). 15th edition Washington DC, USA. 771 p; 2005.
- Andrade VM, Montero MJ. Nuevas proyecciones de cambio de precipitación y temperatura para el siglo XXI en el Norte de México. Herrera E, López M, Carrillo J editores. Memorias del segundo congreso cambio climático del Estado de Chihuahua. Primera edición. 2014:26-35.
- Bell LW, Watt LJ, Stutz RS. Forage brassicas have potential for wider use in drier, mixed crop-livestock farming systems across Australia. *Crop & Pasture Science* 2020; 71:924-943. <https://doi.org/10.1071/cp20271>.
- Dillard SL, Billman ED, Soder KJ. Assessment of forage brassica species for dairy and beef-cattle fall grazing systems. *Applied Animal Science* 2020; 36:157-166. <https://doi.org/10.15232/aas.2019-01921>
- Dillard SL, Roca-Fernández AI, Rubano MD, Elkin KR, Soder KJ. Enteric methane production and ruminal fermentation of forage brassica diets fed in continuous culture. *Journal of Animal Science* 2018; 96:1362-1374. DOI: [10.1093/jas/sky030](https://doi.org/10.1093/jas/sky030)
- Goering HK, Van Soest PJ. Forage fiber analysis Apparatus, reagents, procedure and some applications *Agric Handbook* 379 ARS. Washington, DC, USDA; 1970.
- Kilic U, Erisek A, Garipoğlu AV, Ayan I, Onder H. The effects of different forage types on feed values and digestibilities in some brassica fodder crops. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Science* 2021; 8:94-102. <https://doi.org/10.30910/turkjans.747031>
- Omokanye A, Hernández G, Lardner HA, Al-Maqtari B, Singh Gill K, Lee A. Alternative forage feeds for beef cattle in Northwestern Alberta, Canada: forage yield and nutritive value of forage brassicas and forbs. *Journal of Applied Animal Research* 2021; 41:203-210. <https://doi.org/10.1080/09712119.2021.1933990>
- Salama HSA, Safwat AM, Elghalid OH, Abd El-Hady AM. Agronomic and in vitro quality evaluation of dual-purpose cereals clipped at variable ages and their utilization in rabbit feeding. *Agronomy* 2021; 11:1147. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061147>
- Sánchez DJI, Serrato CJS, Reta SDG, Ochoa ME, Reyes GA. Assessment of ensilability and chemical composition of canola and alfalfa forages with or without microbial inoculation. *Indian Journal of Agricultural Research* 2014; 48:421-428. <https://doi.org/10.5958/0976-058x.2014.01325.0>
- Santamaría CJ, Reta SDG, Chávez GJFJ, Cueto WJA, Romero PRJI. Caracterización del medio físico en relación a cultivos forrajeros alternativos para la Comarca Lagunera. Libro Técnico Núm. 2. INIFAP-CIRNOC-CELALA. Cd. Matamoros, Coahuila, México; 2006.
- SAS Institute. The SAS system for windows, release 93. Cary, NC: Statistical Analysis Systems Inst; 2011.
- Umami N, Prasojo YS, Haq MS. Morphological characteristics and biomass production brassica rapa var. Marco during the dry season. *Animal Production* 2022; 24:31-36. <https://doi.org/10.20884/1.jap.2022.24.1.107>
- Villalobos LA, Brummer JE. Forage brassicas stockpiled for fall grazing: yield and nutritive value. *Crop, Forage & Turfgrass Management* 2015; 1:1-6. <https://doi.org/10.2134/cftm2015.0165>
- Villalobos L, Brummer J. Evaluation of Brassicas for fall forage. In: Proceedings, 2013 Western States Alfalfa and Forage Symposium, Reno, NV, 11-13 December, 2013. UC Cooperative Extension, Plant Science Department University of California, Davis, CA 95616.

Watt LJ, Bell LW, Cocks BD, Swan AD, Stutz RS, Toovey A, De Faveri J. Productivity of diverse forage brassica genotypes exceeds that of oats across multiple environments within Australia's mixed farming zone. *Crop & Pasture Science* 2021; 72:393-406. <https://doi.org/10.1071/CP21034>

Weiss WP, Conrad HR, St-Pierre NR. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. *Animal Feed Science and Technology* 1992; 39:95-110. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(92\)90034-4](https://doi.org/10.1016/0377-8401(92)90034-4)

PRODUCTIVIDAD DE BIOMASA OBTENIDA EN PODAS DE ACLAREO EN NOGAL CULTIVADO EN PLANTACIONES COMERCIALES DE DURANGO

Donaji Sierra Zurita¹, Saúl Santana Espinoza¹, Rigoberto Rosales Serna¹, Julio César Ríos Saucedo¹ y Artemio Carrillo Parra²

¹INIFAP - Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango - El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. ²Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera (ISIMA), Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), Boulevard del Guadiana Núm. 501, Colonia Torre de Institutos, Durango, Dgo., México. C. P. 34120. *e-mail: sierra.donaji@inifap.gob.mx

RESUMEN

El cultivo del nogal [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] ha adquirido relevancia en Durango desde el punto de vista productivo, económico y social. El objetivo fue evaluar la productividad de biomasa obtenida durante la poda de aclareo en nogal cultivado en plantaciones comerciales del estado de Durango, México. El estudio se realizó durante 2022, en dos plantaciones comerciales de nogal establecidas en el municipio de Durango, Dgo., México. El suelo predominante es franco arcilloso, clima templado - semiárido [BS₁ Kw (w) (e)] y temperatura media anual de 17.4 °C. En febrero de 2022 se seleccionaron dos huertas de nogal establecidas en Durango, Dgo., bajo condiciones de riego. Las variedades utilizadas en las huertas fueron `Western´ y `Wichita´ (polinizador), cuyos árboles adultos (10 a 22 años de edad) se encontraron en producción durante 2021. El sistema de plantación en ambas huertas fue en marco real, con una distancia entre hileras y plantas de 10 m x 10 m (100 árboles/ha) en la primera y 12 m x 12 m (70 árboles/ha) en la segunda. El muestreo se realizó en la variedad en la variedad `Western´, de la cual se plantan varias hileras por su calidad de nuez, y una hilera de `Wichita´ que tiene un periodo mayor de liberación de polen. Se muestrearon 10 árboles con competencia completa, tomados en forma aleatoria en cada huerta, en los cuales se determinó la altura total (AT) mediante el uso del relascopio de Bitterlich y se consideró cada árbol como una repetición. Después, se realizó la poda de aclareo con apoyo de personal especializado, se recolectó la biomasa de cada árbol y se obtuvo el peso fresco. Luego se separó una submuestra de ramas completas, las cuales se picaron, se colocaron en bolsas de papel y se determinó el peso fresco. Las bolsas se colocaron en la estufa a una temperatura de 60 °C, para eliminar la humedad de las muestras de biomasa y obtener el peso seco. Con los resultados obtenidos se hicieron los cálculos para estimar el contenido de humedad en los residuos y el rendimiento de biomasa fresca y seca por hectárea (kg/ha). El análisis estadístico incluyó métodos descriptivos y la comparación de los promedios de cada huerta con la prueba de Student ($p \leq 0.05$). De acuerdo a los resultados obtenidos, el potencial de biomasa disponible fue de 994.94 a 999.87 kg_{b.s.}/ha por año, con árboles de altura de 8.08 ± 0.68 a 12.45 ± 2.40 m, estimándose una disponibilidad de 7503 Ton de biomasa generada

de la poda de nogales en el estado de Durango. Estos resultados demuestran que los residuos de poda en nogal representan una alternativa como fuente con potencial energética y en la industria de la madera.

Palabras clave. *Carya illinoensis*, residuos, rendimiento, industria, sostenibilidad.

ABSTRACT

Walnut crop [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] has become relevant in Durango from a productive, economic and social point of view. The objective was to evaluate the productivity of biomass obtained from thinning pruning in walnut trees grown in commercial plantations in the state of Durango, Mexico. The study was carried out during 2022, in two commercial walnut plantations established in Durango, Dgo., Mexico. The predominant soil is clay loam (Kastañozem), temperate - semiarid climate [BS1 Kw (w) (e)] and average annual temperature of 17.4 °C. In February 2022, two walnut orchards established in Durango, Dgo., under irrigation conditions, were selected. The varieties used in the orchards were 'Western' and 'Wichita' (pollinator), whose adult trees (10 to 22 years old) were found in production during 2021. The plantation system in both orchards was in a real frame, with a distance between rows and plants of 10 m x 10 m (100 trees/ha) in the first and 12 m x 12 m (70 trees/ha) in the second. The sampling was carried out in the variety in the 'Western' variety, of which several rows are planted for its nut quality, and a row of 'Wichita' that has a longer period of pollen release. Ten trees with complete competition were sampled, taken randomly in each orchard, in which the total height (TH) was determined by using the Bitterlich relascope and each tree was considered as a repetition. Afterwards, thinning pruning was carried out with the support of specialized personnel, the biomass of each tree was collected and the fresh weight was obtained. The bags were placed in the oven at a temperature of 60 °C, to remove moisture from the biomass samples and obtain the dry weight. With the results obtained, calculations were made to estimate the moisture content in the residues and the yield of fresh and dry biomass per hectare (kg/ha). The statistical analysis included descriptive methods and the comparison of the averages of each orchard with the Student's test ($p \leq 0.05$). According to the results obtained, the biomass potential available was from 994.94 to 999.87 kg d.m./ha per year, with trees of height from 8.08 ± 0.68 to 12.45 ± 2.40 m, estimating an availability of 7503 Tons of biomass generated from the pruning of walnut trees in the state of Durango. These results demonstrate that walnut pruning residues represent an alternative as a source with potential energy and in the wood industry.

Key words. *Carya illinoensis*, residues, yield, industry, sustainability.

INTRODUCCIÓN

En Durango, el cultivo de nogal [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] alcanzó una superficie promedio anual de 7,511 hectáreas durante 2020 y ese año se produjeron 7 mil 600 toneladas de nuez (SIAP, 2021). El rendimiento medio de nuez fue 1,250 kg/ha y las variedades comerciales más populares para la producción y consumo fueron `Wichita´ y `Western´. El nogal muestra productividad baja en Durango, debido a que su cultivo se realiza con uso bajo de insumos, en suelos con fertilidad baja, delgados, arenosos y con capacidad limitada para el almacenamiento de agua (González *et al.*, 2008; Rosales *et al.*, 2009; Flores *et al.*, 2015). Además, la disponibilidad baja de agua de riego ocasiona competencia del nogal con el cultivo de otras especies agrícolas, frutícolas y forrajeras. En consecuencia, los factores principales que limitan la producción de nuez en Durango son el estrés hídrico (sequía) causado por la escasez y competencia por agua, así como la fertilidad baja y degradación del suelo. Lo anterior, si se compara con estados de productividad alta, como son Puebla (3.9 t/ha), México (3.5 t/ha) y Morelos (3.5 kg/ha).

Las podas de formación, selectiva, aclareo, producción y rejuvenecimiento son prácticas realizadas durante el crecimiento de los árboles de especies usadas en la producción frutícola, como es el caso del nogal (Arreola *et al.*, 2002) y estas actividades generan esquilmos, derivados de las ramas, ramillas y tallos. En los últimos años se había considerado como un residuo sin valor a la biomasa resultante de los diferentes tipos de poda realizados en huertas de nogal establecidas en Durango. La poda de aclareo es la más frecuente en el cultivo de nogal y se realiza anualmente entre los meses de febrero a marzo, la cual tiene como finalidad favorecer la entrada de luz al dosel de los árboles de nogal y equilibrar el balance entre la fuente y la demanda de fotoasimilados. El volumen generado en esta actividad parecería mínima, a nivel de árbol, pero al acopiar los esquilmos de una hectárea se obtienen cantidades altas de biomasa, la cual muestra niveles diferentes de lignificación.

Se consideró necesario establecer la productividad de biomasa obtenida de las podas realizadas en las huertas de nogal, para determinar su utilidad como insumo industrial, biocombustible, abono y mejorador de las propiedades organolépticas de la carne asada y el ahumado del chile chipotle, que se produce en el sur de Chihuahua. En la actualidad la biomasa de las podas de nogal es subutilizada y en el mejor de los casos, se acopia para su uso como combustible en estufas domésticas. Además, se ha propuesto su trituración e incorporación en el suelo como abono orgánico, para mejorar la fertilidad y otras propiedades físico-químicas del suelo.

El uso de los residuos de poda requiere la cuantificación de peso y volumen; así como de la determinación de sus propiedades industriales y utilidad para producir carbón, madera y astilla. Con lo anterior, se podrá agregar valor a un insumo importante, el cual hasta el momento es subutilizado en Durango. La utilidad del nogal como abono se basa en el estudio

de la composición química y el balance carbono/nitrógeno, mientras que para obtener carbón y madera deben establecerse también las clases diamétricas de las ramas cortadas durante el desarrollo de las podas. En la obtención de astilla odorizante para carnes y verduras, es necesario evaluar el nivel y calidad de los compuestos volátiles que están presentes en ramas de este producto secundario obtenido a partir del cultivo del nogal. El objetivo fue determinar la productividad de biomasa obtenida en podas de aclareo realizadas en nogal cultivado en plantaciones comerciales de Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del área de estudio. En febrero de 2022, se seleccionaron dos huertas de nogal establecidas en el Valle del Guadiana, en Durango, Dgo., bajo condiciones de riego. Las variedades utilizadas en las huertas fueron `Western´ y `Wichita´ (polinizador), cuyos árboles adultos (10 a 22 años de edad) se encontraron en producción durante 2021. El sistema de plantación en ambas huertas fue en marco real, con una distancia entre hileras y plantas de 10 m x 10 m (100 árboles/ha) en la primera y 12 m x 12 m (70 árboles/ha) en la segunda. El muestreo se realizó en la variedad `Western´, de la cual se plantaron varias hileras por su calidad de nuez, y una hilera de `Wichita´ que tiene un periodo mayor de liberación de polen. El suelo predominante en el área es de tipo franco (arenoso y arcilloso), el cual tiene capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 2%, pH 7.9 y es pobre en contenido de materia orgánica, fósforo y nitrógeno. El clima de la región es templado, semiárido, con régimen de lluvias en verano [BS₁ Kw (w) (e)] y la temperatura media anual es 17.4 °C, con variaciones fuertes a lo largo del año (García, 2004).

Variables evaluadas. Se muestrearon 10 árboles de nogal con competencia completa, tomados en forma aleatoria en cada huerta, en los cuales se determinó la altura total (AT) mediante el uso del relascopio de Bitterlich (Silvanus) y se consideró cada árbol como una repetición. Después de realizar la poda de aclareo, se recolectó la biomasa y se obtuvo el peso fresco. Se separó una submuestra de ramas completas en cada árbol, las cuales se cortaron, se colocaron en bolsas de papel y se determinó su peso fresco. Las bolsas se colocaron en la estufa a una temperatura de 60 °C, para eliminar la humedad de las muestras de biomasa y obtener el peso seco. Con los resultados obtenidos se hicieron los cálculos para determinar el contenido de humedad en la biomasa y estimar el rendimiento de biomasa fresca y seca por hectárea (kg/ha).

Se obtuvieron muestras adicionales para obtener el rendimiento en volumen de la biomasa obtenida en las podas de nogal. Para realizar esta actividad, se colectó aleatoriamente biomasa en los montones obtenidos en la huerta, se obtuvo su peso y se redujo el tamaño de partícula. Después, se introdujo la biomasa en un recipiente con un volumen conocido (1 m³) y se determinó la cantidad de biomasa requerida para obtener dicho aforo.

Análisis Estadístico. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de comparación de medias con el paquete estadístico Statgraphics versión plus 5.1 (Statistical Graphics Corp., Manugistics, Inc., Cambridge, MA, EUA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al análisis estadístico, se encontraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) en la altura de los árboles, encontrándose árboles de mayor altura la huerta de mediana densidad de plantación (Cuadro 1). Los datos obtenidos indican que el potencial de biomasa a partir de la poda de aclareo en huertas productivas de nogal es de 2312.1 a 2358.5 kg _{b.h.}/ha anualmente con un contenido de humedad de 42.45 ± 0.75 a 42.84 ± 0.26 %. Por lo que el rendimiento libre de humedad es de casi una tonelada de biomasa por hectárea en el estado de Durango.

De acuerdo al SIAP en México se obtuvo una producción de 164651.52 Ton de nuez, la mayor parte de esta producción fue en Chihuahua mientras que Durango se posicionó como el cuarto estado productor de nogal pecanero (7594.79 Ton) con una superficie sembrada de 7510.74 ha (SIAP, 2021).

Una cantidad importante de biomasa se genera a partir de las podas realizadas al cultivo, siendo la de aclareo la de mayor frecuencia, por lo que se estima que cada año se producen alrededor de 7503 Ton de biomasa seca derivado de las podas de aclareo que se realizan en las huertas productoras de nogal pecanero en Durango.

Cuadro 1. Variables evaluadas de poda de aclareo en huertas de nogal en Durango, Dgo.

Muestra	Edad de la plantación (años)	Densidad de plantación (árboles/ha)	Altura (m)	Humedad (%)	Biomasa (kg _{b.h.} /ha)	Biomasa (kg _{b.s.} /ha)
Huerta 1	10	100	8.08 ± 0.68^a	42.45 ± 0.75^a	2358.5	999.87
Huerta 2	22	70	12.45 ± 2.40^b	42.84 ± 0.26^a	2312.1	994.94

Los residuos agrícolas como lo son los subproductos agrícolas, cada año se generan alrededor de 140 mil millones de toneladas métricas de biomasa partir de la actividad agrícola (Gilanipoor *et al.*, 2020). Los árboles de nogal requieren de poda anual, generando una cantidad importante de residuos. Actualmente, los residuos de podas no son aprovechados de manera eficiente y sustentable, lo que representa una gran pérdida de biomasa cada año.

El uso de los residuos agrícolas tiene muchas ventajas, cómo es el impacto social, económico y ambiental, ya que se pueden utilizar como materia prima en la industria de la madera, reemplazando a la madera forestal (Gilanipoor *et al.*, 2020). Además, este tipo de residuos ha demostrado tener potencial energético, lo que representa una oportunidad en el mercado local cómo alternativa de aprovechamiento de un subproducto del sector alimentario.

Se tienen estudios sobre el potencial energético a partir de la cáscara de nuez, cómo alternativa de uso energético para la producción de biocombustibles (Ngangyo *et al.*, 2022). En México no se cuenta con ningún estudio de cuantificación de la biomasa producida de la poda del nogal pecanero, ni se ha estudiado su posible potencial para uso maderable y energético.

CONCLUSIONES

El sector frutícola, cómo es el caso del sistema producto nogal tiene un alto potencial para la producción de biomasa lo que representa una alternativa de aprovechamiento de un subproducto de desecho en la producción de la nuez. Además, puede ser una alternativa para reducir el impacto ambiental, al ser un sustituto de la madera de origen forestal y generación de ingreso adicional.

LITERATURA CITADA

- Arreola A., J. G., A. Lagarda M., y M. C. Medina M. 2002. Sistema de conducción, poda selectiva y aclareo de árboles. *In: Tecnología de producción en nogal pecanero. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC-Camo Experimental La Laguna. Matamoros, Coahuila, México. pp. 39-53.*
- Flores G., H., R. A. Domínguez G., R. Rosales S., and H. Flores M. 2015. Seed yield increments using different in-field rainwater harvesting techniques under rainfed conditions in Durango, México. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative 58(1): 85-86. DOI: 10.1080/21580103.2020.1845822*
- Gilanipoor, N., Spinelli, R., Naghdi, R., & Najafi, A. (2020). Utilization of woody pruning residues of apple trees. *Forest Science and Technology, 16(4), 216-223.*
- González R., H., A. Pajarito R., R. Rosales S., F. J. Compeán G., J. López H. y J. L. Jolalpa B. 2008. Oportunidades de mercado para el frijol producido en Durango. *Publicación Especial Número 25. INIFAP-CIRNOC- Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Dgo., México. 55 p.*
- Ngangyo Heya, M., Romo Hernández, A. L., Foroughbakhch Pournavab, R., Ibarra Pintor, L. F., Díaz-Jiménez, L., Heya, M. S., ... & Carrillo Parra, A. (2022). Physicochemical Characteristics of Biofuel Briquettes Made from Pecan (*Carya illinoensis*) Pericarp Wastes of Different Particle Sizes. *Molecules, 27(3), 1035.*
- Rosales, S. R., J. A. Acosta G., F. J. Ibarra P., E. I. Cuéllar R. y C. A. Nava B. 2009. Validación de líneas y variedades mejoradas de frijol en Durango. *Publicación Especial Núm. 36. INIFAP-Campo Experimental Valle de Guadiana. Durango, Dgo., México. 84 p.*
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2021). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>*

CARACTERIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA BIOMASA OBTENIDA EN PODAS DE ACLAREO EN NOGAL CULTIVADO EN DURANGO

Donaji Sierra Zurita¹, Saúl Santana Espinoza¹, Rigoberto Rosales Serna¹, Julio César Ríos Saucedo¹ y Artemio Carrillo Parra²

¹INIFAP - Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango - El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. ²Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera (ISIMA), Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), Boulevard del Guadiana Núm. 501, Colonia Torre de Institutos, Durango, Dgo., México. C. P. 34120. *e-mail: sierra.donaji@inifap.gob.mx

RESUMEN

El nogal [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] genera residuos abundantes que pueden capitalizarse mediante su uso como insumo para la industria de los biocombustibles y abonos orgánicos. El objetivo fue evaluar la calidad de la biomasa residual del nogal para su utilización como insumo en la industria de los biocombustibles. Se utilizó biomasa de nogal (cv. Wichita) colectada en dos huertas comerciales establecidas en Durango. Las muestras se colocaron en bolsas de papel y se introdujeron en la estufa de secado, a 60 °C, donde se dejaron por varios días hasta que se observó peso constante (seco). Las muestras secas se trituraron en una astilladora y luego, en un equipo SM 300, para lograr un tamaño de partícula de 2 mm. La muestra molida se pasó por varios tamices, para separar la porción que quedó entre los del número 20, 40 y 100, la cual se utilizó posteriormente en los análisis de laboratorio. Se realizó el análisis proximal, que incluyó el contenido de humedad, cenizas, compuestos volátiles, carbono fijo y poder calorífico. Los datos obtenidos se usaron para el análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño completamente aleatorio y tres repeticiones. Cuando se observaron diferencias significativas, entre huertas, se aplicó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para la comparación de medias. Para el ANOVA y la comparación de medias se utilizó el programa de cómputo SAS® v. 9.4. Se obtuvieron valores de humedad de 0.76 a 1.54 %, contenido cenizas de 3.41 a 4.69 %, material volátil 74.86 a 76.38 %, carbono fijo de 18.67 a 19.69 % y poder calorífico de 16.21 a 16.70%. Este estudio permitió caracterizar la biomasa de poda de nogal, como alternativa para potencial de uso energético.

Palabras clave. *Carya illinoensis*, biomasa, calidad, bioenergía, sostenibilidad.

ABSTRACT

The walnut tree [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] generates abundant residues that can be capitalized through its use as an input for the biofuel and organic fertilizer industry. The objective was to evaluate the quality of the residual biomass of the walnut for its use as an input in the biofuel industry. Walnut biomass (cv. Wichita) collected in two commercial orchards established in Durango was used. The samples were placed in paper bags and placed in a

drying oven at 60 °C, where they were left for several days until constant weight (dry) was observed. The dry samples were crushed in a chipper and then in an SM 300 equipment to achieve a particle size of 2 mm. The ground sample was passed through several sieves, to separate the portion that remained between those of number 20, 40 and 100, which was later used in laboratory analyses. Proximate analyses were performed, which included moisture content, ash content, volatile materials, fixed carbon and calorific value. The data obtained were used for analysis of variance (ANOVA) under a completely randomized design and three replications. When significant differences were observed between orchards, the Tukey test ($p \leq 0.05$) was applied to compare means. For the ANOVA and the comparison of means, the SAS® v computer program was used. 9.4. Moisture values from 0.76 to 1.54%, ash content from 3.41 to 4.69%, volatile material from 74.86 to 76.38%, fixed carbon from 18.67 to 19.69% and calorific value from 16.21 to 16.70% were obtained. This study allowed to characterize the biomass of walnut pruning, as an alternative for potential energy use.

Key words. *Carya illinoensis*, biomass, quality, bioenergy, sustainability.

INTRODUCCIÓN

En México, se trabaja en la identificación de fuentes sostenibles de biomasa para sustituir la leña extraída de los ecosistemas de bosque (templado y pino-encino) y matorral (micrófilo y espinoso). Además, se pretende utilizar residuos agropecuarios y forestales como insumo para obtener madera de ingeniería, biocombustibles y abonos orgánicos. Con ello, se fortalecerán diversas actividades económicas en Durango, donde se ha observado que diferentes procesos muestran ineficiencia por la disponibilidad baja de combustibles con poder calorífico alto, combustión eficiente y nivel bajo de producción de ceniza. Además, se avanzará en la producción industrial de biocombustibles que reduzcan la emisión de gases de efecto invernadero y que puedan complementar el uso de los carburantes de origen fósil. Otro requerimiento importante en Durango es la elaboración de abonos orgánicos, que aplicados al suelo incrementen el contenido de materia orgánica y fortalezcan la fertilidad natural de los terrenos agrícolas.

El nogal es una de las especies que ha adquirido popularidad en el norte de México, principalmente por los precios altos que se pagan a los productores, por kilogramo de nuez de las variedades `Wichita` y `Western`. Lo anterior, a pesar de la disponibilidad limitada de agua de riego en la región y la competencia fuerte que se establece entre la producción agrícola, el uso doméstico y otros sectores productivos. Con base en lo anterior, se consideró necesario avanzar en la identificación de alternativas para el uso integrado del nogal, con la finalidad de determinar la utilidad económica de su cultivo, sin descuidar el manejo agroecológico de ésta y otras especies. La producción de nogal ha adquirido relevancia desde los puntos de vista económico, social y ecológico en Durango. En esta entidad se cultiva el

nogal en una superficie promedio anual de 7,511 hectáreas durante 2020 y ese año se produjeron 7 mil 600 toneladas de nuez (SIAP, 2021).

En varias entidades de México donde se cultiva nogal y otros frutales, se ha descuidado hasta el momento el uso de la biomasa derivada de las podas que se realizan anualmente en las huertas. Dicho residuo vegetal puede convertirse en una fuente de recursos económicos e insumos para diferentes actividades en la industria y el hogar. Hasta ahora, el desconocimiento de la utilidad de los residuos obtenidos en huertas productoras de nogal, ocasionan el desperdicio de la biomasa derivada de los diferentes tipos de poda (formación, aclareo, fructificación y rejuvenecimiento); así como de los residuos generados durante la separación del endocarpio (cáscara) y almendra. Se ha considerado que en nogal se pueden generar 1.5 t/ha de residuos de poda y 0.88 t de biomasa de la cáscara de nuez (Rosales *et al.*, 2022).

La biomasa proveniente del nogal puede utilizarse directamente como combustible (leña) y como insumo para la elaboración de pélets, briquetas y otros biocombustibles utilizados a nivel residencial e industrial. En este caso se requiere la evaluación de las propiedades industriales de la biomasa obtenida en huertas de nogal, con la finalidad de determinar su calidad en las condiciones locales de cultivo. En algunos casos, se recomienda el uso de astillas de nogal como odorante para mejorar las propiedades organolépticas de la carne asada y el sabor ahumado del chile chipotle elaborado en el sur de Chihuahua. El objetivo de este estudio fue caracterizar industrialmente la biomasa de nogal obtenida en podas de aclareo realizadas en huertas comerciales establecidas en Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de las muestras. Las muestras de ramas se obtuvieron en dos huertas de nogal, con edad diferente del arbolado (10 y 22 años), establecidas en condiciones de riego en el municipio de Durango, Dgo., México. En febrero de 2022 se realizó la poda de aclareo en árboles de nogal, las ramas se dejaron secar al sol hasta su molienda en una trituradora (Chipper Lincoln-Electric) que redujo su tamaño de partícula (30 a 50 mm). Después, se trituró en un molino de corte (Retsch SM 300) a 300 rpm para obtener un tamaño de partícula de 2 mm. La muestra molida se pasó por varios tamices en una cribadora (Retsch AS 200) para separar la porción que quedó entre los del número 20, 40 y 100, para su posterior análisis de laboratorio.

Pruebas químicas. Las pruebas químicas incluyeron el análisis inmediato, en el cual se determinó el contenido de humedad según la norma UNE-EN 14774-3 (UNE, 2010), contenido de cenizas con el método UNE-EN 14775 (UNE, 2010) y compuestos volátiles y carbono fijo con base en la norma ASTM D 1762-84 (ASTM, 2001). Para evaluar el poder calorífico se

utilizó un calorímetro semiautomático (LECO AC 600), de acuerdo con la norma ASTM D 5865 11^a (ASTM, 2011).

Análisis Estadístico. Los datos obtenidos se usaron para el análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño completamente aleatorio, con tres repeticiones. Cuando se observaron diferencias significativas, entre huertas, se aplicó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para la comparación múltiple de medias. Para el ANOVA y la comparación de medias se utilizó el programa de cómputo SAS® v. 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se muestran los valores obtenidos del análisis proximal para los residuos de poda de aclareo en dos huertas de diferente edad de nogal.

El contenido de humedad fue muy bajo debido a que previo a su análisis en laboratorio se realizó un proceso de secado (0.76 ± 0.10 a 1.54 ± 0.49 %), estos valores estuvieron muy por debajo a los reportados en briquetas de cáscara de nuez (Ngangyo *et al.*, 2022).

El contenido de cenizas fue estadísticamente superior ($p \leq 0.05$) en los residuos de poda de la huerta más joven (4.69 ± 0.21 %), Ngangyo *et al.*, (2022) encontraron valores más altos en cáscara de nuez. Estos valores bajos se atribuyen principalmente a la ausencia de hojas (Tauro *et al.*, 2022), ya que al momento de realizar la poda los árboles se encontraban en estado de dormancia.

El contenido de material volátil de residuos de poda osciló de 74.86 ± 0.71 a 76.38 ± 1.55 %, estos valores fueron superiores a los reportados en briquetas de cáscara de nuez (Ngangyo *et al.*, 2022). El contenido de material volátil varía de acuerdo a la composición del material pirolizado principalmente, así como a condiciones en las que se lleva a cabo este proceso (Kumar *et al.*, 2019). El contenido de material volátil hace referencia para conocer la masa de gas que se forma durante la pirolisis (Velázquez *et al.*, 2018).

Los valores de carbono fijo fueron de 18.67 y 19.69 % sin diferencias significativas, estos resultados fueron similares a los reportados por Ngangyo *et al.*, (2022). Este parámetro puede aumentar su valor cuándo se utilizan ramas y hojas (Tauro *et al.*, 2022), se ha demostrado que el carbono fijo influye en el potencial energético (Quiñonez *et al.*, 2021).

El poder calorífico fue de 16.21 ± 0.32 y 16.70 ± 0.23 MJ kg⁻¹ para la biomasa de los residuos de la poda de aclareo, Ngangyo *et al.*, (2022) obtuvieron valores de poder calorífico mayores en briquetas de cáscara de nuez. De acuerdo a los resultados obtenidos, la biomasa de nogal puede ser una fuente para producción de biocombustible, es importante evaluar las características del material biocombustible con la finalidad de determinar si es apto para la combustión. Las propiedades energéticas de la biomasa del nogal, cómo el poder calorífico se puede incrementar a partir de la transformación de esta a briquetas o pélets.

Actualmente la excesiva utilización de recursos fósiles para la producción de biocombustibles, representa una preocupación debido a que, en un futuro, estos se agotarán y se buscarán opciones más amigables al medio ambiente, por lo que la utilización de biomasa agrícola podría representar una alternativa como materia prima para elaborar materiales biocombustibles.

Cuadro 1. Análisis proximales de residuos de poda de aclareo en huertas productivas de nogal en Durango, Dgo.

Muestra	Contenido de humedad (%)	Cenizas (%)	Material volátil (%)	Carbono fijo (%)	Poder calorífico (MJ kg ⁻¹)
Huerta 1	0.76 ± 0.10 ^a	4.69 ± 0.21 ^b	74.86 ± 0.71 ^a	19.69 ± 0.98 ^a	16.21 ± 0.32 ^a
Huerta 2	1.54 ± 0.49 ^a	3.41 ± 0.66 ^a	76.38 ± 1.55 ^a	18.67 ± 1.29 ^a	16.70 ± 0.23 ^a

CONCLUSIONES

En este estudio se pudo determinar la calidad de la biomasa obtenida de poda de aclareo en huertas productivas de nogal en Durango. A partir de un análisis proximal se cuantificó el contenido de humedad, cenizas, material volátil, carbono fijo y poder calorífico, los cuáles son parámetros importantes para determinar un material como alternativa de biocombustible.

En el estado de Durango, cada año se generan toneladas de residuos de ramas debido a las podas que se llevan a cabo en los árboles de nogal, y al no tener un uso en la actividad agrícola, una alternativa puede ser la transformación física de la biomasa a material biocombustible sólido.

LITERATURA CITADA

- ASTM (American Society for Testing and Materials). 2011. Standard Test Method For Gross Calorific Value Of Coal And Coke. Philadelphia, PA. USA. 19 p.
- Carrillo-Parra, A., M. Ngangyo-Heya, S. Colín-Urieta, R. Foroughbakhch-Pournavab, J. G. Rutiaga-Quiñones, and F. Correa-Méndez. 2018. Physical, mechanical and energy characterization of wood pellets obtained from three common tropical species. *PeerJ*, 6, e5504. <https://doi.org/10.7717/peerj.5504>
- Kumar, R. M. D., & Anand, R. (2019). Production of biofuel from biomass downdraft gasification and its applications. In *Advanced Biofuels* (pp. 129-151). Woodhead Publishing.
- Ngangyo Heya, M.; Romo Hernández, A.L.; Foroughbakhch Pournavab, R.; Ibarra Pintor, L.F.; Díaz-Jiménez, L.; Heya, M.S.; Salas Cruz, L.R.; Carrillo Parra, A. 2022. Physicochemical Characteristics of Biofuel Briquettes Made from Pecan (*Carya illinoensis*) Pericarp Wastes of Different Particle Sizes. *Molecules*, 27, 1035. <https://doi.org/10.3390/molecules27031035>
- Quiñones-Reveles, M. A., Ruiz-García, V. M., Ramos-Vargas, S., Vargas-Larreta, B., Masera-Cerutti, O., Ngangyo-Heya, M., & Carrillo-Parra, A. 2021. Assessment of Pellets from Three Forest Species: From Raw Material to End Use. *Forests*, 12(4), 447.

- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Tauro, R., Velázquez-Martí, B., Manrique, S., Ricker, M., Martínez-Bravo, R., Ruiz-García, V. M., ... & Armendáriz-Arnez, C. 2022. Potential use of pruning residues from Avocado trees as energy input in rural communities. *Energies*, 15(5), 1715.
- Velázquez-Martí, B.; Gaibor-Chávez, J.; Niño-Ruiz, Z.; Narbona-Sahuquillo, S. 2018. Complete characterization of pruning waste from the lechero tree (*Euphorbia laurifolia* L.) as raw material for biofuel. *Renewable Energy*, 129, 629-637. DOI:10.1016/j.renene.2018.06.050

IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PHVA PARA MAXIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE ELOTE EN EL DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea Mays* L.) EN LA COMARCA LAGUNERA.

Rocha-Quiñones; J.L.¹., Avila-Cisneros², Moreno-Avedaño, O³;
Juárez-Espinoza, M⁴.

¹Profesor e Investigador del Depto. Ciencias Básicas de la UAAAN-UL ²Profesores Investigadores del Depto. Ciencias Básicas de la UAAAN-UL e integrantes del Cuerpo Académico UAAAN-CA-34, ^{3y4}Colaborador técnico de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Carretera a Santa Fe y Periférico Raúl López Sánchez S/N, Col. Valle Verde, Torreón Coahuila México. Contacto: leoroch23@gmail.com

RESUMEN.

En el periodo de verano-otoño 2021 se estableció un experimento de maíz (*Zea Mays* L.); mediante un diseño de t student por dos variedades maíz 724 y maíz dulce, pasión /zea mays var. Saccharata. Por tanto se llevara a cabo este experimento en el municipio de Torreón, Coahuila, en el campo experimental San Antonio de los Bravos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Debido a los cambios en las temperaturas, en el régimen de lluvias y en eventos extremos presentados por efecto del cambio climático, las fechas idóneas para establecer este cultivo se han modificado. Implementando la metodología PHVA que existe en cada una de sus cinco etapas utilizando métodos estadísticos así como herramientas de calidad que reduzcan las pérdidas que se producen durante el proceso de producción y así optimizar la satisfacción del productor.

Estableciendo un proceso óptimo para la producción de maíz (*Zea Mays* L.) en la Comarca Lagunera así como identificar y reducir la variabilidad de los factores de riesgo que a su vez se traduzcan en un posible incremento en la producción del cultivo de maíz, que es la variable económica al considerarse que el producto final como un alimento básico en la dieta del ser humano principalmente en México.

Palabras clave: Calidad, producción, cambio climático, PHVA.

ABSTRACT.

In the summer-fall 2021 period, a maize experiment (*Zea Mays* L.) was established; using a t-student design for two varieties of corn 724 and sweet corn, passion /zea mays var. Saccharata. Therefore, this experiment will be carried out in the municipality of Torreón, Coahuila, in the experimental field "CIBA" San Antonio de los Bravos of the Autonomous Agrarian University Antonio Narro Laguna Unit. Due to changes in temperatures, in the rainfall regime and in extreme events presented by the effect of climate change, the ideal dates to establish this crop have been modified. Implementing the PDCA methodology that exists in each of its five stages using statistical methods as well as quality tools that reduce losses that occur during the production process and thus optimize producer satisfaction.

Establishing an optimal process for the production of corn (*Zea Mays L.*) in the Comarca Lagunera as well as identifying and reducing the variability of the risk factors that in turn translate into a possible increase in the production of the corn crop, which It is the economic variable when considering that the final product is a basic food in the human diet, mainly in Mexico.

Key words: Quality, production, climate change, PDCA.

INTRODUCCION.

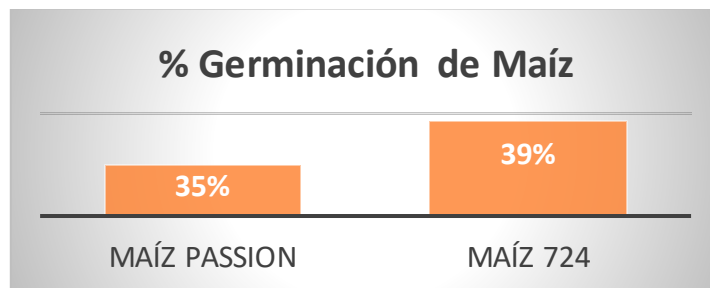
Es importante el investigar la efectividad del proceso actual de siembra, considerando que en esta investigación se establezca la implementación de la metodología "PHVA" con el fin de buscar nuevos resultados con el uso de diversas herramientas de calidad para la corrección de los comportamientos fisiológicos para que los resultados que se obtengan puedan ser expuestos en foros de expertos y productores que conlleven a optimizar y buscar un proceso eficiente. Estableciendo un proceso óptimo para la producción de elote en la siembra maíz en la Comarca Lagunera así como identificar con el uso de la metodología, herramientas estadísticas y de calidad dando solución y estandarizar el proceso de cultivo de elote apropiado ante el nuevo entorno ambiental y poder así reducir la variabilidad de los factores de riesgo que a su vez se traduzcan en un posible incremento en la producción del cultivo de elote que es la variable económica al considerarse que el producto final que es el cultivo de elote como un alimento básico en la dieta del ser humano principalmente en México.

MATERIALES Y MÉTODOS

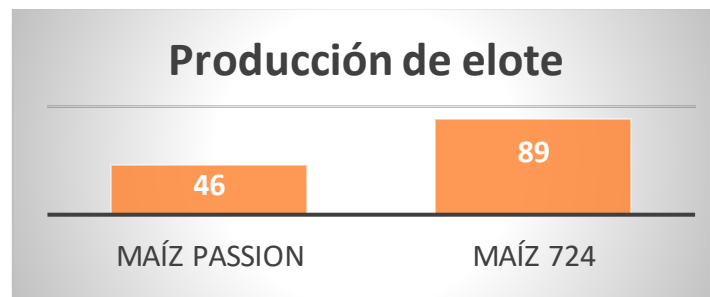
Se llevó a cabo en el campo experimental San Antonio de los bravos de la UAAAN Unidad Laguna; utilizando las variedades del maíz 724 y maíz dulce, pasión /zea mays var. Saccharata mediante dos áreas de 12 x 5.25m cada una de 63m². La fecha de siembra inicio el 3 de julio de 2021 se utilizaron 9 semillas por metro lineal y una distancia entre surcos de 40 centímetros, lo que genera una proyección aproximada de 180,000 plantas por hectárea; en el análisis estadístico se aplicara la prueba t de student en la comparación de medias y para la proyección de mejora continua se aplicara la metodología PHVA (planear, hacer, verificar y actuar) dando seguimiento a los puntos de control serán los siguientes: riego; se realizarán 3 riegos de auxilio con un mes de diferencia encada uno de ellos , fertilizante la viabilidad de utilizarlo será en función de la coloración de la planta misma que se verificara semanalmente y plagas o enfermedades será en función del monitoreo tomando como referencia plantas muestra y se realizara de manera semanal.

RESULTADOS

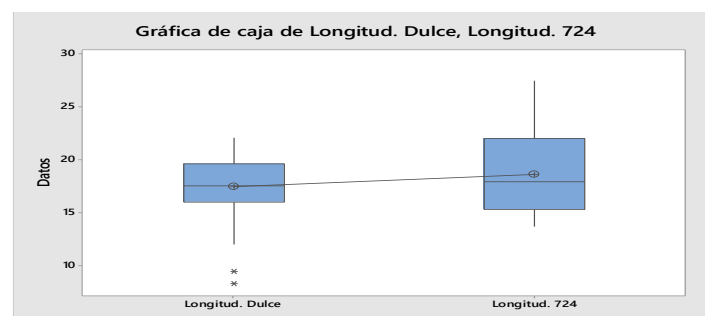
El trabajo de campo realizado en San Antonio de los Bravos de la UAAAN Unidad Laguna para el experimento de maíz con las variedades 724 y maíz dulce, passion/ zea mays var.saccharata; En base a los estudios de suelo se determinó que contamos con bajo porcentaje de Nitrógeno y Fosforo, por lo cual utilizamos 5.5 ml de Cipermetrina Con respecto a los resultados de la germinación de la variedad Maíz 724 de germinación y de la variedad maíz dulce, pasión/ zea mays var.saccharata en la gráfica 1. En el grafico2 se puede apreciar la comparación de producción por variedades relacionado a la media aritmética por surco. En la gráfica 3 y 4 podemos observar los hallazgos obtenidos para peso y longitud respectivamente.



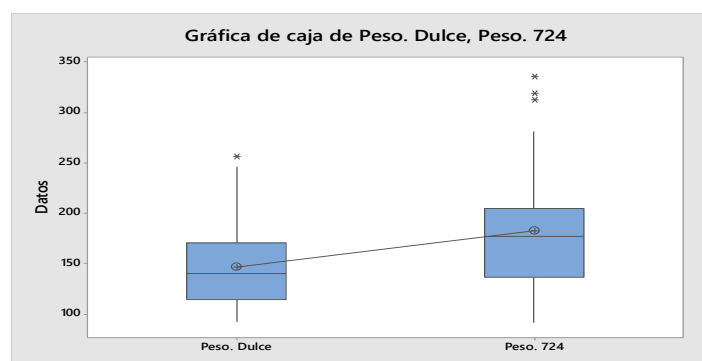
Grafica 1. Resultados de % promedio de Germinación de Maíz



Grafica 2. Resultados de producción de elote por variedad de Maíz



Grafica 3. Resultados de t student de longitud de elote



Grafica 4. Resultados de t student de peso de elote

DISCUSIÓN

Álvarez -Córdova (2018) Menciona que el maíz (*Zea Mays L.*) pertenece a la familia de las gramíneas, tribu maydeas, y se cree que se originó en los trópicos de América Latina.

En México según datos de la extinta SAGARPA (La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) en (2012) menciona que en México cuenta con 59 variedades criollas de maíz y sus centros genéticos los tenemos en Baja California Norte, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Sinaloa y Sonora (SABER-ASERCA.(2018). Alimento, forraje y materia prima para la industria. Consultado en www.gob.m/aserca/articulos/maiz

La producción de maíz no solo se da en los estados antes mencionados sino que es un cultivo que se produce por los sectores privados y sectores públicos, y del sector social de todo México; Coutino- Estrada y otros (2015); Mencionan que en particular tres cuartas partes de la superficie con maíz de Chiapas produce este grano con variedades criollas y nativas; generando solo un poco de producción con variedades mejoradas; su ubicación geográfica lo tiene como una de las regiones donde se originó el maíz.

En todo momento para la evaluación estadística se cuidara lo que Rocha-Valdez y Avila-Cisneros(2017) recomiendan para un buen análisis de carácter estadístico pues para las ciencias agropecuarias el uso de la estadística es una herramienta que favorece a los sectores agrícolas, sectores pecuarios, y por ende a la economía nacional; se tendrá especial cuidado en recopilar, organizar y analizar los datos desde el inicio y al final de todo el proceso productivo; la t de student es una herramienta que nos servirá para la comparación de las dos variedades.

Relacionado con la producción de maíz elotero Martínez –Gamiño y otros (2006) mencionan que para la siembra del maíz elotero se debe de realizar una preparación del suelo que consiste en realizar un barbecho y uno o dos pasos de rastra que es la forma tradicional para producir en el país.

En lo relacionado a la aplicación de procedimientos de mejora continua que es lo que hace diferente a este proyecto buscando nuevas aportaciones metodológicas se estudiara la metodología PHVA Jimeno Bernal (2013) menciona que se debe llevar a cabo la metodología PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar) de forma sistemática para lograr la mejora continua, entendiendo como tal al mejoramiento continuado de la calidad: incremento de eficiencia, solución de problemas, prevención y eliminación de riesgos potenciales.

García P y otros (2003) mencionan que a partir de 1950 la metodología PHVA o ciclo Deming fue llevada a cabo por Shewart a empresas japonesas con la finalidad de corregir los fallos e ineficiencias ignorados durante el proceso, que después de la segunda guerra mundial se optimizar recursos.

Cornejo J y García M (2019) mencionan que a partir de las herramientas de cinco Porque's, Pareto, Ishikawa se hará la recopilación de datos, utilizando los datos como fuente documentada para realizar las modificaciones. Sotelo Raffo (2019) menciona la importancia de estandarizar las actividades, así como auditorías internas al proceso gestionando los resultados de mejora continua basada en las buenas prácticas del cultivo de olivo.

Según 3c Empresa (2017) menciona como conseguir los resultados midiendo y analizando a través de una base de datos buscando conseguir la calidad más cercana a la perfección el uso de esta metodología requiere tiempo y mejora de procesos internos, buscando siempre la mejora continua, en el apoyo con el recurso económico y el apoyo de un software estadístico que cuente con las herramientas necesarias de calidad para facilitar el análisis de las bases de datos que se vayan obteniendo.

La Universidad Iberoamericana (2007) indica la importancia de buscar un control total de calidad en los procesos, minimizando las naturales fallas humanas sosteniendo que jamás se podrá tener un proceso perfecto, buscando satisfacer las necesidades del cliente, reducir los tiempos de ciclo, cambiar la cultura de la organización y la cantidad de defectos, que nos generan un impacto económico adicional; las fases de la metodología se dividen en 5 etapas: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

Tecnología Marcha (2014) es importante identificar, mejorar y controlar el porcentaje de efectividad que se tiene en el producto final reduciendo los tiempos muertos, maximizar la utilización de los recursos instalados así como humanos maximizar la capacidad de producción que a su vez permitirá mayores ingresos anuales. También con el uso de la metodología se pretende sensibilizar al personal involucrado en la importancia de alcanzar altos niveles de calidad, cambiando la experiencia por resultados cuantitativos.

De acuerdo con Espinosa et al. (2008), en años recientes este déficit se incrementó debido a la inadecuada estrategia gubernamental que prefería importar grano en lugar de producirlo, bajo el argumento de que el precio internacional en términos relativos era menor al costo nacional.

Barrionuevo C (2019) menciona la importancia del manejo de plagas, riego, así como de fertilizante con el objetivo de mejorar los métodos y procedimientos de cultivo de alcachofa para reducir las plagas y enfermedades, incrementando así su productividad

CONCLUSIONES

El objetivo propuesto en la investigación se cumplió al lograr utilizar la metodología PHVA en un cultivo de maíz (*Zea Mays L.*) anticipando variables inmersas durante el proceso productivo. Por otra parte se obtuvo una diferencia estadística en la producción de la variedades del maíz 724 con respecto al maíz dulce, *passion /zea mays var.saccharata* que fueron comparadas mediante dos áreas de 12 x 5.25m cada una de 63m². Mediante la metodología se identificó y disminuyó la probabilidad de afectación de plagas como el gusano cogollero y el hongo huitlacoche (*ustilago Maidyz*) el cual tuvo un impacto dentro del cultivo de maíz que se desarrolló el pasado 2021. Generado nuevas interrogantes para dar seguimiento y replicar en 2022 con las variedades CRM-60, maíz 724 y maíz dulce, *passion /zea mays var. saccharata*, utilizando la metodología six sigma en el campo experimental San Antonio de los Bravos de la UAAAN Unidad Laguna, así como en otro periodo de siembra una estandarización en el proceso propiciando poca variación en las plantas siendo un proyecto exitoso acorde a la temporada de primavera- verano.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez –Córdova; (2018) Cultivo de Maíz (*Zea mays L.*) programa de granos básicos centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal “Enrique Álvarez Córdova” del ministerio de agricultura y ganadería del gobierno de Salvador”
- Barrionuevo C.; (2019) “Mejorar los métodos y procedimientos del cultivo de alcachofa para reducir las plagas y enfermedades e incrementar la productividad de la empresa Viru S.A.”
- Cornejo J. y García M.; (2019) “Aplicación de ciclo de mejora continua para incrementar productividad del proceso de siembra de caña de una empresa agroindustrial”
- Coutino- Estrada y otros; (2015) Características eloteras y de grano de variedades nativas de maíz de Chiapas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol. 6,15). Texcoco Ed. De México.
- Espinosa A, M Tadeo, A Turrent, N Gómez, M Sierra, A Palafox, F Caballero, R Valdivia, F A Rodríguez (2008).; “El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz”. Ciencias 92-93: 118-125.
- García P. y otros; (2003) “Mejora continua de la calidad en los procesos”
- Jimeno Bernal; (2013) “El ciclo PDCA el circulo de Deming de la mejora continua”
- Martínez –Gamiño y otros; (2006). Producción de maíz elotero con un enfoque de agricultura de conservación en la zona media de San Luis Potosí INIFAP-CIRNE campo experimental San Luis Potosí. Folleto para productores N°42 San Luis Potosí, México
- Rocha-Valdez y Ávila- Cisneros; (2017) Bioestadística Aplicada a la medicina veterinaria e investigación pecuaria Editorial Académica Española

SAGARPA-ASERCA.; 2012. Maíz grano cultivo representativo de México.

Tecnología Marcha, Implementación de la metodología DMAIC, 2014.

Universidad Iberoamericana Santa fe Ciudad de Mexico, Curso Six sigma. 2006.

3c empresa, Metodología de implementación Six sigma Área de innovación y desarrollo. S.L.
2017

IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PHVA PARA MAXIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN EL CULTIVO DE MELÓN (*Cucumis melo L.*) EN LA COMARCA LAGUNERA.

Rocha-Quiñones; J.L.¹, Ávila-Cisneros; R²., Juárez-Espinosa; M³., Moreno-Avenidaño; O.⁴

¹Profesor e Investigador del Depto. Ciencias Básicas de la UAAAN-UL ²Profesores Investigadores del Depto. Ciencias Básicas de la UAAAN-UL e integrantes del Cuerpo Académico UAAAN-CA-34, ^{3y4} Colaborador técnico de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Carretera a Santa Fe y Periférico Raúl López Sánchez S/N, Col. Valle Verde, Torreón Coahuila México. Contacto: leoroch23@gmail.com

RESUMEN

En el periodo de primavera-verano 2022 se estableció un experimento de melón (*Cucumis melo L.*) mediante el diseño t student para dos tratamientos; dos surcos con plástico de polietileno negro "acolchado" y uno sin acolchado. El experimento se llevará a cabo en el campo experimental nombrado Centro de Investigación Básica y Aplicada (CIBA) ubicado en Torreón Coahuila de San Antonio de los Bravos de la UAAAN Unidad Laguna. La Comarca Lagunera se caracteriza por ser la principal región melonera del país en algunos meses del año, y las áreas sembradas que posee representan cerca de 20% de la superficie nacional. La metodología PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) es una estrategia interactiva de resolución de problemas para mejorar procesos e implementar cambios. Es un método de mejoras continuas. No es un proceso que se ejecuta una sola vez, sino un espiral continuo que busca mejorar los procesos e iteraciones. Los efectos del cambio climático sobre la agricultura inducen cambios en la producción y precios, que se manifiestan en el sistema económico a medida que los agricultores y otros participantes del mercado realizan ajustes de forma autónoma, modificando sus combinaciones de cultivos, uso de insumos, nivel de producción, demanda de alimentos, consumo de alimentos y comercio.

Palabras clave: Producción, Cambio climático, PHVA, t student.

ABSTRACT

In the spring-summer 2022 period, a melon (*Cucumis melo L.*) experiment was established using the t student design for two treatments; two furrows with black polyethylene plastic "mulch" and one without mulch. The experiment will be carried out in Torreon Coahuila at the Center for Basic and Applied Research (CIBA) located in the experimental field of San Antonio de los Bravos of the UAAAN Laguna Unit. The Comarca Lagunera is characterized for being the main melon growing region of the country in some months of the year, and its planted areas represent about 20% of the national surface. The PDCA (Plan, Do, Check and Act) methodology is an interactive problem-solving strategy to improve processes and implement changes. It is a continuous improvement method. It is not a one-time process, but a continuous spiral that seeks to improve processes and iterations. The effects of climate change on agriculture induce changes in production and prices, which manifest themselves in the economic system as farmers and other market participants make adjustments autonomously, modifying their crop mixes, input use, production level, food demand, food consumption and trade.

Key words: Production, Climate change, PDCA, t student.

INTRODUCCIÓN

El melón es la hortaliza que se explota en la región Lagunera, su fruto es muypreciado en el mercado nacional por ser los mejores en peso y tamaño de los que se producen en el país. La adaptación del cultivo a las condiciones climatológicas de la región, se tienen 2 periodos de siembra bien definidos: Primavera: Del 25 de febrero al 20 de marzo (para cosechar en mayo y junio). Verano: Del 15 de agosto al 10 de septiembre (para cosechar de octubre a diciembre).

El melón es un cultivo de gran importancia económica y social en México, debido a la magnitud de la superficie sembrada, altos volúmenes de producción, fuente de empleo e ingreso para los productores en el país. La superficie cultivada con melón en México asciende a 19 076 ha anuales, con una producción de 543 651 Toneladas, según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (SIAP, 2017)

La planta de melón no es muy exigente en suelo, pero da mejores resultados en suelos ricos en materia orgánica, profundos, mullidos, con buena aireación y pH comprendido entre 6 y 7. Si es exigente en cuanto a drenaje, ya que los encharcamientos son causantes de asfixia radicular y podredumbres en frutos.

Este cultivo se desarrolla mejor en clima cálido, a pesar de que existen ciertos híbridos adaptados a climas templados. La temperatura ambiental adecuada está entre los 18 °C y los 25 °C, el melón se puede cultivar además en invernadero calentado, sembrándolo en diciembre y haciendo el trasplante siempre en invernadero en el mes de enero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el "CIBA" ubicado en el campo experimental de San Antonio de los Bravos de la UAAAN Unidad Laguna utilizando semillas de melón con una fecha de siembra de 04 de abril de 2022 con una densidad de siembra de 27 m². En dos surcos se colocó el acolchado y otro surco se quedó sin acolchado, en los 2 surcos del acolchado se colocaron 2 semillas cada 30 centímetros en 30 cavidades y en el surco sin "acolchar" se colocaron en 28 espacios cada 30 cm 2 semillas.

Este cultivo se siembra en acolchado, ya que consiste en cubrir el suelo con una película de polietileno negro, su objetivo es aumentar la temperatura del suelo, disminuir la evaporación de agua, impedir la emergencia de malas hierbas, aumentar la concentración de CO₂ en el suelo, aumentar la calidad del fruto, al eludir el contacto directo del fruto con la humedad del suelo, puede realizarse antes de la plantación, o después para evitar quemaduras en el tallo.

Durante el proceso fenológico se realizaron inspecciones cada tres días, realizando un proceso de inspección del cultivo para monitorear la presencia de plagas y enfermedades La metodología PHVA es una forma estandarizada de alcanzar la mejora continua y optimizar todos los procesos, en el trabajo de investigación influyo en la toma decisiones en cuanto al manejo correcto de insecticidas y fertilizantes, se pudo realizar planificaciones de los riegos y aproximaciones de las cosechas.

Para el análisis estadístico se aplicará la prueba t. La contribución de esta prueba, específicamente, es para comparar dos muestras de tamaño ≤ 30 . La primera presunción es formular la hipótesis nula y la hipótesis alterna, que establece que no hay diferencias en la media de las dos muestras independientes y que, de existir esta diferencia, sólo se debe al azar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El trabajo realizado en el Centro de investigación básica y aplicada (CIBA) ubicado en el campo experimental de San Antonio de los Bravos de la UAAAN Unidad Laguna para el experimento del cultivo del melón. Se sembraron en total 120 semillas en los 2 surcos de acolchado y 56 semillas en el surco sin acolchar. Se obtuvo un 70% de germinación en el surco 1 acolchado, 47% en el surco 2 acolchado y 71% en el surco sin acolchado (*Figura 1*).

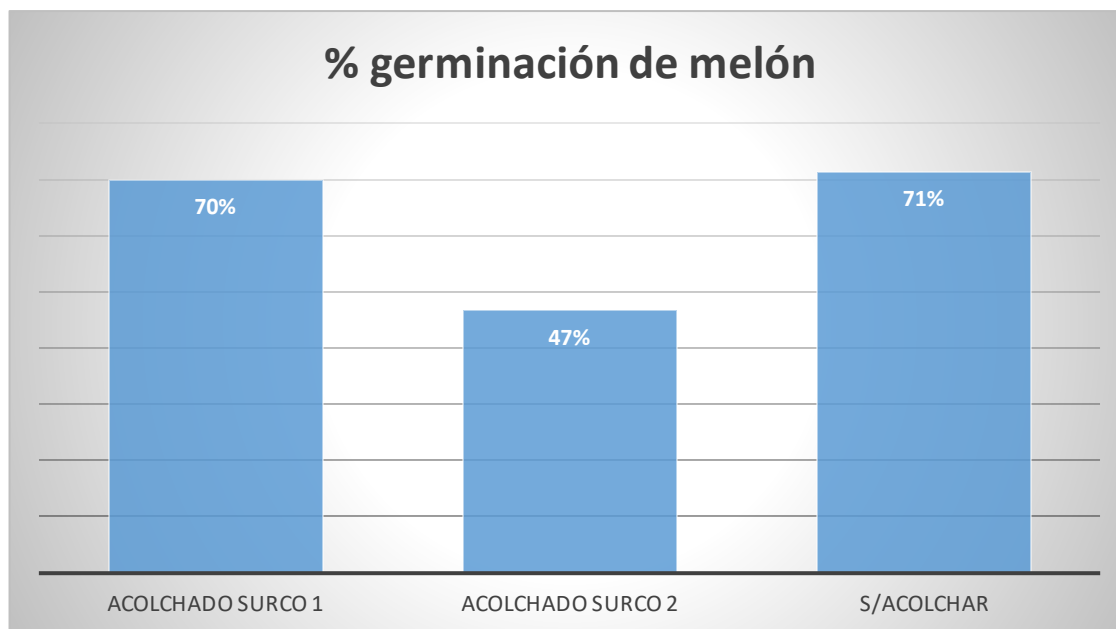


Figura 1. Germinación de melón en ambos tratamientos.

Se aplicaron 3 periodos de fertilización, la primera de presiembra que fue de 40 kg/ha de Nitrato y 20kg/ha de MAP y dos con 15 ml en 10 litros de agua de abono foliar líquido que aporta los principales nutrientes necesarios que se requiere para el desarrollo del fruto. Se realizaron seis riegos distribuidos en: el primero 02 de abril 2022 (presiembra) y 5 de auxilio con una diferencia de 8 días. Durante la etapa fenológica del cultivo se presentaron dos plagas: mosquita blanca y pulgón, lo cual nos llevó a aplicar el tratamiento en 3 etapas por la cantidad de 9 ml por 15 litros de agua de cipermetrina y dos de imidacloprid de 7 ml en 15 litros de agua para el control de que se presentó durante la etapa fenológica del cultivo.

Las primeras cosechas del melón (*Figura 2*) comenzaron el 17 de junio del acolchado y sin acolchar, se realizaron un total de 4 cosechas en ambos, sobresaliendo mas el acolchado en cantidad de producción.

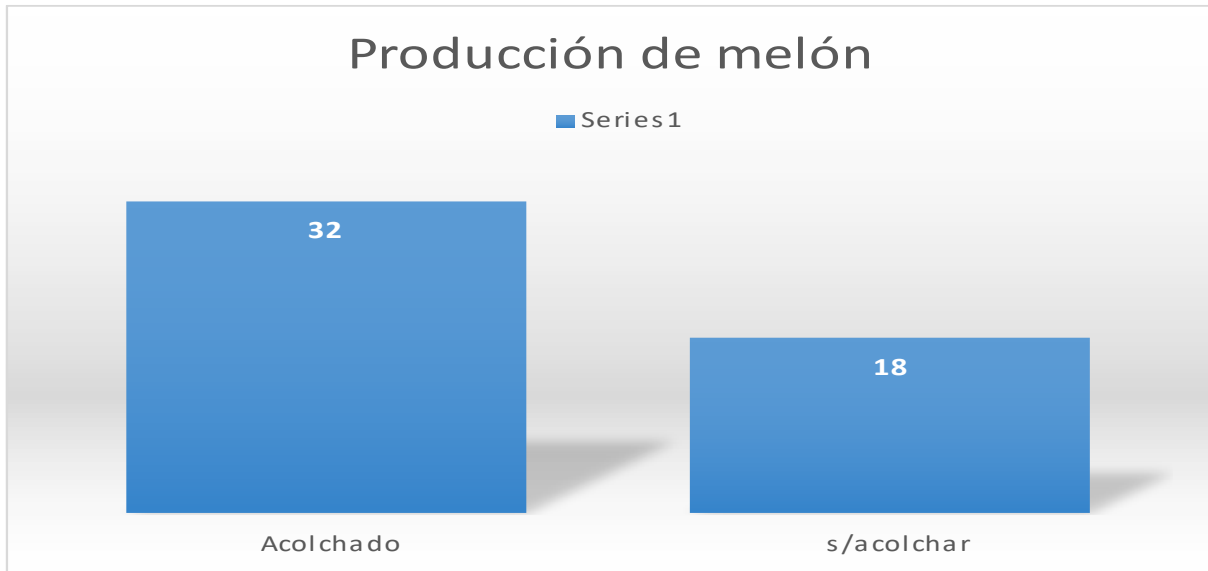


Figura 2. Producción de melón.

Los grados Brix normalmente se utiliza en agricultura para intentar predecir el sabor o dulzor de una fruta u hortaliza. En las Cucurbitáceas (melón, sandía, etc.) el valor promedio de 10-11 grados Brix. En las 4 cosechas que se realizaron, se tomaron muestras para determinar si se encontraban en el promedio que se requiere. Se muestra en la figura 3 como fue aumentando los grados brix conforme se iba a realizando los cortes. Se utilizo el refractómetro para tomar las muestras, ya que este aparato mide la refracción de la luz en los jugos de la fruta siguiendo esta variable: cuanto mayor sea el contenido de azúcar mayor es el ángulo de refracción. Es una herramienta sencilla, portátil y práctica para usar a pie de campo, básica para que el agricultor o productor pueda controlar al momento el grado de madurez de sus cultivos, y si se están desarrollando correctamente. Realizando un muestreo proporcional al corte utilizando el refractómetro para obtener los grados Brix.

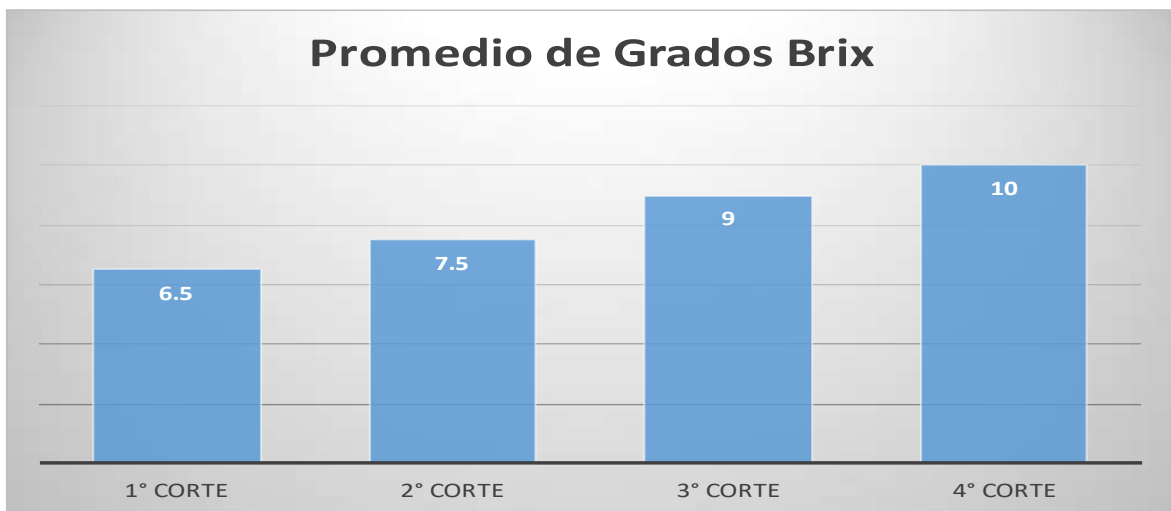


Figura 3. Promedio de grados brix en cada corte.

CONCLUSIONES

La finalidad de esta investigación es utilizar la metodología PHVA para identificar y corregir los puntos de riesgo, así adaptarnos al efecto del cambio climático, así como sus consecuencias dentro del cultivo utilizando una distribución t que nos permitirá comparar la producción del melón en acolchado y sin acolchar. Los más altos rendimientos en germinación y producción se mostraron en los tratamientos con acolchado y fueron estadísticamente superiores al tratamiento sin acolchar. En los grados brix fueron aumentando conforme se realizaban los cortes, en ambos tratamientos entraron en el promedio que requiere el fruto ya que su máximo fue de 10 grados brix. Un melón para que sea considerado óptimo debe cumplir con algunos requerimientos: excelente sabor, buena textura, aroma y el grado correcto en brix, es por eso que los agricultores saben que para lograrlo y que el cultivo sea cada vez mejor, es necesario crear las condiciones propicias, es por eso que los productores optan por utilizar el acolchado en este cultivo, ya que no solo se logra aumentar la temperatura del suelo sino que también hay una mayor entrada de luz solar, se aprovecha mejor el agua y se protege a la plantación de insectos y enfermedades no deseadas en las hojas.

REFERENCIAS

- Bouzo, C.A.; Küchen M.G. 2012. Effect of temperature on rate of crop development melon. Agr. Res. 10(1-2): 283-294
- By Student. The probable error of a mean. Biometrika. 1908; 6: 1-25.
- Cano-Ríos P, Theran-Kruger KE, Esparza-Martínez JH (2004) Calidad de fruta de híbridos de melón reticulado (*Cucumis meló* L.) bajo condiciones de La Comarca Lagunera. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas 3(2): 123-130.
- DRCL-Sagarpa (Delegación Regional de la Comarca Lagunera de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2011). Anuario estadístico de la producción agropecuaria, Comarca Lagunera. Ciudad Lerdo, Durango.
- Espinoza-Arellano, J. J. (2003). Programación de siembras de melón en la Comarca Lagunera. El Siglo de Torreón. Disponible en <http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/45056.html>
- Freyre, C.E.; Schapschuk, P.A.; Bouzo, C.A.; Bouchet, E.R. 2007. Construcción de un dendrómetro y una estación meteorológica automática para el estudio del crecimiento de frutos. Revista Científica Agropecuaria 11(2): 103-109.
- IPCC et al. 2007. Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Macías-Macías, A. (2000). La importancia de las organizaciones de productores en la hortofruticultura de México. El caso de la sandía en la costa de Jalisco. Carta Económica Regional, 73:3-14.
- Peñaloza A., Patricia. 2001. Semillas de hortalizas. Manual de producción. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Valparaíso. Chile. 161 p.
- Rosegrant, M. W., S. Msangi, C. Ringler, T. B. Sulser, T. Zhu, and S. A. Cline. 2008. International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade (IMPACT): Model description. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute.
- Sagarpa (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2012). Mejora inifap técnicas agrícolas para producción de melón en Región Lagunera. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/2012/septiembre/Documents/2012B493.pdf>.
- Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación SAGARPA-Laguna. 2008. Delegación Federal en la Comarca Lagunera. Anuarios Estadísticos 1980-2007.

- Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación SAGARPA. 2004. Plan Rector del Sistema Producto Melón en la Comarca Lagunera. Delegación de la SAGARPA en la Comarca Lagunera. Ciudad Lerdo, Dgo. 34 p.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2006. Lineamientos para la Implementación de Buenas Prácticas Agrícolas y Buenas Prácticas de Manejo en los Procesos de Producción y Empacado de Frutas y Hortalizas para Consumo Humano en Fresco. México. D.F.
- SIAP, Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2017). Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/>
- USDA - AMS. 2002. Fresh Fruit and Vegetables Shipments by Commodities, States and Months. Washington, DC.
- Welch BL. Generalization of "student's" problem when several different population variances are involved. *Biometrika*. 1947; 34: 28-35.

ANÁLISIS DEL MERCADO DE AGUACATE EN JALISCO

JALISCO AVOCADO MARKET ANALISYS

Erick Baltazar Brenes

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, Av. Biodiversidad Núm. 2470, Km. 8 Carr. Tepatitlán – Lagos de Moreno, Rancho Las Cruces, México. Correo electrónico: baltazar.erick@inifap.gob.mx

RESUMEN

En México el aguacate es una opción productiva con un mercado en crecimiento, tanto a nivel nacional como internacional. En este trabajo se analizó la volatilidad de los principales mercados del aguacate variedad Hass producido en Jalisco, México. Se utilizaron el precio medio rural, los precios al mayoreo en cinco destinos nacionales y los precios de exportación de cuatro mercados principales. Se obtuvieron las tasas de crecimiento continuas y la desviación estándar de las series analizadas en el periodo de 2012 a 2021. Los mercados nacionales representan menor riesgo, no obstante, los mercados internacionales continúan siendo una opción atractiva por el crecimiento de la demanda.

Palabras clave: Volatilidad, mercados domésticos, mercado de exportación.

ABSTRACT

In Mexico, avocado is a productive option with a growing market, both nationally and internationally. The volatility of the main markets of the Hass variety avocado produced in Jalisco, Mexico was analyzed. The rural average Price, the wholesale prices in five national destinations and the export prices of the four main markets were used. Continuous growth rates and the standard deviation of the series analyzed in the period from 2012 to 2020 were obtained. The national markets represent less risk, however, the international markets continue to be an attractive option due to the growth in demand.

Key words: Volatility, domestic markets, export market.

INTRODUCCIÓN

Tal como la mencionan Cruz-López *et al.* (2022), en México, el aguacate es una opción competitiva con un mercado en crecimiento. De 2012 a 2017 la producción mundial creció 86.94%, de 4,311 a 8,059 miles de toneladas. Los principales productores a nivel mundial son México (29.7%), Colombia (10.88%), República Dominicana (8.39%), Perú (8.19%) e Indonesia (7.56%) (FAO 2022).

De 2012 a 2021 la producción de aguacate variedad Hass en México se incrementó 88% de 1,267 a 2,384 miles de toneladas (SIAP 2022). Los principales productores a nivel nacional son Michoacán (76.59%), Jalisco (10.69%), Estado de México (5.15%), Nayarit (2.72%) y Morelos (1.84%). En el mismo periodo, la producción en Jalisco aumentó 540% de 39,763 a 254,711 toneladas. Los principales productores a nivel estatal son Zapotlán el Grande (21.52%), San Gabriel (7.93%), Gómez Farías (6.72%), Tuxpan (6.39%), Concepción de Buenos Aires (6.04%) y Zapotiltic (5.03%).

De 2012 a 2021 el rendimiento promedio nacional de aguacate variedad Hass se incrementó 6.36% de 10.22 a 10.87 t ha⁻¹, y la superficie sembrada 66.66% de 144,195 a 240,303 ha. En el mismo periodo, en Jalisco, el rendimiento aumentó 68.3% de 7.1 a 11.95 t ha⁻¹ y la superficie sembrada 154% de 10,887 a 27,684 ha, lo cual es producto de la especialización espacial y productiva que se ha dado en el país en torno a este producto desde 1980 (Vargas-Canales *et al.* 2020). En 2021, el rendimiento estatal promedio más alto fue de 13.34 t ha⁻¹ en Sonora, en segundo lugar, Sinaloa con 12.51 t ha⁻¹ seguido del Estado de México con 12.06 t ha⁻¹; Jalisco ocupó el cuarto lugar.

En 2020 México exportó 49.58% de la producción de aguacate variedad Hass, con un valor de 2,746,174 miles de dólares. Los principales mercados son Estados Unidos (79.84%), Canadá (7.91%), Japón (4.28%) y España (2.04%). En ese año Estados Unidos importó un total de 1,116,897 t, y México participó con una cuota de mercado de 82.83%.

Además del mercado estatal, los principales destinos nacionales de la producción de Jalisco son: Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Colima, Durango, Nayarit, Sinaloa y Zacatecas.

Las principales opciones de los productores de aguacate variedad Hass de Jalisco para vender su producto para consumo en fresco son: a) a los intermediarios, b) al mayoreo en mercados nacionales, y c) en el mercado de exportación. El nivel de incertidumbre de la rentabilidad en cada opción es diferente, en gran medida por los precios de mercado. La volatilidad, o cambios bruscos de los precios, implican una mayor dispersión alrededor del precio promedio (Rossi, 2013), y si el nivel de aversión al riesgo del productor es alto, podría desalentar la inversión (Jacks *et al.*, 2009).

En este trabajo se realizó un análisis de los precios nacionales al mayoreo, de los precios de exportación y de los precios medios rurales para identificar el nivel de volatilidad de las opciones de mercado para el aguacate variedad Hass producido en Jalisco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron bases de datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), del Sistema Nacional de Información e Integración de Marcados (SNIIM), del Banco de México (BANXICO), del Servicio de Investigación Económica del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA ERS por sus siglas en inglés) y de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés). El periodo analizado fue de enero de 2012 a diciembre de 2021.

Los precios nacionales de mayoreo fueron los promedios anuales de los precios diarios frecuentes del aguacate variedad Hass de primera proveniente de Jalisco en todos los puntos de venta. Los precios de exportación se calcularon empleando el tipo de cambio promedio anual FIX determinado por el Banco de México. Los precios se actualizaron a diciembre de 2021 empleando los datos del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), base julio de 2018, publicados por el Banco de México.

Se obtuvo la desviación estándar de la tasa de crecimiento continua de cada precio para calcular la volatilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra el comportamiento de los precios del aguacate para consumo en fresco y su tendencia. Todos los precios tienen una tendencia al alza, de acuerdo a Días

(2021) esto se debe en parte al crecimiento mundial de la demanda, sin embargo, el precio medio rural (PMR) no ha subido de manera importante, por lo que, de acuerdo a Espejel-García *et al.* (2022,) los productores deben elaborar una estrategia que les permita aumentar su competitividad. De los precios nacionales al mayoreo, los más altos están en el mercado de la Unión de Comerciantes de La Paz en Baja California Sur (BCS), seguido de diversos centros de distribución en Colima (COL) y de la Central de abastos de Culiacán (SIN); el mercado de abastos de Zacatecas (ZAC) tiene los precios más bajos, incluso por debajo de los precios promedio nacionales (NACIONAL). Los precios en el mercado interno aumentaron significativamente debido a algunas restricciones de la producción por fenómenos climáticos y el aumento de la demanda mundial (Arias *et al.* 2018). De los destinos internacionales, los precios más altos están en Estados Unidos (EEUU), seguido de Japón y Canadá; los precios más bajos están en España.

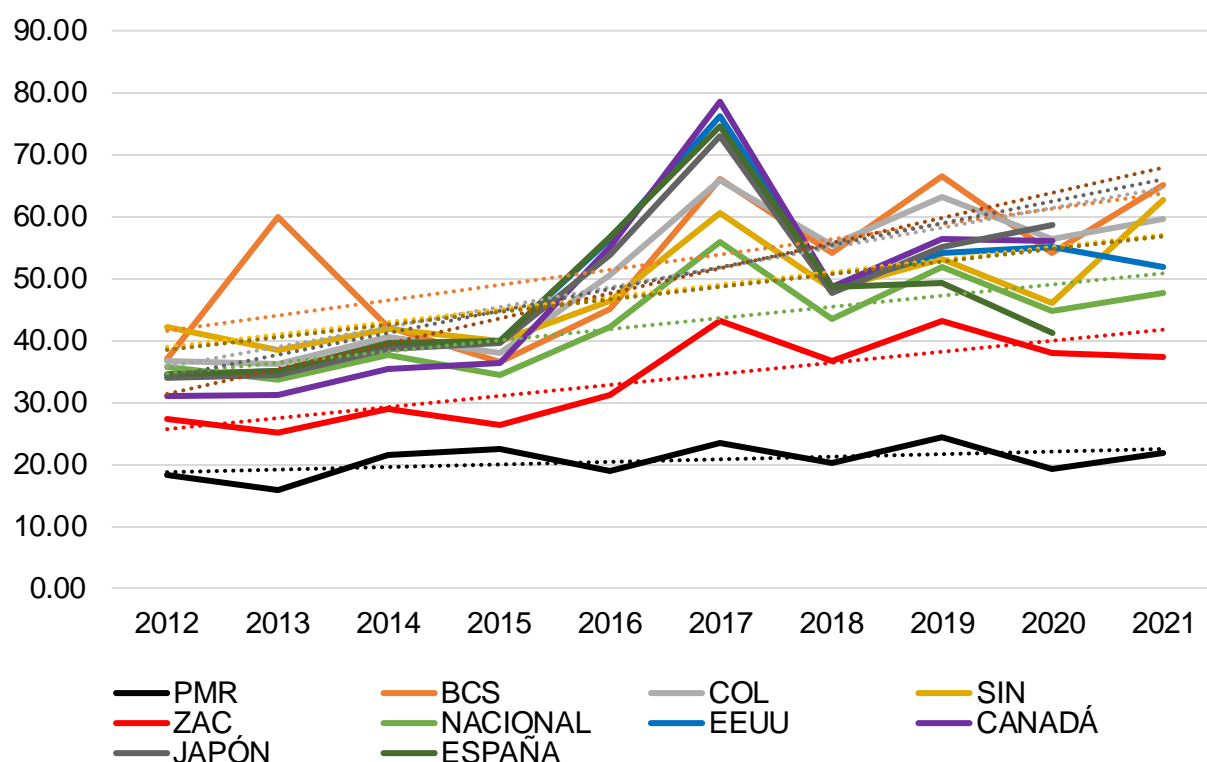


Figura 1. Comportamiento y tendencia de los precios del aguacate por kg.

En general, la volatilidad de los precios de exportación es mayor a la de los nacionales. De las series analizadas, el mercado con mayor volatilidad es el de BCS ($\sigma = 0.1274$) y el más bajo es el del mercado al mayoreo en Colima ($\sigma = 0.0701$); En la Tabla 1 se muestran los valores de la volatilidad de todos los mercados.

Tabla 1. Valores de la volatilidad de los mercados del aguacate por kg.

Mercados nacionales		Mercados de exportación	
Mercado	σ	Mercado	σ
PMR	0.0863	EEUU	0.1003
BCR	0.1274	Canadá	0.1195
COL	0.0701	Japón	0.0996
SIN	0.0803	España	0.1062
ZAC	0.0739	--	--
Nacional	0.0778	--	--

CONCLUSIONES

Los mercados nacionales representan destinos con menor riesgo que los internacionales, sin embargo, los mercados de exportación y la demanda creciente internacional representan un escenario atractivo por los altos precios. El crecimiento de la superficie cultivada en México se ha incrementado de manera importante y existe un fuerte apoyo gubernamental a la reconversión productiva a este producto. No obstante, el PMR no ha tenido un crecimiento en la misma magnitud que el resto de los precios, por lo que los productores asociados deben buscar la eliminación de los intermediarios y colocar el producto directamente en los mercados mayoristas y de exportación, lo cual reduciría distorsiones y externalidades negativas incrementando así su rentabilidad.

REFERENCIAS

- Arias, F., Montoya, C. y Velásquez, O. 2018. Dinámica del mercado mundial de aguacate. Revista Virtual Universidad Católica del Norte 55: 22-35. Disponible en: /Users/Downloads/Dialnet.DinamicaDelMercadoMundialDeAguacate-7795871
- Cruz-López, F.D., Caamal-Cauich, I., Pat-Fernández, V.G. y Reza S.J. 2022. Competitividad de las exportaciones de aguacate Hass de México en el mercado mundial. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 13(2): 355-362. Disponible en: cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/2885/4723
- Díaz, R. 2021. El mercado mundial del aguacate: 60 años de liderazgo de México y su impacto la próxima década. The Anáhuac Journal, 21(2): 12-49.
DOI: <https://dpi.org/10.36105/theanahuacjour.2021v21n2.01>
- Espejel-García, A., Ramírez-García, A.G., León B.J.I y Barrera-Rodríguez, A.I. 2022. Estrategia de desarrollo de proveedores de una empacadora de aguacate (*Persea americana* Mill) cultivar Hass en Michoacán, México. Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional, 32(59).
DOI: <https://dpi.org/10.240836/es.v32i59.1199>
- Vargas-Canales J.M., Carbajal-Flores G., Bustamante-Lara T.I., Camacho-Vera J.H., Fresnedo-Ramírez J., Palacios-Rangel M.I. y Rodríguez-Haros B. 2020. Impact of the market on the specialization and competitiveness of avocado production in Mexico. International Journal of Fruit Science, 20:sup3, S 1942-S 1958, DOI: 10.1080/15538362.2020.1837711

EFFECTO DE HERBICIDAS PARA EL CONTROL DE MALEZA EN LA REGIÓN DEL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Marroquín-Morales José Á.¹; Tamayo-Esquer Luis M.¹; Cantúa-Ayala Jesús A.¹; Parra-Cota Fannie I.¹; Armenta-Castro Cesar M.¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug. km. 12. Cajeme, Obregón, Sonora, México. marroquin.2272@gmail.com

RESUMEN

Un control inadecuado de malezas reduce hasta un 30 % el rendimiento de un cultivo. El estudio se realizó en un huerto de cítricos ubicado en el block 1900 del Valle del Yaqui, Sonora. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de un herbicida orgánico y dos herbicidas químicos para el control de maleza tradicional. Se evaluaron los herbicidas Invictus (Glufosinato de amonio), SecNatural (herbicida orgánico) y un testigo regional (Sal isopropilamina de N-(fosfometil)-glicina). Se evaluó el control a los 7, 14, y 21 días después de la aplicación (DDA), el experimento se realizó mediante un diseño experimental de bloques al azar de cuatro repeticiones, el análisis de la información se efectuó mediante ANDEVA y la comparación de medias por la diferencia mínima significativa (DMS). Los resultados muestran que el efecto del herbicida Invictus sobre malezas anuales se manifiesta de manera rápida, de los 7 hasta los 21 (DDA), las dosis 1.0, 2.0 Y 3.0 L ha⁻¹, se registró un control de maleza hasta del 95 % de daño (medio a excelente). Por otra parte, el herbicida de tipo orgánico registro valores hasta del 85 %, por lo que si se presentó diferencia mínima significativa (DMS).

Palabras clave: *Herbicidas, Maleza, Cultivos, Daño.*

ABSTRACT

Inadequate weed control reduces crop yield by up to 30%. The study was carried out in a citrus orchard located in block 1900 of Valle del Yaqui, Sonora. The objective of this study was to evaluate the effect of an organic herbicide and two chemical herbicides for traditional weed control. The herbicides Invictus (Glufosinate ammonium), SecNatural (organic herbicide) and a regional control (N-(phosphonomethyl)-glycine isopropylamine salt) were evaluated. The control was evaluated at 7, 14, and 21 days after the application (DDA), the experiment was carried out by means of an experimental design of blocks at random with four repetitions, the analysis of the information was carried out by means of ANOVA and the comparison of means by the least significant difference (MSD). The results show that the effect of the herbicide Invictus on annual weeds is manifested quickly, from 7 to 21 (DDA), doses 1.0, 2.0 and 3.0 L ha⁻¹, a weed control of up to 95% was recorded. damage (medium to excellent). On the other

hand, the organic-type herbicide recorded values of up to 85%, so there was a minimal significant difference (MSD).

Key words: *Herbicides, Weeds, Crops, Damage.*

INTRODUCCION

La falta de herbicidas en pre y post emergencia es uno de los principales problemas para la siembra de cultivos, debido a la gran abundancia de malas hierbas, donde se encuentran especies de gran morfología y muy competitivas (Alcántara *et al.*, 2017).

El control de malezas sin duda es un aspecto importante dentro de la producción de un cultivo, pueden llegar a generar daños muy notables en la producción, puede haber una reducción de hasta un 30 % en el rendimiento del cultivo debido a la competencia que ocasionan las malezas por agua, luz y nutrientes (Viera y Escobar, 2015).

Para el manejo de malezas a lo largo del tiempo se han introducido varios herbicidas tanto individualmente como en mezclas que ejercen buena efectividad tanto en pre como en post emergencia temprana en los primeros estadios fenológico de las malezas, tal manejo reduce los problemas de especies anuales hasta el cierre de la plantación (Paredes y Barroso, 2012).

La aplicación intensiva de herbicidas químicos es eficaz para controlar una maleza, sin embargo, ello da lugar a varios efectos negativos. Por ejemplo; la evolución de las malas hierbas resistentes efectos residuales, los efectos residuales en los cultivos y la contaminación del medio ambiente (Khan y Ishfaq, 2015)

Durante las últimas décadas se ha logrado identificar nuevas alternativas químicas y biológicas que son menos tóxicas para el medio ambiente y el hombre, dentro del control biológico se ha propuesto la utilización de compuestos alelopáticos para la formulación de herbicidas que afecten la germinación, crecimiento y desarrollo de otra planta de diferente especie (Celis *et al.*, 2008). Esta investigación se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de un herbicida orgánico y dos herbicidas químicos para el control de maleza tradicional.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en un huerto de cítricos ubicado en el block 1900 del Valle del Yaqui, Sonora, México, durante el ciclo primavera-verano 2021-2022. Se evaluaron herbicidas comerciales Invictus (*Glufosinato de amonio*), SecNatural (*herbicida orgánico*) y el testigo regional (TR) (Sal isopropilamina de N-(fosfonometil)-glicina). El experimento se evaluó mediante un diseño experimental de bloques al azar, con cuatro repeticiones. La unidad experimental quedó conformada por cuatro árboles distanciados a 8 metros entre hileras y 4

m entre calles, de los cuales se consideraron 6 metros entre hileras para la unidad experimental, dando un área de 48 m² (6x8 m). El área de la parcela útil estuvo compuesta por un cuadro de 0.25 m², con las cuatro repeticiones distribuidas aleatoriamente en la unidad experimental. Se realizó una sola aplicación por cada tratamiento, utilizando una mochila aspersora de un aguilón con boquillas de abanico plano, previa una calibración para determinar el volumen de agua por unidad experimental. Para los herbicidas comerciales se utilizaron dosis de 20, 40 y 60 ml + 5 L de H₂O equivalente a las dosis de 1.0, 2.0 y 3.0 L ha⁻¹, mientras que para el herbicida orgánico se utilizaron dosis de 5, 7.5 y 10 mililitros por litro de agua. A todos los tratamientos se le agregó el adherente carfulmin para potencializar el efecto de los herbicidas. Para el método de evaluación, se identificó y se cuantificó la maleza presente antes de la aplicación de los tratamientos, y posteriormente se determinó el porcentaje de control en cada unidad experimental. se realizó un muestreo a los 7, 14, y 21 días después de la aplicación (DDA). El análisis de la información se realizó mediante ANDEVA y la comparación de medias por la diferencia mínima significativa (DMS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 donde podemos observar el porcentaje de daño a diferentes dosis, se obtuvo que el tratamiento con mejor resultado fue del ingrediente activo glufosinato de amonio a dosis más concentrada, 60 ml + 5 L de H₂O (3.0 L ha⁻¹). Comparado con el Testigo regional podemos observar a los 7 DDA en la dosis de 60 ml + 5 L de H₂O (3.0 L ha⁻¹) expreso un 88.7 %, se puede observar en el análisis experimental que no hubo diferencia significativa en ambas dosis.

Por otra parte, podemos observar que el mismo ingrediente activo en dosis 40 ml en 5 L de H₂O (2.0 L ha⁻¹), obtuvieron resultados del 85 % de daño respectivamente, considerado como un control regular de malezas. Para el Testigo regional podemos observar a los 7 DDA en la dosis de 20 y 40 ml + 5 L de H₂O (1.0 y 2.0 L ha⁻¹) expreso un 82 y 83.2 % considerado un control de daño regular, se puede apreciar que no hubo diferencia significativa entre ambos tratamientos. Sin embargo, Para el mismo ingrediente activo en dosis de 20 ml + 5 L de H₂O (1.0 L ha⁻¹) se observa que hay diferencia entre tratamientos.

Los resultados coinciden con Ramírez (2019), quien menciona que el glufosinato de amonio obtuvo un alto porcentaje de efectividad en el control de plantas, principalmente con alturas de 10 cm de altura. Este dato es de real importancia debió a que el control de maleza en los huertos de cítricos, se mantiene un manejo constante durante todo el ciclo.

Para la variable 14 DDA se observa que, dosis de 60 y 40 ml + 5 L de H₂O (2.0 y 3.0 L ha⁻¹) para los herbicidas Invictus y testigo regional, no hay significancia entre tratamientos partiendo de un rango de 93.5 – 87.7 % de daño, siendo un control de daño considerable.

En la variable 21 DDA los tratamientos Invictus y TSR en dosis de 20, 40 y 60 ml en 5 lt de H₂O (1.0, 2.0 y 3.0 l ha⁻¹) se presentan un control de daño alto, no se presentan diferencias significativas, puesto que, se obtienen valores desde 89.5 – 94.7 % de daño en malezas.

Cuadro 1. Efecto y control de herbicidas a diferentes dosis e ingredientes activos, para el control de maleza.

Tratamiento	Porcentaje de daño		
	7dda	14dda	21dda
20 ml Invictus en 5 litros de (H ₂ O)	75c	81cd	85.38dc
40 ml Invictus en 5 litros de (H ₂ O)	85b	92a	92.13ab
60 ml Invictus en 5 litros de (H ₂ O)	93.75a	93.5a	94.75a
20 ml TR en 5 litros de (H ₂ O)	82bc	84.5bc	89.5abc
40 ml TR en 5 litros de (H ₂ O)	83.25b	87.75ab	91.25ab
60 ml TR en 5 litros de (H ₂ O)	88.75ab	89ab	93.25a
25 ml SecNatural en 5 litros de (H ₂ O)	47.5e	68.5f	81.75d
37.5 ml SecNatural en 5 litros de (H ₂ O)	50.25de	72ef	82.75d
50 ml SecNatural en 5 litros de (H ₂ O)	56.75d	76.25de	86.75bcd
DMS	7.6	6.3	5.43
CV	7.2	5.28	4.22

DDA= Días después de la aplicación; DMS = diferencia mínima significativa ($p < 0.05$);

CV Coeficiente de variación

TR: Testigo regional

El tratamiento SecNatural en dosis de 50 ml l⁻¹ se expresó con los valores más bajos, a los 7 DDA alcanzo un 56 % de daño en malezas, sin embargo, durante el proceso de evaluación (14 y 21 DDA) el daño se elevó hasta alcanzar un porcentaje considerable, hasta un 85 % como se muestra en el cuadro 1. El control de malezas con herbicidas orgánicos presenta una efectividad menor al de los compuestos químicos, sin embargo, estos tienen un valor agregado muy importante hoy en día, ya que tienen la necesidad de resolver problemas ambientales. El modo de acción es de lento desarrollo y requiere de mucha paciencia (Díaz, 2015).

CONCLUSIONES

Se detectó que con el herbicida Invictus (*glufosinato de amonio*) se obtiene resultados por encima del 90 % de daño a malezas, colocándose como candidato a otra alternativa al uso de herbicidas de amplio espectro.

El testigo regional se comportó de manera similar al herbicida Invictus, pues estos no difieren significativamente al presentar resultados.

El herbicida Sec natural (*orgánico*) se expresó de manera aletargada, sin embargo, durante el proceso de la evaluación el porcentaje de daño se elevó, obteniendo un control bueno.

REFERENCIAS

- Alcántara, C., Pedraza, V., Saavedra, M., Castilla, A., Perea, F. (2017). Evaluación de la eficacia y fitotoxicidad de herbicidas de post-emergencia en habas. Congreso de la Sociedad Española de Malherbología. Pamplona-Iruña, 2017. 309
- Celis A; Mendoza C; Pachon M; Cardona J; Delgados W; Cuca L. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. *Agronomía Colombiana* 26: 97-106
- Díaz A. (2015). Potencial de manejo post-emergente de malezas con alternativas de extractos vegetales. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 19-20
- Khan I. y Ishfaq M. (2015). Técnicas ecológicas de control de malezas (extracto alelopático) en el cultivo de trigo *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6: 1307-1316
- Paredes E. y Barroso G. (2012). Efectividad biológica de los herbicidas imazethapyr y clorimuron etyl contra arvenses en el cultivo de la soya (*Glycine max*). *Revista Fitosanidad*, 16: 167-173
- Ramírez J. (2019). Evaluación de la eficacia de glufosinato de amonio en sistemas de producción de soja, con alta presión de conyza spp en estadios avanzados. Universidad Nacional de La Plata Facultad Ciencias Agrarias y Forestales. La Plata, Buenos Aires. 25-26.
- Viera F. y Escobar L. (2015). Evaluación de mezclas de herbicidas en el control de arvenses en el cultivo de la caña de azúcar en tres tipos de suelos de majibacoa, Las tunas. *Revista Cultivos Tropicales*. 36: 122-128

EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN EL SUR DE SONORA

Marroquín-Morales José Á.¹, Gayosso-Barragán Odilón², García-Bolívar Elco H.¹, Montoya-Coronado Lope¹, Hidalgo-Ramos Dreyli M.³.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug. km. 12. Cajeme, Obregón, Sonora, México.

²CENID-AF-INIFAP. Carretera Ojuelos-Lagos de Moreno km 8.5, Ojuelos, Jalisco, México.

³Tecnológico 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.

marroquin.2272@gmail.com

RESUMEN

La superficie de maíz del 2010 al 2021 en el sur de Sonora ha variado de 7,500 a 57,843 ha⁻¹, el área se ha incrementado y una de las razones es por los altos rendimientos que se han obtenido y el precio del grano. Una limitante es el alto costo de la semilla por lo que es importante que existan diferentes materiales de maíz validado que compitan en rendimiento para la región del Valle del Yaqui, para así generar mayor diversidad y competencia en precios. Por lo que el objetivo de este trabajo fue validar híbridos de maíz para identificar aquellos que se adapten y garanticen buenos rendimientos para esta región. Este trabajo se realizó en el ciclo O-I 2020-2021 en el Block 910 del Valle del Yaqui, los materiales evaluados fueron los híbridos comerciales de maíz (Dk-4050, Hipopótamo, Rinoceronte, Edison). Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con 6 repeticiones. Se validó con el sistema de riego por superficie en un área de 2 ha⁻¹. Los resultados del estudio mostraron un mayor rendimiento en el híbrido comercial Dk-4050 con un rendimiento total de 15,651.56 kg ha⁻¹.

Palabras clave: Híbridos, Rendimiento, Riego por gravedad.

ABSTRACT

The corn area from 2010 to 2021 in southern Sonora has varied from 7,500 to 57,843 ha⁻¹, the area has increased and one of the reasons is due to the high yields that have been obtained and the price of the grain. One limitation is the high cost of the seed, so it is important that there are different validated maize materials that compete in yield for the Yaqui Valley region, in order to generate greater diversity and price competition. Therefore, the objective of this work was to validate corn hybrids to identify those that adapt and guarantee good yields for this region. This work was carried out in the A-I 2020-2021 cycle in Block 910 of the Yaqui Valley, the materials evaluated were commercial corn hybrids (Dk-4050, Hipopótamo, Rinoceronte, Edison). A randomized complete block experimental design with 6 replications was used. It was validated with the surface irrigation system in an area of 2 ha⁻¹. The results of the study showed a higher yield in the commercial hybrid Dk-4050 with a total yield of 15,651.56 kg ha⁻¹.

Keywords: Hybrids, Yield, Surface irrigation.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz es uno de los cereales más importantes en el mundo, después del trigo y el arroz, ya que son granos básicos para la dieta a nivel mundial y de primera necesidad. 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 uno de los cultivos más producidos 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, 2020).

Este cultivo es esencialmente importante para ayudar a resolver el problema de la alimentación, principalmente en países en desarrollo, razón por la cual es de suma importancia el mejoramiento de su productividad. Una alternativa para elevar la producción de maíz es el uso de variedades mejoradas, entre las que se encuentran los híbridos (Espinosa *et al.*, 2009). El uso de híbridos ha permitido mejorar los componentes de producción de la mazorca y por ende elevar el potencial productivo del maíz (González *et al.*, 2015). Además de la selección del híbrido, los usos de prácticas de cultivo adecuadas pueden incrementar el rendimiento (Chura y Tejada, 2014). Estas afirmaciones son válidas de acuerdo a cada región, dada la competencia por agua, luz y nutrientes, por lo que es importante hacer una selección adecuada de híbridos con características adaptables a determinada región (Bolaños y Claude, 2013).

La agricultura es una de las actividades socioeconómicas y ambientales más importantes en México, genera 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).

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% del agua superficial asignada, el cual se utiliza para irrigar aproximadamente 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 2020-2021 en terrenos del CENEB-INIFAP, Cd. Obregón, Sonora. El tipo de suelo fue arcilloso, la fertilización se llevó a cabo con 450 unidades de nitrógeno por hectárea, como fuente se utilizó urea, y 76 unidades de fósforo 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, se aplicaron cinco riegos de auxilio para todos los materiales evaluados. 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, teniendo en total 112,500 plantas ha⁻¹. 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. Los materiales evaluados fueron los híbridos comerciales de maíz Dk-4050, Hipopótamo, Rinoceronte y Edison. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con 6 repeticiones. La siembra se realizó el 5 de diciembre, 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*).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza detectó diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en los rendimientos obtenidos, los resultados muestran que el material Dk-4050 obtuvo el mayor rendimiento con un valor de 15,651.56 kg ha⁻¹, seguido de Hipopótamo con rendimiento de 15,054.62 kg ha⁻¹, como se observa en el cuadro 1 estadísticamente no hay diferencia significativa entre estos dos materiales. Los materiales Rinoceronte y Edison, obtuvieron rendimientos más bajos con 13,098.59 kg ha⁻¹ y 12,834.22 kg ha⁻¹ respectivamente, por lo que el análisis detectó diferencia significativa en estos dos últimos materiales evaluados. Las condiciones de crecimiento en floración determinan el número de granos y su tamaño potencial (Sadras, 2007; Gambín y Borrás, 2010). Por otro lado, el peso promedio de los granos es el resultado de la duración del periodo efectivo de llenado y de la tasa de llenado durante el mismo (Andrade *et al.*, 1996).

Cuadro 1. Comparación de medias en rendimiento entre híbridos

Material	Medias	n	E.E.	
Dk-4050	651.56	3	38.08	A
Hipopótamo	054.62	3	38.08	A
Rinoceronte	089.59	3	38.08	B
Edison	834.22	3	38.08	B

Medias con la misma letra en el sentido de las columnas son iguales ($p > 0.05$)

Dk-4050 fue el mejor material en rendimiento, sobrepasando por 596.95 kg ha⁻¹ al material Rinoceronte, estos dos híbridos registraron los mayores rendimientos en este estudio, sobrepasando a Edison y Rinoceronte por más de 2 t ha⁻¹. La productividad de los cultivos está gobernada por interacciones entre el clima y los procesos fisiológicos que estos conllevan. El éxito productivo no solo depende de la intensidad de los estímulos climáticos sino también de la secuencia temporal de estos durante todo el ciclo de los cultivos (Ruiz, 2008).

Entre los principales factores que afectan la producción de maíz destacan el achaparramiento, pudrición de mazorca, precipitaciones escasas e irregulares, uso de variedades criollas, manejo agronómico deficiente y falta de crédito (Ortega, 2001). Los factores abióticos y bióticos influyen

directamente en el rendimiento ya que son incontrolables, por ello es importante realizar pruebas de campo en ambientes contrastantes para determinar la estabilidad del híbrido y su comportamiento.

CONCLUSIONES

El material donde se obtuvo el mayor rendimiento fue Dk-4050 con un rendimiento de 15,651.56 kg ha⁻¹. Un rendimiento aceptable debido a que el tipo de suelo donde se realizó el estudio se encuentra debajo de la media comparado con otros ambientes. Es necesario continuar con estas evaluaciones para corroborar resultados, así como también incluir más híbridos para esta región.

REFERENCIAS

- Andrade F. 1996. Radiación y temperatura determinan los rendimientos máximos de maíz. Boletín Técnico 106. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce (INTA), Balcarce, Buenos Aires, Argentina.
- Bolaños, E., y Claude, J. 2013. Efecto de la distancia entre surcos y densidad de siembra en el rendimiento y calidad del forraje de sorgo. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 4: 161-176.
- Chura, J. y Tejada, J. 2014. Behavior of yellow corn hybrids in town of La Molina, Perú. IDESIA 32: 113-118.
- Espinosa, A., Tadeo, A., Turrent, N., Gómez, M., Sierra, F., Caballero, R., Valdivia B. y F. Rodríguez M. 2009. El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. Ciencias 92-93: 118-125.
- Gambín B. y Borrás L. 2010. Resource distribution and the trade-off between seed number and weight: a comparison across crop species. Ann. Appl. Biol. 156: 91 – 102.
- González, B., A. Calderón, M. Tadeo-Robledo, J. J. Encastín-Dionicio, J. N. Martínez Rodríguez, A. Félix Reyes, A. L. Cárdenas Marcelo y A. Turrent-Fernández. 2015. Producción de híbridos y variedades de maíz para grano en siembra a doble hilera. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 6: 1491-1505.
- Minjares J. y Salmón R. 2009. Índice económico para el manejo interanual del agua: caso del Distrito de Riego 041 Río Yaqui, México. Ingeniería hidráulica en México, vol. XXI P. 41-54.
- Ruiz, F., Marrero, P., Cruz O., Murillo, B. y García, J. 2008. Influencia de los factores agroclimáticos en la productividad de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en una zona árida de Baja California Sur, México. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 2008, vol. 17, no. 1, pp. 44-47.
- 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.
- Sadras V. 2007. Evolutionary aspects of the trade-off between seed size and number in crops. Field Crops Res. 100: 125 – 138
- SIAP, 2020. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Estadísticas. Consultado en línea 19 de julio de 2022.
- Ortega, D. 2001. Determinación de Aptitud combinatoria de ocho líneas de Maíz (*Zea mays* L.) Derivadas de la población 76 C₂ (Tropical Intermedia Blanco Cristalino). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.

EVALUACIÓN DE INSECTICIDAS CONTRA MOSCA BLANCA Y SU EFECTO EN INSECTOS BENEFICOS EN ALGODONERO

EVALUATION OF INSECTICIDES AGAINST WHITE FLY AND ITS EFFECT ON BENEFICAL INSECTS ON COTTON TREE

Hernández-Leal Enrique¹, Maltos-Buendía Jorge^{1*}, Franco-Gaytán Iván¹, Nava-Camberos Urbano², Ávila-Rodríguez Verónica³, Sánchez-Galván Homero³

¹Campo Experimental la Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ²Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Biológicas, ³Universidad Juárez del Estado de Durango. E-mail: maltos.jorge@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

El algodón es un cultivo importante en el mundo al ser el producto agrícola no alimentario que más se cultiva debido a la fibra y semillas que produce. México ocupa el noveno lugar en la producción mundial, con una participando del 1.4% (El Economista, 2019). Las principales plagas del algodón en la Comarca Lagunera son el picudo, la conchuela, la mosca blanca y el gusano soldado. La mosca blanca es un serio problema fitosanitario desde 1995 (Nava y Cano, 2000). En el cultivo del algodón, la mielecilla en la fibra la vuelve pegajosa, dificultando el proceso de hilado, disminuyendo la calidad final del producto y aumentando el desgaste de la maquinaria, provocando sanciones económicas a los productores cuando se rebasan los límites de contenido de mielecilla en la fibra (Hendrix et al., 1996). Durante los ciclos agrícolas de 1992 a 1997, la mosca blanca afectó severamente al cultivo, posteriormente sus infestaciones y daños disminuyeron, pero en 2013 a 2016 sus poblaciones y daños se incrementaron otra vez en la Comarca Lagunera, realizándose de 0.5 a 2.0 aplicaciones para su control (Nava y Ávila, 2017).

En la Comarca Lagunera se han identificado siete especies: la mosca blanca del camote (MBHP), *Bemisia tabaci* Gennadius, la mosca blanca de la hoja plateada (MBHP), *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring y la mosca blanca de los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood, la mosca blanca de las alas bandeadas, *Trialeurodes abutilonea* Haldeman, la mosca blanca lanosa de los cítricos, *Aleurothrixus floccosus* Maskell, la mosca blanca de las acacias *Tetraleurodes acaciae* Quaintance y la mosca prieta de los cítricos *Aleurocanthus woglumi* Ashby, siendo la especie dominante *Bemisia argentifolii* (Ávila, 2000). Los principales hospederos de la mosca blanca en la Comarca Lagunera son *Brassica oleracea* L. var. *botrytis* y *capitata*, *Cucumis melo* L., *Cucumis sativus* L., *Cucurbita pepo* L., *Citrullus lanatus* (Thunb) Mansf. Y *Gossypium hirsutum*. También se encontraron arvense como hospederas y el 38.7% de plantas hospederas en zonas urbanas presentaron niveles de incidencia de media a alta infestación (Cano et al., 2001).

La mosca blanca se ha convertido en un problema recurrente en el cultivo de algodón, ocasionando daños por la excreción de mielecilla sobre la fibra, ocasionando pérdidas a los productores por la contaminación de la fibra por las altas densidades de población de esta plaga. En la actualidad, los productores realizan de 1 a 3 aplicaciones por ciclo para reducir

el nivel de población de mosca blanca, utilizando insecticidas de amplio espectro como organofosforados y piretroides. El uso de insecticidas selectivos (reguladores de crecimiento) controlan de manera segura a la mosca blanca y apalancan el control de manera efectiva, ya que al respetar la fauna benéfica, el control biológico puede prevenir brotes de plagas secundarias y controlar la mosca blanca (Ellsworth, 2014).

Los enemigos naturales ejercen una mayor influencia sobre la dinámica estacional de *B. tabaci*. El control biológico puede ser una táctica efectiva para minimizar los daños a la producción. En el sistema algodón de Arizona, un grupo de artrópodos generalistas proporcionan una crítica regulación de *Bemisia tabaci* y otras plagas. El uso de umbrales de depredadores permite tomar decisiones que pueden retrasar o potencialmente eliminar la aplicación (Ellsworth, 2019). Por lo anterior, se estableció un experimento para evaluar la efectividad biológica de algunos insecticidas para el control de la mosca blanca y con bajo impacto sobre los insectos benéficos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La parcela experimental se estableció en el Campo Experimental La Laguna del INIFAP en Matamoros, Coahuila, en una superficie de 1 ha. Se utilizó la semilla de la variedad Delta Pine 0971, con una densidad de población de 131,578 plantas/ha. La siembra se realizó el 15 de abril, utilizando el programa de manejo establecido en la región.

El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental consistió de 12 surcos, 9.12 m de ancho por 25 m de largo, equivale a 228 m². Como parcela útil se utilizaron los cuatro surcos centrales, dejando 2 metros de margen de cada tratamiento como barrera para evitar la deriva de los insecticidas al momento de la aplicación de los tratamientos. Se realizaron dos aplicaciones de insecticidas, el 5 y 15 de julio con una aspersora motorizada Arimitsu y boquillas de cono hueco, se realizó un muestreo previo y tres muestreos posteriores (Cuadro 1). El volumen de agua utilizado en la aplicación fue de 350 lt de agua/ha, como coadyuvante se utilizó Break Thru en dosis de 0.5 ml/lt de agua.

Cuadro 1. Tratamientos de insecticidas evaluados para el control de *B. tabaci* y su efecto sobre insectos benéficos en algodónero.

Tratamiento	Grupo químico	Dosis/ha
1.- Flupyradifurone	4D Butenolido	500 ml
2.- Dinotefuran	4A Neonicotinoide	500 gr
3.- Afidopiropen	9D Pyropeno	500 ml
4.- Pyriproxifen	7C Mímico hormona juvenil	500 ml
5 Acetamiprid	4A Neonicotinoide	300 gr
6.- Betacyflutrin + imidacloprid	3A,4A Piretroide, Neonicotinoide	250 ml
7.- Testigo absoluto	-----	-----

El método de muestreo para el conteo de adultos consistió en revisar el envés de la hoja del quinto nudo de arriba hacia abajo, se registró el número de adultos de mosca blanca presentes; se revisaron 20 plantas de los dos surcos centrales de cada tratamiento y cada dos metros se eligió una planta en forma de zigzag en ambos surcos. Se revisaron 80 hojas por tratamiento 80. Para el conteo de ninfas se colectaron 20 hojas del quinto nudo por cada repetición, las plantas donde se colectaron las hojas se eligieron de la misma forma que para

el muestreo de adultos. En total se colectaron 80 hojas por tratamiento. El conteo de ninfas se realizó en el laboratorio de entomología del Campo Experimental la Laguna, utilizando un estereoscopio electrónico de 40x. En cada hoja se contabilizaron las ninfas grandes de tercero y cuarto instar, localizadas en el segundo sector de la hoja; en un área equivalente al tamaño de una moneda de cuarto de dólar denominada disco foliar (Ellsworth).

El muestreo de insectos benéficos se realizó con una frecuencia similar al muestreo de adultos y ninfas de mosca blanca, utilizando una red entomológica estándar. En cada repetición se realizaron 25 redazos para un total de 100 redazos por tratamiento. El redeo se realizó en el surco central de cada repetición, dando un redazo cada metro lineal, golpeando con la red el tercio superior de la planta. El contenido de la red se colocó en bolsas de papel de 2 kg debidamente etiquetadas, y después se llevaron al laboratorio de Entomología del INIFAP para su refrigeración. El conteo de insectos benéficos se realizó utilizando un estereoscopio, separando los insectos por grupos para su registro e identificación con las claves y de manera visual.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el muestreo previo a la primera aplicación de insecticidas, la población de adultos de mosca blanca fue similar en todos los tratamientos, ya que no hubo diferencias significativas entre los mismos. Los porcentajes de infestación por adultos fueron por arriba del umbral de acción 40% de hojas infestadas (Figura 1).

Los resultados del muestreo después de la primera aplicación indican que los tratamientos que presentaron un mejor control de adultos de mosca blanca fueron Pyriproxifen, seguido por Acetamiprid y Flupyradifurone. Se observó una población media en los tratamientos Flupyradifurone, testigo absoluto, Acetamiprid, Dinotefuran y Afidopyropen siendo estadísticamente iguales, mientras el testigo regional, Betacyflutrín + imidacloprid presentó la mayor población de adultos por hoja. En los muestreos posteriores no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos (Figura 1).

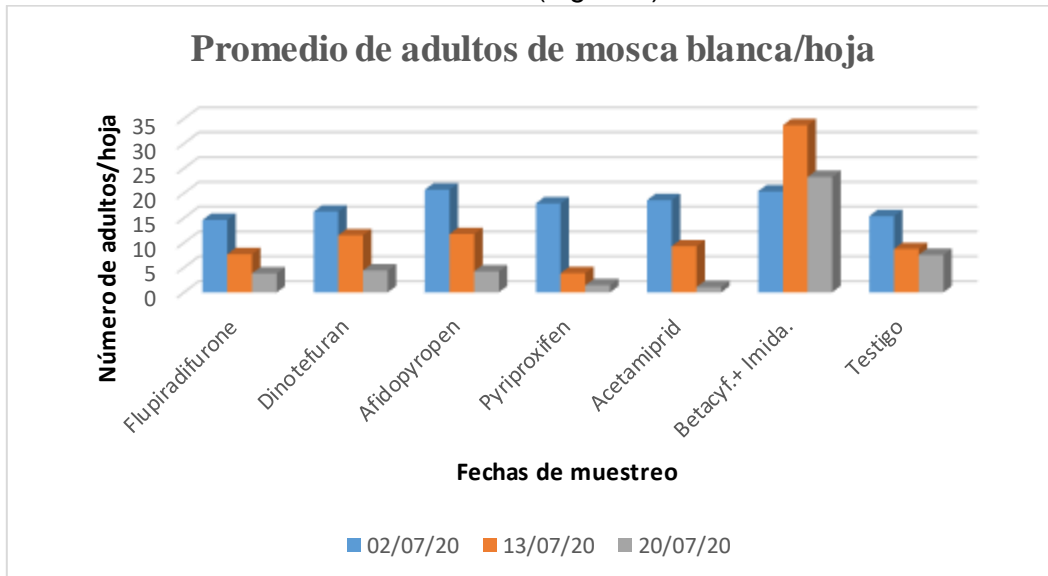


Figura 1. Promedio de adultos por hoja en los tratamientos evaluados contra mosca blanca en algodónero.

En el muestreo previo a la primera aplicación de insecticidas, el promedio de ninfas por hoja fue estadísticamente igual en todos los tratamientos. Casi todos los tratamientos rebasaron el umbral de acción de 40% de hojas infestadas al momento de la aplicación, solo el tratamiento Flupyradifurone inició por debajo del umbral de acción con 33% (Figura 2).

Después de la primera aplicación, en el muestreo se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, siendo Pyriproxifen y Acetamiprid los tratamientos que presentaron el menor número de ninfas por área foliar, seguido por Flupyradifurone. El testigo regional Betacyflutrín + Imidacloprid presentó el mayor número de ninfas, siendo estadísticamente diferente a todos los demás tratamientos (Figura 2).

En el muestreo después de la segunda aplicación de insecticidas, los tratamientos que presentaron un mejor control de ninfas fueron Pyriproxifen y Acetamiprid, seguidos por Afidopyropen. Los tratamientos Pyriproxifen, Flupyradifurone y el testigo absoluto presentaron una población mayor a 0.5 ninfas por hojas, mientras que el testigo regional Betacyflutrín + Imidacloprid presentó un promedio de 1.8 ninfas/hoja, siendo estadísticamente diferente a todos los tratamientos (Figura 2).

En el último muestreo, la población de mosca blanca disminuyó significativamente en todos los tratamientos. Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, siendo Pyriproxifen el que presentó el promedio más bajo de ninfas por hoja, seguido por los tratamientos Acetamiprid, Flupyradifurone, Dinotefuran y Afidopyropen. El testigo regional Betacyflutrín + Imidacloprid presentó el mayor número de ninfas por área foliar, seguido por el testigo absoluto. Lo anterior concuerda con Ellsworth et al. (2019) quienes mencionan que los insectos benéficos pueden retrasar la necesidad de aplicación de insecticida.

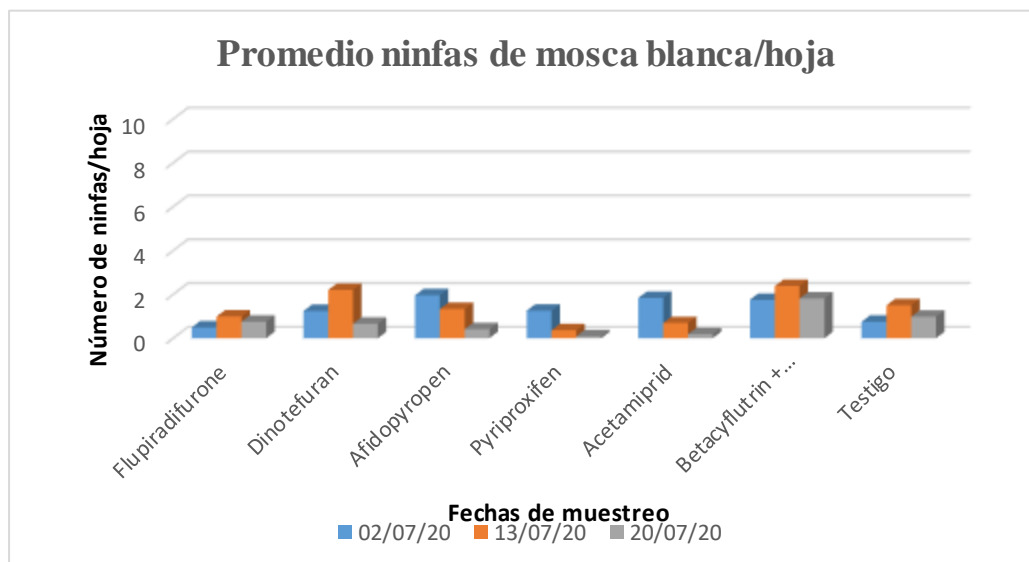


Figura 2. Promedio de ninfas por disco foliar en los tratamientos evaluados contra mosca blanca en algodónero.

Los resultados de los redeos muestran que la población de insectos benéficos antes de la aplicación de los tratamientos era alta y uniforme, siendo las más abundantes las chinches *Orius* spp. con una población de 75 a 121 chinches en promedio por 100 redazos. Le siguió

en abundancia *Hippodamia convergens* con valores de 13 a 40 individuos por cada 100 redazos (Figura 3). Después de la aplicación de los tratamientos se observó una reducción importante en la población de insectos benéficos, principalmente de la chinche *Orius* spp. en todos los tratamientos, excepto en el testigo. La población de *Hippodamia c.* disminuyó de manera importante después de la aplicación en el tratamiento Acetamiprid, seguido por Dinotefuran y Betacyflutrin. De acuerdo con lo observado en el testigo absoluto, se confirma lo mencionado por Ellsworth, et al. (2014) al controlar solamente la plaga objetivo y conservando a la mayoría de los enemigos naturales, el control biológico natural puede ayudar en el control de la mosca blanca.

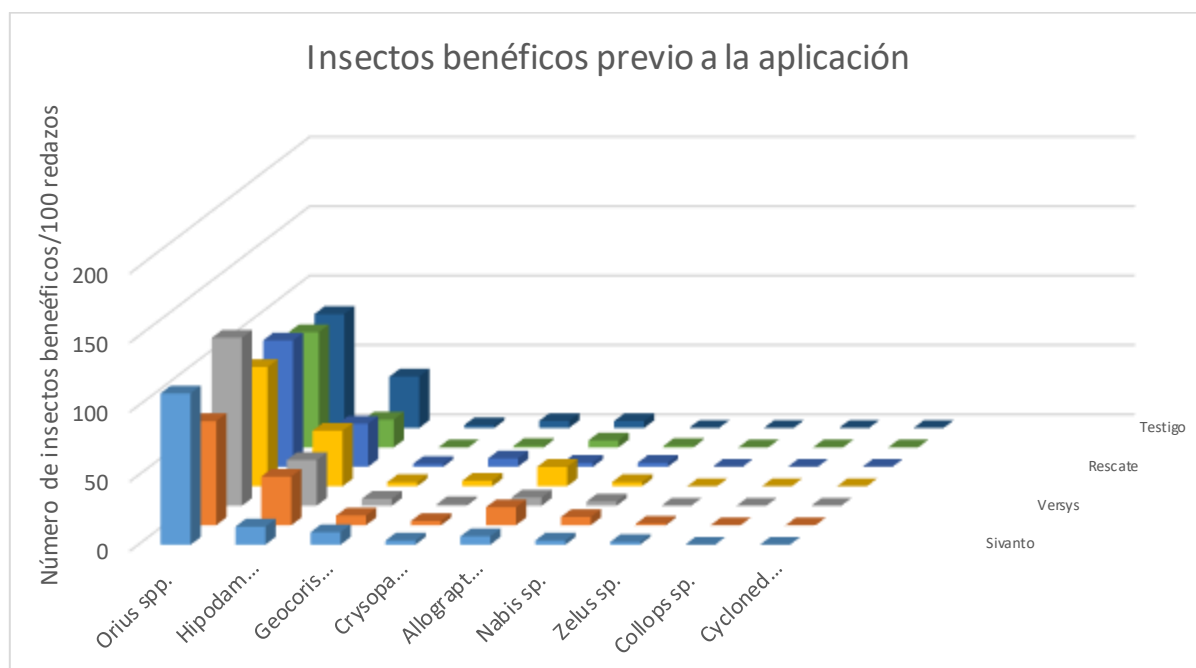


Figura 3. Densidad de población de insectos benéficos antes de la aplicación de los tratamientos.

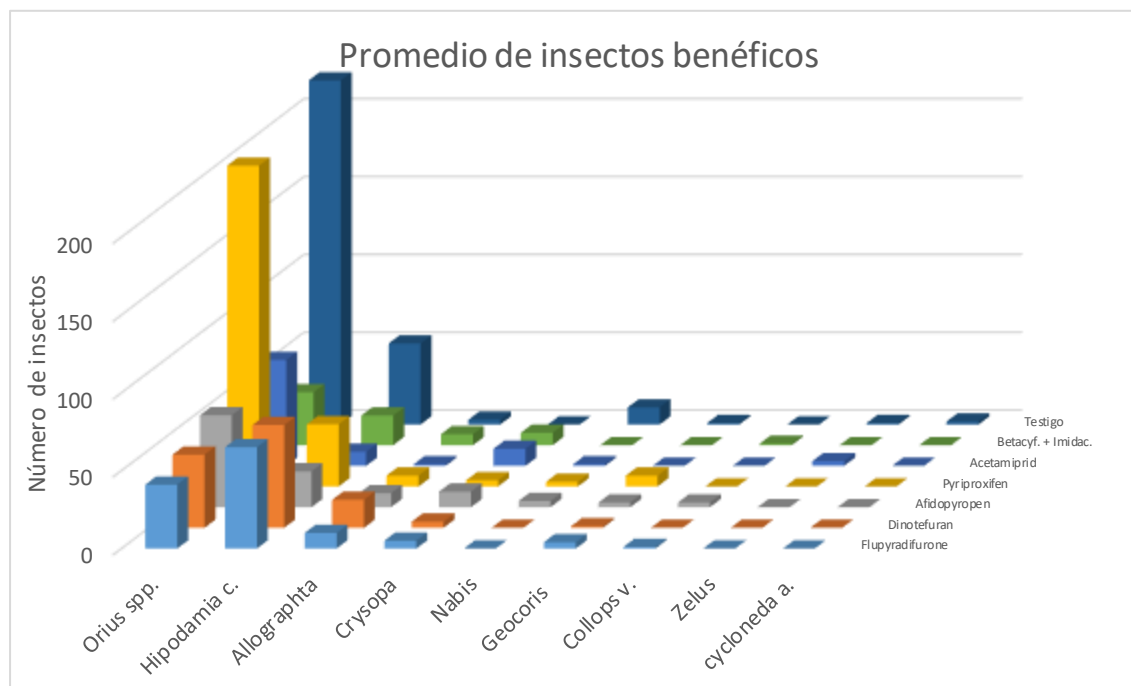


Figura 4. Efecto de los insecticidas sobre la población de insectos benéficos en los tratamientos después de dos aplicaciones.

CONCLUSIONES

Los insecticidas benéficos ejercen un control variable hacia la mosca blanca, mientras que Pyriproxifen y Acetamiprid presentaron un mejor control de la población de adultos y ninfas, manteniendo el nivel de población por debajo de los demás tratamientos por más tiempo, por el contrario el insecticida Betacyflutrín + Imidacloprid que es de amplio espectro tuvo el nivel más alto de adultos y ninfas de mosca blanca, lo que confirma que los productos de amplio espectro eliminan a la mayoría de los enemigos naturales presentes en el cultivo de algodón, impidiendo que ejerzan control de la población de mosca blanca. Todos los insecticidas afectaron negativamente la población de insectos benéficos, principalmente la chinche Orius spp., excepto el regulador de crecimiento Pyriproxifen, por lo que puede ser utilizado en el programa de manejo del algodón, ayudando a la conservación de los enemigos naturales.

REFERENCIAS

- Ávila G. M. del R. 2000. Identificación de especies de mosquitas blancas y sus plantas hospedantes en la Comarca Lagunera. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Tesis de maestría. pp. 22 – 25
- Cano-Ríos P., Ávila-García M. del R., Sánchez-Galván H., López-Ríos E., Rangel Santos M., Blanco- Contreras E y F. Jiménez Díaz. 2001. Folia Entomológica Mexicana. 40(1):53-65. Pp.53, 54.

- Ellsworth C.P., Brown L. and S. Naranjo. 2014. Seamos Selectivos. University of Arizona. College of Agricultural and Life Sciences. Cooperative Extension.
- Ellsworth C.P., Pier N., Fournier A.J., Naranjo S.E., and T. Vandervoet. 2019. Predator “Thresholds”. University of Arizona. College of Agricultural and Life Sciences. Cooperative Extension.
- Gallegos-Cedillo Gilberto. 26 de agosto de 2019, 18:20. El Economista. Opinión Agronegocios. El mercado mundial y nacional del algodón.
- Nava Camberos, Urbano, Cano Ríos, Pedro. Umbral económico para la mosquita blanca de la hoja plateada en melón en la Comarca Lagunera, México. *Agrociencia* [en línea]. 2000, 34(2), 227- 234[fecha de Consulta 4 de marzo de 2020]. ISSN: 1405-3195. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30234212>
- Nava-Camberos Urbano, Ávila-Rodríguez Verónica. 2017. Folleto. Diversidad de insectos en algodón convencional y transgénico en México. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez del Estado de Durango.

EVALUACIÓN DE HERBICIDAS ORGÁNICOS Y SINTÉTICOS PARA EL CONTROL DE MALEZAS ANUALES

Marroquín-Morales José Á.¹; Tamayo-Esquer Luis M.¹; Cantúa-Ayala Jesús A.¹; Parra-Cota Fannie I.¹; Armenta-Castro Cesar M.¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug, km. 12. Cajeme, Obregón, Sonora, México. marroquin.2272@gmail.com

RESUMEN

Las malezas compiten de forma directa con los cultivos por agua, luz y nutrientes. Debido a esto se estableció un experimento en el Sitio Experimental Valle del Mayo (SEMAY) en Navojoa, Sonora, México. Con el objetivo de evaluar los herbicidas tradicionales con nuevas alternativas para un mejor control, se comparó testigo regional (sal de potasio de N-Glicina), Impetor (paraquat), Sec Natural (orgánico), SecBios (orgánico) y Herbitech (orgánico). Se evaluó el control a los 7, 14, y 21 (DDA), el experimento se realizó mediante un diseño experimental de bloques al azar de cuatro repeticiones, el análisis de la información se efectuó mediante ANDEVA y la técnica de comparación de medias por el método de la diferencia mínima significativa (DMS). Los resultados muestran que la eficacia del herbicida Impetor (Paraquat) sobre maleza se manifiesta de manera rápida, ya que se observó desde los 7 (DDA) a 21 (DDA). Asimismo, se aprecia un control similar en la práctica por el Testigo Regional 2 L Ha⁻¹ con una eficacia del 99.6%, sin embargo, los herbicidas, Sec Natural, SecBios, y Herbitech presentan valores muy similares por encima del 90 % de efectividad, por lo que no se presentó diferencia mínima significativa ($p < 0.05$).

Palabras clave: *Cultivos, Daño, Herbicidas, efectividad, competencia.*

ABSTRACT

Weeds compete directly with crops for water, light and nutrients. Because of this, an experiment was established at the Valle del Mayo Experimental Site (SEMAY) in Navojoa, Sonora, Mexico. In order to evaluate traditional herbicides with new alternatives for better control, a regional control (N-Glycine potassium salt), Impetor (paraquat), Sec Natural (organic), SecBios (organic) and Herbitech (organic) were compared. Control was evaluated at 7, 14, and 21 (DDA), the experiment was carried out using a randomized block experimental design with four repetitions, the information analysis was carried out using ANOVA and the technique of comparison of means by the method of the least significant difference (MSD). The results show that the effectiveness of the herbicide Impetor (Paraquat) on weeds manifests itself quickly, since it was observed from 7 (DAA) to 21 (DAA). Likewise, a similar control is observed in practice by the Regional Control 2 L Ha⁻¹ with an efficiency of 99.6%, however,

the herbicides, Sec Natural, SecBios, and Herbitech present very similar values above 90% effectiveness, so there was no significant minimum difference ($p < 0.05$).

Key words: Crops, Damage, Herbicides, effectiveness, competition.

INTRODUCCIÓN

Actualmente existe la necesidad de buscar nuevas alternativas que permitan mediante la asociación de prácticas culturales y el control químico, un manejo eficiente de las especies de maleza en los cultivos regionales (Tamayo *et al.*, 2017). Hoy en día el Testigo regional (Sal isopropilamina de N-(fosfonometil)-glicina) se le considera como el herbicida más utilizado en todo el mundo, actualmente la Agencia Internacional del Cáncer (IARC) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han clasificado a esta sustancia probablemente cancerígena para los seres humanos (IARC, 2015). En la actualidad existen alternativas que engloban una serie de productos de tipo orgánico con la capacidad de controlar el complejo de malezas, dichos productos son rápidamente degradados lo cual no permite poner en riesgo la seguridad al medio ambiente y en conjunto a otras prácticas culturales se pueden obtener resultados óptimos a beneficio del productor (Urgilés, 2018). Lo anterior coincide con los objetivos del presente trabajo, que contempla buscar alternativas que puedan sustituir a los herbicidas tradicionales, con una mayor eficiencia en el control de malezas, esto evaluando herbicidas químicos y orgánicos presentes en el mercado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el sitio experimental Valle del Mayo (SEMAY), Navojoa, Sonora, México. Se evaluaron los herbicidas comerciales Impetor (paraquat), Sec Natural (orgánico), SecBios (orgánico) y Herbitech (orgánico) y el testigo regional (TR) (sal de potasio de N-Glicina). Se evaluó el control a los 7, 14, y 21 días después de la aplicación (DDA) de los tratamientos, el experimento se realizó mediante un diseño experimental de bloques al azar de cuatro repeticiones, la unidad experimental consistió de 12 surcos de 220 m de longitud, separados a 0.8 m. El área de la parcela útil está compuesta por un cuadro de 0.25 m² a cuatro repeticiones distribuidas aleatoriamente en la unidad experimental. Se realizó una sola aplicación por cada tratamiento, Para la aplicación Se usó una aspersora terrestre comercial, con boquillas Tee-Jet 8002, realizándose una calibración para determinar el volumen de agua equivalente a 45 L ha de H₂O. Se utilizaron dosis de 15, 20 y 25 mililitros por cada litro de H₂O en el caso de los Herbicidas orgánicos (Sec Natural, SecBios y Herbitech), para los herbicidas químicos se utilizó el factor de conversión considerando el área de cada tratamiento para representar la dosis de aplicación a L Ha⁻¹. De los cuales fueron: TR: 2.0, 3.0 y 4.0 L Ha⁻¹, Impetor (Paraquat): 1.0, 2.0 y 3.0 L Ha⁻¹, a todos los tratamientos se le agregó el adherente carfulmin para potencializar el efecto de los herbicidas en dosis de 1

ml/L de H₂O a cada tratamiento. El análisis de la información se efectuó mediante ANDEVA y la comparación de medias por la diferencia mínima significativa (DMS) ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Donde se obtuvo el mayor control en las aplicaciones fue con el herbicida paraquat en dosis de 3 y 2 L Ha⁻¹ a los 7 DDA comparado con los otros tratamientos, estos trabajos coinciden con (Vargas F. y Anteparra M, 2019), quienes registraron datos a los 7DDA con los tratamientos de Paraquat (2 L Ha⁻¹, Paraquat 3 L Ha⁻¹), encontraron un efecto de control significativamente mayor a comparación con los demás tratamientos, Lo anterior indica que el herbicida de contacto Paraquat actuó rápidamente durante los primeros días después de la aplicación.

En el caso de los herbicidas orgánicos a los 14 DDA, se obtuvo un mayor control al aplicar SecBios bajo una dosis de 20 ml L de H₂O con una eficiencia de control de 99.5, seguido por Impetor (Paraquat) a dosis de 3 L Ha⁻¹ comparado con el testigo Regional, estos resultados guardan relación con lo postulado por (Adelgas *et al.*, 2010) quien señaló un buen control inicial de Paraquat con una eficiencia de 96.5% a los 14 DDA.

Cuadro 1. Efecto y control de herbicidas orgánicos y químicos para el control de malezas.

Tratamiento	Dosis	Porcentaje de daño		
		7 DDA	14 DDA	21 DDA
Impetor (Paraquat)	3 L Ha ⁻¹	98.67 a	98.7a	99.2a
Impetor (Paraquat)	2 L Ha ⁻¹	95.75ab	95.33a	99.3a
Testigo Regional	2 L Ha ⁻¹	89.5abc	96.4a	99.6a
SecBios	20 ml L H ₂ O	89.1abc	99.5a	99.0a
Testigo Regional	3 L Ha ⁻¹	88.67abc	89.0ab	91.43a
Impetor (Paraquat)	1 L Ha ⁻¹	86.14abc	94.42a	97.0a
Testigo Regional	4 L Ha ⁻¹	78.2abcd	80.0ab	85.6a
SecBios	25 ml L H ₂ O	75.7abcd	79.25ab	87.5a
Herbitech	20 ml L H ₂ O	73.86bcd	90.2ab	90.0a
Herbitech	15 ml L H ₂ O	73.0bcd	96.25a	98.75a
SecBios	15 ml L H ₂ O	72.2bcd	84.5ab	97.1a
Herbitech	25 ml L H ₂ O	72.14bcd	83.25ab	84.75a
SecNat	20 ml L H ₂ O	66.14cd	77.4ab	85.3a
SecNat	25 ml L H ₂ O	60.0de	87.3ab	99.2a
SecNat	15 ml L H ₂ O	44.5e	69.5b	97.31a
CV		28.52	21.76	17.45
DMS		24.7	24.3	20.9

DDA: Días Después de Aplicar

El testigo regional (TR) registro mayor efectividad con dosis aplicada de 2 L Ha⁻¹ hasta los 21 DDA, sin embargo, podemos observar que los herbicidas de tipo orgánico no presentaron diferencia significativa, SecBios a dosis de 20 ml L de H₂O, presento un 99 % de daño, al igual que Sec Natural, pero en dosis de 25 ml L de H₂O y Herbitech también a dosis de 20 ml L de H₂O, estos resultados coinciden con Días (2015), quien menciona que para la aplicación de un herbicidas orgánicos se requiere de mucha paciencia ya que el modo de acción es de lento desarrollo.

CONCLUSIONES

El control de malezas con herbicidas orgánicos presenta una efectividad menor al de los compuestos químicos, sin embargo, estos tienen un valor agregado muy importante hoy en día, ya que tienen la necesidad de resolver problemas ambientales, el modo de acción es de lento desarrollo y requiere de mucha paciencia, sin embargo, presentaron una efectividad similar al de un herbicida químico tradicional, por lo que, son una excelente alternativa para el control de arvenses.

REFERENCIAS

- Adelgas, F. S., Gazziero, D. L. P., Voll, E., & Osipe, R. (2010). Alternativas de controle químico de *Digitaria insularis* resistente ao herbicida glyphosate. In Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE). Congresso brasileiro da ciência das plantas daninhas, 27., 2010, Ribeirão Preto. (2010). p. 756-760.
- Díaz - Ramírez A. (2015). Potencial de manejo post-emergente de malezas con alternativas de extractos vegetales. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 19-20
- Miguel, T. E. L., Roberto, L. M. J., Cota, F. I. P., Sergio, R. E., & Peñuñuri (2017). Evaluación de la eficacia biológica del herbicida atectra (dicamba) en el cultivo de trigo en el Valle del Yaqui, Sonora, México. in XXXVIII congreso mexicano de la ciencia de la maleza (p. 89).
- The International Agency for Research on Cancer (IARC), (2015). Evaluation of five organophosphate insecticides and herbicides [Monografías Volumen 112: evaluación de cinco insecticidas y herbicidas organofosforados].
- Urgilés-Calle, (2018). Evaluación del efecto de herbicidas químicos y orgánicos para control de malezas en el cultivo de cacao CCN-51 (*Theobroma cacao* L.) en la zona de Naranjal, provincia del Guayas. Guayaquil, Ecuador. [142.pdf](#). URKUND,
- Vargas, F., Viera, M., & Anteparra, M. (2019). Efecto comparativo de paraquat, glifosato y gramocil para el control de malezas en cítricos en Tulumayo, Leoncio Prado. Revista Investigación y Amazonía 2 (1-2). 20-26.

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA CON RIEGO EN CONDICIONES DE CALENTAMIENTO GLOBAL

Leonardo Pulido Madrigal¹, Jaquelin Pulido Real²

¹Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos 62550. jalapuma56@gmail.com

²Especialista en salud y medio ambiente. Consultor independiente

RESUMEN

El calentamiento global del planeta causado por un aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero está generando incrementos de temperatura y sequías, mismas que en el Distrito de Riego 038 río Mayo, Sonora, están disminuyendo el rendimiento de los cultivos. Se analizó que en este distrito la temperatura media anual aumentó entre 1984-2020, así como la evapotranspiración mensual mientras que la precipitación pluvial anual y por lo tanto los volúmenes de riego, disminuyeron en el periodo referido, lo que ha estado impactando negativamente en el rendimiento de trigo, maíz grano, frijol y cártamo. Mediante análisis de regresión lineal se estimaron pérdidas de rendimiento en trigo, frijol y cártamo, mientras que en maíz grano se estimó un incremento en rendimiento.

Palabras clave: distrito de riego, temperatura, precipitación pluvial, evapotranspiración, pérdida de rendimiento.

ABSTRACT

The global warming of the planet caused by an increase in the concentrations of greenhouse gases is generating increases in temperature and droughts, which in the Irrigation District 038 Río Mayo, Sonora, are reducing crop yields. It was analyzed that in this district the average annual temperature increased between 1984-2020, as well as the monthly evapotranspiration, while the annual rainfall and therefore the irrigation volumes decreased in the referred period, which has been negatively impacting the yield of wheat, grain corn, beans and safflower. Using linear regression analysis, yield losses were estimated for wheat, beans, and safflower, while an increase in yield was estimated for corn grain.

Keywords: irrigation district, temperature, rainfall, evapotranspiration, yield loss.

INTRODUCCIÓN

En México, la producción agrícola se realiza en aproximadamente 24.1 millones de hectáreas, de las cuales 6.5 millones corresponden a 86 distritos de riego y a 39,000 unidades de riego (Conagua, 2018). Sin embargo, de los alimentos que demanda el país casi la mitad de éstos se importa, es así que en 2018 se importaron 30.3 % de maíz grano, 8.6 % de frijol, 50.2 % de trigo y 80.3 % de arroz, debido entre otras causas a una reducción en superficie cosechada y en producción, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria (Valencia *et al.*, 2019). Una de

las causas de la insuficiencia de producción es el calentamiento global, que está incrementando la temperatura de la superficie global misma que fue 1.09 °C mayor en 2011-2020 que entre 1850-1900 (PICC, 2021). Al respecto, a escala mundial entre 1981 y 2010 el cambio climático ha reducido el rendimiento medio global de maíz grano, trigo y soya en 4.1%, 1.8% y 4.5%, respectivamente, con relación al clima preindustrial. En México en el Distrito de Riego 038 río Mayo, Sonora, en trigo se determinó que entre 1992-2001 un aumento de 2.9°C en la temperatura influye en una disminución de 0.37 t ha⁻¹/°C y en frijol el descenso es de 0.21 t ha⁻¹ (Pulido, 2018). Así, ante el creciente incremento de temperatura y evapotranspiración y de sequías más frecuentes en el DR 038 generadas por el calentamiento global, es oportuno analizar su efecto en la producción agrícola.

Los objetivos de este trabajo son: 1) Analizar las variaciones temporales en superficie de riego, volumen de riego, temperatura ambiente, precipitación pluvial y evapotranspiración durante el periodo 1984-2020 en el DR 038. 2) Estudiar la relación de temperatura ambiente y evapotranspiración con el rendimiento de trigo, frijol, maíz grano y cártamo en el periodo 1992-2018 en el DR 038.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo con la recopilación, análisis y generación *in-situ* de datos de producción agrícola, superficie de cultivo, volumen de agua de riego, temperatura ambiente (T), evapotranspiración (ET) y precipitación pluvial (PP), obtenidos en el periodo 1984-2020 en el Distrito de Riego 038 Río Mayo, Sonora, México (DR). El DR 038 Río Mayo se localiza en el sur del estado de Sonora; tiene una superficie de riego de 96,951 ha, la cual es regada por gravedad con agua de la presa Adolfo Ruiz Cortines, y con agua de bombeo de pozos. Su clima es estepario semiárido, con precipitación media anual de 388 mm, temperatura media anual de 21.4 °C, y evaporación media anual de 2,222 mm. El área que constituye la zona de riego se integra a la planicie costera del noroeste de la República Mexicana, con suelos sensiblemente planos con pendientes menores del 1%. Se analizaron datos de T, PP generados entre 1984-2020 y de evapotranspiración de referencia anual acumulada entre 2006-2020 publicados por el Campo Agrícola Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). De igual forma, los datos de clima fueron obtenidos a través de la Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas de Sonora (www.agroson.org.mx y www.siafeson.com/remas). Entre 2012-2017 fueron tomadas *in-situ* muestras de 1 m² de plantas de trigo y así se estimó el impacto de la temperatura, evapotranspiración y volumen de riego en la disminución de rendimiento. Del mismo modo, se adquirieron datos sobre volumen de riego (VOL), superficie cosechada (SC), y rendimiento unitario (REN) del periodo 1997-2018, mediante consulta en los archivos del Distrito de Riego 038 río Mayo y de la Sociedad de Responsabilidad Limitada de este distrito.

Asimismo, se realizaron consultas de las estadísticas agrícolas de los distritos de riego (Conagua, 2022). Se correlacionaron mediante modelos de regresión lineal simple, la T, ET, PP y VOL con el rendimiento de trigo, maíz grano, frijol y cártamo para determinar la correlación entre las variables climáticas y agronómicas mencionadas, y de esta manera se estimó su impacto en la pérdida de rendimiento. El análisis estadístico se hizo con el programa Excel 2010.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Superficie cosechada, volumen de riego, temperatura, precipitación pluvial, evapotranspiración y rendimiento agrícola

La SC promedio anual durante 1992-2018 es de 89,278 ha con tendencia decreciente, menor en un 4.1 % que el promedio de 1984-2018 de 93,132 ha; comparativamente, el promedio en el periodo 1984-2018 fue de 93,132 ha por igual con una tendencia decreciente. La reducción de superficie correlaciona con la disminución de volúmenes de riego ($R^2= 0.77$ Figura 1). El patrón de cultivos y SC tienen relación con la disponibilidad de agua, es así que en el ciclo agrícola O-I 2017-2018 en el que hubo sequía se cosecharon 81,463 ha, de las que el trigo ocupó el 64.1 %, el cártamo 8.9%, frijol 5 % y maíz grano 3.6 %.; mientras que en el año agrícola 2016-2017 con menos estrés hídrico se cosecharon 91,478 ha, de las que el trigo comprendió el 79.0 %, frijol 4.9 %, cártamo 3.3 % y maíz grano 2.7 %. Por su parte, un efecto de la sequía de 2011-2012 es que se cosecharon 76,438 ha (15.1 % por debajo del promedio de 1992-2018), de las cuales se cosecharon 37,879 ha de trigo (49.6 %); otros cultivos dominantes en superficie fueron cártamo (34.0 %) y papa (7.8 %). Las sequías ocurridas desde 1992-2020 han generado una tendencia con menores SC y cambios en el patrón de cultivos. En el DR 038 en el periodo 1992-2018 el VOL promedio anual de agua de riego fue de 879.4 hm³, con tendencia descendente; este valor fue inferior en un 2.3% al promedio de 1984-2018 de 899.7 hm³ y más bajo en un 9.2 % respecto a 1984-1991; la escasez es reflejo de sequías cada vez más frecuentes, y en el caso de la sequía de 2011-2012 el VOL fue de 609.2 hm³, inferior en un 30.7 % al promedio de 1992-2018 (Figura 1).

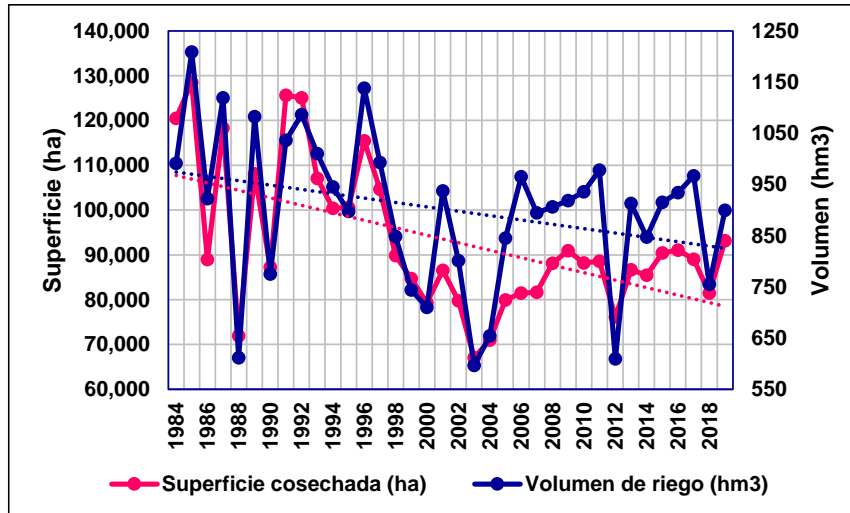


Figura 1. Variación de superficie cosechada y volumen de riego en el Distrito de Riego 038. Elaboración propia.

La T en el intervalo 1992-2020 mostró una tendencia creciente, donde los niveles medios más altos superiores a 21 °C coincidieron con menores PP, inferiores a 400 mm anuales a partir de 1998 (Figura 2); asimismo, los valores más altos también coincidieron con un descenso continuo en VOL. El promedio de T desde 1992-2020 resultó de 22.4 °C, superior en un 5.2 % al promedio de 1984-2020 de 21.3 °C; del mismo modo, los niveles de T media más altos del periodo 1992-2020 se registraron a partir de 2004 y hasta 2020 con un promedio de 23.5 °C, mayor en un 2.6 % al promedio de 1992-2003 de 20.9 °C. El promedio anual de PP entre 1984-2020 es de 324 mm con una tendencia de descendente. Entre 1992-2020 la tendencia de PP igualmente es descendente con un promedio anual de 260 mm, el cual representa una reducción del 19.9 % con relación al periodo 1984-2020. La correlación entre T y PP arrojó $R^2= 0.50$ que explica en parte que a incrementos anuales de T hay disminuciones en la PP anual. En el intervalo 2006-2020 se analizó una tendencia creciente en la ET con un promedio de 1,778 mm anuales; los niveles más altos se registraron entre 2016-2020. Sin embargo, entre 2006-2015 la tendencia fue descendente con un promedio anual de 1,698 mm, la diferencia con respecto al lapso 2006-2020 es del 4.5 %; pero, desde 2016-2020 se identificó un alza en la ET con un promedio de 1,939 mm, con los niveles más altos del periodo 2006-2020; la diferencia de 241 mm con relación a 2006-2015 equivale al 14.2 %. El aumento de nivel de la ET anual como variable dependiente correlaciona con el incremento de T anual entre 2006-2017 con coeficiente $R^2=0.66$. Del mismo modo, la correlación de T con ET de 2016-2019 generó una alta asociación entre ellas ($R^2= 0.98$). La ET, con tendencia ascendente, correlaciona ($R^2= 0.53$) con incrementos de VOL, durante 2006-2017. De la misma manera, una correlación entre la ET y los VOL en el lapso 2014-2018, resultó más estrecha ($R^2= 0.91$).

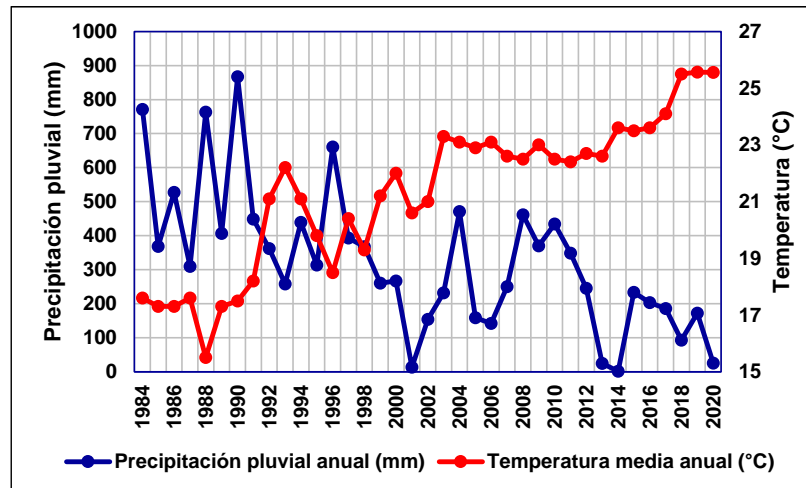


Figura 2. Variación de temperatura ambiente y precipitación pluvial en el DR 038. Elaboración propia.

Impacto del aumento de temperatura y evapotranspiración en el rendimiento de trigo, maíz grano, frijol y cártamo

La superficie promedio de trigo cosechada entre 1998-2018 es de 57,246 ha, con tendencia creciente (Figura 3). El REN promedio analizado en el periodo 1992-2018 es de 5.73 t ha⁻¹ y en dicho periodo la tendencia es progresiva; sin embargo, se registró un descenso del REN entre 2004-2015 (Figuras 4 y 5), donde la T media es de 22.8 °C y el REN medio es de 6.0 t ha⁻¹. En el DR 038 los inviernos cada vez son más cálidos y es que el trigo requiere una cierta cantidad de horas-frío para tener altos REN (Félix *et al*, 2009). Al respecto, en el intervalo 2012-2017 el promedio de T entre enero-mayo es de 19.1 °C (Figura 4); en el análisis estadístico se analizó una correlación R²= 0.89 y se estimó una pérdida de grano de 0.937 t ha⁻¹/°C. En el intervalo 2012-2017 el incremento de la ET de enero-mayo correlaciona (R²= 0.92 con el descenso del REN; el promedio de la ET es de 689 mm y del REN es de 6.0 t ha⁻¹. Sin embargo, entre 2015-2018 tanto la ET de enero-mayo como el REN tuvieron tendencia creciente (R²= 0.97, y una explicación de su nivel de asociación se encuentra en la correlación entre el REN y la eficiencia del agua de riego para producir cosechas (EAPC) (R²= 0.99) que varió de 0.780 kg m³ en 2015 hasta 0.901 kg m³ en 2016, ya que la EAPC tiene durante 2015-2018 los niveles más altos del periodo 1992-2018. Esto significa que a pesar del aumento de la ET el REN del trigo aumentó como resultado de un mejor manejo del agua de riego a nivel parcelario.

De maíz para grano entre 1998-2018 se cosechó en promedio anual una superficie de 4,249 ha, con tendencia descendente (Figura 3) el cual coincide con la caída en VOL anuales y con el incremento medio anual de T y de ET. Contrariamente a los otros cultivos analizados, el REN de maíz grano entre 1998-2018 muestra una tendencia creciente (Figura 4), con un promedio de 6.43 t ha⁻¹, más alto en un 12.0 % que el promedio de 1984-2018 de 5.7 t ha⁻¹. Durante 2012-2017 las T medias de diciembre-abril que variaron de 16.4-18.9 °C,

correlacionaron con el REN ($R^2= 0.94$). El efecto de T media anual en el REN se manifestó en un incremento de REN; esto se debe a que el maíz es una especie con ruta fotosintética C_4 ; más eficiente que las especies C_3 para utilizar la luz solar, el agua y el bióxido de carbono, y tolera altas temperaturas con un rango óptimo de 25-30 °C durante su ciclo de desarrollo (Reilly, 1996), a diferencia de los otros cultivos que se analizan, que son de fotosíntesis C_3 . Por su parte, en el lapso 2012-2018 se determinó que el incremento en la ET no afecta al REN ($R^2= 0.97$, Figura 6). De igual modo, en el análisis del incremento del REN de maíz grano entre 2006-2018, se examinó que los aumentos en la EAPC contribuyeron en ello ($R^2= 0.78$). Se concluye que el maíz grano produce altos REN con niveles altos de ET con la contribución de las EAPC, por lo que se puede establecer que este cultivo es una alternativa de producción en el DR 038 ante el calentamiento global.

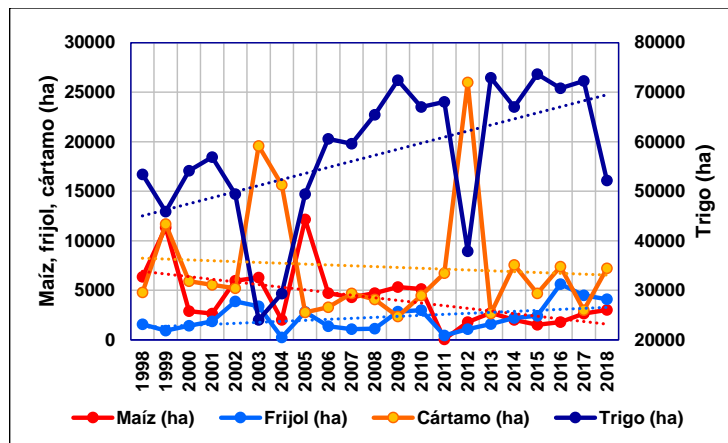


Figura 3. Variación de superficie de trigo, maíz grano, frijol y cártamo en el DR 038. Elaboración propia.

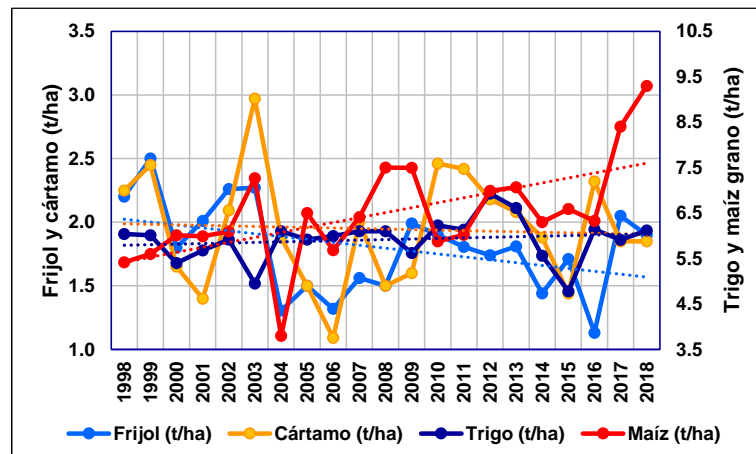


Figura 4. Variación de rendimiento de trigo, maíz grano, frijol y cártamo en el DR 038. Elaboración propia.

La SC de frijol en el DR 038 muestra una tendencia creciente durante 1998-2018 (Figura 3) con un promedio de 2,258 ha; y a partir de 2015-2018 éste aumentó hasta 4,154 ha. A pesar de ello, el REN tiene tendencia descendente con datos medios anuales desde 1992 hasta

2018 donde el promedio es de 1.87 t ha⁻¹; este descenso a partir de 2002 coincide con el inicio de un incremento continuo en T medias anuales (Figura 2). El descenso del REN correlaciona con el incremento de T media de los meses de diciembre-febrero de 2012-2016 (R²= 0.90); según el modelo estadístico se habrían perdido 396 t año⁻¹ de tal forma que entre 2012-2016 la pérdida de producción de frijol en el DR se estima en 1982.4 t, equivalentes al 9.8 % de la producción en el DR en el periodo de cinco años. Asimismo, se estudió que la ET en su ascenso afecta al REN de frijol: de este modo, en el intervalo 2012-2016 se encontró una correlación de R²= 0.99. Sin embargo, entre 2013-2018 se anotó un aumento en REN coincidente con un aumento en la ET de enero-marzo (R²= 0.91); esta correlación se explica por el incremento en la EAPC, cuya correlación entre 2012-2018 fue R²= 0.82.

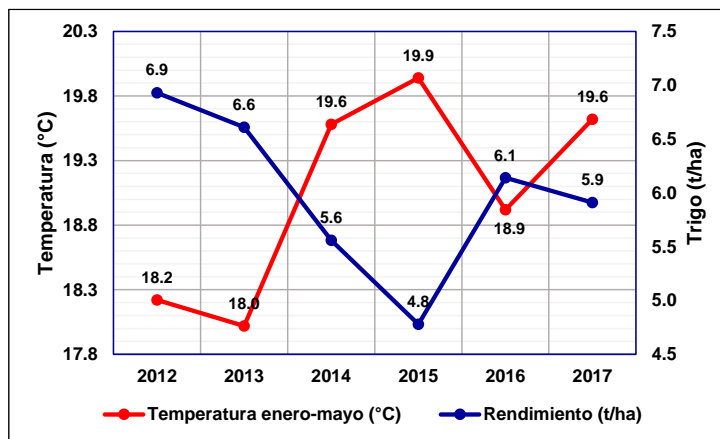


Figura 5. Correlación de temperatura ambiente con rendimiento de trigo en el DR 038. Elaboración propia.

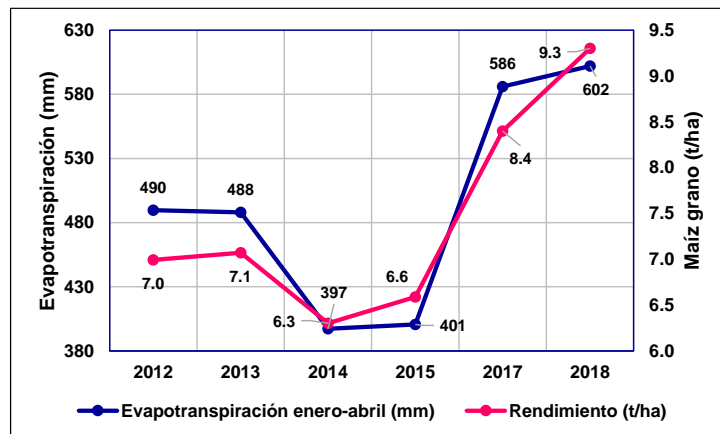


Figura 6. Correlación de evapotranspiración de referencia con el rendimiento de maíz grano en el DR 038. Elaboración propia.

La superficie media cosechada de cártamo en el lapso 1998-2018 es de 7,391 ha y se analizó una tendencia descendente; también se observa que durante los periodos de sequía se incrementa la superficie de cártamo (Figura 3). El cártamo es semitolerante a la salinidad y requiere menores láminas de riego que otros cultivos anuales como maíz grano y trigo, y esta característica lo convierte en un cultivo adecuado para producir cosechas bajo

condiciones de sequía y altas temperaturas originadas por el calentamiento global. Durante 1992-2018 el REN de cártamo exhibió tendencia decreciente con promedio de 1.98 t ha^{-1} (Figura 4). Se correlacionaron las T medias de enero-mayo, ascendentes, del intervalo 2012-2017 con promedio de $19.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ con los REN, descendentes cuyo promedio es de 1.96 t ha^{-1} ($R^2= 0.99$). Con el modelo desarrollado se calculó el impacto de la T en la pérdida de REN, en $0.82 \text{ t ha}^{-1}/^{\circ}\text{C}$ y al nivel del DR el impacto es de $6,986 \text{ t}$, equivalentes al 39.6% de la producción media del periodo referido. Igualmente, se determinó que el descenso del REN de cártamo correlaciona con el aumento de la ET de enero-mayo de 2012-2018 ($R^2= 0.80$).

CONCLUSIONES

En el DR 038 en el intervalo 1984-2020 se registró una reducción en precipitaciones pluviales anuales, así como en volumen de riego anual y en superficie cosechada anual, y un aumento en temperatura media anual y evapotranspiración acumulada anual, lo cual se está manifestando en pérdidas de rendimiento de trigo, frijol cártamo. En el maíz grano el aumento de temperatura y de evapotranspiración no están afectando su rendimiento, ya que es una especie con fotosíntesis C_4 y por ello está mejor adaptada que las especies cultivadas con fotosíntesis C_3 , para contrarrestar los efectos del calentamiento global. Éste, es una amenaza para alcanzar la autosuficiencia alimentaria en México, por lo que se tienen que implementar alternativas con urgencia ante el incremento en población.

REFERENCIAS

- Conagua (Comisión Nacional del Agua). 2018. Estadísticas del agua en México.
- Conagua (Comisión Nacional del Agua). 2022. Estadísticas agrícolas de los distritos de riego (periodo consultado: 1997-2018).
- Félix, V. P, J. L. Ortiz E., G. Fuentes D., J. G. Quintana Q. y J. Grajeda G. 2009. Horas frío en relación al rendimiento de trigo, áreas de producción del estado de Sonora. Folleto Técnico No. 63, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Noroeste, Cd. Obregón, Sonora.
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC). 2021. Summary for Policymakers. In: climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekci, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
- Pulido, M. L. 2018. Ensalitramiento de suelos, producción agrícola y calentamiento global. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Mor., 200 p.
- Reilly, J. 1996. Agriculture in a changing climate: impacts and Adaptation. In: R. T. Watson, M. C., Zinyowera & R.H. Moss (eds.), Climate change 1995: impacts, adaptations and mitigation of climate change: scientific technical analyses. Cambridge, UK, Cambridge Univ. Press, pp. 427-467. www.ipcc-wg2.gov/publications/SAR/SAR.
- Valencia, R.R., H. S. Bárcenas y D. R. Ortiz. 2019, Soberanía alimentaria de granos básicos en México: un enfoque de cointegración de Johansen a partir del TLCAN. En: Análisis Económico, Vol, XXXIV, Núm. 87, pp 223-248.

DRENAJE Y ENERGÍA EÓLICA PARA AUMENTAR RENDIMIENTO EN SUELOS AGRÍCOLAS ENSALITRADOS

Leonardo Pulido Madrigal¹, Jaquelin Pulido Real²

¹Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos 62550. ²Especialista en salud y medio ambiente. Consultor independiente. Cuernavaca, Morelos. Autor de correspondencia: jalapuma56@gmail.com

RESUMEN

En una parcela experimental de 4.3 ha que tiene altos niveles de salinidad y un nivel freático superficial, localizada por debajo de la cota 5 metros sobre el nivel medio del mar en el Módulo de Riego 06 del Distrito de Riego 038 Río Mayo, Sonora, entre 2014-2017 se investigó que las variables nivel freático superficial, temperatura, evapotranspiración y precipitación pluvial influyeron en el ensaltramiento del suelo. En la búsqueda de soluciones para rehabilitar los suelos de esta parcela e incrementar el rendimiento de trigo, se construyeron un sistema de drenaje subsuperficial, un cárcamo de bombeo y un aerogenerador, para el bombeo del drenaje hacia la red de drenaje por gravedad a cielo abierto del distrito. El bombeo se realizó desde noviembre hasta abril durante los ciclos agrícolas de otoño-invierno 2014-2017, de lo cual se analizó una profundización de 30 cm del nivel freático, que repercutió en una disminución de la salinidad cuyo nivel influyó en un incremento del 60% en el rendimiento del trigo producido en la parcela experimental. Por lo tanto, el bombeo del drenaje impulsado por energía eólica es una tecnología útil para la rehabilitación de suelos ensaltrados en distritos de riego localizados en tierras bajas de planicies costeras; además de que es una medida ambientalmente sostenible que no genera gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global.

Palabras clave: rehabilitación de suelos, nivel freático; bombeo, monitorización; impacto, análisis estadístico

ABSTRACT

In an experimental plot of 4.3 ha that has high levels of salinity and a shallow water table, located below the elevation of 5 meters above mean sea level in the Módulo de Riego 06 of the Distrito de Riego 038 Río Mayo, Sonora, between 2014-2017, it was investigated that the variables shallow water table, temperature, evapotranspiration and rainfall influenced the soil salinity. In the search for alternatives to rehabilitate the soils of this plot and increase wheat yield, a subsurface drainage system, a pumping station and a wind turbine were built to pump the drainage towards the gravity drainage network of the Irrigation District. The pumping was carried out from November to April of the 2014-2017 autumn-winter agricultural cycles, from which a 30 cm deepening of the water table was analyzed, which resulted in a decrease in soil salinity whose level influenced an increase of 60 % in the yield of wheat produced in the

experimental plot. Therefore, wind-powered drainage pumping is a useful technology for the rehabilitation of saline soils in irrigation districts located in lowland coastal plains; In addition, it is an environmentally sustainable measure that does not generate greenhouse gases that cause global warming.

Keywords: soil rehabilitation, water table; pumping, monitoring; impact, statistical analysis

INTRODUCCION

En México en los distritos de riego aproximadamente 750,500 ha (21 %) están ensalitradas, y un 41 % de las afectaciones se localizan en la región noroeste, donde se sitúa el distrito de riego No. 038 Río Mayo, Sonora, (DR 038) el cual presenta afectaciones por salinidad (CE) y un nivel freático superficial (MF) en el 32 % y 37 % de su superficie, respectivamente (De la Peña, 1993; Pulido *et al.*, 2010). En el DR 038, se definió que en el ensalitramiento de los suelos participan la temperatura (T), que está en aumento por el calentamiento global (PICC, 2021); los niveles freáticos superficiales; la salinidad del agua freática (CEaf); la evapotranspiración (ET); la precipitación pluvial (PP), y la salinidad del agua de riego (Ayars *et al.*, 2012; De la Peña, 1979; Corwin *et al.*, 2012; Suarez y Jurinak, 2012). Específicamente, se examinó que la presencia de niveles freáticos superficiales contribuye en gran medida en el ensalitramiento del suelo (Pulido *et al.*, 2016; Pulido, 2018). Entonces, para reducir la CE sin tener problemas con MF, entre otras medidas se tendría que instalar drenaje parcelario subsuperficial; al respecto, en el DR 038 se han instalado 4,851 ha en parcelas localizadas por arriba de la cota 5 metros sobre el nivel del mar (msnm) que es la altitud límite en los distritos de riego (Ayars, 2012; Pulido, 2018). El bombeo en pozos de observación del nivel freático superficial puede usarse como drenaje de alivio para bajar los niveles freáticos, si las condiciones geológicas del subsuelo son adecuadas (Luthin, 1978, citado por Ayars, 2012).

En el DR 038 existe una extensa superficie de aproximadamente 5,000 ha afectadas por CE y MF distribuida en los módulos de riego 01, 02, 05 y 06 misma que presenta topografía plana, localizada por debajo de la cota 5 msnm. En estas condiciones, la integración de las tecnologías de drenaje parcelario y bombeo del drenaje por medio de energía eólica, pueden ser una alternativa para rehabilitar suelos ensalitrados y así incrementar el potencial productivo de superficies agrícolas ubicadas en planicies costeras; además con el uso de energía eólica se evita la generación de gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global (Pulido *et al.*, 2014; Pulido, 2018; PICC, 2021).

En el presente estudio se trazaron los objetivos de: 1) Estudiar el efecto del bombeo del drenaje parcelario subsuperficial accionado mediante energía eólica, en la variación de la salinidad del suelo y de niveles freáticos superficiales, en una parcela experimental ubicada en el Módulo de Riego 06 del Distrito de Riego 038 Río Mayo, Son., en el periodo 2014-2017; 2) estudiar el efecto del drenaje subsuperficial y bombeo del drenaje con energía eólica, en el

rendimiento de trigo en una parcela experimental ubicada en el Módulo de Riego 06 del Distrito de Riego 038 Río Mayo, Son., en el periodo 2014-2017; 3) analizar la variación temporal de temperatura, evapotranspiración y precipitación pluvial y su relación con el ensalitramiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó durante los años 2014-2017 en una parcela experimental propiedad del agricultor Víctor Manuel Mendivil, de 4.3 ha, ubicada en el ejido Moroncárit en el Módulo de Riego No. 6, del Distrito de Riego 038 Río Mayo, Son.; la parcela tiene una altitud aproximada de 3 metros sobre el nivel medio del mar (mnsn). Se tomaron muestras de suelo en el estrato de 0-30 cm de profundidad en nueve sitios distribuidos al azar, para analizar la CE y sodicidad (PSI); los muestreos se realizaron en abril de 2014 y en mayo de 2015. Asimismo, se determinó mensualmente la variación temporal de la CE en el estrato a 0-60 cm (estrato superficial) y 0-150 cm de profundidad (estrato subsuperficial), con un sensor electromagnético EM-38 de Geonics Limited previamente calibrado (Pulido *et al.*, 2010), en una red de 12 sitios. Las mediciones se hicieron entre marzo de 2014 y mayo de 2017, con lo cual se elaboraron mapas de clases de CE con un programa ArcGis. También, en una red de 18 pozos de observación del MF construidos exprofeso a una profundidad de 3 m, se llevaron a cabo monitorizaciones mensuales durante el periodo señalado y así se elaboraron mapas de isobatas mensuales, con un programa ArcGis.

La parcela dispone de un sistema de drenaje subsuperficial y un cárcamo de bombeo de 38.4 m³ de capacidad construidos previamente, donde descarga el sistema de drenaje el cual se instaló en líneas de tubería separadas 40 m en promedio, a una profundidad de 1.5 m. El bombeo del drenaje desde el cárcamo hacia la red de drenaje a cielo abierto del distrito de riego, distante 900 m, se hizo por medio de un aerogenerador modelo No. 12 constituido de una hélice de 18 aspas galvanizadas, una torre galvanizada de 10 m de altura; pistón y cilindro de bronce de 5"; el aparato fue instalado en julio de 2014. El volumen de drenaje bombeado durante los ciclos agrícolas otoño-invierno (O-I) 2014-2015, 2015-2016 y 2016-2017, se obtuvo de un medidor volumétrico instalado en la tubería de succión. Los datos climáticos comprendieron las condiciones de T, PP, evapotranspiración de referencia (ET_o) diarios registrados en el área del proyecto, mismos que se adquirieron en una estación meteorológica ubicada en la ciudad de Huatabampo, Sonora. Los datos agronómicos y climáticos se analizaron estadísticamente por medio de un análisis de varianza (ANOVA), y así se calcularon la media, varianza, y desviación estándar (Desv.). Asimismo, se llevaron a cabo análisis de varianza de regresión lineal simple (RLS). El análisis estadístico se hizo con el programa Excel 2010. Para evaluar el impacto del bombeo del drenaje en la producción agrícola se sembró trigo en diciembre de cada año, y la cosecha se realizó en el mes de mayo también de cada año; ésta consistió en la toma de muestras de 1 m² de espigas de trigo

ubicadas dentro de la red de monitorización de la CE. El manejo agronómico del cultivo fue según las recomendaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los análisis de suelo se encontraron suelos salinos (más de 4 dS m⁻¹ de salinidad y menos de 15 PSI), y no se determinaron suelos salino sódicos (más de 4 dS m⁻¹ de salinidad y más de 15 PSI) (Richards, 1954). Se estableció una reducción de CE y PSI en 2015 (Cuadro 1), coincidente con el bombeo del drenaje, mismo que inició en noviembre de 2014 y que causó una profundización del MF, en concordancia con Ayars (2012). La existencia y desarrollo de niveles freáticos superficiales influye en el incremento de suelos ensalitrados (Ayars, 2012; Ayars *et al.*, 2012; De la Peña, 1979; Pulido *et al.*, 2016; Pulido, 2018). Asimismo, los niveles de sodio disminuyeron debido al descenso del MF, y porque los riegos aplicados al trigo en la parcela experimental durante 2014-2015 (Pulido *et al.*, 2014) disolvieron y propiciaron el lavado de sales hacia estratos inferiores; en particular el cloruro de sodio (NaCl), cloruro de magnesio (MgCl₂), y cloruro de calcio (CaCl₂) que son de las sales más solubles. Por su parte también el sulfato de sodio (Na₂SO₄) y el sulfato de magnesio (MgSO₄), son altamente solubles y son sensibles al incremento de T ambiente (Babcock *et al.*, 1973).

Cuadro 1. Estadísticos de variables agronómicas y climáticas

Variable	2014-2015		2015-2016		2016-2017		Fc	Ft
	Media	Desv.	Media	Desv.	Media	Desv.		
CE ¹ (0-30 cm)	6.5	2.2	5.5	3.3	-----	-----	0.53	4.49
PSI (0-30 cm)	4.7	3.7	4.2	2.6	-----	-----	0.09	4.49
CE (0-60 cm)	11.0	2.3	4.4	0.7	5.0	0.7	37.30*	3.39
CE (0-150 cm)	26.1	1.5	24.9	1.8	25.1	2.8	1.11	3.39
MF	0.83	0.3	1.03	0.2	1.16	0.5	0.48	3.55
VB	-----	-----	1217	26.4	1372	103.0	0.35	4.96
T	23.6	5.8	23.5	6.2	23.6	5.8	0.00	3.28
ET _o	1491	40.9	1260	41.0	2221	54.0	10.04	3.28
PP	221	24	233	34.0	203	24.0	0.02	3.28

¹CE= salinidad (dS m⁻¹); PSI= porcentaje de sodio intercambiable; MF= nivel freático superficial (m); VB= volumen de bombeo (m³) en el ciclo agrícola; T= temperatura media anual (°C); ET_o= evapotranspiración de referencia anual; PP= precipitación pluvial anual; desv.= desviación estándar; Fc= F calculada con 95% de confianza; Ft= valor crítico de F, α= 0.05 de significancia; *= estadísticamente significativo

La monitorización permitió descubrir que los valores de CE más altos de 13.8 dS m⁻¹ en el estrato 0-60 cm se encontraron en 2014 antes del bombeo; y a partir del bombeo en el estrato superficial la CE media mensual varió entre 11.0 dS m⁻¹ en 2015, 4.4 dS m⁻¹ en 2016 y 5.0 dS m⁻¹ en 2017. En ambos estratos los niveles de CE más altos coincidieron con los MF más

superficiales, entre febrero-marzo; es así que se estableció que los MF influyeron en el aumento de niveles de CE (Figura 1, $R^2=0.96$), como consecuencia de que en los MF existen altos contenidos de sales, superiores a 7 dS m^{-1} (Pulido *et al.*, 2016; Pulido, 2018). Al comparar ambos estratos, se observó que los mayores niveles de CE se encontraron en el estrato subsuperficial (Cuadro 1), en coincidencia con Pulido *et al.* (2016) y Pulido (2018). Este resultado concuerda con Ayers y Westcot (1987) por cuanto en suelos bajo riego, la CE aumenta con la profundidad. Ayars *et al.*, (2012) establecen que en los suelos con niveles freáticos $<2 \text{ m}$ la CE aumenta con la profundidad del suelo.

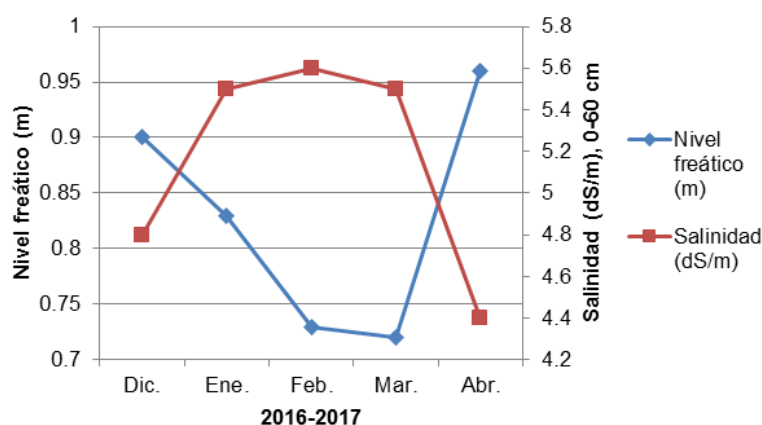


Figura 1. Correlación entre la salinidad en el estrato 0-60 cm y la profundidad del nivel freático.

La reducción de la CE coincidió con el bombeo del drenaje entre noviembre y abril de 2014-2017 ($r^2=0.93$), de 1,175 a 1,356 $\text{m}^3/\text{ciclo agrícola}$ (Figura 2); dicha disminución se explica por la profundización del MF de 0.83 m en 2014 a 1.2 m en 2017 (Cuadro 1). La desalación de suelos también se explica como resultado de que al descender el MF con los riegos que se aplicaron al cultivo de trigo sembrado en 2015-2017, se lavaron las sales hacia estratos inferiores; asimismo, el bombeo expulsó sales cuya concentración en mayo de 2015 resultó de 19.5 dS m^{-1} , superior a la CEar de 1.1 dS m^{-1} determinada en diciembre de 2014 (Pulido *et al.*, 2014).

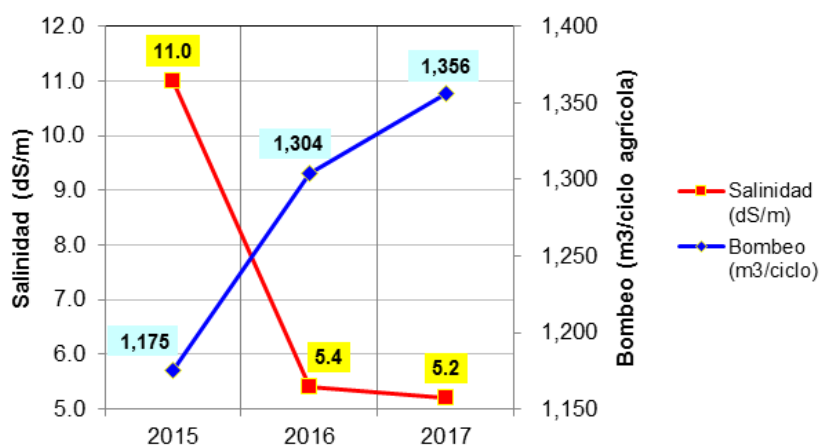


Figura 2. Correlación entre el volumen de bombeo anual y la salinidad del estrato superficial.

El volumen de bombeo acumulado entre noviembre y abril de 2014-2015, 2015-2016 y 2016-2017 dentro de los ciclos agrícolas de O-I, fue de 1,175 m³, 1,304 m³ y 1,356 m³, correspondientemente. En este periodo el aumento del volumen bombeado entre 2014-2017 correspondió con la profundización del nivel freático de 0.83-1.16 m (Figura 3, R²= 0.98); este descenso del MF correlacionó con una reducción de la CE de 11-5.2 dS m⁻¹ (R²= 0.97). El efecto del bombeo en la desalación de suelos fue mayor en el estrato superficial.

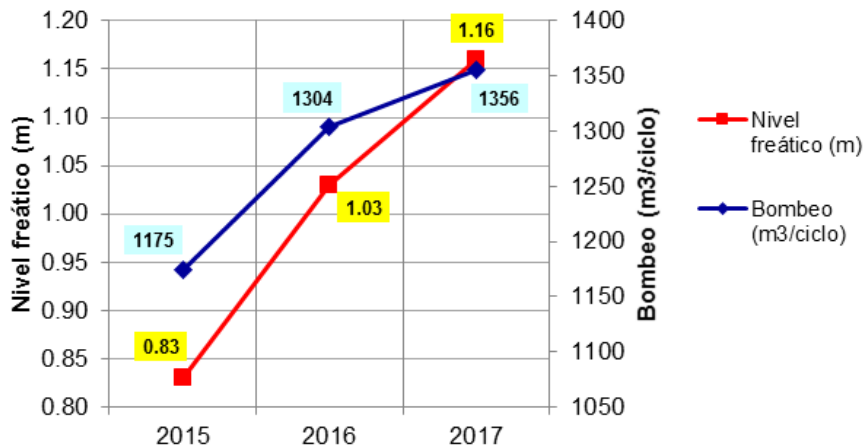


Figura 3. Correlación entre volumen de bombeo anual y la profundidad del nivel freático.

El rendimiento de trigo mejoró en el ciclo agrícola 2016-2017 comparado con los ciclos 2014-2015 y 2015-2016, es así que en 2017 se obtuvieron rendimientos superiores al promedio del Distrito de Riego 038 (Figura 4). En 2015 predominaron rendimientos de 3-4 t ha⁻¹ en la parcela experimental y en promedio se cosecharon 3.84 t ha⁻¹; en esta parcela los más bajos rendimientos se obtuvieron en las zonas con mayores niveles de salinidad. En 2016 mejoró el rendimiento por efecto del bombeo y así se cosecharon 5.24 t ha⁻¹, que fueron inferiores a las 6.14 t ha⁻¹ que en promedio reportó el Módulo de Riego 06; en este año en la parcela experimental predominaron rendimientos entre 5-6 t ha⁻¹. En 2017 el rendimiento promedio fue de 6.13 t ha⁻¹ que resultó superior a las 5.91 t ha⁻¹ en promedio reportadas por el módulo de riego referido; así, en la parcela piloto predominaron rendimientos superiores a las 6 t ha⁻¹. El aumento del rendimiento del 59.6 % entre 2015-2017 en la parcela experimental, correlacionó con el volumen de bombeo del drenaje parcelario (Figura 5, R²=0.97).

Las T medias anuales entre 2014-2016 que en promedio fueron de 23.6 °C resultaron mayores que las reportadas entre 1970-2001 de 18.4 °C (Cuadro 1); el incremento de T correlacionó con el aumento de la CE entre noviembre-abril de 2016-2017 (R²= 0.83). Asimismo, las PP anuales promedio de 219 mm del mismo periodo tuvieron tendencia descendente, y fueron menores que las del periodo 1970-2001, de 415 mm en el DR 038 (Pulido *et al.*, 2016; Pulido, 2018); por su parte, la ETo anual acumulada tuvo una tendencia ascendente en el periodo del estudio (Cuadro 1), y durante diciembre-marzo de 2016-2017 correlacionó con la variación de

la CE ($R^2= 0.99$); también, en el lapso diciembre-abril 2016-2017 aumentos mensuales de la ETo correlacionaron con profundización del MF ($R^2= 0.99$). El comportamiento de estas variables coincide con los efectos del calentamiento global que está propiciando aumentos de la salinidad y está generando decrementos en el rendimiento agrícola (Pulido, 2016 y 2018; PICC, 2021).

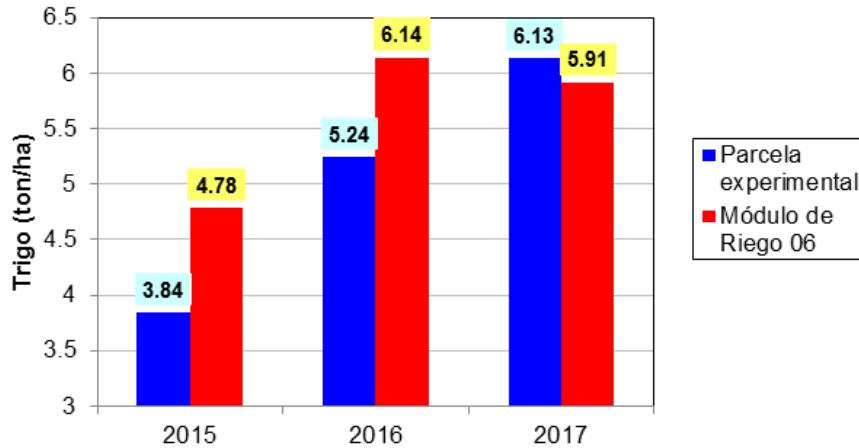


Figura 4. Rendimiento de trigo en la parcela experimental durante 2015-2017.

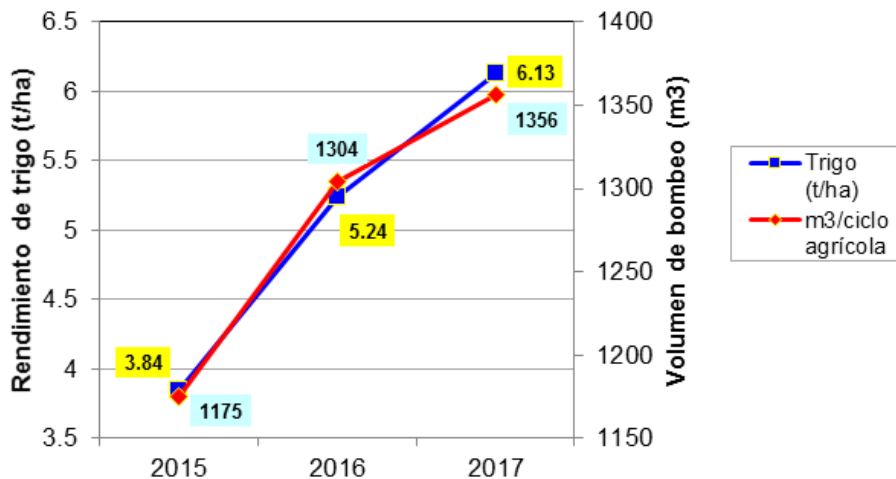


Figura 5. Correlación del volumen de bombeo con el rendimiento de trigo.

CONCLUSIONES

1. Los niveles de salinidad de la parcela experimental en los estratos superficial y subsuperficial exhibieron un descenso, coincidente con el abatimiento de niveles freáticos producido por el bombeo del drenaje, accionado por energía eólica.
2. El descenso de niveles freáticos y la disminución de la salinidad causados por el bombeo del drenaje accionado por un aerogenerador, influyeron en el aumento de rendimiento de trigo en la parcela experimental. Es así que esta tecnología puede ser aplicable para aumentar la producción agrícola en superficies agrícolas irrigadas, ensalitradas, ubicadas en partes bajas de las planicies costeras localizadas por debajo de la cota cinco metros sobre el nivel medio del mar.

3. En el ensalitramiento del suelo influyen la temperatura, evapotranspiración de referencia y precipitación pluvial, cuyas variaciones corresponden con las tendencias de estas variables a nivel mundial propiciadas por el calentamiento global.

REFERENCIAS

- Ayars, J. E. 2012. On-Farm Irrigation and Drainage Practices. Pp 511-538. In: W. W. Wallender and K. K. Tanji (eds.). Agricultural salinity assessment and management (2nd edition). ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice, No. 71. ASCE, Reston, VA.
- Ayars, J. E.; G. J. Hoffman and D. L. Corwin. 2012. Leaching and rootzone salinity control. pp 371-403. In W.W. Wallender and K.K. Tanji (eds.). ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71. Agricultural Salinity Assessment and Management (2nd Edition). ASCE, Reston, VA.
- Babcock K.L.; V.V. Egorov and V.A. Kovda. 1973. Chemistry of saline and alkali soils of arid zones. In irrigation, Drainage and Salinity, an International Source Book. Hutchinson FAO/UNESCO. www.unesdoc.unesco.org
- Corwin, D. L.; S. M. Lesch, and D. B. Lobell. 2012. Laboratory and field measurements. pp 295-341. In W.W. Wallender and K.K. Tanji (eds.). ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71. Agricultural Salinity Assessment and Management (2nd Edition). ASCE, Reston, VA.
- De la Peña, I. 1979. Principios y solución de drenaje parcelario, Boletín Técnico No. 9, SARH, Ciudad Obregón, Sonora, México.
- De la Peña, I. 1993. Problemas de salinidad y drenaje en México. Documento de circulación interna. Comisión Nacional del Agua, Gerencia Regional en el Noroeste, Subgerencia de Riego y Drenaje, Cd. Obregón, Sonora.
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC). 2021. Summary for Policymakers. In: climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekci, R. Yu and B. Zhou (eds.). Cambridge University Press. In Press.
- Pulido, M. L.; J. González Meraz; C. L. Wiegand; J. Infante Reyes y J.M. Delgado. 2010. Monitoreo de la salinidad mediante sensores remotos. Terra Latinoamericana, Vol. 28, núm. 1, pp 15-26.
- Pulido, M. L., H.E. Saucedo Rojas y L.A. Brizuela Mundo. 2014. Drenaje Parcelario y sistemas de bombeo con energía alternativa para mitigar y controlar el ensalitramiento en suelos agrícolas. Informe Final del Proyecto RD-1402.1. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos, diciembre de 2014.
- Pulido, M.L., H.E. Saucedo Rojas, I. Aragón Figueroa, J.E Cervantes Luna y H. Cazares Vega. 2016. Impacto del calentamiento global en la salinidad y el drenaje del Distrito de Riego 038 Río Mayo, Sonora. II Congreso Nacional de Riego y Drenaje COMEII 2016, Chapingo, Estado de México, del 08 al 10 de septiembre. Artículo COMEII-16053.
- Pulido, M. L. 2018. Ensalitramiento de suelos, producción agrícola y calentamiento global. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Mor., 200 p.
- Richards, L. A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook No. 60. United States Department of Agriculture. www.ars.usda.gov.
- Suarez, D.L. and W. J.J. Jurinak. 2012. The Chemistry of Salt-Affected Soils and Waters. pp 57-88. In W.W. Wallender and K.K. Tanji (eds.). ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71. Agricultural Salinity Assessment and Management (2nd Edition). ASCE, Reston, VA.

INCIDENCIA Y PATOGENICIDAD DE HONGOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE GUAR (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) EN EL NORTE DE SINALOA

García-León, Elizabeth¹; Tovar-Pedraza, Juan Manuel²; Ortiz Enríquez, José Eliseo³, Bárcenas-Santana, Daniel⁴; Aguilar-Pérez, Víctor Hugo⁵

¹Campo experimental valle del Fuerte-INIFAP, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México, 81110.

²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Coordinación Culiacán. ³Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP, Cd. Obregón, Sonora, 85000. ⁴Universidad Estatal de Sonora, Unidad Navojoa, Navojoa, 85875, Sonora, México. ⁵Maestría en Fitopatología y Medio ambiente, Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Los Mochis, Sinaloa, México, 81200.

*Autor de correspondencia: garcia.elizabeth@inifap.gob.mx

RESUMEN

Durante el ciclo primavera-verano 2021 se recolectaron muestras con síntomas de manchas foliares y marchitez en el cultivo de guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). El material vegetal se disectó, desinfectó y se sembró en placas de PDA para estimular la esporulación. Los aislados obtenidos se purificaron y caracterizaron con base a tipo de colonia y morfología de conidios. Las pruebas de patogenicidad se realizaron en plántulas de 20 días de edad bajo invernadero. Posteriormente en un periodo de 8 y 10 días se observó la sintomatología y se asoció a cada aislado: a) Manchas foliares necróticas concéntricas asociadas al patógeno *Alternaria* sp., manchas irregulares color café claro asociadas a *Curvularia* spp., manchas irregulares café oscuro con apariencia de quemado asociadas a *Colletotrichum* sp., y marchitez asociada a *Fusarium* spp. La incidencia de las enfermedades en campo fue de 70-80, 2-5, 15-20 y 10 % respectivamente. Es importante realizar estudios de diagnóstico fitopatológico, manejo e impacto en el rendimiento de estas enfermedades en el cultivo, ya que al ser una nueva alternativa para siembras de verano en el estado de Sinaloa constituye el conocimiento para su establecimiento regional.

Palabras clave: *Cyamopsis tetragonoloba*, incidencia, patogenicidad

ABSTRACT

During the spring-summer 2021 cycle, samples with symptoms of leaf spots and wilting were collected in the guar crop (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). Plant material was dissected, disinfected and seeded on PDA plates to stimulate sporulation. The isolates obtained were purified and characterized based on colony type and conidia morphology. Pathogenicity tests were performed on 20-day-old seedlings under a greenhouse. Subsequently, in a period of 8 and 10 days, the symptoms were observed and associated with each isolate: a) Concentric necrotic leaf spots associated with the pathogen *Alternaria* sp., irregular light brown spots associated with *Curvularia* spp., irregular dark brown spots with an appearance of burning associated with *Colletotrichum* sp., and wilt associated with *Fusarium* spp. The incidence of

diseases in the field was 70-80, 2-5, 15-20 and 10%, respectively. It is important to carry out studies of phytopathological diagnosis, management and impact on the yield of these diseases in the crop, since being a new alternative for summer sowing in the state of Sinaloa constitutes the knowledge for its regional establishment.

Key words: *Cyamopsis tetragonoloba*, incidence, pathogenicity

INTRODUCCIÓN

El frijol guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) es una fabácea anual originaria de la India. Recientemente se ha introducido a países como Rusia, Australia y América (Estados Unidos y México) con alto potencial de adopción para siembras de verano. Los usos principales del cultivo son como forraje y grano, el cual presenta un alto contenido de proteína y aceites. El uso industrial del guar se concentra en la extracción de un derivado del endospermo del grano, conocido como goma guar, ésta se utiliza como estabilizador de consistencia, aumentando la viscosidad en productos alimenticios. Adicionalmente se utiliza en la industria cosmetológica, textil, del papel, del carbón, panificadora e industria de la extracción de petróleo (Radchenko y Sokolova, 2018).

La India es el país con la mayor producción mundial de la goma endospermica, y su producción anual asciende a 1.5 millones de toneladas, ya que cerca del 40% de la producción se utiliza con fines industriales. Éste país es líder en la exportación a Estados Unidos, Alemania, Holanda, Italia, Japón y Francia por mencionar algunos.

El guar es uno de los cultivos industriales potencialmente más importantes, no solo por la calidad como forraje sino por su goma endospermica (Sharma *et al.*, 2018). México depende totalmente de las importaciones, por ello el interés de introducir el cultivo a regiones que presenten las condiciones edafoclimáticas similares a las de su país de origen, tal es el caso de la región Noroeste que abarca los estados de Sonora, Sinaloa y Baja California.

Sin embargo, ante este panorama se tiene que estudiar las ventajas adaptativas del cultivo, así como sus limitantes productivas, dentro de éstas se encuentran las fitosanitarias. En los países como India y Pakistán se han reportado incidencia de las enfermedades que han causado pérdidas del 10 al 50 % de la producción, con patógenos como: *Alternaria cucumerina* var. *cyamopsidis* (Saharan and Saharan, 2004), Virus del enrollamiento de la hoja (*Cyamopsis tetragonoloba* leaf curl virus, (CyTLCuV) (Kumar *et al.*, 2010), *Rhizoctonia solani* (Shindu, 2013) y bacteriosis causada por *Xanthomonas axonopodis* pv. *cyamopsidis*.

Ante este panorama, en México no existen estudios sobre la situación fitosanitaria de *C. tetragonoloba* por lo que es importante conocer la adaptación, así como los problemas que

afectarían al cultivo en caso de un incremento en la superficie sembrada en el estado con el objetivo de tener un amplio conocimiento del manejo y la problemática emergente que se presente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de muestras, aislamiento y purificación. Durante los meses de agosto a octubre en el ciclo primavera-verano 2021 se recolectaron muestras de tejido con tres tipos de síntomas: a) Manchas foliares concéntricas en hojas, flores y vainas; b) Manchas irregulares en toda la lámina foliar de color marrón a café oscuro, que da una apariencia de quemado y c) Marchitez. Las muestras se colectaron en parcelas del municipio de Guasave, Sinaloa.

Para el aislamiento de él o los agentes causales se realizaron cortes de tejido de 5 x 5 mm de la lesión del tejido infectado, las cuales se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 3% (v:v) por 2 minutos, se enjuagaron dos veces con agua destilada estéril y se secaron con papel absorbente. Posteriormente se depositaron en cajas Petri con medio Papa Dextrosa Agar (PDA) adicionado con estreptomycin y cloranfenicol (100 µg mL⁻¹), éstas se sellaron con parafilm y se incubaron durante 5 días a 25°C. Posteriormente los aislados se sembraron en medio de cultivo Agua-Agar (A-A) para realizar cultivos punta de hifa monoconidiales. Los aislados purificados se transfirieron a PDA y se incubaron. Posteriormente se preservaron en glicerol al 3% y se mantuvieron en refrigeración a 4°C en el Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de agricultura del Valle del Fuerte, de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

Caracterización morfológica y cultural. De cada aislado obtenido se transfirieron discos miceliales a placas petri de medios de cultivo PDA sintético, V8 y PDA natural. Se incubaron a 28°C en total oscuridad durante 8 días, con el objetivo de inducir la formación de estructuras macro y microscópicas de los aislados. Se determinó la tasa de crecimiento micelial de cada. Se analizaron tres repeticiones de cultivo de cada aislado. Se estimó el crecimiento lineal $y = kx + c$ (donde y es la distancia, x es el tiempo y c el factor constante) y se expresó en mm por día (mm·día⁻¹) (Zervakis *et al.*, 2001). Las colonias de 6 días de desarrollo se caracterizaron de manera visual, y posteriormente se registró color de colonia y masas conidiales.

Pruebas de patogenicidad. Se realizaron en plántulas de 20 días de edad. Para los patógenos foliares se seleccionaron tres hojas, y se inoculó por aspersion una suspensión de conidios a la concentración de 1×10^5 esporas·mL⁻¹. Se inocularon plantas con agua destilada esteril que sirvieron como testigo. Los patógenos de suelo se inocularon con una suspensión de conidios aplicados en el cuello de la planta. El experimento se realizó dos veces.

RESULTADOS Y DISCUSION

Caracterización morfológica, cultural y patogénica de los aislados. Se obtuvieron 5 aislados, los que se agruparon por sintomatología como: manchas foliares y marchitez. La caracterización morfológica y cultural coincide con lo descrito por Zillinsky (1983); Sivanesan (1987) y Simmonds (2007) y se asocian a los patógenos *Alternaria spp.*, *Colletotrichum sp.*, *Curvularia spp.*, y *Fusarium sp.* En el Cuadro 1 se describen las características morfológicas y culturales de los aislados.

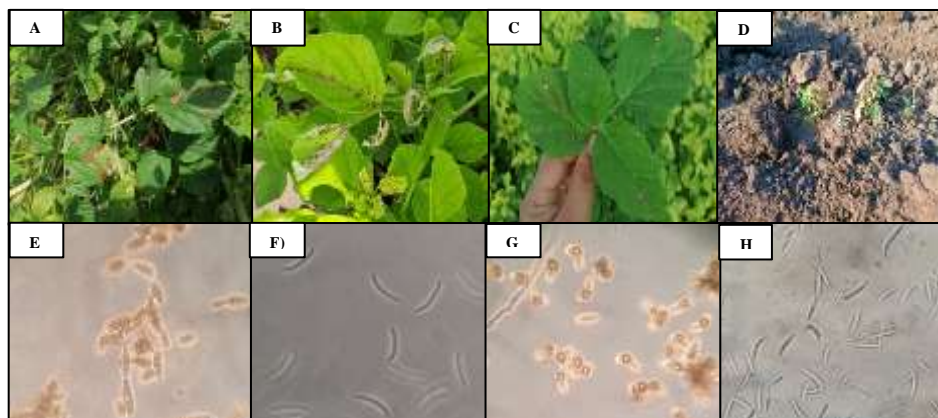


Figura 1. A) y E) Síntomas y conidios de *Alternaria spp.*, B) y F) Síntomas y conidios de *Colletotrichum sp.*, C) y G) Síntomas y conidios de *Curvularia spp.*, D) y H) Síntomas y conidios de *Fusarium spp.* en el cultivo de guar (*Cyamopsis tetragonoloba L.*).

Cuadro 1. Características morfológicas y culturales de aislados causantes de enfermedades foliares en el cultivo de Guar (*C. tetragonoloba*) en el Norte de Sinaloa.

AISLADO	TCM PDASIN	TCM PDANAT	FORMAC	TEXTURA	COLORC	INCIDENCIA (%)
<i>Alternaria sp.</i>	10.2	8.64	Ovoide-clavada	Fibrosa	Café oscuro	70-80
<i>Colletotrichum sp.</i>	5.54	5.34	Curvados	Algodonosa	Blanco-cafesoso	15-20
<i>Curvularia_a</i>	4.42	-	Curvados	Compacta	Café oscuro	5
<i>Curvularia_b</i>	3.39	-	Curvados	Compacta	Café oscuro	2
<i>Fusarium spp.</i>	10.14	-	Curvados	Algodonosa	Salmon	10

TCM= Tasa de crecimiento micelial (incubación a 25 °C en oscuridad continua), **PDASIN=**PDA sintético, **PDANAT=**PDA natural. **FORMAC=** Forma de los conidios. **TEXTURA=** Textura de la colonia. **COLORC=** Color de la colonia

Pruebas de patogenicidad: El aislado identificado como *Alternaria spp.*, a los 8 días después de la inoculación indujo manchas concéntricas de tamaños variables en el tejido foliar, lo cual coincide con los experimentos realizados por Sharma et al (2018;2020) en la India, el patógeno identificado como *Curvularia spp.*, mostró manchas irregulares con halo grisáceo a los 10 ddi, la sintomatología inducida por *Colletotrichum sp.* fueron manchas circulares irregulares a los 10 ddi con la apariencia de quemado (Pachori et al., 2018; Farr and Rossman, 2022) y finalmente se asoció la sintomatología de marchitez vascular a los 15 días después de la inoculación al hongo *Fusarium spp.*

CONCLUSIONES

Es importante conocer la incidencia de las enfermedades asociadas al cultivo de guar en Sinaloa para proponer estrategias de manejo preventivas. En el presente trabajo se asociaron las enfermedades foliares a los patógenos *Alternaria* spp., *Curvularia* spp. y *Colletotrichum* spp. así como enfermedades de suelo asociadas a *Fusarium* spp. El cultivo de guar es una buena alternativa para siembras de verano en Sinaloa, por ello es determinante realizar más estudios sobre efectos en el rendimiento y severidad de las enfermedades.

Agradecimientos: A la empresa Polymerals S.A. de C.V. por brindarnos las facilidades para los muestreos en el cultivo de guar en Sinaloa y a la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte de la Universidad Autónoma de Sinaloa por las facilidades brindadas en laboratorio e invernadero.

REFERENCIAS

- Sivanesan, A. 1987. Graminicolous species of *Bipolaris*, *Curvularia*, *Drechslera*, *Exserohilum* and their teleomorphs. CAB International Mycological Institute. Wallingford, Oxon. 261 p.
- Simmons, E. G. 2007. *Alternaria: An Identification Manual*. Fungal Biodiversity Centre, CBS Biodiversity Series No. 6. Utrecht, the Netherlands. 775 p.
- Zillinsky, F. J. 1983. Common Diseases of Small Grain Cereals: A Guide to Identification. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. CIMMYT. México, D.F. 141 p.

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE TRIGO DURO CON DIFERENTES REGÍMENES DE RIEGO EN EL SUR DE SONORA

EVALUATION OF DURUM WHEAT GENOTYPES WITH DIFFERENT IRRIGATIONS IN SOUTHERN SONORA

Borbón-Gracia Alberto¹, Díaz-Ceniceros Huizar Leonardo¹, Marroquín-Morales José Ángel, Fuentes-Dávila Guillermo¹ y Chávez-Villalba Gabriela¹.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug. km. 12. Cajeme, Obregón, Sonora, México. diaz.huizar@inifap.gob.mx.

RESUMEN

Una evaluación de calendarios de riego con líneas y variedades de trigo duro fue llevada a cabo en el Campo Experimental Norman E. Borlaug durante el ciclo otoño-invierno 2021-2022, se evaluaron 26 líneas avanzadas y cuatro variedades testigo con diferentes regímenes de riegos (dos, tres y cuatro riegos de auxilio). Se utilizó un diseño experimental alfa latice con tres repeticiones, el tamaño de parcela fue de dos surcos separados a 80 cm por cinco metros de longitud (8 m²). De acuerdo con el análisis de varianza se determinaron diferencias altamente significativas entre calendarios de riego y entre los genotipos evaluados, el mejor rendimiento se obtuvo con cuatro riegos de auxilio que promedió 8,428 kg/ha, seguido por el de tres riegos con 7,709 kg/ha y el rendimiento más bajo fue con dos riegos 6,788 kg/ha. Las líneas número 15 y 26 presentaron el mejor rendimiento de grano, aunque son un total de 23 las que se encuentran dentro del mismo grupo estadístico ($p \leq 0.05$).

Palabras clave: *Triticum* spp., variedades, calendarios de riego.

ABSTRACT

An evaluation of irrigation calendars with durum wheat lines and varieties was done in the Norman E. Borlaug Experimental Field during the autumn-winter cycle 2021-2022, 26 advanced lines and four control varieties with different irrigation calendars (two, three and four relief irrigations) were evaluated. An experimental alpha lattice design was used with three repetitions, the plot size was two grooves separated to 80 cm by five meters in length (8 m²). According to the analysis of variance, highly significant differences were determined between the number of irrigations and between the genotypes evaluated, the best yield was obtained with four relief irrigations that averaged 8,428 kg/ha, followed by that of three irrigations with 7,709 kg/ha and the lowest yield was with two irrigations 6,788 kg/ha. Lines number 15 and 26 presented the best grain yield, although a total of 23 are within the same statistical group ($p \leq 0.05$).

Key words: *Triticum* spp., varieties, irrigation calendars.

INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum* spp.) es el segundo cereal con mayor producción en el mundo. En México, el cultivo de trigo (*Triticum* spp.) alcanza un valor aproximado de 12 mil mdp, cifra que le coloca como el 10^o cultivo más importante, al contribuir con el 2.9% del valor de la producción agrícola. Entre 2018-2019 la superficie promedio nacional dedicada al cereal alcanzó 522 mil hectáreas cosechadas, con un con un rendimiento medio de 6.02 t/h y un volumen de producción de 3.15 millones de toneladas anuales (SIAP, 2020). Durante el ciclo otoño-invierno 2020-2021 la superficie nacional bajó 475 mil hectáreas cosechadas, pero el rendimiento aumentó a 6.61 t/h y un volumen de producción de 3.14 millones de toneladas (SIAP, 2022). En este ciclo 2020-2021, en el estado de Sonora se cosecharon 236,472

hectáreas de trigo, con un rendimiento medio de 7.28 t/h y una producción de 1.72 millones de toneladas, lo que representó el 55% de la producción nacional (SIAP, 2022). Sin embargo, en esta región se tienen problemas con la disponibilidad de agua para riego, lo que limita la producción de este cultivo, por esta razón, se está generando información para conocer el comportamiento de las líneas experimentales y nuevas variedades de trigo cristalino con riego normal y riego limitado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP en el ciclo otoño-invierno 2021-2022, en un suelo arcilloso ubicado en el block 910 del Valle del Yaqui, Sonora. Se evaluaron 26 líneas avanzadas provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) comparadas con cuatro variedades comerciales (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Genotipos de trigo duro evaluados en el Campo Experimental Norman E. Borlaug ciclo O-I 2021-2022.

Genotipos	
1	CIRNO C2008
2	CENEB ORO C2017
3	DON LUPE C2020
4	NOROESTE C2021
5	AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)...
6	CALERO/7/HUBEI//SOOTY_9/RASCON...
7	STOT//ALTAR 84/ALD/3/PATKA_7/...
8	TARRO_1/2*YUAN_1//AJAIA_13/...
9	P91.272.3.1/3*MEXI75//2*JUPARE C 2001/...
10	SOOTY_9/RASCON_37//JUPARE C 2001/1...
11	SOOTY_9/RASCON_37//JUPARE C 2001/2...
12	SOOTY_9/RASCON_37//JUPARE C 2001/3...
13	BCRIS/BICUM//LLARETA ...
14	BCRIS/BICUM//LLARETA INIA/3/...
15	BCRIS/BICUM//LLARETA INIA/3/2...
16	TARRO_1/2*YUAN_1//AJAIA_13/2...
17	AMRIA/BAROYECA ORO C2013/5/...
18	CNDO/VEE//PLATA_8/3/6*PLATA_11/...
19	TRIDENT/3*KUCUK/7/CMH83.2578/4/...
20	CMOS_3//SOMAT_4/INTER_8/3/1...
21	CMOS_3//SOMAT_4/INTER_8/3/2...
22	RCEE_2/CMOS_3/3/GUAYACAN INIA/...
23	CMH83.2578/4/D88059//WARD/YAV79/3/...
24	SOMAT_3/GREEN_22/4/GODRIN/GUTROS//...
25	SOOTY_9/RASCON_37//STORLOM/8/RISSA/...
26	TJILKURI/3/BARJ/PAGA_2//MARA_1/BARNACLA_1/...
27	WID802/6/SNITAN/MALV_1//SNITAN/3/...
28	MIWOK/7/2*BYBLOS/5/PHON/4/VRKS_3/3/...

29	ICAKASSEM2/12/TAHIA_1/11/PLATA_...
30	MARGHERITA//GHMA_1/ARCH_3/7/...

Los materiales se evaluaron con tres diferentes regímenes de riego (dos, tres y cuatro riegos de auxilio). La siembra se realizó el 15 de diciembre de 2021 en tierra seca y posteriormente se aplicó el riego de nacencia. La parcela experimental fue de dos surcos separados a 80 cm por cinco metros de longitud (8 m²) sembrados a doble hilera, con una densidad de siembra de 100 kg/ha de semilla. Se fertilizó con la fórmula 241-52-00, aplicándose 103-52-00 en presiembra y 138-00-00 antes del primer riego de auxilio. El manejo de riegos se aplicó de acuerdo a las recomendaciones de Figueroa *et al.*, (2011). Para el control de malezas se usó Metsulfurón metil + Thifensulfurón metil y Pinoxaden + Cloquintocet-mexyl, así mismo, para el combate de pulgón se utilizó Imidacloprid + Betacyfluthrin. Para el control de enfermedades no se realizaron aplicaciones preventivas ni curativas, ya que las líneas evaluadas presentan resistencia a las principales enfermedades como son la roya de la hoja y roya amarilla o lineal. Se utilizó un diseño experimental alfa latice con tres repeticiones. Para obtener el rendimiento de grano, se cosechó el total de la parcela con una trilladora experimental. Las variables que se midieron fueron: días a floración, días a madurez fisiológica, altura de planta y rendimiento de grano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se puede observar que existió diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre regímenes de riego, en el inicio de floración y madurez fisiológica el más precoz fue el tratamiento de dos riegos de auxilio. La altura de planta fue mayor para los tratamientos con tres y cuatro riegos de auxilio, mientras que el mayor rendimiento de grano se obtuvo con el mayor número de riegos. El tratamiento de dos riegos de auxilio presentó una reducción de rendimiento de 12 y 20% comparado con los tratamientos de tres y cuatro riegos respectivamente, similar a lo reportado por Kharrou *et al.*, 2011. La lámina de riego total aplicada para cada uno de los tratamientos fue: 44, 56 y 70 cm para los tratamientos de dos, tres y cuatro riegos de auxilio respectivamente.

Cuadro 2.- Rendimiento de grano de trigo duro evaluado con dos, tres y cuatro riegos de auxilio en el Campo Experimental Norman E. Borlaug ciclo O-I 2021-2022.

Riegos	IF	MF	AP	Kg/ha ⁻¹
Dos riegos de auxilio	73.96 c	114.68 c	82.81 b	6,788 c
Tres riegos de auxilio	76.15 a	117.41 b	89.43 a	7,709 b
Cuatro riegos de auxilio	75.44 b	118.45 a	90.07 a	8,428 a
C.V.	1.18	0.97	2.99	4.47
DMS	0.31	0.39	0.92	120.40

Nivel de significancia = 0.05; C.V. = Coeficiente de variación; DMS = Diferencia mínima significativa; IF = días a floración; MF = madurez fisiológica; AP = altura de planta; Kg/ha = kilogramos por hectárea

En el Cuadro 3 se presentan los rendimientos obtenidos en kilogramos por hectárea de los materiales evaluados, estos rendimientos son el promedio obtenido de los tres regímenes de riego, donde se pueden observar que las líneas 15, 20 y 26 quedaron arriba del

mejor testigo, hay un total de 23 genotipos dentro del primer grupo estadístico ($p \leq 0.05$). De los materiales sobresalientes, la línea número 15 es su segundo ciclo de evaluación, con rendimiento similar al mejor testigo comercial, para las líneas 20 y 26 este es su primer ciclo de evaluación en ensayos de rendimiento.

Respecto a inicio de floración los materiales oscilaron entre 72 a 77 días y la madures fisiológica ocurrió de 115 a 120 días después de la siembra, mientras que la altura de planta fue de 83 cm para la línea más baja y 93 cm para la más alta (Cuadro 3).

Cuadro 3.- Rendimiento de grano y aspectos agronómicos de 30 genotipos de trigo duro, evaluados con dos, tres y cuatro riegos de auxilio en el Campo Experimental Norman E. Borlaug ciclo O-I 2021-2022.

Genotipo	IF	MF	AP	Kg/ha
15	73 ij	115 kl	91 abc	8092 a
26	77 a	117 bcdefghi	88 bcdef	8059 a
20	77 ab	118 abcd	86 efg	7951 ab
4	76 abcde	118 abc	85 efg	7947 ab
8	77 abc	116 defghijkl	86 cdefg	7937 ab
9	72 j	116 fghijkl	91 abcd	7929 ab
24	75 bcdefg	118 abcde	86 defg	7928 ab
27	73 ij	116 efghijkl	85 efg	7883 abc
7	77 abcd	119 ab	89 abcde	7880 abc
2	76 abcdef	117 cdefghijk	88 abcdef	7819 abc
12	75 defg	118 bcdef	93 a	7810 abc
6	77 a	120 a	88 bcdef	7793 abc
13	76 abcde	115 ijkl	87 bcdef	7743 abc
19	76 abcdef	115 jkl	87 cdefg	7713 abcd
3	76 abcde	118 bcdefg	87 cdefg	7663 abcde
14	73 ij	115 kl	88 abcde	7593 abcde
5	75 efgh	117 cdefghij	89 abcde	7542 abcde
10	73 hij	117 cdefghijk	90 abcde	7540 abcde
11	76 abcde	118 bcdefg	84 fg	7530 abcde
28	74 fghi	115 hijkl	85 efg	7521 abcde
21	76 abcde	117 bcdefghij	89 abcde	7512 abcde
18	76 abcdef	117 bcdefghi	92 ab	7494 abcde
22	76 abcde	117 bcdefgh	85 efg	7481 abcde
30	73 ij	116 ghijkl	85 efg	7430 bcde
25	76 abcde	119 ab	89 abcde	7350 bcde
29	75 cdefg	118 abcde	87 bcdef	7344 bcde
17	74 ghi	116 cdefghijkl	87 cdefg	7294 cde
16	74 hij	115 l	89 abcde	7274 cde
1	77 abc	118 bcdef	83 g	7110 de
23	75 efgh	116 cdefghijkl	86 efg	7083 e
C.V.	1.18	0.97	2.99	4.47
DMS	1.59	2.03	4.69	613.08

Nivel de significancia = 0.05; C.V. = Coeficiente de variación; DMS = Diferencia mínima significativa; IF = días a floración; MF = madurez fisiológica; Kg/ha = kilogramos por hectárea

CONCLUSIONES

Las líneas y variedades de trigo duro responden favorablemente a la aplicación de mayores láminas de riego. Es posible producir trigo con dos riegos de auxilio y rendimientos similares a la media regional. El programa de mejoramiento genético de trigo del CENEB cuenta con líneas experimentales que superan el rendimiento de las variedades comerciales que se siembran en la región.

REFERENCIAS

- Figuroa 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.
- Kharrou M., Er-Raki S., Chehbouni A., Duchemin B., Simonneaux V., LePage M., Ouzine L. and Jarlan L. (2011) Water use efficiency and yield of winter wheat under different irrigation regimes in a semi-arid region. *Agricultural Sciences*, 2, 273-282. doi: 10.4236/as.2011.23036.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2020) Disponible en <https://www.gob.mx/siap>
- SIAP (Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera) (2022). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA), Sonora, México. Disponible en <http://www.siap.gob.mx>.

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE TRIGO CON DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL SUR DE SONORA

EVALUATION OF WHEAT GENOTYPES WITH DIFFERENT PLANTING DENSITIES IN SOUTHERN SONORA

Borbón-Gracia Alberto¹, Díaz-Ceniceros Huizar Leonardo¹, Fuentes-Dávila Guillermo¹, Chávez-Villalba Gabriela¹ y Jorge Iván Alvarado Padilla².

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug. km. 12. Cajeme, Obregón, Sonora, México. diaz.huizar@inifap.gob.mx.

RESUMEN

Una evaluación de densidades de siembra con genotipos de trigo fue llevada a cabo en el Campo Experimental Norman E. Borlaug durante el ciclo otoño-invierno 2021-2022, se evaluaron dos materiales de trigo harinero y seis de trigo duro bajo tres densidades de siembra (60 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹ y 180 kg ha⁻¹). Se utilizó un diseño experimental alfa latice con tres repeticiones, el tamaño de parcela fue de dos surcos separados a 80 cm por cinco metros de longitud (8 m²). De acuerdo con el análisis de varianza se determinaron diferencias altamente significativas entre densidades de siembra y entre genotipos evaluados, las mejores densidades de siembra ($p \leq 0.05$) fueron con 120 y 180 kg ha⁻¹ de semilla, con rendimientos de 7,319 y 7,425 kg ha⁻¹ respectivamente. Los materiales de mayor rendimiento fueron: STOT, Noroeste C2021, Don Lupe C2020, Borlaug 100 y CIANO M2018, los cuales quedaron en el primer grupo estadístico ($p \leq 0.05$), mientras que el testigo CIRNO C2008 presentó el menor rendimiento de grano.

Palabras clave: Densidad de siembra, rendimiento.

ABSTRACT

An evaluation of planting densities with wheat genotypes was performed at the Norman E. Borlaug Experimental Field during the autumn-winter cycle 2021-2022, two bread wheat materials and six durum wheat materials were evaluated under three planting densities (60 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹ and 180 kg ha⁻¹). An experimental alpha lattice design was used with three repetitions, the plot size was two grooves separated to 80 cm by five meters in length (8 m²). According to the analysis of variance, highly significant differences were determined between planting densities and between genotypes evaluated, the best planting densities ($p \leq 0.05$) were with 120 and 180 kg ha⁻¹ of seed, with yields of 7,319 and 7,425 kg ha⁻¹ respectively. The materials with the highest yield were: STOT, Noroeste C2021, Don Lupe C2020, Borlaug 100 and CIANO M2018, which were in the first statistical group ($p \leq 0.05$), while the CIRNO C2008 control presented the lowest grain yield.

Key words: Sewing density, performance

INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum* spp.) es el segundo cereal con mayor producción en el mundo. En México, el cultivo de trigo (*Triticum* spp.) alcanza un valor aproximado de 12 mil mdp, cifra que le coloca como el 10º cultivo más importante, al contribuir con el 2.9% del valor de la producción agrícola. Entre 2018-2019 la superficie promedio nacional dedicada al cereal alcanzó 522 mil hectáreas cosechadas, con un con un rendimiento medio de 6.02 t/h y un volumen de producción de 3.15 millones de toneladas anuales (SIAP, 2020). Durante el ciclo otoño-invierno 2020-2021 la superficie nacional bajó 475 mil hectáreas cosechadas, pero el rendimiento aumentó a 6.61 t/h y un volumen de producción de 3.14 millones de toneladas (SIAP, 2022). En este ciclo 2020-2021, en el estado de Sonora se cosecharon 236,472 hectáreas de trigo, con un rendimiento medio de 7.28 t/h y una producción de 1.72 millones de toneladas, lo que representó el 55% de la producción nacional (SIAP, 2022). La variedad más sembrada en el estado de Sonora es CIRNO C2008, sin embargo, durante el 2017 esta variedad perdió su resistencia a royas, razón por la cual se han estado generando nuevas variedades como Don Lupe C2020 y Noroeste C2021 de trigo cristalino. Para estas nuevas variedades es necesario actualizar su tecnología de producción, como es el caso de densidades de siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se realizó durante el ciclo otoño-invierno 2021-2022 en los terrenos del Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) del INIFAP, ubicado en el block 910 del Valle del Yaqui, Sonora. Se evaluaron dos variedades de trigo harinero (Borlaug 100 y CIANO M2018) y seis genotipos de trigo duro (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Genotipos de trigo duro y harinero evaluados con diferentes densidades de siembra en el Campo Experimental Norman E. Borlaug ciclo O-I 2021-2022.

Genotipo
*1) CIRNO C2008
*2) CENEB ORO C2017
*3) DON LUPE C2020
*4) NOROESTE C2021
*5) STOT
*6) TARRO
**7) BORLAUG 100
**8) CIANO M2018

*Trigo duro; **Trigo harinero

Los materiales se evaluaron con tres densidades de siembra (60 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹ y 180 kg ha⁻¹); la siembra se realizó a tierra venida el 14 de diciembre de 2021. La parcela

experimental fue de dos surcos separados a 80 cm por cinco metros de longitud (8 m²) sembrados a triple hilera. Se fertilizó con la fórmula 241-52-00, aplicándose 103-52-00 en presiembra y 138-00-00 antes del primer riego de auxilio. Se aplicaron cuatro riegos de auxilio como lo recomiendan Figueroa *et al.* (2011). Para el control malezas se usó Metsulfurón metil + Thifensulfurón metil y Pinoxaden + Cloquintocet-mexyl, así mismo, para el combate de pulgón se utilizó Imidacloprid + Betacyfluthrin. Para el control de enfermedades solo se realizó control químico para la variedad CIRNO C2008, para el resto de los materiales no se realizaron aplicaciones preventivas ni curativas, ya que las líneas evaluadas presentan resistencia a las principales enfermedades como son la roya de la hoja y roya amarilla o lineal. Se utilizó un diseño experimental alfa latice con tres repeticiones. Para obtener el rendimiento de grano, se cosechó el total de la parcela con una trilladora experimental. Las variables que se midieron fueron: días a floración, días a madurez fisiológica, índice de cosecha y rendimiento de grano, el cual se analizó estadísticamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se puede observar que existió diferencia significativa ($p \leq 0.05$) para rendimiento de grano, mientras que el índice de cosecha y altura de planta fue similar para las diferentes densidades de siembra. La densidad de 60 kg ha⁻¹ presentó el rendimiento más bajo, mientras que las densidades de 120 y 180 kg ha⁻¹ presentaron el mayor rendimiento de grano, similar a lo que reportan Beres *et al.* (2011) en un trabajo realizado en Canadá, donde encontraron que a mayor número de semilla sembradas por m² mayor fue el rendimiento de grano obtenido.

Cuadro 2.- Rendimiento de grano, índice de cosecha y altura de planta de trigo evaluado con tres densidades de siembra en el Campo Experimental Norman E. Borlaug ciclo O-I 2021-2022.

Densidad de siembra	IC	AP	Kg ha ⁻¹
60 Kg ha ⁻¹	51.3 a	85.2 a	6,989 b
120 Kg ha ⁻¹	51.4 a	85.8 a	7,319 a
180 Kg ha ⁻¹	51.7 a	86.6 a	7,425 a
C.V.	6.02	3.41	5.06
DMS	1.50	1.42	177.5

Nivel de significancia = 0.05; C.V. = Coeficiente de variación; DMS = Diferencia mínima significativa; IC = índice de cosecha; AP = altura de planta; Kg ha⁻¹ = kilogramos por hectárea

En el Cuadro 3 se presentan los rendimientos obtenidos en kilogramos por hectárea de los materiales evaluados, estos rendimientos son el promedio obtenido de las tres densidades de siembra, donde se pueden observar que la línea STOT y las variedades

Noroeste C2021, Don Lupe C2020, Borlaug 100 y CIANO 2018 obtuvieron el mejor rendimiento de grano ($p \leq 0.05$). El índice de cosecha fue mayor ($p \leq 0.05$) para las variedades de trigo duro Don Lupe C2020, CENEB C2017 y Noroeste C2021. Mientras que la altura de planta fue mayor para las variedades de trigo harinero Borlaug 100 y CIANO M2018.

Cuadro 3.- Rendimiento de grano y aspectos agronómicos de ocho genotipos de trigo, evaluados con tres densidades de siembra en el Campo Experimental Norman E. Borlaug ciclo O-I 2021-2022.

Genotipo	IF	MF	IC	AP	Kg ha ⁻¹
STOT	78	122	51.4 bc	86.2 b	7669 a
NOROESTE C2021	76	121	52.1 ab	82.4 cd	7561 ab
DON LUPE C2020	75	120	54.7 a	84.3 bcd	7463 ab
BORLAUG 100	77	119	49.5 bc	92.6 a	7392 ab
CIANO M2018	85	123	48.4 c	91.6 a	7296 ab
TARRO	73	117	50.8 bc	83.2 bcd	7282 b
CENEB ORO C2017	74	119	54.6 a	85.1 bc	7271 b
CIRNO C2008	76	118	50.5 bc	81.6 d	6019 c
C.V.	--	--	6.02	3.41	5.06
DMS	--	--	3.18	3.01	376.67

Nivel de significancia = 0.05; IF = días a floración; MF = madurez fisiológica; IC = índice de cosecha

En el Cuadro 4 se pueden observar los rendimientos que obtuvieron los genotipos evaluados en cada una de sus densidades de siembra, donde la variedad Borlaug 100 respondió mejor a las altas densidades, pero no así la variedad CIANO M2018. Variedades como CENEB Oro C2017 y Don Lupe C2020 no fueron afectadas por la densidad de siembra, mientras que Noroeste C2021 sí respondió favorablemente al aumento de densidad de siembra, contrario a lo que reportan Moreno *et al.*, 2010, quienes mencionan que a partir de 240,000 plantas por hectárea de trigo (10 kg ha⁻¹ de semilla) el rendimiento se mantiene constante.

Cuadro 4.- Rendimiento de grano de ocho genotipos de trigo, evaluados con tres densidades de siembra en el Campo Experimental Norman E. Borlaug ciclo O-I 2021-2022.

VARIEDAD	Densidad de 60 Kg ha ⁻¹	Densidad de 120 Kg ha ⁻¹	Densidad de 180 Kg ha ⁻¹
CIRNO C2008	5460	6198	6281
CENEB ORO C2017	7135	7085	7188
DON LUPE C2020	7356	7242	7413
NOROESTE C2021	7388	7621	7740
STOT	7479	7565	8069
TARRO	6881	7504	7202
BORLAUG 100	7200	7302	7931

CIANO M2018

6702

7733

7494

CONCLUSIONES

Existen materiales de trigo duro y de trigo harinero que responden favorablemente al aumento de la densidad de siembra, como la línea STOT, la variedad Noroeste C2021 y CIRNO C2008 de trigo duro y la variedad Borlaug 100 de trigo harinero.

La baja densidad de siembra afecta de manera negativa a la mayoría de los materiales, a excepción de Don Lupe C2020 y CENEB Oro C2017.

REFERENCIAS

- Beres B. L., Cárcamo H. A., Yang R. and Spaner D. M. (2011) Integrating spring wheat sowing density with variety selection to manage wheat stem sawfly. *Agron. J.* 103. <https://doi.org/10.2134/agronj2011.0187>
- 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.
- Moreno R. O. H., Rodríguez C. J., Canseco V. E. P., Martín E. C., Herrera A. H. y Rajaram S. (2010) Respuesta de cuatro especies de cereales a la densidad de plantas en siembra de surcos. *BIOTecnia* 12(1):12 DOI: 10.18633/bt.v12i1.61
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2020) Disponible en <https://www.gob.mx/siap>.
- SIAP (Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera) (2022). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA), Sonora, México. Disponible en <http://www.siap.gob.mx>.

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO de VARIEDADES DE CEBADA EN EL VALLE DE SANTO DOMINGO, Baja California sur

Navejas Jiménez Jesús¹, Gámez Vázquez Francisco Paúl¹, Gámez Vázquez Alfredo Josué¹, Loya Ramírez José Guadalupe², Mercado Mancera Gustavo³.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, INIFAP¹

E-mail:navejasjesus@hotmail.com

Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS²

Departamento de Ciencias Agrícolas, FES-C, UNAM. Cuautitlán Izcalli, México³

RESUMEN

El interés por la introducción de variedades de cebada para producir cerveza de calidad y el desconocimiento de su comportamiento productivo en el estado de Baja California Sur, motivaron el presente trabajo con el objetivo de evaluar variedades de cebada e incidir en la tecnología para la producción del cultivo. Por segundo año 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. No se encontró diferencia significativa entre tratamientos o variedades ($P \geq 0.05$). Los mayores rendimientos fueron: 3.4, 3.2, 3.1 y 3.0 t ha⁻¹, obtenidos con las variedades Esperanza, Josefa, Maravilla y Alina, respectivamente. Las variedades Prunella y Metcalfe, resultaron con el menor rendimiento, obtuvieron 2.4 y 2.2 t ha⁻¹, respectivamente. Resultaron con mayor peso hectolítrico las variedades Prunella, Guanajuato, Brennus, y Alina, con 53.9, 52.2, 51.5 y 50.0 kg hL⁻¹ respectivamente. La comparación productiva mostró que el rendimiento mayor significa una brecha potencial de 57%, la desviación en la relación b/c fue de 57% y en la productividad con relación al agua utilizada, se lograron índices de 1.05 \$ m³ y 0.734 kg m³ de agua con la variedad Esperanza, con una desviación de 57% con respecto a la variedad Metcalfe.

Palabras Clave. Cebada, variedades, manejo.

ABSTRACT

The interest in the introduction of barley varieties to produce quality beer and the lack of knowledge of their productive behavior in the state of Baja California Sur, motivated the present work with the objective of evaluating barley varieties and complementing the technology for the production of this crop. For the second year, 10 barley varieties were evaluated: Esperanza, Esmeralda, Alina, Guanajuato, Josefa, Brennus, Prunella, Metcalfe, Estelar and Maravilla. An experimental design of random blocks was used. No significant difference was found between varieties ($P \geq 0.05$). The highest yields were: 3.4, 3.2, 3.1 and 3.0 t ha⁻¹, obtained with the varieties Esperanza, Josefa, Maravilla and Alina, respectively. The Prunella and Metcalfe varieties had the lowest yield, obtaining 2.4 and 2.2 t ha⁻¹, respectively. The

varieties Prunella, Guanajuato, Brennus, and Alina had the highest hectoliter weight, with 53.9, 52.2, 51.5 and 50.0 kg hL⁻¹, respectively. The productive comparison showed that the higher yield means a potential gap of 57%, the deviation in the b/c ratio was 57% and in productivity in relation to the water used, indices of 1.05 \$ m⁻³ and 0.734 kg m⁻³ were achieved with the Esperanza variety; with a deviation of 57% with respect to the Metcalfe variety.

Keywords. Barley, *varieties*, *management*.

INTRODUCCIÓN

La cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) es un cultivo importante en las regiones de los Valles Altos y El Bajío en México, donde se concentra cerca del 95 % del total de la producción nacional, en una superficie superior a 300,000 ha (SIAP, 2016). La temperatura de las zonas agrícolas de México se ha incrementado de manera apreciable con alteraciones en variables agroclimáticas como puede ser la acumulación de frío en el periodo invernal y un ascenso en la temperatura acelera el proceso de madurez de los cultivos, reduce la duración del ciclo, el área foliar y el requerimiento hídrico total a la madurez (Medina *et al.*, 2016). En un primer año de evaluación en Baja California Sur, las variedades sobresalientes fueron: Estelar, Maravilla, Josefa, Esmeralda y Alina. Con rendimiento de 5.8, 5.5, 5.3, 4.8 y 4.7 t ha⁻¹, se lograron índices de 1.19 \$ m⁻³ y 1.183 kg m⁻³ de agua con la variedad Estelar; con una desviación de 39 % respecto a la variedad Esperanza. La capacidad productiva de la cebada en condiciones de aridez requiere un paquete tecnológico de menor costo y superar el límite de 5.0 t ha⁻¹ (Navejas *et al.*, 2021). Por el desconocimiento del comportamiento productivo de variedades de cebada en el estado de Baja California Sur, se realizó este trabajo por segundo año con el objetivo de evaluar variedades de cebada e incidir en la posible tecnología para la producción de cebada y sus diversos usos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el ciclo O-I 2021-22, en INIFAP, Sitio Experimental Valle de Santo Domingo, B.C.S, en condiciones de aridez típicas de la zona, con ubicación geográfica en las coordenadas 24° 30' latitud norte y 111° 41' longitud oeste. El tipo de labranza consistió en un rastreo cruzado para acondicionar apropiadamente el terreno para la siembra, considerándose como labranza mínima. Se sembró el 10 de diciembre 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 120 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 y una aplicación de 150 l ha⁻¹, de herbicida amina 2-4 D. No se aplicaron insecticidas. 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 47.2 cm. Se evaluaron las variables agronómicas de la planta, como peso hectolítrico y rendimiento de grano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos de variedades de cebada, acorde al análisis de varianza ANOVA no mostraron diferencia significativa en el rendimiento obtenido por genotipo ($P \geq 0.05$), los valores más altos fueron: 3.4, 3.2, 3.1 y 3.0 t ha⁻¹, obtenidos con Esperanza (1), Josefa (5), Maravilla (10) y Alina (3), respectivamente. Las variedades Prunella (7) y Metcalfe (8), resultaron con el menor rendimiento, obtuvieron 2.4 y 2.2 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 (7) Prunella (4) Guanajuato, (6) Brennus, y (3) Alina, con 53.9, 52.2, 51.5 y 50.0 kg hL⁻¹ respectivamente (Figura 1).

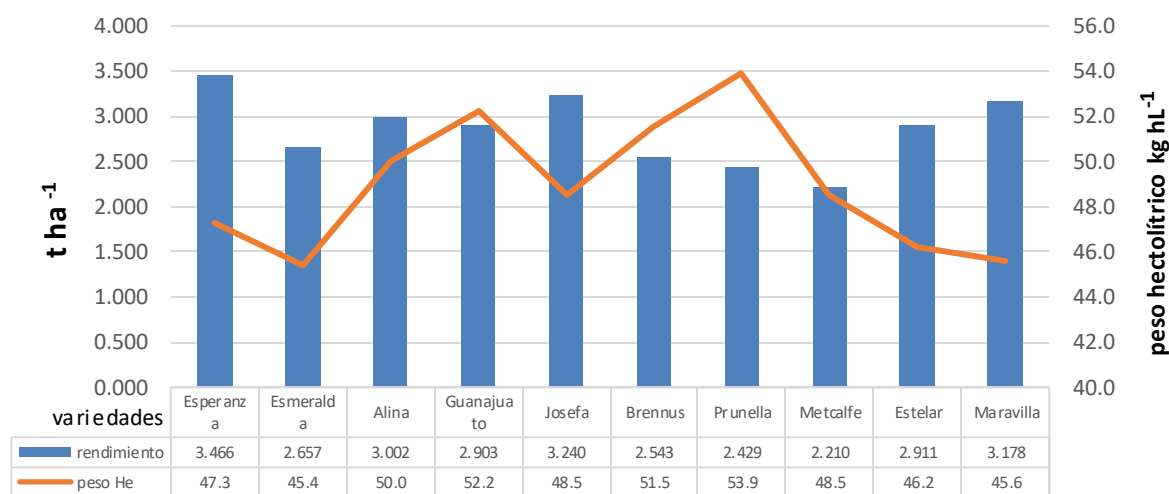


Figura 1. Rendimiento de 10 variedades de cebada en B.C.S. INIFAP 2022

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%, con una 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, (1) Esperanza, (5) Josefa, (3) Alina y (10) Maravilla comparadas con (1) Metcalfe, significa una brecha de 57%, la desviación de 57% en la relación beneficio-costo (b/c), en la productividad con relación al agua utilizada se obtuvieron índices de 1.05 \$ m³ y 0.734 kg m³ de agua con el genotipo (1) Esperanza lo que representa desviaciones de 57 % 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, 2022).

Tratamiento	Indices Productivos								
	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 -
Esperanza	3.466	8522	29537	24600	1.20	4937	4720	1.05	0.734
Metcalfe	2.210	8522	18834	24600	0.76	-5766	4720	-1.22	0.468
Desviación %	57		57		57				57

R= rendimiento, P= precio, b= beneficio, c= costo, cebada 12% humedad,

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: Esperanza, Josefa, Maravilla y Alina. La comparación productiva mostró que el rendimiento con la mejor variedad, significa una brecha potencial de 57%, tanto en la relación b/c como en la productividad con relación al agua utilizada, se lograron índices de 1.05 \$ m³ y 0.734 kg m³ de agua con la variedad Esperanza; una desviación de 57% con respecto a la variedad Metcalfe. Para mejorar la capacidad productiva de la cebada en condiciones de aridez, resulta recomendable un paquete tecnológico más productivo, superar el límite de 5.0 t ha⁻¹, el empleo de variedades de alto rendimiento y promoción de la cadena.

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.
- Navejas J. J., F.P. Gámez V., A. J. Gámez V., J. G. Loya R., G. Mercado M. 2021. Evaluación de variedades de cebada en el valle de Santo Domingo Baja California Sur. Memoria de XXXIII Semana Internacional de Agronomía. 542-545.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), SAGARPA. 2016. Indicadores económicos. Disponible en: www.siap.gob.mx Consultado el 12 de Julio de 2016.

CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE MAÍZ AZUL, RAZA CÓNICO NORTEÑO

CONSERVATION AND USE OF THE GENETIC DIVERSITY OF BLUE MAIZE, CÓNICO NORTEÑO RACE

Edelmira Alarcón-Álvarez^{1*}, Odilon Gayosso-Barragan², José Ángel Marroquín-Morales³, Griselda Chávez-Aguilar, ²Ulises Aranda Lara.

¹Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Sogamoso, Boyacá, Colombia. ²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar-INIFAP, Ojuelos de Jalisco, Jal., México.

³Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP, Cd. Obregón, Sonora, México. ⁴Campo Experimental Rio Bravo-INIFAP, Rio Bravo, Tamaulipas, México.

gayosso.odilon@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial agronómico en diez poblaciones de maíz azul de la raza Cónico Norteño, para generar alternativas que mejoren la producción y disponibilidad de maíz en Altiplano semiárido del centro-norte de México. En campo se registraron variables agronómicas y de rendimiento, con las que se realizó análisis de varianza y comparación de medias (Tukey 0.05). Se observaron diferencias significativas para las variables altura de planta, altura de mazorca, diámetro de tallo, número de espigas, longitud de mazorca, número de hileras por mazorca, diámetro y longitud de mazorca, peso de 100 semillas y rendimiento de grano. Las poblaciones con el valor más alto para rendimiento de grano fueron MEXI 250, JALI 307 y GUAN 164 con 4.5, 4.3 y 4.2 ton ha⁻¹, respectivamente. La conservación de las variedades nativas de maíz debe considerarse como parte de la soberanía y seguridad alimentaria, ya que, de ello depende la subsistencia de millones de personas; además representa una oportunidad para contribuir al abasto suficiente de este importante alimento.

Palabras clave: Agricultura de temporal, maíz nativo, rendimiento.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the agronomic potential in ten populations of blue maize of the Cónico Norteño race, to generate alternatives that improve the production and availability of maize in the semi-arid Altiplano of north-central Mexico. In the field, agronomic and yield variables were recorded, with which an analysis of variance and comparison of means were performed (Tukey 0.05). Significant differences were observed for the variables plant height, cob height, stem diameter, number of spikes, cob length, number of rows per cob, diameter and length of cob, weight of 100 seeds and grain yield. The populations with the highest value for grain yield were MEXI 250, JALI 307 and GUAN 164 with 4.5, 4.3 and 4.2 ton ha⁻¹, respectively. The conservation of native varieties of corn should be considered as part of

food sovereignty and security, since the subsistence of millions of people depends on it and represents an opportunity to contribute to the sufficient supply of this important food.

Key words: Rainfed agriculture, native corn, yield.

INTRODUCCIÓN

El maíz es el segundo cereal más abundante cultivado para el consumo humano, y muchas culturas alrededor del mundo han vivido de este grano. El maíz suministra elementos nutritivos a los seres humanos, a los animales, y es una materia prima básica en la industria alimenticia. Según datos proporcionados por el servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP), en México, para el año 2020 se sembraron 7, 472,356 hectáreas de maíz con una producción de 27.4 millones de toneladas y rendimiento promedio por hectárea bajo condiciones de temporal de 2.5 toneladas.

La escasa e irregular distribución de la precipitación en regiones agrícolas, es un factor que impacta de manera significativa en la productividad de los cultivos, con mayor efecto negativo en productores con pequeñas y medianas superficies de siembra para condiciones de secano. En escenarios con mayor frecuencia de eventos extremos, como el déficit hídrico, según pronósticos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2014), el cultivo de maíz y sus variedades criollas son fundamentales para garantizar la seguridad y soberanía alimentaria. El déficit hídrico es la causa más grave de reducción de la producción agrícola mundial, y el cambio climático tiende a agravar este escenario (Ribaut *et al.*, 2009).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial agronómico en diez poblaciones de maíz azul de la raza Cónico Norteño, para generar alternativas que mejoren la producción y disponibilidad de maíz en Altiplano semiárido del centro-norte de México.

MATERIALES Y METODOS

Se evaluaron 10 poblaciones de maíz pigmentado (QUER 58, QUER 17, QUER 3, JALI 307, GUAN 158, PUEB 149, SNLP 76, GUAN 146, MEXI 250, GUAN 164) bajo condiciones de temporal en Ojuelos, Jalisco. En campo, el experimento se estableció en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar, en un suelo de textura franco arenosa, con pH de 7.5 clasificado como moderadamente alcalino, moderadamente bajo en materia orgánica (0.89%) y muy bajo contenido de nitrógeno y fósforo (4.38 y 3.17 ppm, respectivamente). La siembra se realizó bajo condiciones de temporal, en surcos separados a 0.80 m y a 0.20 m entre planta y planta, con una densidad de plantación de 60,000 plantas por hectárea; bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, con dos repeticiones. La unidad experimental estuvo formada por surcos de 4 metros de largo por cada genotipo. En la etapa final del desarrollo vegetativo, en cinco plantas por genotipos se registraron las variables altura de planta (AP), altura a la mazorca (AMZ) y diámetro de tallo (DT). Para

caracteres de la mazorca se midió la longitud (LM), diámetro (DM) y número de hileras (NHM), también se estimó la relación LM/DM. En caracteres de grano, las mazorcas se desgranaron en forma individual y de la parte central se tomó una muestra de 10 granos por mazorca para medir el ancho (AG), longitud (LG), espesor (EG) las tres variables en mm y relación AG/LG, se tomó otra muestra de 100 granos, para medir el peso (P1000S, g) y rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$); se realizó análisis de varianza, comparación de medias (Tukey 0.05) y análisis de correlación lineal de Pearson, los análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se observaron diferencias significativas para las variables altura de planta, altura de mazorca, diámetro de tallo, número de espigas, longitud de mazorca, número de hileras por mazorca, diámetro y longitud de mazorca, peso de 100 semillas y rendimiento de grano. Para la variable rendimiento de grano, las poblaciones con el valor más alto fueron MEXI 250, JALI 307 y GUAN 164 con 4.5, 4.3 y 4.2 $ton\ ha^{-1}$, respectivamente (Figura 1). El rendimiento de grano observado en las poblaciones evaluadas fue superior al rendimiento promedio nacional de 2.2 toneladas por hectárea en condiciones de temporal; además las poblaciones de las razas de maíz nativo poseen grandes beneficios alimentarios, ecológicos y ambientales.

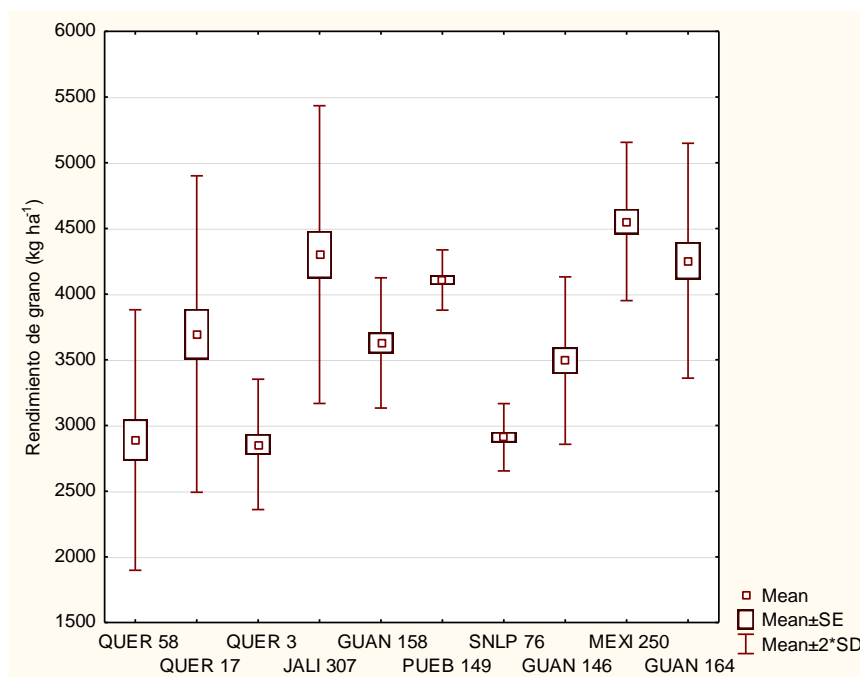


Figura 1. Rendimiento de grano de 10 poblaciones de maíz, raza elotes cónicos, evaluadas bajo condiciones de temporal en Ojuelos, Jalisco.

Para el año 2050, cerca de 10,000 millones de personas habitarán el planeta, según las proyecciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (ONU). Para que haya abasto suficiente de alimentos y se alcance el segundo Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS), que es acabar con el hambre en 2030, la ONU sostiene que la

“agricultura necesitará producir el doble de alimentos con respecto a 2012, año de referencia escogido para esta estimación” (FAO, 2021). El sistema alimentario mundial juega un papel central en el logro de los ODS; los principales cultivos básicos del mundo como el maíz deben producirse de manera sostenible y contribuir a la salud y el bienestar humano para lograr estos objetivos; en este sentido, la variabilidad genética de maíz constituye una riqueza para la población mundial, y puede ser la base para lograr la soberanía alimentaria de México, en especial ante los efectos del cambio climático.

La diversidad genética en maíz es importante para los programas de mejoramiento genético, por su potencial como fuente de características nuevas, exóticas y favorables. La diversidad genética facilita a los mejoradores el desarrollo de variedades para características específicas como la mejora de la calidad y la tolerancia al estrés biótico y abiótico.

CONCLUSIONES

La conservación de las variedades nativas de maíz debe ser considerada como parte de la soberanía y seguridad alimentaria, ya que, de ello depende la subsistencia de millones de personas; además representa una oportunidad para contribuir al abasto suficiente de este importante alimento.

REFERENCIAS

- FAO (2021). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. *Sistemas al límite. Informe de síntesis 2021*. Roma. <https://doi.org/10.4060/cb7654es>
- IPCC (2014). Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate change: Synthesis report*. In: Team, C. W.; Pachauri, R. K.; Meyer, L. A. (eds.). *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC, Chap.3, p.75-91.
- Ribault, J. M., Bétran, J., Monneveux, P., Setter, T. (2009). Drought tolerance in maize. In: Bennetzen, J. L.; Hake, S. C. (eds.). *Handbook of maize: Its biology*. Netherlands: Springer, Cap.16, p.311-344. https://doi.org/10.1007/978-0-387-79418-1_16
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2022). Anuario estadístico de la producción agrícola. Consultado 30 de Julio 2022. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

ENSAYO CON GENOTIPOS DE CÁRTAMO EN EL VALLE DE SANTO DOMINGO, BAJA CALIFORNIA SUR

Navejas Jiménez Jesús¹, Cota Barreras Carlos Ivan¹, Montoya Coronado Lope¹,
Zamora Salgado Sergio², Mercado Mancera Gustavo³.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, INIFAP¹
E-mail: navejasjesus@hotmail.com
Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS²
Departamento de Ciencias Agrícolas, FES-C, UNAM. Cuautitlán Izcalli, México³

RESUMEN

Una manera de evaluar el efecto de los factores limitantes en la producción de cártamo es a través de ensayos de diversos genotipos. El objetivo del presente trabajo fue el de conocer la producción y determinar los índices productivos que pueden ser obtenidos potencialmente con nuevos materiales genéticos de cártamo. Se evaluaron 26 genotipos de cártamo, en condiciones de riego por goteo. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar. No se encontró diferencia significativa entre tratamientos ($P \geq 0.05$). Los mayores rendimientos fueron: 2.715, 2.624, 2.524, 2.499, y 2.300 t ha⁻¹, obtenidos con C-27-1Y-2Y(A/N), C-55-2-MOC, SEMAY-OL, CCC-1651-1-1-1-2Y-1Y, y CIANO-OL, respectivamente. Los genotipos CCC1631-1-1-1-1-1-1-OY y S-390, resultaron con el menor rendimiento, obtuvieron 1.779 y 1.562 t ha⁻¹, respectivamente. La comparación productiva mostró que el rendimiento mayor significa una brecha potencial de 81%, la desviación en la relación b/c fue de 61% y en la productividad con relación al agua utilizada, se obtuvieron índices de 6.28 \$ m⁻³ y 1.005 kg m⁻³ de agua, lo que representa una desviación de 128% con el genotipo C-27-1Y-2Y(A/N).

Palabras Clave. *Cártamo, genotipos, producción.*

ABSTRACT

One way to evaluate the effect of limiting factors on safflower production is through trials of various genotypes. The objective of the present work was to know the production and determine the productive indices that can potentially be obtained, with new genetic materials of safflower. Twenty-six safflower genotypes they were evaluated under drip irrigation conditions. A randomized block experimental design was used it. No significant difference was found, between treatments ($p \geq 0.05$). The highest yields were: 2,715, 2,624, 2,524, 2,499, and 2,300 t ha⁻¹, obtained with C-27-1Y-2Y(A/N), C-55-2-MOC, SEMAY-OL, CCC-1651 -1-1-1-2Y-1Y, and CYANO-OL respectively. The CCC1631-1-1-1-1-1-1-OY and S-390 genotypes had the lowest yield, obtaining 1,779 and 1,562 t ha⁻¹, respectively. The productive comparison showed that the higher yield means a potential gap of 81%, the deviation in the b/c ratio was 61% and in productivity in relation to the water used, indexes of 6.28 \$ m⁻³ and 1,005 kg m⁻³ of

water, were obtained, which represents a deviation of 128% with the genotype C-27-1Y-2Y(A/N).

Key words. Safflower, *genotypes*, *production*.

INTRODUCCIÓN

Los factores ambientales como la baja disponibilidad de agua para riego, la intrusión salina y la baja precipitación en el valle de Santo Domingo en Baja California Sur, así como las condiciones mundiales de cambio climático y el escenario socioeconómico, con limitados índices productivos; han provocado cambios en proporción directa hacia la búsqueda de alternativas agrícolas productivas. Tal es el caso de las especies oleaginosas como el cártamo, cultivo que tiene un valor económico importante para la industria aceitera y gran adaptabilidad a dichas condiciones (Navejas *et al.*, 2014). Los factores económicos, de adaptación y los agroecológicos (interacción suelo-planta-atmósfera), hacen del cultivo de cártamo un producto sumamente interesante y atractivo para los productores, los industriales y los consumidores de la región noroeste de México (Sotelo *et al.*, 2011). En México existe un déficit de más de 5.0 millones de toneladas en la producción de oleaginosas, el rendimiento medio de la producción de cártamo en Baja California Sur, en el último lustro fue de 1.353 t ha⁻¹ (SIAP, 2018). En el Valle de Santo Domingo la superficie establecida con cártamo en los últimos ciclos ha disminuido con preferencia por cultivos altamente remunerativos como el espárrago y la papa. Sin embargo, representa una alternativa ante la emergencia de escasez de agua por sequía excepcional declarada para la región; donde esquemas alternativos de producción deben considerar sistemas apropiados hacia la sostenibilidad hidro-social (Troyo *et al.*, 2010). Puesto que, el desarrollo rural no planificado ha utilizado extensivamente los recursos naturales con la concepción de que son ilimitadamente renovables. (Carabias, 2017). El INIFAP participa en el ensayo de variedades de cártamo de alto rendimiento, el objetivo del presente trabajo fue el de conocer la producción y determinar los índices productivos de líneas avanzadas y variedades de cártamo provenientes del programa de mejoramiento genético del INIFAP.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el ciclo O-I 2021-22, en INIFAP, Sitio Experimental Valle de Santo Domingo, B.C.S, en condiciones de aridez típicas de la zona; con ubicación geográfica en las coordenadas 24° 30' latitud norte y 111° 41' longitud oeste. El tipo de labranza consistió en un rastreo cruzado para acondicionar apropiadamente el terreno para la siembra, considerándose como labranza mínima. Se sembró el 09 de diciembre de 2021, en seco,

manualmente dejando 20 semillas por metro lineal, con surcos de 0.80 metros de ancho. Se usaron 15 kg ha⁻¹ de semilla. La fertilización se efectuó con 120 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 cuatro ocasiones, Para el control de maleza se realizó un deshierbe manual. No se aplicaron insecticidas. Se realizaron 18 riegos frecuentes mediante cinta de goteo calibre 6.0 mil, cuyo gasto fue de 4.35 lhm, con una lámina total de 27 cm. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones, parcelas de cuatro surcos de 0.8 m y 5 m de longitud, equivalente a 16 m² y dos surcos con 2 m de longitud como parcela útil con 3.2 m². Se analizó mediante un ANOVA y la comparación de medias con la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los genotipos de cártamo, con base en el análisis de varianza ANOVA no mostraron diferencia significativa en el rendimiento obtenido ($P \geq 0.05$), los valores más altos fueron: 2.715, 2.624, 2.524, 2.499, y 2.300 t ha⁻¹, obtenidos con C-27-1Y-2Y(A/N), C-55-2-MOC, SEMAY-OL, CCC-1651-1-1-1-2Y-1Y, y CIANO-OL respectivamente. Los valores más bajos fueron 1.779 y 1.562 t ha⁻¹ obtenidos con CCC1631-1-1-1-1-1-1-1-OY y S-390, respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rendimiento de 26 genotipos de cártamo en B.C.S. INIFAP 2022.

Genotipo	Rendimiento (t ha ⁻¹)
1 C-27-1Y-2Y(A/N)	2.715
2 C-55-2-MOC	2.624
3 SEMAY-OL	2.524
4 CCC-1651-1-1-1-2Y-1Y	2.499
5 CIANO-OL	2.300
6 C-62-MOC	2.281
7 CC-1431-5-1-0Y/CC1453-1-1-1-0Y CC1588-1-2-1-2-OY	2.255
8 C-45-2-MOC	2.253
9 CW-3268	2.237
10 CC1639-1-2/C. OLEICA CC-1726-1-1-MOC	2.211
11 SEG-CIANO-OL/CC1572-1-1-0Y CC-1725-1-1-MOC	2.209

12	RC-1002	2.203
13	CCC1635-1-1-1-1Y	2.172
14	CD-868 (FORRAJERA)	2.150
15	0272-3-2-1-MOC	2.133
16	CC-1431-5-1-0Y/CC1453-1-1-1-0Y CC1588-1-2-1-2-0Y-1-MOC	2.110
17	P.R. LIMPIA	2.090
18	CHEY-OL	2.015
19	CCC-1631-1-1-1-3-0Y-MOC	2.012
20	HUATSON	1.917
21	CC-1431-5-1-0Y/CC1453-1-1-1-0Y CC1588-1-2-1-2-0Y-2-MOC	1.899
22	AS-23	1.890
23	S-323	1.883
24	CC-1572-3 / S-518	1.816
25	CCC1631-1-1-1-1-1-1-0Y	1.779
26	S-390	1.562

CV= 23.5%

NS

Llevar a cabo análisis de suelo consecutivos conforme a los ciclos productivos permite saber el aprovechamiento de nutrimentos en suelos con condiciones de aridez, además de reconocer las condiciones edáficas y predecir la capacidad de respuesta productiva según el nivel tecnológico que se implementa. El cártamo requiere de 27 a 35 kg ha⁻¹ de N por cada tonelada de grano producida (IPNI, 2007). Por ello, para producir por ejemplo 3.0 t ha⁻¹ de grano, el cultivo debería disponer de alrededor de 81 a 105 kg de N ha⁻¹ para ser absorbidos por el cultivo. La dosis recomendada para la siembra de cártamo en el Valle de Santo Domingo bajo condiciones de riego es 100-40-00 de nitrógeno, fósforo, y potasio, respectivamente.

El empleo de los genotipos con mayor rendimiento, C-27-1Y-2Y(A/N), C-55-2-MOC, SEMAY-OL, CCC-1651-1-1-1-2Y-1Y, y CIANO-OL, comparado con el testigo DDR, significa una brecha de 81%. La desviación en la relación beneficio-costo (b/c) fue de 61%; en la productividad en relación al agua utilizada se obtuvieron índices de 6.28 \$ m⁻³ y 1.005 kg m⁻³

de agua con el genotipo C-27-1Y-2Y(A/N), lo que representa desviación de 128% con respecto a estos índices (Cuadro 2).

Cuadro 2. Productividad por unidad de superficie y por utilización del agua de riego con genotipo sobresaliente de cártamo (INIFAP, 2022).

Tratamiento	Índices Productivos								
	R	P	b	c	b/c	utilidad	lámina	productivida	
	t ha ⁻¹	\$ t ⁻¹	\$ ha ⁻¹	\$ ha ⁻¹		\$ ha ⁻¹	m ³	\$ m ⁻³	d
		1271				1.9			
C-27-1Y-2Y(A/N)	2.715	0	34507	17548	7	16959	2700	6.28	1.005
		1271				1.2			
Testigo DDR	1.500	0	19065	15657	2	3408	3400	1.00	0.441
Desviación %	81		81			61			128

R= rendimiento, P= precio, b= beneficio, c= costo, cártamo 6 % humedad,

Los índices de productividad económica y de uso del agua resultaron bajos en la condición testigo. Por lo que, se debe continuar la validación de variedades in situ con productores. Sin embargo, las presiones económicas inducen a los agricultores a producir un cultivo particular de la manera más rentable posible, llevándolos a ignorar las prácticas sostenibles (FAO, 2002).

CONCLUSIONES

Los resultados del ensayo con genotipos sobresalientes como: C-27-1Y-2Y(A/N), C-55-2-MOC, SEMAY-OL, CCC-1651-1-1-1-2Y-1Y, y CIANO-OL, mostraron desviaciones significativas. Lo que permite considerar la mejora del comportamiento productivo del cultivo de cártamo en la región. Resulta recomendable un paquete tecnológico más productivo que supere el límite de 3.0 t ha⁻¹, con el empleo de genotipos de alto rendimiento.

REFERENCIAS

- Carabias, J. (2017). Conservación de los ecosistemas y el desarrollo rural sustentable en América Latina: condiciones, limitantes y retos. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/363/cap11.html>. (Consulta 07-07-2022).
- FAO.2002. Seguridad alimentaria y medio ambiente. Cumbre mundial sobre desarrollo sostenible. disponible en: www.fao.org/3/y1780s/y1780s06.htm#TopOfPage. 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.
- Navejas J, J., E. Gutierrez P., E. Troyo D., J. G. Loya R., G. Mercado M. 2014. Comportamiento productivo de genotipos de cártamo en el valle de Santo Domingo. In memoria XVII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. 09 y 10 de octubre de 2014, Mexicali Baja California, México. 521-525.
- SIAP, 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP. www.siap.gob.mx. (Consulta 28-08-2019).
- Sotelo, N. E. O., R. Vargas M., G. Mercado M., E. Troyo D., J. Navejas J. 2011. Evaluación agroecológica del cultivo de cártamo en el valle de Santo Domingo, Baja California Sur. In memoria XXXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. 21 al 25 de noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche, México.
- Troyo D, E., Cruz F, A., Norzagaray C, M., Beltrán M, L. F., Murillo A, B., Beltrán M, F. A., García H, J. L., Valdez C, R. D. 2010. Agotamiento hidro-agrícola a partir de la Revolución Verde: extracción de agua y gestión de la tecnología de riego en Baja California Sur, México. *Estudios Sociales*, vol. 18, núm. 36, 78-201.

ESTABILIDAD Y RENDIMIENTO DE HÍBRIDOS EXPERIMENTALES DE MAÍZ

Espinoza-Banda, Armando¹; Antuna-Grijalva, Oralia²; Coyac-Rodríguez, José Luis³; Andrio-Enríquez, Enrique⁴

1, 2, 3, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna; aebanda7@yahoo.com.mx Carretera a Santa Fé y Periférico s/n Col Valle Verde C.P. 27054 Torreón Coahuila.

4, Tecnológico Nacional de México-Roque, Km. 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Gto. Apartado Postal 508 C.P. 38110.

RESUMEN

El objetivo del presente fue conocer el comportamiento en estabilidad y rendimiento de 20 híbridos experimentales de maíz a cuatro ambientes contrastantes. Los híbridos se probaron en cuatro ambientes, dos en riego normal, R1 2017 y R2 2018, Temporal (TEM 2018) y Sequía (SE 2018). El diseño fue bloque al azar y dos repeticiones. Para el análisis conjunto del rendimiento de grano se utilizó el modelo AMMI que separa los efectos del Genotipo (G) y de la interacción (GE). Los efectos G, A y GxA fueron significativos ($P \leq 0.01$) para el Componente 1 (CP1) y explicó el 46.3% de la variación de la interacción GxA, por lo que se usó para representar la interacción con el ambiente. Con los valores propios y el rendimiento de grano se construyó el gráfico BIPLLOT para conocer la relación genotipo y ambiente. Por la posición en el gráfico, los ambientes fueron diferentes. R2, de mayor rendimiento (REN) se asoció con 7 híbridos, donde 5x26, 6x28 y 1x28 son los de mayor REN y más estables por estar cerca del cero del CP1. R1 se asoció a 4 híbridos, donde 2x28 de mayor REN y 5x27 resalta por su estabilidad. En TEM, agrupó a 3 híbridos con REN inferior a la media y, sobresale 6x23 como estable. Tres híbridos se asocian para SE donde 6x26 destaca por su estabilidad.

Palabras clave: Genotipo, Ambiente, Interacción Genotipo x Ambiente, AMMI.

ABSTRACT

The objective of the present was to know the behavior in stability and yield of 20 experimental corn hybrids in four contrasting environments. The hybrids were tested in four environments, two under normal irrigation, R1 2017 and R2 2018, Temporal (TEM 2018) and Drought (SE 2018). The design was randomized block and two replications. For the joint analysis of grain yield, the AMMI model was used, which separates the effects of Genotype (G) and interaction (GE). The G, A and GxA effects were significant ($P \leq 0.01$) for Component 1 (CP1) and explained 46.3% of the variation of the GxA interaction, so it was used to represent the interaction with the environment. With the eigenvalues and the grain yield, the BIPLLOT graph was constructed to know the relationship between genotype and environment. Due to the position on the graph, the environments were different. R2, with the highest performance (REN) was associated with 7 hybrids, where 5x26, 6x28 and 1x28 are the ones with the highest

REN and the most stable because they are close to the zero of CP1. R1 was associated with 4 hybrids, where 2x28 with higher REN and 5x27 stand out for their stability. In TEM, he grouped 3 hybrids with REN below average and 6x23 stands out as stable. Three hybrids are associated for SE where 6x26 stands out for its stability.

Key words: Genotype, Environment, GenotypexEnvironment Interaction, AMMI.

INTRODUCCION

Se conoce que la respuesta de un fenotipo depende del genotipo(G), del ambiente(A) y de la interacción GxA (IGA). El comportamiento que muestran los genotipos a través de los ambientes causa confusión y dificulta la detección de los mejores genotipos. El mejorador ha utilizado diversos métodos como herramienta para entender la IGA. La interacción GxA, se refiere a la condición en la cual el comportamiento de los genotipos difiere a través de los ambientes de prueba (Fehr, 1987), ya sea en el espacio o en tiempo. También cuando los ambientes no tienen el mismo efecto en los genotipos (Eberhart y Russell, 1966), y reducen la correlación entre fenotipo y genotipo, dificultando la selección. Los métodos multivariados AMMI (Zobel *et al.*, 1988; Gauch 1988) permiten conocer el efecto del IGA y son usados en ensayos multiambientales en agronomía. El AMMI requiere de menos repeticiones y captura mejor la variación de tratamientos (Gauch, 1993). El objetivo del presente fue conocer el comportamiento en estabilidad y rendimiento de 20 híbridos experimentales de maíz a cuatro ambientes contrastantes.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en cuatro ambientes, tres en la Comarca Lagunera durante 2017-2018 y, uno de temporal (TEM) en 2018 en el municipio de Peñón Blanco, Dgo. Se probaron 20 híbridos experimentales en un diseño de bloques al azar y dos repeticiones. El manejo agronómico fue el recomendado para estas regiones. Los datos de rendimiento de grano de los cuatro ambientes se realizaron con el modelo AMMI (Zobel *et al.*, 1988; Gauch 1988) y, con los resultados del análisis se utilizaron los valores propios del Componente principal 1(CP1) y el rendimiento medio, para generar un gráfico tipo Biplot. Los híbridos mas cercanos al cero en el CP1 del Biplot se clasifican como mas estables.

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis AMMI fue significativo para los efectos principales G y A, así como para la interacción GxA. Dentro de la interacción GxA fueron significativos el CP1 y CP2, donde el CP1 explicó el 46.3 % y el CP2 39.7% de la variación de la interacción GxA respectivamente. Por su importancia se usó al CP1 y se consideró que es suficiente para representar la interacción de los híbridos con el ambiente, Castañón *et al.*, (2000), Cuadro 1.

Cuadro 1. Cuadrados medios de la variable rendimiento de 20 híbridos experimentales evaluados en cuatro ambientes. UAAAN-UL

FV	GL	CM	F
Ambiente (A)	3	460257112	715.68 **
Genotipo (G)	19	3831322.77	5.958 **
Interacción GxA	57	3046247.95	4.737 **
CP1	21	3827564.37	5.95 **
CP2	19	3633501.12	5.65 **
CP3	17	1424750.60	2.22 *

*, ** Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad.

Los ambientes fueron diferentes (Figura 1), donde el ambiente **R2** exhibió mayor rendimiento (12,700 Kg/ha); Se asocian a R2, siete híbridos con valores de REN iguales y superiores a la media. Estos híbridos responden mejor a los ambientes mas favorables. De éstos, los híbridos 5x26, 6x28 y 1x28 sobresalen por REN y por estar cerca del cero del CP1 son más estables. Es probable que progenitor el 28 les esté heredando la estabilidad, y dado que este carácter es heredable, con uno de los progenitores es suficiente para que el híbrido también lo sea (Castañón *et al.*, 2000). En este grupo resalta también el híbrido 2x27 por su estabilidad.

El ambiente **R1** con un rendimiento medio de 7,953.9 kg/ha se asoció a cuatro híbridos, tres de éstos (5x27, 5x28 y 2x26) con rendimientos cercanos a la media (Línea vertical de la Figura 1), y el híbrido 2x28 con REN superior a la media. En este ambiente, se destaca el híbrido 5x27 por su estabilidad.

En temporal (TEM) un ambiente poco favorable, el rendimiento medio fue inferior a la media general con 6,358.5 kg/ha. El ambiente TEM, se asoció a tres híbridos 1x27, 1x23 y 6x23, con valores por debajo de la media general y, donde sobresale por su estabilidad, el híbrido 6x23. En estos híbridos es común los progenitores 1 y 23, que podrían llevar genes para tolerancia a bajos requerimientos de humedad.

Bajo condiciones de sequía, se asociaron cuatro híbridos experimentales, 2x23 1x26, 1x25 y 6x26, de éstos, los híbridos 2x23 y 1x25 presentan rendimientos iguales a la media general (7,972.2 kg/ha) y, respecto a estabilidad sobresalen 1x25 y 6x26, éste último con rendimientos inferiores a la media. En este ambiente repite el progenitor 1 con niveles de humedad restringidos.

Se observa que los híbridos más estables, independientemente del rendimiento, se ubicaron entre los valores ± 10 del CP1. En general se identificaron ocho híbridos como estables, lo que

representa un 40% del total de los híbridos evaluados. Los híbridos 6x23, 6x26 y 1x25 en ambientes desfavorables (TEMP, SE) y, cinco en ambientes favorables (R1, R2). Al parecer la disponibilidad de agua en los ambientes de prueba influyó en los rendimientos diferenciales de los híbridos, lo cual coincide con Córdova (1991) y Hernández y Zavala (2009) en estudios de temporal para determinar la adaptación y estabilidad de maíz y mijo. Referente a las diferencias en rendimiento de R1 y R2, es probable que las diferencias climáticas del 2017 y 2018, Zambrano *et al.* (2017).

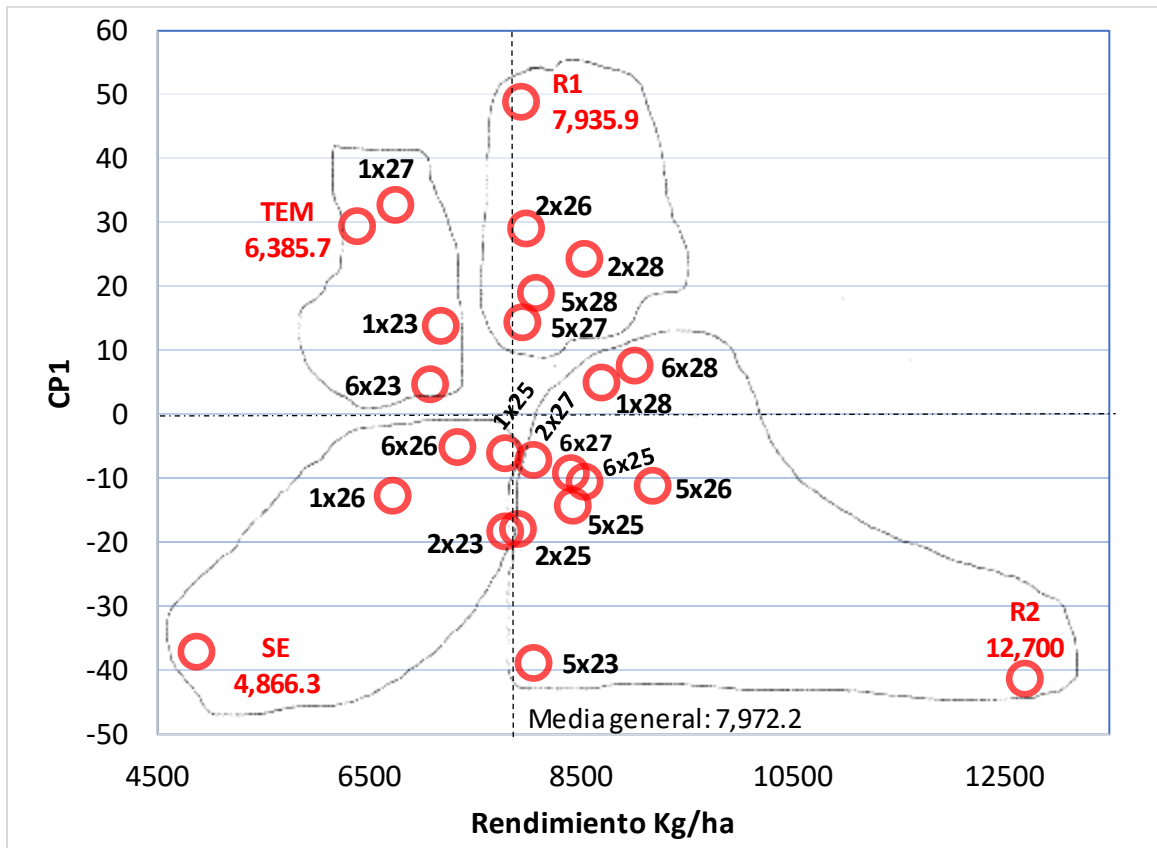


Figura 1. Asociación Ambiente-Genotipo por estabilidad y rendimiento medio de 20 híbridos en cuatro ambientes contrastantes (R1, R2, TEM, SE).

CONCLUSIONES

Por la posición en el gráfico, los ambientes fueron diferentes. R2, de mayor rendimiento (REN) se asoció con 7 híbridos, donde 5x26, 6x28 y 1x28 son los de mayor REN y más estables por estar cerca del cero del CP1. R1 se asoció a 4 híbridos, donde 2x28 de mayor REN y 5x27 resalta por su estabilidad. En TEM, agrupó a 3 híbridos con REN inferior a la media y, sobresale 6x23 como estable. Tres híbridos se asocian para SE donde 6x26 destaca por su estabilidad. Independientemente del rendimiento, los híbridos se ubicaron entre los valores ± 10 del CP1. En general se identificaron ocho híbridos como estables, lo que representa un 40% del total de los híbridos evaluados.

REFERENCIAS

- Castañón, G; Zetina, R; Arano, R; Raygoza, B. 2000. El AMMI y cluster en la selección de los mejores híbridos experimentales de maíz Agronomía Mesoamericana, vol. 11, núm. 1, 71-76.
- Córdova, H. 1991. Estimación de parámetros de estabilidad para determinar la repuesta de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) a ambientes contrastantes de Centro América, Panamá y México. Agronomía Mesoamericana 2:01-10.
- Eberhart, S. A. and Russell, W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6: 36-40.
- Fehr, W. 1987. Principles of cultivar development: Theory and technique. Volume I. New York, Iowa University. Macmillan. 536p.
- Gauch, JR. H. G. 1993. Prediction, parsimony and noise. American Sci. 81:468-478.
- Gauch H.G. Jr. 1988. Model selection and validation for yield trials with interaction. Biometrics 44: 705-715.
- Hernández J.A., Zavala, F. 2009. Adaptación y estabilidad del rendimiento de grano de genotipos de mijo (*Pennisetum americanum* L. Leeke) en San Luis Potosí, México. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 32 (2): 143-152.
- Zambrano Z. E. E., J. R. F. Limongi A., F.I. Alarcón C., J. P. Villavicencio L., M. B. Caicedo V., J. F. Eguez M., J. L. Zambrano M. 2017. Interacción genotipo ambiente de híbridos de maíz bajo temporal en Manabí y los Ríos, Ecuador. ESPAMCIENCIA 8(1): 7-14.
- Zobel, R.W., Wright, M.J. y Gauch, H.G. 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agron. J., 80: 388-393.

EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE NARANJA TARDÍA EN NUEVO LEÓN, MÉXICO

EVALUATION OF LATE ORANGE CULTIVARS IN NUEVO LEÓN, MEXICO

Carlos Miguel Ramos-Cruz^{1*}, Emilia Raquel Pérez-Evangelista², Juan Martínez-Medina¹, Isidro Humberto Almeyda-León¹ y Efraín Acosta-Díaz¹

¹INIFAP-Campo Experimental, General Terán, Carretera Montemorelos-China km 10.5., C. P. 67400. General Terán, Nuevo León. ²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez y carretera Santa Fe. C.P. 27054. Torreón Coahuila.
ramos.carlos@inifap.gob.mx

RESUMEN

Nuevo León es uno de los principales estados productores de naranja en México, ya que cuenta con una superficie cultivada de 25,944 hectáreas y una producción anual de 339,138 toneladas, en donde predomina la utilización del cultivar 'Valencia', el cual se caracteriza por presentar un ciclo de maduración tardío, lo que limita que la producción se concentre en un periodo relativamente corto (febrero – abril), aunque puede permanecer en el árbol hasta junio si cuenta con disponibilidad de agua. El objetivo de esta investigación fue evaluar y caracterizar un grupo de cultivares de naranja tardía en la región citrícola del estado de Nuevo León, México, mediante la determinación de parámetros de calidad del fruto, tales como peso fresco, diámetro polar, diámetro ecuatorial, grosor de cáscara, número de semillas, °Brix, contenido de jugo y dureza para el manejo postcosecha. Se utilizaron siete cultivares de naranja tardía presentes en el Banco de Germoplasma de Cítricos (BGC) del Campo Experimental General Terán. De los siete cultivares de naranjos de maduración tardía evaluados en el presente estudio, 'Delta' presentó características de calidad del fruto sobresalientes; sin embargo, no escapa a nuestro conocimiento la necesidad de complementar esta información con estudios de evaluación del rendimiento agronómico en futuros trabajo de mejoramiento genético.

Palabras clave: Ciclo tardío, producción y calidad de fruto.

ABSTRACT

Nuevo León is one of the main orange producing states in Mexico, since it has a cultivated area of 25,944 hectares and an annual production of 339,138 tons, where the use of the cultivar 'Valencia' predominates, which is characterized by a late ripening cycle, which limits that production is concentrated in a relatively short period (February – April), although it can stay on the tree until June if water is available. The objective of this research was to evaluate and characterize group of late orange cultivars in the citrus region of the state of Nuevo León,

Mexico, by determining quality parameters of fruit or, such as fresh weight, polar diameter, and equatorial diameter, thickness of cascara, number of seeds, total soluble solids, juice content and hardness for post-harvest handling. Seven late orange cultivars present in the Citrus Germplasm Bank (BGC) of the General Terán Experimental Field were used. Of the seven cultivars of late-ripening trees evaluated in the present study, the 'Delta' variety presented outstanding fruit quality characteristics; However, the need to complement this information with studies to evaluate agronomic performance in future genetic improvement work is not beyond our knowledge.

Key words: Late cycle, production and fruit quality

INTRODUCCIÓN

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 a 569,914 hectáreas del 2010 al 2017. Asimismo, la superficie cosechada pasó de 514,740 a 530,381 hectáreas 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, el naranjo está entre los primeros 10 frutales cultivados bajo condiciones de riego con 348,072 hectáreas en promedio durante la última década (2012-2022), en donde los principales estados productores son Veracruz (170,681 has), Tamaulipas (34,350 has), San Luis Potosí (32,862 has), Puebla (31,973 has) y Nuevo León (25,944 has), que en conjunto representan el 85% de la superficie total (SIAP, 2021).

Trabajos previos sobre la caracterización del naranjo temprano han señalado la gran diversidad fenotípica y genética del germoplasma de *C. sinensis*, sobre todo en diversas características de calidad del fruto tales como: tamaño, diámetro polar y ecuatorial, grosor de cáscara, número de semillas, cantidad de jugo, contenido de sólidos solubles totales, firmeza, etc. 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 tardía es la de mayor preferencia entre los citricultores, debido a que el fruto se mantiene más tiempo en el árbol y presenta mayor tolerancia al manejo durante su transporte; además adquiere buen precio cuando disminuye la oferta de la naranja temprana en el mercado nacional. Sin embargo, se tienen pocos reportes a nivel local sobre las

características de calidad de fruta de los naranjas de maduración tardía (Saunt, 1990; Tucker et al., 1995; Ray y Walheim, 1980), de manera que no se tiene información sobre la respuesta de dichos cultivares sobre la calidad de la fruta bajo condiciones subtropicales (Durón et al., 1990; Padrón, 1990; Martínez et al., 1997; Donadio, 1998; Gallash, 1996 a y b).

En la actualidad, el INIFAP, cuenta con una Colección *ex situ* de germoplasma de *C. sinensis* establecido en terrenos del Campo Experimental General Terán, Nuevo León, de materiales nacionales e internacionales de diferentes especies y ciclos de producción que se pueden aprovechar para su caracterización y posterior utilización en programas de mejoramiento genético. Con el propósito de coadyuvar a preservar y aprovechar la diversidad de naranjos de maduración tardía, en el presente trabajo se presentan algunas características de un grupo de diez variedades promisorias como donadoras de yemas vegetales como posible fuente de portainjerto. El objetivo del estudio es evaluar y caracterizar un grupo de cultivares de naranja de maduración tardía en la región citrícola del estado de Nuevo León, México, mediante la determinación de parámetros de calidad del fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron siete cultivares de naranjas tardías injertados sobre naranjo agrio (*Citrus aurantium* L.). Los cultivares evaluados pertenecen a la colección *ex situ* del Banco de Germoplasma de Cítricos (BGC) del Campo Experimental General Terán, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). El origen del germoplasma evaluado representa diversos ambientes y estatus genético que incluye materiales procedentes de los estados de California, Texas y Florida, EUA, así como de Portugal y Córdoba, España (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cultivares de naranja tardía del Banco de Germoplasma *ex situ* del Campo Experimental General Terán, General Terán, Nuevo León.

Cultivar	Estatus genético	Procedencia
Campbell	Selección de `Valencia´	California, EUA
Frost	Clon de origen nucelar	California, EUA
Valencia R.F.	Clon de origen nucelar	Texas, EUA
Don Jöao	Selección de `Valencia´	Portugal
Cadenera	Selección de la variedad `Comuna´	Córdoba, España
Delta	De origen desconocido	Texas, EUA
Cutter	Selección de `Valencia´	Florida, EUA

El manejo del Banco de Germoplasma se ha realizado de manera similar a un lote comercial en lo que se refiere a la fertilización química (N-P-K), el control de malezas (mecánico, manual y químico), los riegos (por inundación), así como el control integral de plagas y enfermedades.

A la madurez fisiológica, se tomaron muestras de 20 frutos de cada cultivar. La calidad del fruto se evaluó mediante la determinación de las siguientes características de calidad del fruto: peso, diámetro polar, diámetro ecuatorial, grosor de cáscara, número de semillas, sólidos solubles totales, contenido de jugo y dureza, las cuales, corresponden a los descriptores establecidos por la Unión para la Protección de Obtenciones Vegetales para esta especie (UPOV, 2019).

El peso de fruto se determinó en gramos y se utilizó una báscula OHAUS Scout® modelo ITEAM No. SC4010. El diámetro polar, diámetro ecuatorial y grosor de cáscara se midió con un vernier electrónico digital marca Knova®, y se expresaron en milímetros. El contenido de sólidos solubles totales se cuantificó en °Brix con un refractómetro digital de bolsillo de la marca ATAGO® modelo PAL-1 con compensación automática de temperatura. El contenido de jugo se realizó al exprimir manualmente cada uno de los frutos colectados con una probeta graduada de 250 ml, y se expresó en mililitros. La dureza o firmeza del fruto se cuantificó con un penetrómetro AMETEK modelo LKG-14 Hunter Spring®, expresándose en $\text{kg}^{-1}\text{cm}^{-2}$.

Los datos se abalizaron con el programa estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute, 1999), y la prueba de medias se realizó mediante la Tukey al 0.01 de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico de las variables registradas, detectó diferencias significativas ($p \leq 0.01$) para el peso del fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, grosor de cáscara, número de semillas, sólidos solubles totales, contenido de jugo y dureza del fruto. Se observó un amplio rango para todas las características de calidad del fruto, sobresaliendo el cultivar 'Delta' por sus altos valores en general (Cuadro 2 y Figura 1). El peso del fruto varió desde 346.7 g para el cultivar 'Delta', hasta 203.9 g para el cultivar 'Cadenera'. El diámetro polar y el diámetro ecuatorial del fruto también mostraron una gran variabilidad, desde 88.2 mm y 85.6 mm en el diámetro polar para el cultivar 'Delta', hasta 73.0 mm y 72.5 mm en el diámetro polar para el cultivar 'Cadenera' y para el cultivar Frost, respectivamente. Estos resultados coinciden con los reportados por Zapiain Esparza (2002) y Medina Urrutia et. al. (2007) bajo condiciones ambientales del trópico seco del Pacífico, para un grupo de variedades tipo 'Valencia', tales como: 'Campbell', 'Olinda', 'Frost', 'Midnight' y 'Cutter'. Sin embargo, los resultados obtenidos en el presente estudio con el cultivar 'Delta' son superiores que los reportados por Ariza Flores et. al (2010) en condiciones ambientales del estado de Morelos.

Los valores del grosor de la cáscara se ubicaron desde 4.8 mm para la variedad 'Delta', hasta 2.8 mm para el cultivar 'Don João'. Esta característica de calidad del fruto es muy importante, sobre todo aquellas relacionadas con las prácticas después de la cosecha; sin embargo, no

existe un valor específico reportado como ideal. Ariza et al. (2010) señalan que valores de 5 mm son considerados como normales en naranjas tipo 'Valencia'.

Con relación al número de semillas del fruto los valores variaron desde 7.2 para el cultivar 'Don João', hasta 0.10 para la variedad 'Delta', los frutos de este cultivar se caracterizan por tener pocas o ninguna semilla. 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.

Cuadro 2. Características de calidad del fruto de siete cultivares de naranja 'Valencia' evaluados ex situ en el Banco de Germoplasma de Cítricos del Campo Experimental General Terán, para el año 2022. General Terán, Nuevo León.

Cultivar	PF (g)	DP (mm)	DE (mm)	GC (mm)	NS	SST (°Brix)	CJ (ml)	DF
Campbell	236.6±28.7 ^{bcd}	78.3±9.1 ^b	76.5±2.6 ^{bcd}	3.3±0.4 ^{bc}	4.8±0.9 ^{bc}	14.4±0.7 ^{ab}	129.6±17.8 ^a	4.3±0.3 ^c
Frost	206.7±16.4 ^{cd}	75.1±7.9 ^b	72.5±2.5 ^d	3.3±1.9 ^{bc}	6.8±1.9 ^{ab}	13.4±0.7 ^{bc}	94.4±10.6 ^b	5.9±0.5 ^a
Valencia R.F.	254.3±34.9 ^{bcd}	76.2±4.2 ^b	78.4±4.2 ^{cb}	3.1±0.2 ^{bc}	5.2±1.2 ^{abc}	14.7±0.7 ^a	133.2±17.5 ^a	5.0±0.3 ^b
Don João	257.6±25.8 ^{bc}	77.2±3.5 ^b	78.3±3.5 ^{cb}	2.8±0.4 ^c	7.2±2.5 ^a	13.9±0.6 ^{abc}	141.0±13.0 ^a	4.9±0.2 ^b
Cadenera	203.9±38.1 ^d	73.0±5.7 ^b	73.3±5.1 ^{cd}	3.5±0.9 ^b	4.3±2.0 ^c	13.4±1.0 ^{bc}	95.7±11.7 ^b	3.7±0.2 ^d
Delta	346.7±65.8 ^a	88.2±5.5 ^a	85.6±6.0 ^a	4.8±0.4 ^a	0.1±0.3 ^d	13.1±1.6 ^c	143.2±38.5 ^a	6.2±0.8 ^a
Cutter	274.4±35.2 ^b	79.7±4.2 ^b	79.1±3.8 ^b	3.1±0.5 ^{bc}	4.8±2.1 ^{bc}	13.1±0.7 ^c	140.5±15.5 ^a	4.6±0.2 ^{bc}

PF = Peso de fruto; DP = Diámetro polar; D = Diámetro ecuatorial; GC = Grosor de cáscara; NS = Número de semillas; SST = Sólidos solubles totales; CJ = Cantidad de jugo; DF = Dureza del fruto. Los valores con la misma letra en las columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey al 0.05 nivel de significancia.

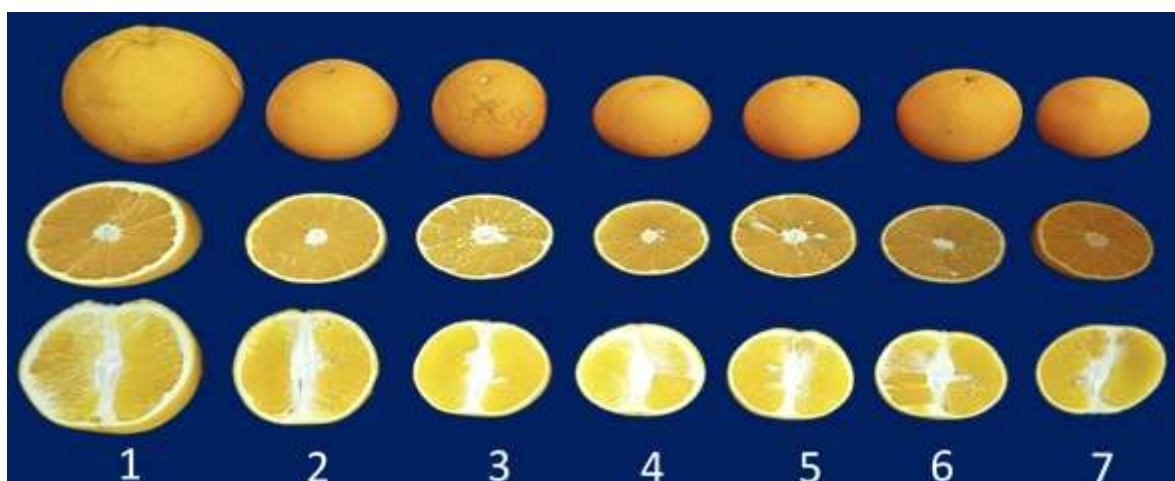


Figura 1. Aspecto de los cultivares de naranja 'Valencia' en el Banco de germoplasma de Cítricos del Campo Experimental General Terán, Nuevo León: 1= 'Campbell'; 2= 'Frost', 3= 'Valencia R.F.', 4= 'Don João'; 5= 'Cadenera'; 6= 'Delta'; 7= 'Cutter'.

Los valores promedio de Sólidos Solubles Totales correspondientes a los cultivares incluidos en el presente estudio (14.7–13.1 °Brix) se consideran aceptables y los cuales cumplen con lo mínimo requerido por la Norma Mexicana NMX-F-118-1984 que señala valores de SST entre 10.5 y 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).

La cantidad de jugo varió desde 143.2 ml para el cultivar 'Delta', hasta 95.7 ml para el cultivar 'Cadenera'. Cabe señalar, que, no obstante, la gran importancia sobre este tema para el

desarrollo de la agroindustria cítrica en Nuevo León, no existe información disponible al respecto, lo único que cierto es que existen plantas procesadoras de jugo que dedican toda su producción para la exportación principalmente a Estados Unidos y en menor proporción a Canadá, Japón y la Unión Europea (Gaitán, 2002).

Con respecto a la dureza del fruto, también el cultivar 'Delta' sobresalió por presentar el valor más alto ($6.2 \text{ kg}^{-1} \text{ cm}^{-2}$). Los cultivares que presentan menor firmeza son más susceptibles a deteriorarse durante el manejo postcosecha (Villalba *et al.*, 2014). En este mismo sentido, Barbosa *et al.* (2003), señalan a la firmeza de las frutas como indicador de maduración de frutos, el cual indica los niveles óptimos de calidad para su consumo y está relacionado con las condiciones de transporte y manejo postcosecha. Es importante mencionar que el cultivar 'Delta' mostró valores similares que el cultivar Valencia R.F., lo cual indica que dicho cultivar es un material con alto grado de resistencia durante el manejo postcosecha de la fruta.

CONCLUSIONES

De los siete cultivares de naranjos de maduración tardía evaluados en el presente estudio, 'Delta' presentó características de calidad del fruto sobresalientes en la región cítrica del estado de Nuevo León, México. Sin embargo, no escapa a nuestro conocimiento la necesidad de complementar esta información con estudios de evaluación del rendimiento agronómico en futuros trabajo de mejoramiento genético.

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., Alía 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 Welte 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. y 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.
- Gaitán J. 2002. Situación de la citricultura del estado de Nuevo León. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). Monterrey, Nuevo León. México. 168 pp.
- González Á., Guillén D., Alía, 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., Zapiain 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.
- Padrón J.E. y Rocha, M.A. 2009. Cultivares y portainjertos cítricos. pp. 56-89. En: Rocha, M.A., y Padrón, J.E. (eds.). EL cultivo de los cítricos en el estado de Nuevo León. Libro Científico No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. CIRNE. Campo Experimental General Terán. México.
- 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. pp. 19-26. En: Rocha, M.A. y Padrón, J.E. (eds.). EL cultivo de los cítricos en el estado de Nuevo León. Libro Científico No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. CIRNE. Campo Experimental General Terán, 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.
- 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.
- 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. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>. Consultada el 23 de junio de 2022.
- Solleiro J., y Mejía, O. 2019. Producción de cítricos e innovación: una oportunidad para México. *TecnoAgro. Avances Tecnológicos y agrícolas, México*. Disponibles en: <https://tecnoagro.com.mx/no.-132/produccion-de-citricos-e-innovacion-una-oportunidad-para-México>. Consultada el 23 de julio de 2021.
- USDA 2019. Agricultural Statistics 2019. United States Department of Agriculture, Washington.
- UPOV. 2019. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. Citrus L. Grupo 2. Naranja. Ginebra, Suiza. 86 p.
- 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.

DIVERSIDAD DE FRIJOL SILVESTRE EN TAMAULIPAS, MÉXICO

DIVERSITY OF WILD BEAN IN TAMAULIPAS, MÉXICO

Efraín Acosta-Díaz¹, Carlos Miguel Ramos-Cruz^{1*}, Isidro Humberto Almeyda-León¹, y J. Saúl Padilla-Ramírez²

¹INIFAP- Campo Experimental General Terán. Carretera Montemorelos- China km 10.5, General Terán, Nuevo León, México. C.P. 67400. ²INIFAP-Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20668. ramos.carlos@inifap.gob.mx

RESUMEN

La región de la Sierra Madre Oriental, está reconocida por la diversidad de especies silvestres del género *Phaseolus* (Fabaceae) que ahí habitan, esta zona ha sido explorada en forma parcial y no siempre en forma sistemática. Por otra parte, en el banco de germoplasma del INIFAP no existen muestras de semilla de estas especies para su caracterización y conservación *ex situ*. Con base en lo anterior, y debido a la creciente reducción de la variabilidad genética por causas antropocéntricas, se decidió realizar este trabajo cuyo objetivo fue documentar la exploración y recolección de poblaciones silvestres del género *Phaseolus* en la región de la Sierra Madre Oriental del Estado de Tamaulipas. Para tal fin, se realizó una intensa exploración en los municipios de Maneiro, Jaumave, Tula y Victoria. Se localizaron e identificaron nueve especies de *Phaseolus*: *P. neglectus*, *P. leptostachyus*, *P. alvibiolaceus*, *P. pedicellatus*, *P. maculatifolius*, *P. zimapanensis*, *P. vulgaris*, *P. coccineus* y *P. glabellus*. Se recolectaron 37 muestras de semillas, en donde la mayoría proviene de los municipios de Tula (65%), Victoria (16%) y Jaumave (14%), mientras que en Maneiro solamente se obtuvo el 5% de muestras. El germoplasma recolectado se envió para su conservación *ex situ* al Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), a través del Sistema de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI).

Palabras clave: Recolección e identificación de material genético

ABSTRACT

The Sierra Madre Oriental region, although it is recognized for its diversity of wild species of the genus *Phaseolus* (Fabaceae), has been explored partially and not always systematically; in addition, in the INIFAP gene bank there are no seed samples for *ex situ* characterization and conservation. Based on the above, and the increasing reduction of genetic variability due to anthropocentric causes, it was decided to carry out exploration and collection of wild species of *Phaseolus*. The objective of this work was to document the

exploration y collection of wild bean populations in the Sierra Madre Oriental region in the state of Tamaulipas. The intense exploration was carried out in four municipalities of Tamaulipas state. Nine species of *Phaseolus* were located and identified: *P. neglectus*, *P. leptostachyus*, *P. alvibiolaceus*, *P. pedicellatus*, *P. maculatifolius*, *P. zimapanensis*, *P. vulgaris*, *P. coccineus* and *P. glabellus*. Thirty-seven seed samples were collected, where the majority came from the municipalities of Tula (65%), Victoria (16%) and Jaumave (14%), while in Maneiro only 5% of samples were obtained. The collected germplasm was sent for *ex situ* conservation to the National Seed Inspection and Certification System (SNICS), through the System of Plant Genetic Resources for Food and Agriculture (SINAREFI).

Key words: Collection and identification of genetic material

INTRODUCCIÓN

El género *Phaseolus* comprende 75 taxones, la mayoría son formas silvestres que están distribuidas en todas las regiones fisiográficas de México (Freytag y Debouck, 2002; Peña Valdivia *et al.*, 2012). La región de la Sierra Madre Oriental en México está reconocida por la diversidad de especies silvestres de *Phaseolus* (Freytag y Debouck, 2002) que ahí habitan y en donde se han recolectado varias accesiones de frijoles silvestres (Rodríguez Cabrera *et al.*, 1985); recientemente se describió *P. novoleonensis* como una especie nueva en el Estado de Nuevo León (Salcedo *et al.*, 2006). Sin embargo, en el Catálogo del Banco de Germoplasma de *Phaseolus* del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), no se reportan muestras de semilla (Freytag y Debouck, 2002), lo cual ha detenido el estudio de diversas especies; además, cuando se cuenta con semilla suficiente, su acceso es muy difícil (Acosta-Gallegos *et al.*, 2007).

Por su posición geográfica en el Continente Americano, por su variada topografía y su diversidad climática, México alberga una amplia diversidad biológica, y está considerado como el principal centro de diversidad del género *Phaseolus* (Gepts *et al.*, 1986; Gepts y Debouck, 1991), la mayoría de las especies silvestres de este género crecen en el país y algunas son endémicas (Delgado Salinas, 1985; Delgado Salinas *et al.*, 2006; Freytag y Debouck, 2002). En el estado de Tamaulipas, a partir de la primera mitad del siglo pasado se realizan actividades para recolectar, conservar y utilizar la variabilidad genética de las formas cultivadas de frijol, no así la de sus parientes silvestres. La baja disponibilidad de semilla de las especies silvestres de frijol y su nula caracterización morfológica han sido factores que han limitado su estudio, además, algunas poblaciones corren el riesgo de desaparecer o sufrir erosión genética debido a la actividad antropogénica y al consumo de ganado, entre otros factores. Por lo tanto, es importante coleccionar y conservar semilla para evitar su extinción, y dar

a conocer las principales características fenotípicas. Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue realizar una recolecta de muestras de semillas de germoplasma silvestre de frijol en el estado de Tamaulipas, para su conservación y futuro aprovechamiento en diferentes líneas de investigación en mejoramiento genético.

MATERIALES Y MÉTODOS

La recolecta se realizó en cuatro municipios del estado de Tamaulipas (Tula, Victoria, Jaumave y Maneiro) con antecedentes importantes en diversidad de especies de *Phaseolus* silvestre correspondientes a la región de La Sierra Madre Oriental de México, localizada geográficamente entre 23° 56' 23" y 25° 42' 59" latitud norte, y entre 99° 42' 59" y 100° 23' 38" longitud oeste. El clima predominante es templado subhúmedo frío Cb (w1)(i)w", con lluvias en verano, una precipitación promedio anual de 600-800 mm y una temperatura media de 12-18 °C (Medina García *et al.*, 1998). Un aspecto característico del área de estudio son las serranías bajas (500-700 msnm) y los picos montañosos (>1500 msnm). Los suelos están constituidos por varias asociaciones de regosol calcárico, feozem calcárico, rendzina con luvisol crómico y también, suelos de castañozem cálcico en fase lítica, en donde la vegetación característica es de tipo bosques de encino, encino-pino y *Juniperus* (SPP, 1981).

Las poblaciones silvestres fueron recolectadas durante el 2013, en dos exploraciones, una durante los meses de agosto y septiembre, cuando las plantas estaban en las etapas vegetativa-floración, y otra durante el período de octubre a diciembre, cuando las plantas se encontraban en la etapa de madurez fisiológica. En la primera etapa se recolectaron muestras para herbario, principalmente tallos, hojas y flores y en la segunda etapa, se recolectaron muestras de semillas. La identificación de las especies se realizó con base en los tratados taxonómicos de Delgado-Salinas (1985) y Freytag and Debouck (2002). Las muestras de semilla fueron almacenadas en frascos de vidrio, cerrados y etiquetados, con una humedad del grano inferior al 15%, y enviadas al Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), a través del Sistema de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI) para su conservación *ex situ*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron 37 sitios con presencia de una o más especies, en donde se recolectaron muestras de semilla y se identificaron nueve especies de *Phaseolus*. La distribución de especies silvestres en Tamaulipas ha estado restringida en las estribaciones montañosas de la región de la Sierra Madre Oriental, en los municipios de Maneiro, Tula, Jaumave y Victoria (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rutas de exploración y accesiones de especies silvestres de frijol (*Phaseolus* spp.) recolectadas en el Estado de Tamaulipas, México.

No. de ruta	Ubicación	Altitud (msnm)	No. de accesión
1	Terracería Villa Mainero, Mainero, Tamps. a Camarones, Iturbide, N.L., Mainero, Tamps.	1028-1270	701, 702.
2	Carretera 66, Tula a Ocampo, Tula, Tamps.	1342-1473	713, 714 ^{ABC} , 715, 716, 717, 718, 719, 736 ^A .
3	Terracería carretera 66 a Carrera Torres, Tula, Tamps.	1097-1433	720, 721 ^A , 722, 723, 724 ^A , 725, 726, 727, 728.
4	Carretera 66 a Mesa de la Libertad, Tula, Tamps.	1185-1685	729, 730 ^A , 731A ^{BC} , 732 ^{ABC} , 733, 734, 735.
5	Carretera 101 (Altas Cumbres), Camino Real Jaumave a Victoria, Tamps. Jaumave, Tamps.	861-1180	703, 704 ^{ABC} , 705, 706 ^{ABC} , 707.
6	Carretera 126 San Luis Potosí al Huizachal. Victoria, Tamps.	1005-1405	708, 709 ^A , 710, 711, 712, 737.

^{ABC} Ejemplares depositados en los herbarios: A = MEXU; B = CFNL; C = IBUG.

La diversidad genética de *Phaseolus* en el Estado de Tamaulipas está representada por nueve especies: *P. neglectus*, *P. leptostachyus*, *P. zimapanensis*, *P. pedicellatus*, *P. albiflorus*, *P. coccineus*, *P. maculatifolius*, *P. vulgaris* y *P. glabellus*, distribuidas principalmente en la región de la Sierra Madre Oriental, en los municipios de Maneiro, Tula, Jaumave y Victoria; sin embargo, la mayor diversidad, frecuencia y tamaño de población ocurre en los municipios de Tula, Victoria y Jaumave.

Las especies *P. zimapanensis*, *P. coccineus*, *P. glabellus* y *P. vulgaris* se colectaron solamente en el municipio de Tula; *P. pedicellatus* y *P. maculatifolius* en Victoria; *P. albiflorus* en Maneiro, y *P. leptostachyus* en los tres municipios citados. Por primera vez se reporta la presencia de *P. maculatifolius*, en el municipio de Victoria y la segunda ocasión para *P. vulgaris*. El primer reporte de *P. vulgaris* fue realizado por von Rozyński en 1931, en la "Sierra entre Jaumave y Victoria" (Freytag y Debouck, 2002), en el Área Natural Protegida "Altas Cumbres" del municipio de Victoria.

Las especies silvestres de frijol en Tamaulipas se desarrollan en diferentes altitudes, *P. leptostachyus* y *P. neglectus* se encuentran a partir de los 800 msnm, y las otras siete especies, a partir de los 1000 msnm. Todas las especies silvestres de *Phaseolus* del estado de Tamaulipas son de hábito de crecimiento indeterminado del tipo trepador, excepto *P. leptostachyus*, la cual puede ser del tipo trepador o postrado. Las hojas de estas especies son trifolioladas, similares a las que se observan en el frijol domesticado de uso actual.

El tamaño y color de la semilla varía entre las diferentes especies de frijol (Figura 1). Otra característica morfológica que difiere entre especies es el peso de 100 semillas que va de 0.9 a 1.3 g en *P. zimapanensis* y *P. leptostachyus*; de 3.5 a 4.0 g en *P. albiflorus*, *P. glabellus* y *P. neglectus*; de 6.4 a 7.7 g en *P. pedicellatus* y *P. maculatifolius*; y de 8.5 a 11.7 g en *P. vulgaris*; y de 12.5 a 14.2 g en *P. coccineus*.



Figura 1. Tamaño y color de la semilla de especies de frijol silvestre (*Phaseolus*) colectadas en el Estado de Tamaulipas. De izquierda a derecha: *P. vulgaris*, *P. coccineus*, *P. maculatifolius*, *P. pedicellatus*, *P. albibiaceus*, *P. neglectus*, *P. zimapanensis*, *P. glabellus* y *P. leptostachyus*.

En promedio, la mayoría de las especies tienen alrededor de seis semillas por vaina, excepto *P. leptostachyus* que puede tener desde cuatro a seis semillas, y *P. albiflorus* y *P. zimapanensis* que pueden tener desde seis hasta ocho semillas por vaina.

CONCLUSIONES

La diversidad genética del género *Phaseolus* registrada en este estudio estuvo representada por nueve especies: *P. vulgaris*, *P. coccineus*, *P. maculatifolius*, *P. pedicellatus*, *P. albibiaceus*, *P. neglectus*, *P. zimapanensis*, *P. glabellus* y *P. leptostachyus*. Para conocer con mayor precisión el estatus real de este género en la Sierra Madre Oriental, es necesario continuar con la exploración y recolecta de otras poblaciones silvestres en el estado de Tamaulipas y así como en el Estado de Coahuila.

AGRADECIMIENTO

Al Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), que a través del Sistema de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI), financió el proyecto: 21182530612: “Exploración y colección de semilla de especies silvestres de frijol (*Phaseolus* spp.) en el Estado de Tamaulipas”.

REFERENCIAS

- Acosta-Gallegos J. A., Mendoza-Hernández F. M., Mora-Avilés A., Muruaga-Martínez J. S., Paredes-López O. y Valverde, M. E. 2007. Rescate, regeneración y caracterización de *Phaseolus* spp. (Fabaceae) y *P. vulgaris* en México. In: Lépiz, I. (Ed.). Avances de investigación 2003-2006. Red Frijol. SAGARPA, SINAREFI. Guadalajara, Jalisco. 72-81 pp.
- Delgado-Salinas A. O. 1985. Systematics of the genus *Phaseolus* (Leguminosae) in North and Central America, Ph. D. Thesis University of Texas-Austin. 240 p.
- Delgado-Salinas A. O., Bibler R. and Lavin M. 2006. Phylogeny of the genus *Phaseolus* (Leguminosae): A recent diversification in an ancient landscape. *Syst. Bot.* 31:779-791.
- Freytag, G. F. and Debouck, D. G. 2002. Taxonomy, distribution and ecology of the genus *Phaseolus* (Leguminosae-Papilionoideae) in North America, Mexico and Central America. *SIDA Bot. Misc.* 23:1-300.
- Gepts, P., Osborn T. C., Rashka K. and Bliss F. A. 1986. Phaseolinprotein variability in wild forms and landraces of the common bean (*Phaseolus vulgaris*): evidence for multiple centers of domestication. *Econ. Bot.* 40:451-468.
- Gepts P. and Debouck D. G. 1991. Origen. Domestication and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Schoonhoven, A. Van and Voyset, O. (Eds.). Common bean research for crop improvement. CAB. International. 7-53 p.
- Medina-García G., Ruiz C. J. A. y Martínez P. R. A. 1998 Los climas de México: una estratificación ambiental basada en el componente climático. Libro técnico Núm. 1. INIFAPCIRPAC. Ed. Conexión Gráfica. Guadalajara, Jalisco. México. 103 p.
- Peña Valdivia C. B., Aguirre Rivera J. R. y Arroyo Peña V. B. 2012. El frijol silvestre. Síndrome de domesticación. Libro. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, Estado de México. México. 206 p.
- Rodríguez-Cabrera H., Rodríguez- Tijerina S., Aguilar-Sanmiguel M. and Debouck, D. G. 1985. *Phaseolus* germplasm collection in México. *Plant Genetic Res. Newsletter.* 69:30-38.
- Salcedo C. J., Arroyave J. A., Toro Ch. O. and Debouck G. D. 2006. *Phaseolus novoleonensis*, a new species (Leguminosae, Phaseolinae) from the Sierra Madre Oriental, Nuevo León, México. *Novon* 16:105-111.
- SPP. 1981. Secretaría de Programación y Presupuesto. Síntesis geográfica del estado de Nuevo León. México D. F. 170 p. + 13 mapas.

TEMPERATURA BASE Y GRADOS DÍAS DESARROLLO PARA DOS VARIEDADES DE NOPAL TUNERO (*Opuntia* spp.)

BASE TEMPERATURE AND GROWING DEGREE DAYS FOR TWO CACTUS PEAR VARIETIES (*Opuntia* spp.)

Guillermo Medina-García^{1*}, Jorge A. Zegbe-Domínguez², José Israel Casas-Flores³

^{1,2,3}INIFAP- Campo Experimental Zacatecas, Carretera. Zacatecas-Fresnillo km 24.5, Calera de Víctor Rosales, Zac., México.

RESUMEN

México es el principal productor de tuna en el mundo. Produce aproximadamente el 43% de la producción mundial anual y, en México, el estado de Zacatecas es la segunda entidad con mayor superficie plantada (11, 671 ha). El objetivo de este estudio fue estimar la temperatura base (Tb) y los grados día de desarrollo (GDD) para los cultivares de nopal tunero 'Cristalina' y 'Rojo Lisa'. De 2011 a 2014, de ambos cultivares, se registró la ocurrencia de la floración completa y la madurez de la fruta al envero y las temperaturas diarias del aire en el sitio experimental ubicado en el Campo Experimental Zacatecas. La Tb se estimó en 9.1 y 9.6 °C y los GDD a 1,250 y 909 GDD para 'Cristalina' y 'Rojo Lisa', respectivamente.

Palabras clave: Temperatura base, Cristalina y Rojo Lisa.

ABSTRACT

Mexico is the main producer of cactus pear fruit in the world. It produces approximately 43% of the annual world yield and, in Mexico, the state of Zacatecas is the second place with the largest planted area (11,671 ha). The objective of this study was to estimate the base temperature (Tb) and the growing degree-days (GDD) for 'Cristalina' and 'Rojo Lisa' cactus pear cultivars. From 2011 to 2014, from both cultivars, the occurrence of full bloom and fruit maturity at veraison stage and daily air temperatures were recorded in the experimental site at Campo Experimental Zacatecas. The Tb was estimated at 9.1 and 9.6 °C and the GDD at 1,250 and 909 'Cristalina' and 'Rojo Lisa', respectively.

Key words: base temperature, Cristalina and Rojo Lisa

INTRODUCCIÓN

México es el mayor productor de tuna, se obtiene aproximadamente el 43% de la producción mundial anual estimada en 1,060,000 t en una superficie de 100,000 ha (Potgieter y D'Aquino, 2017). La superficie plantada en México con nopal tunero en 2021 fue de 45,320 ha bajo

condiciones de temporal, principalmente en los estados de México (35%), Zacatecas 26%, Puebla 12.2%, Hidalgo 8.9% y San Luis Potosí 6.5% (SIAP, 2022).

Las especies de *Opuntia*, han desarrollado adaptaciones anatómicas, morfológicas y fisiológicas para sobrevivir y crecer en ambientes áridos con severos eventos de sequía que limita la sobrevivencia de otras especies vegetales (Nobel, 1994). Como en toda especie, la identificación de las etapas fenológicas es importante porque tiene relación con el dominio de recomendaciones, en función de la estación de crecimiento.

En condiciones adecuadas de luz, humedad en el suelo, CO₂ atmosférico, nutrientes y de insensibilidad al fotoperíodo, la tasa de crecimiento de los cultivos depende básicamente de la temperatura del aire que los rodea (Hatfield y Prueger, 2015). Para estimar y describir el crecimiento de las plantas (eventos fenológicos) con base en la temperatura, índices biometeorológicos han sido desarrollados (Robertson, 1983). Las unidades calor (UC) o grados días de desarrollo (GDD) es uno de estos índices (Anderson et al., 2012). Sin embargo, para calcular los GDD entre la floración y la época de la cosecha (o etapas fenológicas intermedias), conocer la temperatura base (T_b) específica para un cultivo, es un requisito (Sharma et al., 2019). Esto último es, porque el intervalo entre la T_b y la temperatura óptima (T_o) en cada estadio fenológico del cultivo, es una función lineal positiva de la temperatura (T) (Summerfield et al., 1989). En relación al cultivo del nopal tunero, se conoce que la temperatura óptima media oscila entre 18 y 26 °C, pero la T_b para estimar el crecimiento de floración completa a madurez para esta especie se desconoce (Ruiz et al., 2013).

El objetivo de este estudio fue determinar la T_b de floración completa a madurez de la fruta al envero y los requerimientos térmicos de esta etapa para dos cultivares de nopal tunero. Los cultivares 'Cristalina' y 'Roja Lisa' fueron elegidos para este estudio por las marcadas diferencias en las cargas genéticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos fenológicos y de temperatura registrados en una huerta de nopal tunero bajo condiciones de riego suplementario entre 2011 y 2014. La huerta se estableció en 2005 en el Campo Experimental Zacatecas (102° 39' 34.0" LO; 22° 54' 31.3" LN y elevación de 2197 m) con los cultivares 'Cristalina' y 'Roja Lisa' (Cuadro 1).

Cuadro 1. Fecha de floración completa, madurez de la fruta al envero y temperatura del aire del periodo de los cultivares 'Cristalina' y 'Roja Lisa' en el Campo Experimental Zacatecas.

VARIEDAD	FLORACIÓN	MADUREZ	T-FCM °C	DÍAS-FCM	1/DÍAS-FCM
'Cristalina'	11/04/2011	20/07/2011	20.8	100	0.0100

'Cristalina'	04/04/2012	09/08/2012	19.6	127	0.0079
'Cristalina'	01/05/2013	23/08/2013	19.5	114	0.0088
'Cristalina'	20/04/2014	12/08/2014	19.0	114	0.0088
'Roja Lisa'	11/04/2011	20/06/2011	21.3	70	0.0143
'Roja Lisa'	04/04/2012	16/07/2012	19.7	103	0.0097
'Roja Lisa'	01/05/2013	03/08/2013	19.6	94	0.0106
'Roja Lisa'	20/04/2014	30/06/2014	19.3	71	0.0141

T-FCM=Temperatura media del periodo floración completa a madurez de la fruta al envero.

Se utilizaron datos diarios de temperatura máxima y mínima de la estación de clima ubicada en el mismo lugar. Con los datos se estimó la temperatura media del periodo floración completa a madurez de la fruta al envero (FCM) para cada uno de los años, el número de días y la tasa de desarrollo.

Para datos termo-fenológicos de campo hay dos casos comunes: a) datos de temperatura (T) localizados dentro del intervalo subóptimo, y b) datos de temperatura incluyendo los intervalos óptimo y subóptimo (Flores, 1994).

Si en la fase de desarrollo de interés, la temperatura dentro del intervalo de T_b y T_o sigue un comportamiento lineal positivo (Ruiz et al., 2002), es posible utilizar el siguiente modelo lineal (Monteith, 1977) (Figura 1):

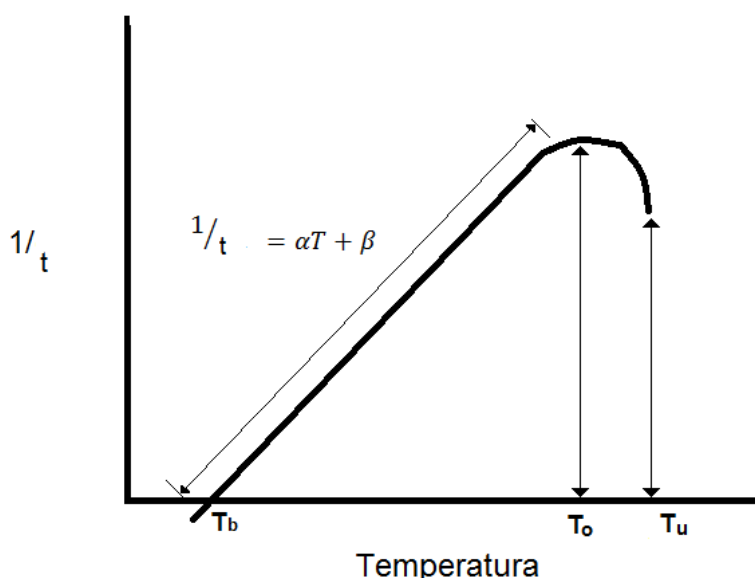


Figura 1. Desarrollo de cultivos entre temperatura base y óptima.

$$\frac{1}{t} = \alpha T + \beta$$

dónde t es la duración en días del periodo FCM, T es la temperatura promedio del periodo, α y β_0 son parámetros teóricos para una regresión lineal simple que representan la pendiente e intercepto, respectivamente, y equivalen a las constantes genotípicas. Estos parámetros se estiman por la metodología de mínimos cuadrados o por el método matricial (Steel et al., 1994).

La tasa de desarrollo tiene un valor 0 cuando $T \leq T_b$, y un valor máximo para T_o . Arriba de T_o , la tasa de desarrollo disminuye hasta una T umbral máxima (T_u). Para conocer la temperatura a partir de la cual inicia el crecimiento ($1/t = 0$), se iguala la ecuación a cero y se expresa en función de T para obtener T_b :

$$T_b = \frac{-\hat{\beta}_0}{\hat{\alpha}}$$

Para el cálculo de los grados días de desarrollo (GDD) se utilizó el cociente siguiente (Mullens y Rutz, 1983):

$$\frac{1}{\hat{\alpha}}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se graficaron los datos de tasa de desarrollo y temperatura en el periodo floración completa a madurez de la fruta al envero (Figuras 2 y 3). Se observó que la temperatura del aire dentro del intervalo de T_b y T_o siguió un comportamiento lineal positivo; por lo tanto, el modelo lineal se consideró adecuado.

En el Cuadro 2 se presentan los valores de T_b estimados para ambos cultivares, así como los parámetros de regresión lineal, el coeficiente de determinación y los GDD. Los valores de la pendiente de los modelos fueron positivos, tal como es esperado para la fase de desarrollo de interés (Ruiz et al., 2002). Los valores de los coeficientes de determinación explicaron 51 % y 19 % del total de la variabilidad para 'Cristalina' y 'Roja Lisa', respectivamente, no obstante, los valores de T_b fueron similares para ambos cultivares (Cuadro 2). No habiendo sido reportados valores de T_b para el cultivo de nopal tunero, los valores estimados en este estudio, contrastan con los sugeridos para naranja 'Folha Murcha' (12.8 °C; Colauto-Stenzel et al., 2006), para zonificar la viticultura Neozelandeza (10 °C; Anderson et al., 2012) o 4 °C para manzano (Sharma et al., 2019). Así, con las T_b estimadas, el cultivar 'Cristalina' requirió aproximadamente 27% más GDD de floración completa a madurez de la fruta (envero) que el cultivar 'Roja Lisa' lo cual está directamente asociado a la carga genética de cada cultivar, lo

cual ha sido recientemente estudiado entre especies y variedades dentro especies del género *Prunus* spp. (Fadón *et al.*, 2020).

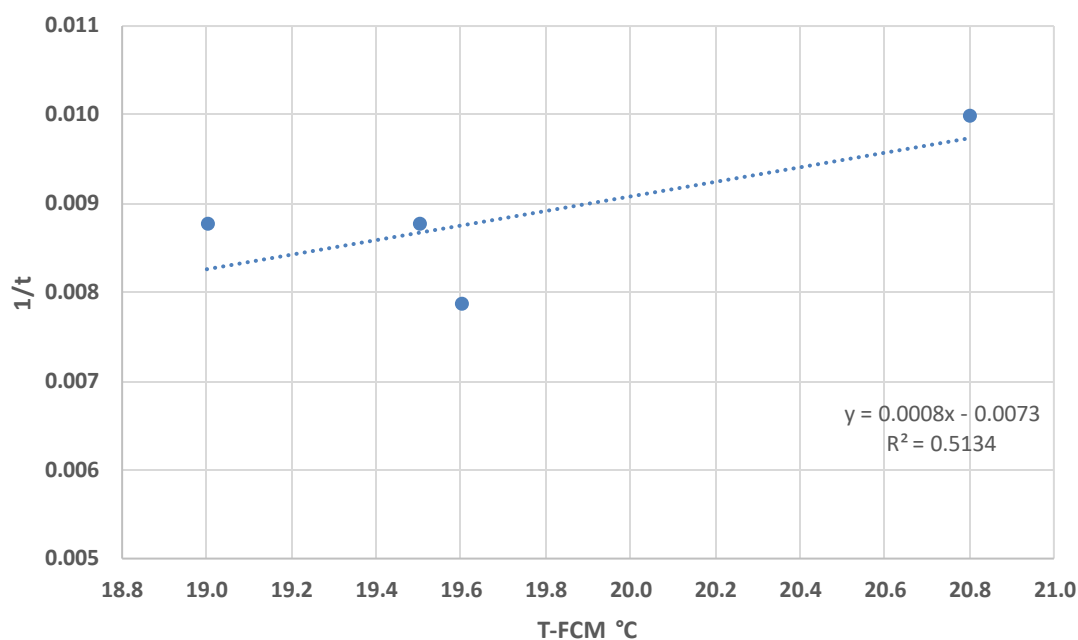


Figura 2. Relación entre temperatura promedio en el periodo de floración completa a madurez de la fruta al envero (T-FCM) y tasa de desarrollo (1/t) para el cultivar de tuna ‘Cristalina’.

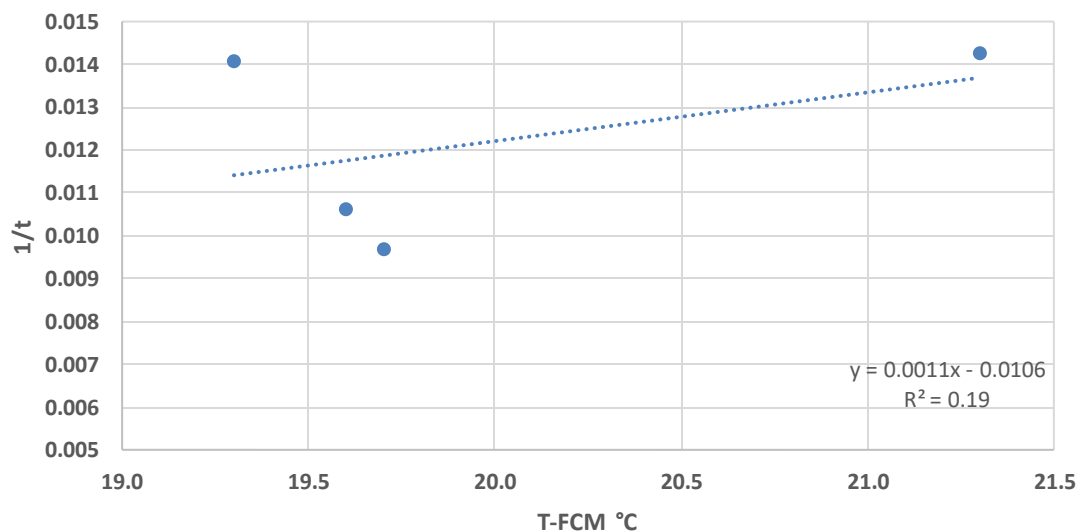


Figura 3. Relación entre temperatura promedio durante el periodo de floración completa a madurez de la fruta al envero (T-FCM) y tasa de desarrollo (1/t) para el cultivar de tuna ‘Roja Lisa’.

Cuadro 2. Parámetros de regresión ($\hat{\alpha}$ y $\hat{\beta}_0$), coeficientes de determinación (R^2), temperaturas base (T_b) y grados días de desarrollo (GDD), para los cultivares de nopal tunero durante el periodo de floración completa a madurez de la fruta (envero).

VARIEDAD	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}_0$	R^2	T_b	GDD
'Cristalina'	0.0008	-0.0073	0.51	9.13	1250
'Roja Lisa'	0.0011	-0.0106	0.19	9.64	909

CONCLUSIONES

La importancia de la evaluación de los requerimientos bioclimáticos, en este caso térmicos (T_b y GDD) de los dos cultivares de tuna, permite evaluar los periodos de crecimiento térmico para diferentes sitios, independiente de un calendario civil, dado que se determina con base a la oferta térmica del lugar.

Se cuenta con una primera aproximación de T_b de la fase de desarrollo floración completa a madurez de la fruta para dos variedades de nopal tunero.

La T_b para 'Cristalina' y 'Roja Lisa' se estableció en 9.1 y 9.6 °C, respectivamente; mientras que los requerimientos térmicos de floración completa a la madurez de la fruta al envero, en términos de GDD, fueron de 909 y 1,250 unidades para 'Roja Lisa' y 'Cristalina', respectivamente.

REFERENCIAS

- Anderson JD, Jones GV, Tait A, Hall A and Trought MCT. 2012. Analysis of viticulture region climate structure and suitability in New Zealand. *J. Int. Sci. Vigne Vin.* 46(3):149-165.
- Colauto-Stenzel NM, Janeiro-Neves CSV, Jamil-Marur C, dos Santos-Scholz MB and Gomes JC. 2006. Maturation curves and degree-days accumulation for fruits of 'Folha Murcha' orange trees. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*. 63(3):219-225.
- Flores LH. 1994. Análisis agroclimático del Noreste de Jalisco, para el manejo en la producción de maíz de temporal. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa de Agrometeorología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 155 p.
- Hatfield JL and Prueger JH. 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>
- Monteith JL. Climate. 1977. In *Ecophysiology of tropical crops*. Alvim T, Kozlowski TT editors. New York: Academic Press; 1-25.
- Mullens BA and Rutz DA. 1983. Development of immature *Culicoides variipennis* (Diptera: Ceratopogonidae) at constant laboratory temperatures. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 76(4):747-751.
- Nobel, P.S., 1994. Remarkable agaves and cacti. Oxford University Press, Inc., New York.
- Potgieter J and D'Aquino S. 2017. Fruit production and post-harvest management. In: Inglese, P., Mondragon, C., Nefzaoui, A., Sáenz, C. (Eds.). *Crop Ecology, Cultivation and Uses of Cactus Pear*. The Food and Agriculture Organization of the United Nations and the International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Rome, Italy. pp. 51-71.
- Robertson GW. 1983. Weather-based mathematical models for estimating development and ripening of crops WMO. 180(620):99.

- Ruiz JA, Flores HE, Ramírez L. y González DR. 2002. Temperaturas cardinales y duración del ciclo de madurez del híbrido de maíz H-311 en condiciones de temporal. *Agrociencia*. 36(5):569-577.
- Ruiz JA, Medina GG, González IJ, Flores HE, Ramírez OG, Ortiz TC, Byerly KF, Martínez RA. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. 2a. Edición. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. Libro Técnico Núm. 3. 564 p.
- Sharma P, Singh M, Bhardwaj SK and Bhatia HS. 2019. Impact of accumulated growing degree-days (GDD) on phenology of apple (*Malus domestica* Borkh) in Kullu district of Himachal Pradesh. *The Pharma Innov. J.* 8(6):850-854.
- SIAP (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera) Anuario estadístico de la producción agrícola 2003-2016. SAGARPA. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp (Consultado junio, 2022).
- Steel RGD, Torrie JH and Dickey DA. 1994. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. McGraw-Hill, 3rd ed. New York, NY, USA. 666 p.
- Summerfield RJ, Roberts EH, Lawn RJ. Photothermal modulation of flowering in grain legumes crops. Proc Inter Congress Plant Physiol Biochem. New Delhi, India; 1989.

TRANSFERENCIA Y AMPLIACIÓN DE APLICACIÓN WEB PARA PRONOSTICAR HELADAS EN CHIHUAHUA (HELADET)

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

*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

Las condiciones presentes en la atmósfera se manifiestan a través de los elementos del estado del tiempo. Los estados del tiempo son la temperatura, humedad relativa, precipitación, punto de rocío, presión atmosférica, dirección y velocidad del viento, nubosidad, radiación global, entre otras. Estos elementos son variables de un punto a otro y a través del tiempo. De todos estos elementos, los principales que favorecen la creación de una helada son la temperatura, la nubosidad, el viento, la humedad y la radiación solar. 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. La implementación de un sistema de predicción de eventos meteorológicos a escala regional con alerta temprana puede llegar a tener un impacto importante en la prevención de desastres en el sector agropecuario y forestal.

Palabras clave: Pronóstico, eventos meteorológicos

ABSTRACT

The conditions present in the atmosphere are manifested through the elements of the climate. Meteorological conditions are temperature, relative humidity, precipitation, dew point, atmospheric pressure, wind direction and speed, cloudiness, global radiation, among others. There will be elements that will change from point to point and through time. Of all the elements, the main ones that favor the creation of cooling are temperature, cloudiness, wind, humidity and solar radiation. The entry of cold fronts over the Mexican Republic is due to the movement of polar air masses, generally associated with convective clouds that cause precipitation and temperature drops. The cold and north cause sudden drops in temperature. The implementation of a regional system for forecasting meteorological events with early warning can have an important impact on disaster prevention in the agricultural and forestry sectors.

Key words: Forecast, weather events.

INTRODUCCION

La variabilidad que existe en el tiempo atmosférico incide directamente en la producción de cultivos agrícolas, desarrollo de plagas y enfermedades. Uno de los factores más importantes es la temperatura, ya que tiene mayor influencia sobre los eventos fisiológicos de plantas y animales (Lopez Collado & Bravo-Mojica, 2014). La temperatura afecta tanto si es alta como si es baja; la primera se contabiliza con los grados día de desarrollo (GDD) y la segunda con la presencia de heladas. Típicamente, las altas y bajas temperaturas extremas se presentan en regiones cálidas y frías (Matías Ramírez et al., 2014). Una helada es definida por la condición que existe cuando la temperatura de la superficie cae por debajo de los cero grados centígrados. 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. En México las heladas ocurren principalmente en los meses de noviembre a marzo, aunque son las heladas tempranas y tardías las que son consideradas más peligrosas, ya que las primeras dañan las cosechas o frutos y las segundas las plántulas de cultivos sus brotes iniciales, flores, yemas florales y vegetativas en proceso de brotación (Campos Aranda, 2005), es decir, una planta es más afectada por una helada durante la floración y el llenado del fruto (Moller-Acuna et al., 2016). Las heladas pueden ser del tipo advectiva, por radiación o una combinación de ambas (Verdes et al., 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 et al., 2016) y existe un viento en calma que no permite que se mezcle con las capas superiores que son más cálidas.

Mediante la automatización de la recolección de información meteorológica por medio de estaciones Meteorológicas Automatizadas (EMA), se pueden generar modelos que permiten pronosticar una helada con horas o días de anticipación. La figura 1 muestra la gráfica de las temperaturas mínimas registradas por una EMA (en color azul) y los datos pronosticados para esa EMA en específico (color rojo).

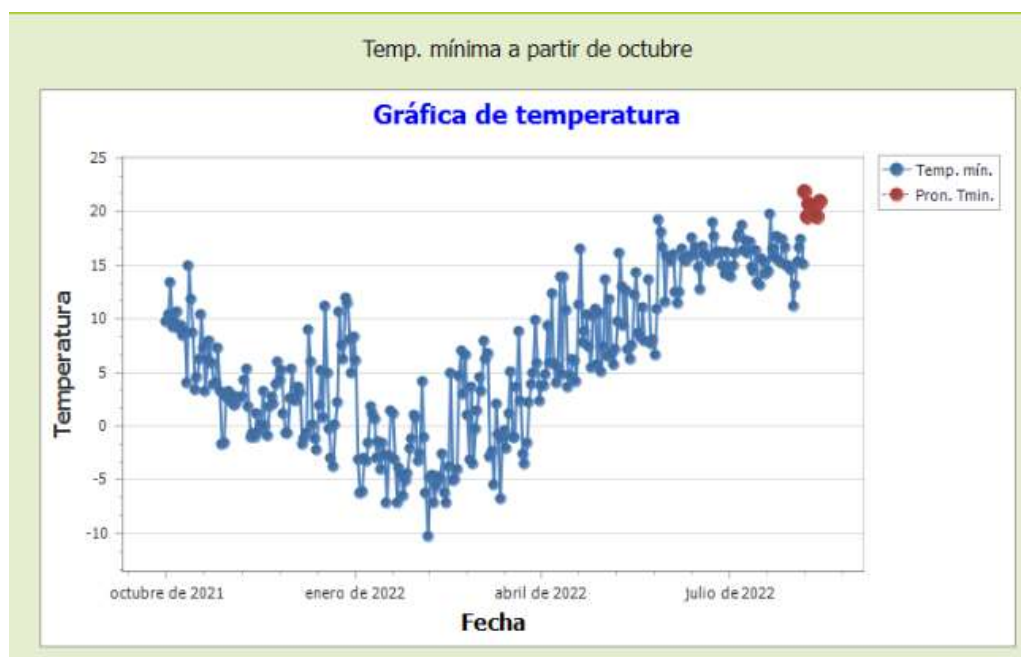


Figura 2 Temperaturas mínimas por día registrados por una EMA (azul) y los datos pronosticados para esa EMA (rojo).

MATERIALES Y METODOS

Se utilizarán dos tipos de pronóstico local de heladas. El primer método es mediante tablas psicrométricas para el cálculo de la humedad relativa del aire. En esta tabla se toma el valor de la temperatura ambiente (termómetro seco) y el de un termómetro húmedo. El termómetro húmedo se utiliza en la práctica con algodón mojado que no escurra agua sobre la base donde marca la temperatura. Con la lectura de ambos termómetros (húmedo y seco) se busca la diferencia entre ambos en la tabla psicrométrica y se obtiene el valor de la humedad relativa. En los casos en que esta diferencia sea muy alta, la humedad es muy cercana a cero y por lo tanto es casi imposible la ocurrencia de una helada. Los datos de temperatura y humedad relativa se obtienen de las estaciones meteorológicas automatizadas (EMA) del estado de Chihuahua. Mediante la tabla psicrométrica se obtiene el valor de termómetro húmedo (por relación inversa), ya que este dato no es registrado por las EMA. La tabla 1 muestra la tabla psicrométrica base usada, ya que se amplió a 0.5 °C de diferencia en el termómetro seco y a 0.25 °C en la diferencia entre ambas temperaturas.

Tabla 1 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	-	-	-	-	-

El segundo método de pronóstico local es mediante el modelado en el Weather Research and Forecast (WRF). Este modelo es un producto de múltiples agencias como la National Centers for Environmental Prediction (NCEP), National Center for Atmospheric Research (NCAR), entre otras. Este modelo se integró en periodos de simulación de 48 horas. Se configuró un único dominio con paso de malla horizontal de 13 km y una estructura vertical de 35 niveles. Como condiciones iniciales y de frontera se utilizaron las salidas del Global Forecast System (GFS) de las 0600 UTC con resolución espacial de 0.5° x 0.5°. Con los datos de salida obtenidos, se interpolan mediante el método de Kriging para obtener automáticamente un mapa de temperaturas mínimas del estado de Chihuahua cada 12 horas.

Mediante el uso de pronósticos dinámicos probabilísticos trimestrales de temperatura, generados por el propio INIFAP, se realiza una comparación entre los días con heladas por mes esperados contra los registrados por las EMA. La temperatura de comparación es a los 2° C y no a los 0° C, debido a que una helada agrícola es considerada a partir de los 2° C y no a los 0° como sería una helada meteorológica.

RESULTADOS Y DISCUSION

La aplicación web desarrollada inicialmente fue ampliada con mapas de temperatura mínima interpolados con el método de Kriging para el estado de Chihuahua. Además, se integró el módulo de pronóstico de días con heladas por mes comparado a los días con helada que se registraron en las EMA. El nivel de concordancia entre uno y otro es aproximadamente de un 80%. Considerando que este pronóstico tiene una certeza de aproximadamente el 70% a nivel República Mexicana, este presenta una leve mejora para el estado de Chihuahua. La figura 2 muestra la relación de días con helada pronosticado con respecto al registrado en diciembre de 2021. Los mapas de temperatura mínima interpolados se generan automáticamente, 5 minutos después de que el modelo ha terminado de realizar los cálculos necesarios para obtener las temperaturas mínimas esperadas en los siguientes dos días. Los valores generados con el WRF a 48 horas tienen un nivel de correlación más alto que los generados a las 120 horas, 0.80 y 0.73 respectivamente. Dado que realizar los cálculos a 120 horas

demanda mayor tiempo para el proceso computacional que a 48 horas, se manejó este rango de tiempo por practicidad y equipo de cómputo limitado. Como parte de los resultados se entrega también a los usuarios una tabla con los datos de temperatura mínima registrada por el WRF por hora para las próximas 24 horas. Por último, los resultados obtenidos en la demostración del software ante productores a través de cursos presenciales y virtuales, tuvo una gran aceptación. La figura 3 muestra uno de los mapas de temperatura mínima generado a partir de los datos del WRF.



Figura 2 Relación de pronóstico de días con helada y presencia de días con helada registrados en la EMA.

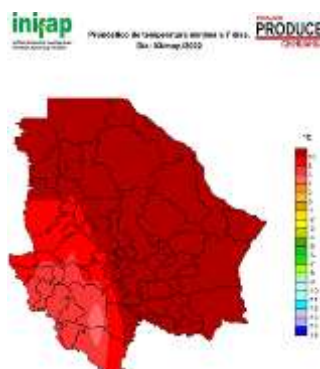


Figura 3 Mapa de temperatura mínima del 03/05/2022, generado a partir del WRF.

CONCLUSIONES

En conclusión, la aplicación web HELADET se amplió con respecto a la versión original. Estos cambios le permiten al usuario poder darse una idea de forma más clara y rápida lo que acontece y va a acontecer en sus parcelas de cultivos. Si un usuario no cuenta con una EMA cerca del predio donde tienen sus cultivos, posiblemente los datos registrados por la EMA más cercana no se apliquen al 100% a su predio (depende a la distancia a la EMA más cercana y a la orografía del terreno), si le es de utilidad los mapas de temperatura mínima generados para Chihuahua, para comparar lo que sucede entre su predio y la EMA más cercana y poder obtener un grado de confiabilidad para los datos arrojados por la aplicación web en su parcela. Integrando el pronóstico estacional, el pronóstico a meso-

escala WRF y el pronóstico con tablas psicométricas el usuario tiene una herramienta valiosa para poder establecer con un buen rango de seguridad lo que está aconteciendo en su predio (EMA), lo que está por acontecer en las próximas seis horas (pronóstico con tablas psicométricas), lo que se pronostica para dos días (WRF) y aproximadamente cuantos días con helada restan en el mes (pronóstico estacional).

REFERENCIAS

- Campos Aranda, D. F. (2005). *AGROCLIMATOLOGIA CUANTITATIVA DE CULTIVOS*. Trillas. https://etrillas.mx/libro/agroclimatologia-cuantitativa-de-cultivos_8249
- Lopez Collado, J., & Bravo-Mojica, H. (2014). Temperaturas umbrales de desarrollo y grados-día del pulgon verde *Acyrtosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae). *Agrociencia. Serie Proteccion Vegetal.*, 1(January 1991).
- Matías Ramírez, L. G., Fuentes Mariles, Ó. A., & García Jiménez, F. (2014). *Heladas*.
- Moller-Acuna, P., Ahumada-Garcia, R., & Reyes-Suarez, J. (2016). Prediction of frost episodes based in agrometeorological information and machine learning techniques. *2016 IEEE International Conference on Automatica (ICA-ACCA)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ICA-ACCA.2016.7778386>
- Verdes, P. F., Granitto, P. M., Navone, H. D., & Ceccatto, H. A. (2000). *FROST PREDICTION WITH MACHINE LEARNING TECHNIQUES*. 11.

APLICACIÓN DE ESCRITORIO PARA EL PRONÓSTICO DE CRECIMIENTO DE PLAGAS EN CHIHUAHUA

Luis. A. González Jasso*, Noé Chávez Sánchez**

*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

La nuez, la manzana y el maíz, son tres de los principales cultivos producidos en Chihuahua. Las plagas que atacan a cada uno de estos cultivos representan pérdidas económicas para el productor. Conocer las condiciones de presencia de cada una de estas plagas es fundamental para poder atenuar los daños que pudieran ocasionar a los cultivos. Por esta razón se desarrolló una herramienta de escritorio en el principal sistema operativo instalado en la mayoría de los ordenadores, con la finalidad de que lo pueda usar la mayoría de los productores sin contratiempos. Para el uso del software es necesario contar con datos meteorológicos lo más cercano al predio cultivado. Estos datos pueden provenir de una estación meteorológica instalada físicamente cerca del predio o bien de datos que son proporcionados de forma gratuita o de cobro que estén ubicados lo más próximo al cultivo. Estos datos pueden ser obtenidos de forma fácil por medio de servicios en la nube disponibles por instituciones del ramo, como el Servicio Meteorológico Nacional o bien instituciones privadas con estos mismos servicios como <https://openweathermap.org/api>, que ofrece servicios tanto gratuitos como de paga.

Palabras clave: Aplicación, pronóstico de plagas

ABSTRACT

Walnuts, apples, and corn are three of the main crops grown in Chihuahua. The pests that attack each of these crops represent economic losses for the producer. Knowing the conditions of presence of each of these pests is essential to mitigate the damage they could cause to crops. For this reason, a desktop tool was developed in the main operating system installed on most computers, so that it could be used by most producers without delay. To use the software, it is necessary to have meteorological data closer to the cultivated land. This data can come from a weather station physically installed near the property or from data that is provided free of charge or for a fee located closer to the crop. These data can be easily obtained through cloud services available to institutions in the field, such as the National Weather Service, or private institutions with the same services, such as <https://openweathermap.org/api>, which offers free services such as pay.

Key words: Software, pests forecast.

INTRODUCCION

En México se cultivan 57,464 ha de manzana, 135,266 ha de nogal y más de 7 millones de ha de maíz. Chihuahua cuenta con más del 50% de la superficie cultivada en manzana y nogal. En Chihuahua es uno de los cuatro primeros estados con superficie cultivada de maíz. Uno de los factores que limitan la producción de alguno de estos tres cultivos, es la disponibilidad de agua de riego (López García, Martínez Damián and Arana Coronado, 2021) y la variación en los factores ambientales como temperatura, precipitación y radiación (Morales Ruiz and Díaz López, 2021). El segundo factor importante es la incidencia de plagas y enfermedades, entre ellas la palomilla de la manzana [*Cydia pomonella*], el barrenador de la nuez y del ruezno, así como el gusano cogollero, para el caso de maíz. Para el estudio y comprensión de los patrones de emergencia y fenología de estas plagas, se desarrollaron modelos de pronóstico en base a los grados día de desarrollo (GDD) para poder definir el momento oportuno para aplicar las medidas necesarias para mitigar el crecimiento de las plagas, como por ejemplo la aplicación de plaguicidas (Damos, Kouloussis and Koveos, 2018). La tasa de desarrollo de estas tres plagas, es gobernada por la temperatura ambiental y se mide por el tiempo fisiológico expresado en GDD. El manejo agronómico adecuado de estas plagas, se debe combinar el modelo de pronóstico basado en los GDD y los métodos que permitan tomar acciones preventivas que permitan anticipar de forma oportuna los niveles de infestación que causen daño al cultivo o bien, prácticas correctivas que minimicen en daño que pueden llegar a causar (Chávez S, 2018).

Mediante el uso de estaciones meteorológicas que realicen la toma de datos de temperatura de forma automática y que guarden esta información en formato de texto, pueden ser usado por el software de escritorio desarrollado para las tres plagas mencionadas. Este software permite el manejo integrado de las plagas de barrenador de la nuez, barrenador del ruezno, gusano cogollero y palomilla de la manzana. El modelo de GDD desarrollado en el software de escritorio sirve a modo de alertas temprana, ya que al integrar información biológica de los organismos dañinos y con la información generada por alguna estación meteorológica cercana al cultivo 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 figura 1 muestra la ventana principal de la aplicación, donde podrá ser seleccionada la plaga con la que se desea trabajar, así como la estación generada por el usuario con sus datos meteorológicos cargados previamente con la misma aplicación.

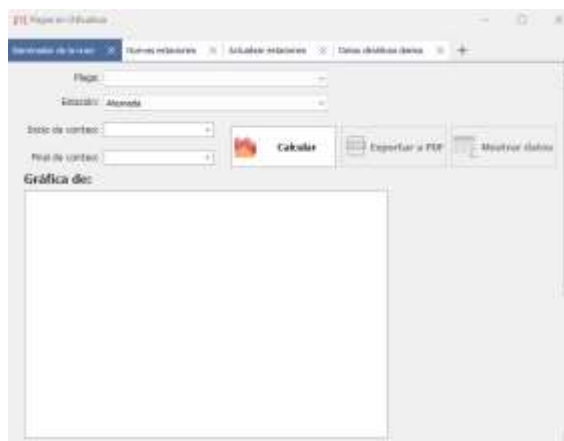


Figura 3 Ventana principal del software de escritorio con el modelo de GDD para las tres de barrenador de la nuez y del ruzno, palomilla de la manzana y gusano cogollero.

MATERIALES Y METODOS

El software de escritorio cuenta con procesos desarrollados directamente en la base de datos en Access y en la misma aplicación en sí, con la finalidad de aprovechar al máximo el motor de la base de datos y hacer las consultas y subconsultas de forma más ágil y rápida. El framework de “.Net” será la plataforma tecnológica utilizada para el desarrollo del software en su versión 4.7.2. El software será desarrollado para plataformas de 64 bits principalmente, ya que actualmente el software de 32 bits está tendiendo al desuso, aunque será desarrollada una versión para 32 bits ya que aún existen equipos de cómputo con su sistema operativo de 32 bits. El framework de .Net y la base de datos en Access proporcionan los mecanismos integrales para garantizar un entorno estable para el funcionamiento de la aplicación. Si bien es cierto, usando una base de datos como SQL Server Express tendría amplias ventajas con respecto a Access al tener un motor de SQL mucho más versátil, completo y potente, este motor de base de datos no fue seleccionado para su uso debido a las posibles complicaciones que se pudieran llegar a presentar al momento de la instalación, ya que no se contara con asistencia concurrente para el usuario final. Se realizarán pruebas de ejecución por separado y en conjunto, de cada uno de los procesos para asegurar una óptima respuesta del software, y verificar que bajo diferentes escenarios la aplicación no arroje respuestas inesperadas. Si existiese algún problema será más fácil identificarlo y evaluarlo por medio de programación estructurada y orientada a objetos, para su posterior corrección e implementación.

Para el desarrollo del modelo de GDD se cuenta con la bibliografía suficiente del desarrollo morfológico de las plagas que se maneja n el software, además de la experiencia en campo de los principales agricultores en el estado de Chihuahua. Los datos generados por una estación meteorológica propia del usuario, podrán ser introducidos a la base de datos directamente desde el software, los datos mínimos requeridos para el funcionamiento completo del mismo son la temperatura, humedad relativa, radiación global y velocidad del viento en un intervalo de toma entre lecturas como mínimo de un día, pero preferentemente

por hora y deseable cada 15 minutos. La figura 2 muestra el apartado de la aplicación donde el usuario puede cargar los datos de la estación meteorológica como son el nombre, ubicación, altura de los sensores con respecto al nivel del suelo, entre otros.

Los requerimientos para la instalación del software son: contar con un sistema operativo Windows 7 o superior de 64 bits, como un mínimo de 2 Gbytes en RAM y almacenamiento disponible en disco de al menos 1 Gbyte, se recomienda el uso en procesadores Intel, aunque puede funcionar sin problemas en procesadores AMD.

The screenshot shows a web application window titled 'Agregar estación'. The form contains the following fields and controls:

- Nombre:** Text input field.
- Productora:** Text input field.
- Latitud (°):** Text input field with value 0.0.
- Longitud (°):** Text input field with value 0.0.
- Altitud (m):** Text input field with value 0.0.
- Altura de sensor (m):** Text input field with value 0.0.
- Estación:** Dropdown menu with 'Aguaalientes' selected.
- Municipio:** Dropdown menu.
- Estación activa
- Guardar estación:** Button with a save icon.

Figura 4 Captura de la información de la estación meteorológica propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se desarrolló una aplicación de escritorio bajo la plataforma .NET Framework en donde se programó un modelo en base a GDD en base a la fenología de las plagas de gusano barrenador de la nuez y el ruezno, gusano cogollero y palomilla de la manzana, con la finalidad de reducir los daños que pudieran causar al nogal, maíz y manzanos respectivamente. Para el modelo de GDD el usuario puede cargar datos de estaciones meteorológicas con las que cuente, de no ser este el caso, puede recurrir a descargar datos de la nube en el predio que él desee de forma gratuita y así alimentar al software con ellos. La aplicación tiene la capacidad además de calcular los datos diarios (en caso de contar con intervalos de tiempo menores a un día entre lectura y lectura), donde podrá obtener datos acumulados, máximos, mínimos y promedio de las variables climáticas que capture en la base de datos. La figura 3 muestra el ejemplo de los datos diarios generados a partir de una estación meteorológica DAVIS de un usuario colaborador.

The screenshot displays a software window with a menu bar at the top. Below the menu, there are several buttons and a search field. The main area is a large table with multiple columns, likely representing different stages or parameters of a pest's development. The table contains numerical data organized in rows and columns.

Figura 3 Cálculo de datos diarios a partir de los datos capturados por el usuario.

Los resultados se muestran en forma de gráficas dinámicas, que 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 4.



Figura 4 Pronóstico de desarrollo de la plaga seleccionada en días para cada fase por generación.

Esta información que se brinda en un software de escritorio que no depende de alguna conexión a internet, puede servir en la toma de decisiones para la aplicación de medidas preventivas y/o correctivas al cultivo. Además, el software calcula la evapotranspiración de referencia por medio del método de Penman-Monteith. Con el fin de ser usado en un futuro para la planeación de riegos en los cultivos, que permitan ampliar el abanico de herramientas con la que cuenta el software.

CONCLUSIONES

La información meteorológica, generada por estaciones propias, puede ser usada en conjunto con la información biológica de los organismos dañinos, en este caso las plagas de barrenador del ruzno y de la nuez, gusano cogollero y palomilla de la manzana, para determinar el crecimiento de estos organismos dañinos para cada cultivo en especial. Poder determinar el estado fisiológico en que se encuentra cada plaga, es importante para poder tomar la decisión de cuando aplicar un plaguicida. La cantidad a aplicar de plaguicida debe ser determinada por algún otro método, como puede ser el trampeo, para determinar la cantidad de organismo presentes en el cultivo.

Esta aplicación de escritorio permite formular estrategias del manejo integrado de las plagas en cuestión, puede ser usado en la mayoría de las computadoras que cuenten con un sistema operativo Windows de 64 bits. Dado que este sistema operativo es el de mayor uso en los ordenadores de sobremesa del mundo, con una presencia del 88.8% (Statista, 2022), su uso no es una limitante para la mayoría de los usuarios. De ser necesario los usuarios de Mac Os, que representan el 10%, pueden instalar una máquina virtual con el S.O. de Windows, ya que es poco probable que salga una versión nativa del sistema operativo Mac. Para los usuarios con S.O. Windows, pero en versión de 32 bits, saldrá próximamente una versión compatible con este sistema operativo. El software puede ser solicitado por medio de correo electrónico del autor.

REFERENCIAS

- Chávez S, N. (2018) *Modelo para el pronóstico del barrenador de la nuez en Chihuahua*. Folleto Técnico, Inifap.
- Damos, P. T. D., Kouloussis, N. A. K. and Koveos, 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.
- López García, M. del R., Martínez Damián, M. Á. and Arana Coronado, J. J. (2021) 'PREDICCIÓN DEL PRECIO DE MAÍZ EN MÉXICO', *Agrociencia*, 55(8), pp. 733–746. doi: 10.47163/agrociencia.v55i8.2665.
- Morales Ruiz, A. and Díaz López, E. (2021) 'Influencia De La Temperatura, Precipitación Y Radiación Solar En El Rendimiento De Maíz En El Valle De Toluca, México', *Agrociencia*, 54(3), pp. 377–385. doi: 10.47163/agrociencia.v54i3.1933.
- Statista (2022) *Cuota de mercado de los sistemas operativos para ordenador a nivel mundial en el primer semestre de 2021*. Available at: <https://es.statista.com/estadisticas/576870/cuota-de-mercado-mundial-de-los-sistemas-operativos/#:~:text=A fecha de junio de,sistema operativo en su PC.>

BIOFORTIFICACIÓN CON YODO EN EL CULTIVO DE VID Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD NUTRACÉUTICA

Valeria Belem Ramírez-Gottfried¹, Reyna Roxana Guillén-Enríquez¹, Esteban Favela-Chavez², Pablo Preciado-Rangel^{1*}

¹Tecnológico Nacional de México - Campus Instituto Tecnológico de Torreón. Dirección: Torreón - San Pedro de las Colonias KM 7.5, Ejido Ana, 27170 Torreón, Coahuila.

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Regional Laguna. Periférico y Carretera a Santa Fe, Torreón, Coahuila, México. CP.27000.

Autor de correspondencia: ppreciador@yahoo.com.mx

RESUMEN

Las deficiencias de micronutrientes se han incrementado en las últimas décadas debido a la depreciación general de la calidad de la dieta de las poblaciones vulnerables, tanto en los países desarrollados y en desarrollo. Por lo anterior, este trabajo expone el impacto del yodo en la calidad nutracéutica del cultivo de vid (*Vitis vinífera*). Se probaron cinco dosis de yodo en forma de yoduro de potasio a 0.25, 0.5, 0.75, 1.0 y 1.25 mg L⁻¹ y un testigo. Los resultados obtenidos demostraron que dosis altas de yoduro de potasio (1.25 mg L⁻¹) favorecieron todos los aspectos de calidad nutracéutica tales como, fenoles, flavonoides, capacidad antioxidante y vitamina C. La biofortificación con yodo puede implementarse como un método confiable en el cultivo de vid, ya que permite obtener bayas con una calidad nutracéutica más alta que los cultivos que no son biofortificados.

Palabras Clave: Biofortificación; compuestos fitoquímicos, *vitis vinífera*.

ABSTRACT

Micronutrient deficiencies have increased in recent decades due to the general depreciation of the quality of the diet of vulnerable populations, both in developed and developing countries. Therefore, this work exposes the impact of iodine on the nutraceutical quality of grapevines (*Vitis vinífera*). Five doses of iodine in the form of potassium iodide at 0.25, 0.5, 0.75, 1.0 and 1.25 mg L⁻¹ and a control were tested. The results obtained showed that high doses of potassium iodide (1.25 mg L⁻¹) favored all aspects of nutraceutical quality such as phenols, flavonoids, antioxidant capacity and vitamin C. Biofortification with iodine can be implemented as a reliable method in the vine cultivation, since it allows obtaining berries with a higher nutraceutical quality than crops that are not biofortified.

Keywords: Biofortification; phytochemical compounds, *vitis vinífera*.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial más de 2 000 millones de personas sufren de deficiencias minerales como el hierro, zinc, yodo y selenio (Leija *et al.*, 2016). El yodo es un micronutriente importante en la formación de las hormonas tiroideas, su deficiencia a lo largo de la gestación y en los primeros años de vida produce daño cerebral irreversible y disminución de la capacidad intelectual de los niños (NIE- National Institutes of Health, 2020).

La desnutrición impacta de manera más severa a las mujeres y a los niños: la FAO considera que ésta sigue siendo responsable de más de la mitad de las muertes infantiles en los países en desarrollo. (FAO *et al.*, 2014).

La aplicación de yodo a los cultivos ya sea foliar o en solución nutritiva es la manera más práctica de incrementar el contenido de este oligoelemento en los productos hortícolas, además de que puede favorecer y aumentar el crecimiento, así como los compuestos fitoquímicos, e interviene en procesos vitales como lo son los procesos fotosintéticos, y disminuye el estrés biótico y abiótico (Kiferle *et al.*, 2021). Por otro lado, las bayas de uva son ricas en vitamina C, aportan hidratos de carbono como: glucosa, fructosa, sacarosa, dextrosa, levulosa; también contienen fibra; vitaminas A y B6, ácido fólico y minerales como el potasio, cobre y hierro, además es una fruta que se destaca por su capacidad depurativa y se le atribuyen otras propiedades benéficas para la salud como su efecto antioxidante, antiinflamatorio, desintoxicante, entre otras (Aviña de la Rosa *et al.*, 2016).

Por lo anterior, la presente investigación pretende analizar la biofortificación con yodo en el cultivo de vid y su impacto en la calidad nutracéutica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en Villa Juárez Durango, localizada en las coordenadas: 25°29'02.9"N 103°37'20.7"W. El cultivo de vid fue de la variedad Cabernet Sauvignon, las plantas que se utilizaron para esta investigación se encontraban previamente establecidas teniendo 8 años de producción. Estaban situadas en líneas de 20 plantas a una distancia de 1 metro entre cada una de ellas y 3 metros entre hileras.

Las aplicaciones se realizaron de manera foliar, como fuente de Yodo utilizando Yoduro de potasio (KI, Jalmek[®], México), se evaluaron seis dosis de Yodo 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25 mg L⁻¹, a las plantas testigo solo se les asperjó agua destilada. Los tratamientos fueron establecidos en campo bajo un diseño bloques al azar. Para la aplicación de cada tratamiento se utilizó una mochila aspersora manual de la marca (ANTARIX[®], México) en donde se depositaron 3 L de agua, 3 mL de un surfactante de la marca (Break Thru[®], México).

Para la determinación de calidad nutracéutica se realizó una obtención de extractos la cual se determinó con la técnica de (Salas *et al.*, 2016).

Fenoles: Se determinó según el método de Folin-Ciocalteu con modificaciones (Singleton *et al.*, 1999). Se utilizó un espectrofotómetro para medir su absorbancia a 765 nm. Los resultados fueron reportados en mg GAE 100 g peso fresco (PF).

Flavonoides: Se determinaron con base en la técnica de (Lamaison, 1990). Se utilizó un espectrofotómetro para medir la absorbancia a 510 nm. Reportándose en mg QE 100 g PF.

Vitamina C: Se determinó utilizando la técnica de (Hernández *et al.*, 2019). Utilizando 5.2 diclorofenolindofenol para titular 20 mL del diluido. Reportándose en mg 100 g PF.

Capacidad antioxidante: Se determinó en base a la técnica de (Brand-Williams *et al.*, 1995). Se usó un espectrofotómetro UV/VIS (VE-5100UV) para medir la absorbancia a 517 nm. Reportándose en μ M Trolox 100 g PF.

Los datos de las variables evaluadas fueron analizados mediante un análisis de varianza y para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de yodo como KI afectó significativamente el contenido de compuestos fenólicos en las bayas de vid (Figura 1a), mostrando una tendencia creciente, donde el tratamiento de 1.25 mg L⁻¹ fue el que obtuvo los mayores valores con 324.176 mg GAE100 g peso fresco.

Estos resultados son deseables debido a que la obtención de alimentos de origen vegetal con un alto contenido de compuestos fenólicos es deseable ya que estos compuestos aumentan la calidad nutricional de los alimentos (Schiavon *et al.*, 2020).

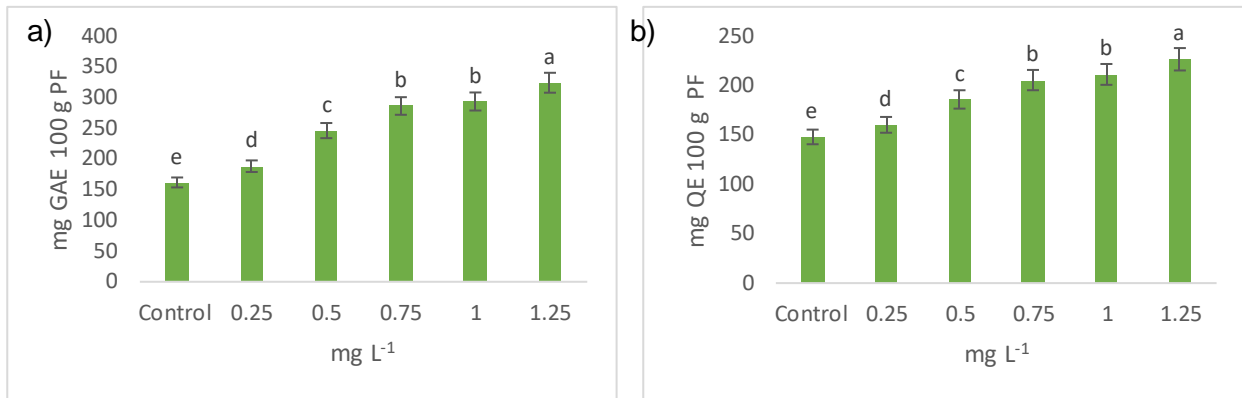


Figura 1. Efecto de la fertilización foliar con KI en los compuestos fenólicos (a), flavonoides (b) en bayas de vid.

Respecto a los flavonoides, la dosis de 1.25 mg L⁻¹ (Figura 1b) mostró la concentración más alta con 226.64 mg QE 100 g PF incrementando un 34.69% respecto al tratamiento testigo que obtuvo 148 mg QE 100 g PF. Se ha demostrado que la biofortificación con micronutrientes como el yodo favorece el incremento de flavonoides, según lo descrito en el trabajo de (Smolen *et al.*, 2017).

El contenido de vitamina C fue afectado significativamente por la aspersión foliar de yodo, la mayor dosis obtuvo un valor de 27.867 mg 100 g PF, en cambio el tratamiento testigo obtuvo un valor de 8.967 mg 100 g PF (Figura 2a). Osuna *et al.*, (2014), Reportaron similares resultados en el contenido de vitamina C en tuna (*Opuntia ficus-indica* L.) por la aplicación de yodo.

La aspersión foliar de yodo como KI afectó significativamente la capacidad antioxidante de las bayas de vid (Figura 2b) obteniendo los mayores valores con el tratamiento de 1.25 mg L⁻¹, logrando una acumulación de 177.209 uM Meq Trolox 100 g PF, en comparación al tratamiento testigo que obtuvo la menor acumulación de compuestos antioxidantes presentando valores de 121.718 Meq Trolox 100 g PF. Los anteriores resultados concuerdan con lo señalado por Franco *et al.*, (2017), al mencionar que la capacidad antioxidante de hortalizas se ve influenciada por la cantidad de fenoles totales presentes. Esto nos indica que con la aplicación foliar de al menos 0.75 mg L⁻¹ de KI es posible aumentar la capacidad antioxidante en las bayas vid.

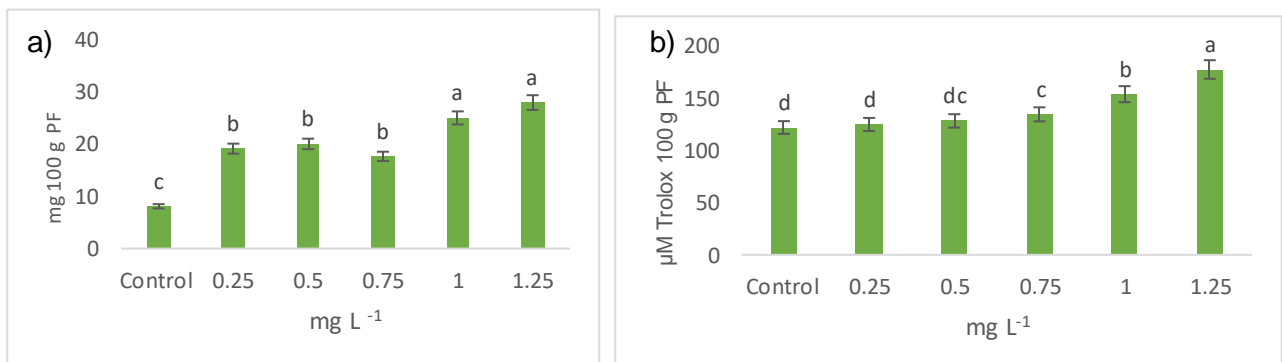


Figura 2. Efecto de la fertilización foliar con KI en el contenido de vitamina c (a) y la capacidad antioxidante en bayas de vid (b).

CONCLUSIONES

La concentración de 1.25 mg L⁻¹ de yodo como KI favoreció los compuestos bioactivos incluyendo los fenoles, flavonoides, capacidad antioxidante y vitamina C, los cuales se consideran beneficiosos para la salud.

REFERENCIAS

- Aviña de la Rosa, D. M. d. R., J. Carranza Téllez, B. A. Vázquez-Huitrón y J. Carranza-Concha. 2016. Capacidad antioxidante y contenido fenólico de uva blanca (*Vitis vinifera* L.) sin semilla. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología en Alimentos*. 1(1): 801-805.
- Bouis HE, Saltzman A. 2017. Improving nutrition through biofortification: A review of evidence from HarvestPlus, 2003 through 2016. *Global Food Security*. 31(12): 49 -58.
- Brand-Williams, M.E. Cuvelier, C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, *LWT - Food Science and Technology*. 28 (1): 25-30.
- FAO, IFAD, WFP (Food and Agriculture Organization of the United Nations-International Fund for Agricultural Development-World Food Programme). 2014. The state of Food Insecurity in the World 2014. Strengthening the enabling environment for food security and nutrition. <https://reliefweb.int/report/world/state-food-insecurity-world-2014-strengthening-enabling-environment-food-security-and>. Fecha de consulta: 30 de Julio 2022.
- Fisher P. W. F., L'. Abbe M. R, and Giroux A. 1986. Colorimetric determination of total iodine in foods by iodide-catalyzed reduction of Ce⁺⁴ *J. Assoc. Official Anal. Chem.* 69 (1): 687-689.
- Franco Bañuelos, Ambrosio, Contreras-Martínez, Cristina S., Carranza-Téllez, José, Carranza-Concha, José. 2017. Contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de uvas no nativas para vino cultivadas en Zacatecas, México. *Agrociencia*. 51(6): 661-671.
- Hernández-Hernández, H.; Quiterio-Gutiérrez, T.; Cadenas-Pliego, G.; Ortega-Ortiz, H.; Hernández-Fuentes, A.D.; Cabrera de la Fuente, M.; Valdés-Reyna, J.; Juárez-Maldonado, A. 2019. Impact of selenium and copper nanoparticles on yield, antioxidant system, and fruit quality of tomato plants. 8 (1): 355-362
- Kiferle, Claudia. M Martinelli, AM Salzano, S Gonzali, S Beltrami, PA Salvadori, K Hora, HT Holwerda, A Scaloni and P Perata. 2021. Evidences for a nutritional role of iodine in plants. *Frontiers in Plant Science*. 12(29):1-18.
- 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 (1): 315-320.

- Leija-Martínez, Paola, Benavides-Mendoza, Adalberto, Rocha-Estrada, Alejandra, & Medrano-Macías, Julia Rosa. 2016. Biofortificación con yodo en plantas para consumo humano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(8): 2025-2036.
- NIE- National Institutes of Health, 2020 <https://ods.od.nih.gov/factsheets/iodine-DatosEnEspañol/> Fecha de consulta: 30 de Julio 2022.
- Osuna, H. T. G., Mendoza, A. B., Morales, C. R., Rubio, E. M., Star, J. V., and Ruvalcaba, R. M. 2014. Iodine application increased ascorbic acid content and modified the vascular tissue in *Opuntia ficus-indica* L. *Pak. J. Bot.* 46(1): 127-134.
- Salas-Pérez, Lilia; Gaucín-Delgado, Jazmín Montserrat; Preciado-Rangel, Pablo; FortisHernández, Manuel; Valenzuela-García, Jesús Rodolfo; Ayala-Garay, Alma Velia. Efecto del ácido benzoico en la capacidad antioxidante de germinados de trigo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 17: 3397- 3404.
- Schiavon M, Nardi S, Dalla Vecchia F, Ertani A. 2020. Selenium biofortification in the 21st century: status and challenges for healthy human nutrition. *Plant Soil*. 453(1-2): 245-270.
- Singleton, V.L.; Orthofer, R.; Lamuela-Raventós, R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants using a Folic-Ciocalteu Reagent. *Meth. Enzymol.* 299(1): 152–178.
- Smolen Sylwester, Kowalska Iwona, Kováčik Peter, Halka Mariya, Sady Włodzimierz. 2019. Biofortification of six varieties of lettuce (*Lactuca sativa* L.) with iodine and selenium in combination with the application of salicylic acid. *Frontiers in Plant Science*. 3 (10): 1-13.
- Vir, S. C. 2012. Current status of iodine deficiency disorders (IDD) and strategy for its control in India. *Indian J. Ped.* 69(7): 589-596.

CALIDAD DE FIBRA EN GENOTIPOS NATIVOS Y CONVENCIONALES DE ALGODÓN (*Gossypium hirsutum* L.)

Hernández-Leal Enrique¹, Bonilla-Barrientos Olga^{2*}, Franco-Gaytán Iván¹, Maltos-Buendía Jorge¹, Martínez-Yáñez Beatriz³

¹Campo Experimental La Laguna, Bolvd. José Santos Valdez No. 1200 Pte. Col. Centro, Matamoros, Coahuila C.P. ²Campo Experimental Delicias. Km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua. ³Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. *Correo electrónico: bonilla_b3368@live.com.mx

INTRODUCCIÓN

La principal fibra textil natural en el mundo se obtiene del algodón (*Gossypium hirsutum* L.) (FAO, 2005), debido a su amplia adaptabilidad, excelente rendimiento y alta calidad de fibra para la fabricación de telas (Poelham y Allen 2003). El algodón se cultiva en más de 70 países en el mundo (Zhang et al. 2015) y representa cerca del 30 % de las fibras consumidas en la industria textil mundial (FAO, 2018). Antes los fitomejoradores solo dirigían sus esfuerzos en aumentar el rendimiento del cultivo, ya que mejorar tanto la calidad de la fibra y el rendimiento era un gran desafío (Kohel et al. 2001). Ahora mejorar la calidad de fibra es un objetivo primordial, esto es porque los consumidores y la industria textil demandan fibras de alta calidad (Su J et al. 2016). Zhao et al. (2016) mencionan que ya se están realizando mejoras genéticas en el rendimiento y la calidad de la fibra para satisfacer dichas demandas.

Por desgracia, la fibra de algodón presenta una amplia variación entre muestras, por eso es indispensable conocer sus cualidades para mantener una producción de algodón de alta calidad (Roth, 2010). Investigadores desde finales de 1960, han utilizan el instrumento de alto volumen (HVI) para seleccionar poblaciones de plantas con mejor calidad de fibra, ya que esta es un parámetro fundamental para determinar la rentabilidad del algodón (Pinnamaneni et al. 2021).

Los parámetros que determinan la calidad de la fibra es la finura, la longitud, la resistencia, la elongación, el índice de humedad, el índice de fibras cortas y el color (Tarragó et al. 2019). Propiedades como la pegajosidad de la fibra corta, el contenido de basura, el color, la longitud de la fibra y la finura determinan el sistema comercial para la fijación de precios y la comercialización del algodón (Bowman y Ethridge 1992; Ge et al. 2008). Cuando la calidad de la fibra es baja, los productores se ven perjudicados económicamente con precios más bajos al cultivar fibras de baja calidad o con cualidades indeseables.

Por lo antes mencionado, el objetivo fue evaluar la calidad de fibra de 17 colectas del jardín botánico del Campo Experimental Iguala del INIFAP, cuatro accesiones del Banco de germoplasma de la Universidad Autónoma de Chapingo, seis variedades convencionales del Campo Experimental La Laguna del INIFAP y un testigo comercial (Delta Pine®).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el invernadero del Campo Experimental La Laguna del INIFAP, ubicado en Matamoros, Coahuila, México en el ciclo agrícola otoño-invierno del 2019, donde se evaluaron los genotipos de algodón FZ-13 CHAMPION, FZ-10, FZ-13 CLON, FZ-15. GOS-21, GOS-17, GOS-22, GOS-27, US-023, TOA-03, TOA-04, TOA-06, TOA-11, TOA-12, TOA-18 y TOA-27 del jardín Botánico del Campo Experimental Iguala- INIFAP, las colectas P1-583 CHAPIS, P1-589, P1-528748 y P1-201584 del Banco de germoplasma de la Universidad Autónoma de Chapingo y las variedades convencionales Juárez, Cian-95, Cian Precoz, Nazas-87a, Nazas-87B y Nazas Selecta del Campo Experimental La Laguna del INIFAP, como testigo se utilizó la variedad comercial Delta Pine®;

La siembra fue el 22 de octubre del 2019 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, como sustrato se usó Peat Moss, el trasplante se realizó a los 35 días después de la siembra (DDS) en condiciones de hidroponía. Los genotipos se establecieron en bolsas de polietileno de color negro con capacidad de 12 L rellenas con arena como sustrato. La fertilización se realizó mediante fertirriego con aminoácidos, algas marinas, Bayfolan y Push incrementando la dosis de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo, empezando con una concentración del 50 % hasta el inicio de cuadros, a partir de la floración y hasta la fructificación la concentración se incrementó al 100 %. Se realizaron dos aplicaciones del fungicida Promyl 50® a una dosis de 1 kg/ha para el control de damping off y de los fungicidas Captan®, Previcur® y Cupravit® como preventivos.

La cosecha de los primeros capullos se realizó el 20 de mayo y la segunda el 02 de junio del 2020, tomando una muestra aleatoria de 20 capullos por cada genotipo, separando la fibra de la semilla. Las muestras de fibra de algodón se enviaron al laboratorio de calidad de fibra del INIFAP-CELALA para su análisis, 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), el Índice de hilabilidad (%), el Índice de Uniformidad (%), el Índice de fibras cortas (%), la elongación (%), reflectancia (%) y el contenido de amarillo +b (PLUS_B).

Diseño experimental y Análisis estadístico

El diseño experimental que se utilizó fue bloques completos al azar con tres repeticiones y cinco plantas por repetición. Un análisis de varianza se realizó a cada variable, cuando se detectaron diferencias estadísticas entre genotipos ($p \leq 0.05$) se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los genotipos para las nueve variables de calidad de fibra (Cuadro 1). Los coeficientes de variación (C.V.) estuvieron entre 0.22 y 1.37, al respecto Gómez y Gómez (1984) y Patel et al. (2001) señalan que el C.V., varía de acuerdo al tipo de experimento, para evaluaciones de cultivares son aceptables entre 6 a 8 %, para fertilización entre 10 a 12 % y para evaluaciones de plaguicidas de 13 a 15 %.

Cuadro 1: Cuadrados medios del análisis de varianza en las nueve variables de calidad de fibra en genotipos de algodón en Matamoros, Coahuila.

Variable	Fuentes de variación			
	Genotipo	Rep.	Error	C.V. (%)
Finura (MIC)	1.73 **	0.0002	0.0002	0.2858
Longitud (mm)	0.0471 **	0.000005	0.00003	0.4369
Resistencia (g/tex)	33.29 **	0.0538	0.165	1.29
Índice de hilabilidad (%)	2330.44 **	1.6	4.12	1.37
Índice de fibra corta (%)	18.42 **	0.0006	0.002	0.5328
Elongación (%)	1.41 **	0.0001	0.0093	1.66
Reflectancia (%)	40.67 **	0.0125	0.0246	0.1967
Índice de uniformidad (%)	11.09 **	0.001	0.0376	0.2307
PLUS_B	2.52 **	0.0001	0.0004	0.2185
G.L.	28	2	56	

Rep. = repeticiones; C.V. = coeficiente de variación; G.L. = grados de libertad; * = $p \leq 0.05$; ** = $p \leq 0.01$; PLUS_B = contenido de amarillo +b

Los resultados de la prueba de medias indican que TOA-17, FZ-13 CLON, GOS-17, FZ-17 y PI-589 presentaron una finura muy gruesa de acuerdo con la clasificación por instrumentos de alto volumen o HVI (CNSPA, 2012), de acuerdo con la Secretaría de Economía DGN (2000), en la Norma Mexicana NMX-A-051-SCFI-2000 la finura ideal es de 3.7 a 4.2 micraire, siendo TOA-06, GOS-22 y FZ-13 CHAMPION las que están dentro de este parámetro (Cuadro 2). GOS-17, GOS-21, GOS-27, TOA- 06, TOA-11, TOA-17, TOA-18, NAZAS SELECTA, CIAN PRECOZ y CIAN-95 tuvieron la longitud más alta ubicándose en la categoría de Fibra Extra Larga (> 1.210 mm de pulgadas), pueden ser utilizadas para la producción de hilos muy finos (Solé, 2012).

Veintiún genotipos tuvieron una resistencia muy alta (> 31 g/tex) solo GOS-22 y FZ-15 presentaron una resistencia baja, en general, una mayor resistencia siempre es deseable (Centre du Commerce International, 2022). Los estándares de fibra de las hilanderías se basan principalmente en una mayor calidad de la fibra, especialmente en la resistencia (Arioli, 2005). Para el índice de hilabilidad CIAN-95 reportó el mayor valor con 182%, superando al testigo comercial (166 %), FZ-15 fue el genotipo con el valor más bajo (75 %), pero con el mayor índice de fibras cortas (SFI) con 16.29 %. Respecto a la elongación, Delta Pine® tuvo el valor más alto, seguido de GOS-17 con 7.20 y 6.80 %, respectivamente, menciona que, si a las plantas le falta agua en el período inmediatamente posterior a la antesis el crecimiento de la fibra, la elongación y la longitud final de la fibra serán fuertemente afectadas. Once genotipos y el testigo comercial se ubicaron en la clasificación del HVI para el índice de uniformidad como alto (85 a 87 %), esto es bueno, ya que se busca que haya fibras más largas ya que significan más producción de pelusa y mayor cohesión (Constable, 2007).

Para el sistema de clasificación HVI, el color se cuantifica como el grado de reflectancia (Rd) y amarillez (+b). NAZAS-87B (84.7 %) y PI-201584 (84.2 %) presentaron los valores más altos para Rd, mientras para amarillez fueron TOA-17 y FZ-15. Por el contrario, FZ-15 presentó el valor más bajo para Rd con 70.4 % y para amarillez fue el TOA-06. Al respecto, Perkins et al. (1984) mencionan que las fibras de color blanco cremoso son de mayor calidad en

comparación con las opacas, grises o amarillentas, pero la aplicación de reguladores de crecimiento, las heladas o sequías aumentan el amarillo (+b) de la fibra debido a la maduración prematura de la fibra (Xu et al. 1998a, b; Moore, 1996; Bradow y Davidonis, 2000).

Cuadro 3: Comparación de calidad de fibra de 28 genotipos de algodón nativo y un testigo comercial en Matamoros, Coahuila.

Genotipo	Finura (MIC)	Longitud (mm)	Resistencia (g/tex)	Índice de hilabilidad (%)	Índice de fibra corta (%)
TOA-03	4.34 o	1.10 k	31.30 h	138 k	8.69 g
TOA-04	4.51 lm	1.06 lm	27.30 J	125 l	8.63 g
TOA-06	4.09 p	1.25 cd	33.40 b-g	173 bcd	6.86 q
TOA-11	4.70 jk	1.30 j	33.20 c-g	139 k	8.10 l
TOA-12	4.45 n	1.04 n	29.00 l	122 l	9.57 e
TOA-17	6.51 a	1.25 de	34.60 ab	175 bc	6.51 s
TOA-18	6.11 c	1.25 cd	32.97 d-g	169 cde	7.45 mn
TOA-27	4.74 ij	1.09 k	29.70 i	136 k	7.74 k
GOS-17	6.13 c	1.40 a	32.45 fgh	178 ab	5.81 u
GOS-21	4.75 i	1.30 b	34.70 a	160 ghi	7.26 op
GOS-22	3.87 r	1.05 mn	22.50 m	99 m	14.93 b
GOS-27	4.78 hi	1.25 cd	33.20 c-g	168 def	7.89 j
FZ-10	4.46 n	1.19 gh	32.60 fg	162 fgh	6.59 rs
FZ-13					
CHAMPION	3.97 q	1.23 e	34.70 a	171 cde	7.49 lm
FZ13 CLON	6.29 b	1.19 gh	33.30 c-g	170 cde	6.61 rs
FZ-15	5.40 d	0.86 p	24.90 l	76 n	16.29 a
PI-589	5.31 e	0.91 o	25.70 kl	98 m	10.55 d
P1-583					
CHAPIS	4.82 h	0.92 o	26.20 jk	98 m	12.71 c
PI-201584	4.44 n	1.07 l	33.60 a-f	147 j	7.62 kl
P1-873	4.36 o	1.11 k	34.40 abc	154 i	7.33 no
PI-528748	4.90 g	1.10 k	29.00 i	137 k	7.18 p
US-023	4.55 l	1.05 mn	33.30 c-g	136 k	8.18 l
NAZAS					
SELECTA	4.48 mn	1.21 f	32.30 hg	157 hi	7.51 lm
NAZAS-87A	4.45 n	1.18 h	32.90 d-f	155 i	8.37 h
NAZAS-87B	3.52 s	1.19 g	33.60 a-f	158 hi	9.41 f
CIAN					
PRECOZ	4.47 mn	1.21 f	34.10 a-e	162 fgh	8.22 i
JUÁREZ	4.47 mn	1.17 i	34.20 a-d	157 hi	7.90 j
CIAN-95	4.67 k	1.30 b	32.70 fg	182 a	6.73 qr
DELTA					
PINE®	5.01 f	1.16 i	33.60 a-f	166 efg	6.26 t
DSH	0.0437	0.0159	1.29	6.44	0.141

a,b,c: Valores medios por columna con letra distinta son estadísticamente diferentes (p < 0.05); DSH: diferencia significativa honesta.

Genotipo	Elongación (%)	Reflectancia (Rd: %)	Índice de uniformidad (%)	PLUS_B (+b)
TOA-03	5.20 ijk	79.5 j	83.0 kl	8.00 q
TOA-04	6.50 bcd	78.2 l	83.6 jk	8.30 n
TOA-06	5.60 h	80.0 i	85.8 bc	7.40 u
TOA-11	5.10 jk	78.7 k	82.7 l	8.30 n
TOA-12	6.40 cde	79.1 jk	82.0 m	8.20 o
TOA-17	6.30 def	76.5 n	85.6 b-e	10.70 a
TOA-18	4.97 k	77.7 m	84.6 ghi	10.07 d
TOA-27	6.40 cde	77.6 m	84.7 f-i	8.50 l
GOS-17	6.80 b	80.6 h	85.3 c-f	9.05 i
GOS-21	5.00 k	71.6 q	85.7 bcd	8.20 o
GOS-22	5.40 hij	84.2 b	79.1 o	7.90 r
GOS-27	5.10 jk	83.2 cd	85.3 c-f	7.70 s
FZ-10	5.50 hi	80.0 i	86.6 a	7.90 r
FZ-13 CHAMPION	5.50 hi	83.4 c	85.3 c-f	8.10 p
FZ-13 CLON	6.70 bc	78.0 lm	85.5 b-e	10.40 c
FZ-15	4.50 l	70.4 r	79.5 o	10.60 b
PI-589	6.10 ef	76.0 o	82.4 lm	8.40 m
P1-583 CHAPIS	5.40 hij	73.7 p	81.1 n	9.60 f
PI-201584	6.50 bcd	84.2 b	83.4 k	7.50 t
P1-873	5.70 gh	80.2 hi	84.4 hi	7.90 r
P1-528748	6.30 def	82.0 f	85.1 d-g	8.20 o
US-023	6.00 ef	76.9 n	82.6 lm	8.70 k
NAZAS SELECTA	5.60 h	82.8 de	85.0 e-h	8.80 j
NAZAS-87A	5.00 k	82.5 e	82.4 lm	9.00 i
NAZAS-87B	5.70 gh	84.7 a	84.5 ghi	8.50 l
CIAN PRECOZ	6.00 fg	83.4 c	84.8 f-i	8.50 l
JUÁREZ	5.50 hi	82.8 de	84.2 ij	9.80 g
CIAN-95	5.20 ijk	81.5 g	85.9 bc	9.20 h
DELTA PINE®	7.20 a	81.1 g	86.1 ab	9.30 g
DSH	0.3054	0.4975	0.6153	0.0605

a,b,c: Valores medios por columna con letra distinta son estadísticamente diferentes (p < 0.05); DSH: diferencia significativa honesta.

CONCLUSIONES

Los genotipos de algodón TOA-17, TOA-18, GOS-17, GOS-27, FZ-13 CLON presentaron características similares DELTA PINE® (testigo comercial), lo que cumple con los parámetros de calidad de fibra en finura, longitud, resistencia y color (blanca) que la industria textil requiere. Además, dichos genotipos se pueden utilizar con importante fuente de germoplasma para ampliar la base genética en el programa de mejoramiento genético de algodón.

BIBLIOGRAFÍA

- Arioli, T. 2005. Genetic engineering for cotton fiber improvement. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 58, 140-150.
- Bradow J.M. and Davidonis G.H. 2000. Quantitation of Fiber Quality and the Cotton Production-Processing Interface: A Physiologist's Perspective. *The Journal of Cotton Science* 4:34-64.
<https://www.semanticscholar.org/search?q=Quantitation%20of%20Fiber%20Quality%20and%20the%20Cotton%20Production-Processing&sort=relevance>
- Bowman RK, Ethridge DE. 1992. Characteristic supplies and demands in a hedonic framework: US market for cotton fiber attributes. *American Journal of Agricultural Economics*. 74: 991–1002. <https://doi.org/10.2307/1243197>
- Constable GA. 2007. Producing and preserving fiber quality: from the seed to the bale, *Proceedings of 4th World Cotton Research Conference*, 10–14 September 2007, Lubbock, Texas, USA, 24 pp.
<http://staging.icac.org/meetings/wcrc/wcrc4/presentations/data/papers/Paper2168.pdf>
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2005. Cotton. <http://www.fao.org/3/y5143s/y5143s15.htm>
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2018. Cooperación sur-sur trilateral. Estudio nichos de mercados del algodón. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Agencia Brasileña de Cooperación- Ministerio de Relaciones Exteriores. Santiago de Chile. 97 p. <http://iba-br.com/site/wp-content/uploads/2020/10/estudo-nicho-mercado.pdf>
- Ge Y, Thomasson JA, Sui R, Morgan CL, Searcy SW, Parnell CB. 2008. Spatial variation of fiber quality and associated loan rate in a dryland cotton field. *Precision Agric*. 9:181–94. DOI 10.1007/s11119-008-9064-2
- Gómez KA. y Gómez AA. 1984. *Statistical procedures for agricultural research*. 2nd ed. John Wiley Inter Science, Hoboken, NJ, USA. John wiley & sons. https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=PVN7_XRhpdUC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Statistical+procedures+for+agricultural+research.+2nd+ed.+John+Wiley+Inter+Science&ots=Hs8d5lsrk3&sig=oZKi3P5Jx47QzLQbrkk6B3tduoc#v=onepage&q=Statistical%20procedures%20for%20agricultural%20research.%202nd%20ed.%20John%20Wiley%20Inter%20Science&f=false
- Kohel RJ, Yu J, Park Y-H, Lazo GR. 2001. Molecular mapping and characterization of traits controlling fiber quality in cotton. *Euphytica* 121: 163–172. <https://doi.org/10.1023/A:1012263413418>

- Moore, J.F. 1996. Cotton Classification and Quality. In: Glade, E.H., Meyer, L.A. and Stults, H., Eds., Cotton Industry in the United States, USDA-ERS Agricultural Economic Report 739, U.S. Government Printing Office Office, Washington DC, 51-57.
- Patel JK, Patel NM, Shiyani RL. 2001. Coefficient of variation in field experiments and yardstick thereof-an empirical study. *Current Science* 81(9):1163-1164. <https://www.currentscience.ac.in/Volumes/81/09/1163.pdf>
- Perkins, HH. Jr, Ethridge D.E, and Bragg C.K. 1984. Fiber. In R.J. Kohel and C.F. Lewis (ed.) Cotton. ASA, Madison, WI. p. 437–509
- Pinnamaneni SR, Anapalli SS, Sui R, Bellaloui N, Reddy K. 2021. Effects of irrigation and planting geometry on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) fiber quality and seed composition. *Journal of Cotton Research* 4: 2-11. <https://doi.org/10.1186/s42397-020-00078-w>
- Poelham JM. Allen C. 2003. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Segunda edición. Limusa. México, Abbott LA, Pistorale SM, Filippini OS. 2007. Análisis de coeficientes de sendero para el rendimiento de semillas en *Bromus catharticus*. *Ciencia e Investigación Agraria* 34(2): 141-149. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202007000200007>
- Roth G. 2010. Economic, environmental and social sustainability indicators of the Australian cotton industry. Australia, 84 p. <http://www.insidecotton.com/xmlui/handle/1/321>
- SAS Institute. 2011. SAS/STAT® 9.3 9.3 User's Guide. SAS Institute. Cary, North Carolina, USA. 8621 p.
- Secretaría de Economía DGN. 2000. NMX-A-051-SCFI-2000. Productos agrícolas no industrializados para uso industrial - algodón para hilar - (*Gossypium* spp) – especificaciones (CANCELA A LA NMX-A-051-1964). p. 19. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2001/nmx-a-051-scfi-2000.pdf>
- Solé C. A. 2012. HILATURA DEL ALGODÓN - Fibras textiles. Instituto Tecnológico Textil (AITEC) de España. p. 35.
- Su J, Li L, Pang C, Wei H, Wang C, Song M, Wang H, Zhao S, Zhang C, Mao G, Huang L, Wang C, Fan S, Yu S. 2016. Two genomic regions associated with fiber quality traits in Chinese upland cotton under apparent breeding selection. *Scientific Reports* 6: 38496. <https://doi.org/10.1038/srep38496>
- Tarragó J., COLLI S.L., NADAL N.J., Giménez L. 2019. Efecto de diferentes tipos de cosecha sobre la calidad tecnológica de la fibra de algodón en cultivos de alta densidad *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 45(2): 225-233. <https://www.redalyc.org/journal/864/86460707008/html/>
- Xu, B., C. Fang, and M.D. Watson. 1998a. Investigating new factors in cotton color grading. p. 1559–1565. <https://doi.org/10.1177/004051759806801101>

Xu, B., C. Fang, R. Huang, and M.D. Watson. 1998b. Cotton color measurements by an imaging colorimeter. *Textile Research Journal*. 68:351–358. <https://doi.org/10.1177/004051759806800505>

Zhang T., Hu Y., Jiang W., Fang L., Guan X., Chen J., Zhang J., Sasaki C.A, Scheffler B.E., Stelly D.M., Hulse-Kemp A.M., Wan Q., Liu B., Liu C., Wang S., Pan M., Wang Y., Wang D., Ye W., Chang L., Zhang W., Song Q., Kirkbride R.C., Chen X., Dennis E., Llewellyn D.J., Peterson D.G., Thaxton P., Jones D.C., Wang Q., Xu X., Zhang H., Wu H., Zhou L., Mei G., Chen S., Tian Y., Xiang D., Li X., Ding J., Zuo Q., Tao L., Liu Y, Li J., Lin Y., Hui Y., Cao Z., Cai C., Zhu X, Jiang Z., Zhou B., Guo W., Li R. & Chen Z.J. 2015. Sequencing of allotetraploid cotton (*Gossypium hirsutum* L. acc. TM-1) provides a resource for fiber improvement. *Nature Biotechnology* 33, 531–537. <https://doi.org/10.1038/nbt.3207>

Zhao Z., Liu Z., Zhou Y., Wang J., Zhang Y., Yu X., Wu R., Guo C., Qin A., Bawa G., Sun X. 2022. Creation of cotton mutant library based on linear electron accelerator radiation mutation. *Biochemistry and Biophysics Reports*. 30. 101228. <https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2022.101228>

DIVERSIDAD DE GENOTIPOS NATIVOS Y CONVENCIONALES DE ALGODÓN (*Gossypium hirsutum* L.) RESPECTO A SU CALIDAD DE FIBRA

Enrique Hernández Leal¹, Olga Bonilla Barrientos^{2*}, Iván Franco Gaytán¹, Jorge Maltos Buendía¹, Beatriz Martínez Yáñez³

¹Campo Experimental La Laguna, Bolvd. José Santos Valdez No. 1200 Pte. Col. Centro, Matamoros, Coahuila C.P. ²Campo Experimental Delicias. Km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua. ³Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. *Correo electrónico: bonilla_b3368@live.com.mx

INTRODUCCIÓN

El algodón es considerado el producto agrícola no alimentario más importante en el mundo gracias a la industria textilera. En su hábitat es una planta perenne, y que puede alcanzar entre 2 a 3 metros de altura, mientras que como cultivo se siembra en algunas regiones de manera extensiva, por lo que su siembra es de manera anual (SAGARPA, 2014). México es el centro de origen del género *Gossypium* con 11 de las 13 especies diploides y una tetraploide, en conjunto constituyen un acervo genético útil en el aprovechamiento y mejoramiento de esta especie, por lo tanto, poseer esta información es crucial para alcanzar el éxito en el rescate de la diversidad genética del género *Gossypium* (Ulloa et al. 2006 citados por Pérez et al. 2016). Las plantas silvestres de algodón producen néctar de composición distinta a los Organismos Genéticamente Modificados (OGM), lo que les permite la interacción a las plantas con diferentes especies de hormigas que las defienden de enemigos naturales en condiciones normales, estas características incrementan la diversidad genética (Mondino, 2020).

Otra característica importante que se puede aprovechar de manera sustentable de las plantas nativas de algodón es la calidad de fibra, debido a que se pueden incrementar parámetros como la resistencia, longitud y la finura de la fibra con este tipo de plantas. Ya que, por desgracia la fibra de algodón presenta una amplia variación entre muestras en las variedades convencionales y transgénicas de algodón, por eso es indispensable conocer sus cualidades para mantener una producción de algodón de alta calidad (Roth 2010). Desde finales de los 60's, se usa el instrumento de alto volumen o "HVI" para seleccionar poblaciones de plantas con mejores cualidades en su fibra (Pinnamaneni et al. 2021) y que pueden ser utilizadas de manera sustentable en programas de mejoramientos genéticos.

Parámetros como la finura, la longitud, la resistencia, la elongación, el índice de humedad, el índice de fibras cortas y el color determinan la calidad de la fibra (Tarragó et al. 2019), mientras que la pegajosidad de la fibra corta, el contenido de basura, el color, la longitud y la finura de la fibra determinan la fijación de precios y la comercialización del algodón (Bowman y Ethridge 1992; Ge et al. 2008).

Por lo antes mencionado, el objetivo fue evaluar la calidad de fibra de 17 colectas del jardín botánico del Campo Experimental Iguala del INIFAP, cuatro accesiones del Banco de germoplasma de la Universidad Autónoma de Chapingo, seis variedades convencionales del Campo Experimental La Laguna del INIFAP y un testigo comercial (Delta Pine®).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el invernadero del Campo Experimental La Laguna del INIFAP, ubicado en Matamoros, Coahuila, México en el ciclo agrícola otoño-invierno del 2019, donde se evaluaron los genotipos de algodón FZ-13 CHAMPION, FZ-10, FZ-13 CLON, FZ-15. GOS-21, GOS-17, GOS-22, GOS-27, US-023, TOA-03, TOA-04, TOA-06, TOA-11, TOA-12, TOA-18 y TOA-27 del jardín Botánico del Campo Experimental Iguala- INIFAP, las colectas P1-583 CHAPIS, P1-589, P1-528748 y P1-201584 del Banco de germoplasma de la Universidad Autónoma de Chapingo y las variedades convencionales Juárez, Cian-95, Cian Precoz, Nazas-87a, Nazas-87B y Nazas Selecta del Campo Experimental La Laguna del INIFAP, como testigo se utilizó la variedad comercial Delta Pine®;

La siembra fue el 22 de octubre del 2019 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, como sustrato se usó Peat Moss, el trasplante se realizó a los 35 días después de la siembra (DDS) en condiciones de hidroponía. Los genotipos se establecieron en bolsas de polietileno de color negro con capacidad de 12 L rellenas con arena como sustrato. La fertilización se realizó mediante fertirriego con aminoácidos, algas marinas, Bayfolan y Push incrementando la dosis de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo, empezando con una concentración del 50 % hasta el inicio de cuadros, a partir de la floración y hasta la fructificación la concentración se incrementó al 100 %. Se realizaron dos aplicaciones del fungicida Promyl 50® a una dosis de 1 kg/ha para el control de damping off y de los fungicidas Captan®, Previcur® y Cupravit® como preventivos.

La cosecha de los primeros capullos se realizó el 20 de mayo y la segunda el 02 de junio del 2020, tomando una muestra aleatoria de 20 capullos por cada genotipo, separando la fibra de la semilla. Las muestras de fibra de algodón se enviaron al laboratorio de calidad de fibra del INIFAP-CELALA para su análisis, 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), el Índice de hilabilidad (%), el Índice de Uniformidad (%), el Índice de fibras cortas (%), la elongación (%), reflectancia (%) y el contenido de amarillo +b (PLUS_B).

Diseño experimental y Análisis estadístico

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones y cinco plantas por repetición. Se realizó un análisis de componentes principales (CP) con las nueve variables, la representación gráfica de los genotipos se hizo con los componentes principales uno (CP1) y dos (CP2) para apreciar las similitudes y diferencias entre los 29 genotipos, utilizando el paquete estadístico SAS v.9.3 (SAS Institute 2011). Posteriormente, se realizó 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 los genotipos con base en distancias euclidianas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de componentes principales se realizó mediante correlaciones, los tres primeros componentes principales explicaron el 78.9 % de la variación total, con 38.59, 27.54 y 12.77 %, respectivamente (Cuadro 1). López e Hidalgo (1994), dicen que componentes cuyos valores propios expliquen un 70 % o más de la varianza total son aceptables. Las variables

incluidas en el CP1 fueron longitud, índice de hilabilidad, fibras cortas, y de uniformidad. El CP2 estuvo compuesto por las variables finura, el contenido de amarillo +b, la reflectancia y la resistencia. El CP3 solamente estuvo compuesto por la variable elongación.

Cuadro 1: Vectores y valores propios del análisis de componentes principales (CP), en 28 genotipos de algodón y un testigo comercial.

Variable	CP1	CP2	CP3
Finura (MIC)	0.124796	-0.497819	0.136310
Longitud (mm)	0.402809	0.066824	-0.095962
Resistencia (G/TEX)	-0.081383	0.337023	-0.134477
Índice de hilabilidad (%)	0.423766	0.035156	0.026427
Índice de fibra corta (%)	-0.432581	-0.061399	-0.158090
Índice de uniformidad (%)	0.4238	0.0352	0.0264
Elongación (%)	0.108158	-0.006297	0.720936
Reflectancia Rd (%)	0.147174	0.402197	0.148567
Contenido de amarillo +b (PLUS_B)	0.012838	-0.434365	0.073096
Varianza explicada (%)	38.59	27.54	12.77
Varianza acumulada (%)	38.59	66.13	78.90

Distribución de la diversidad

La distribución de los 28 genotipos y el testigo fue en cuatro grupos (Figura 1). El Grupo I estuvo formado por TOA-03, TOA-04, TOA-11, TOA-12, TOA-27, US-023 y P1-528748. Estos materiales se caracterizaron por tener una fibra muy resistente, finura promedio, longitud media, índice de hilabilidad aceptable, el índice de fibra corta es baja y su fibra es blanca.

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, los cuales se caracterizan por tener una fibra muy resistente, una finura de fina a promedio, la longitud de media a extra larga, el índice de hilabilidad es muy buena para formar hilos al tener una fibra larga, el índice de fibra corta es bajo, la elongación es muy débil y regular, el índice de uniformidad es de regular a alta y el color de la fibra es blanca.

En el Grupo III estuvo formado por TOA-17, TOA-18, GOS-17, GOS-27, FZ-13 CLON y el testigo comercial (DELTA PINE®). Estos genotipos se caracterizaron por tener una fibra muy resistente, una finura de promedio a muy áspera, longitud media, índice de fibra corta muy baja, elongación entre débil a elevada, un índice de hilabilidad bueno y color de la fibra es blanca). El Grupo IV estuvo conformado por FZ-15, P1-583 CHAPIS y P1-589. Estos genotipos tienen una fibra áspera (micronaire), no es muy resistente (débil a promedio), el

índice de fibra corta es regular, la elongación es muy débil a regular, el color de fibra es blanca (reflectancia), el índice de uniformidad es baja a regular y el índice de hilabilidad es regular. Y el Grupo V estuvo conformado solamente por GOS-22 y tiene fibra de algodón débil, una finura promedio, longitud media, su porcentaje de fibra corta fue elevada, su elongación fue débil y un bajo índice de uniformidad. Dodge (2008), 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. Nos indican donde se sitúa un grupo de puntuaciones, los de variabilidad o dispersión que nos indican si esas puntuaciones o valores están próximas entre sí o si por el contrario están o muy dispersas.

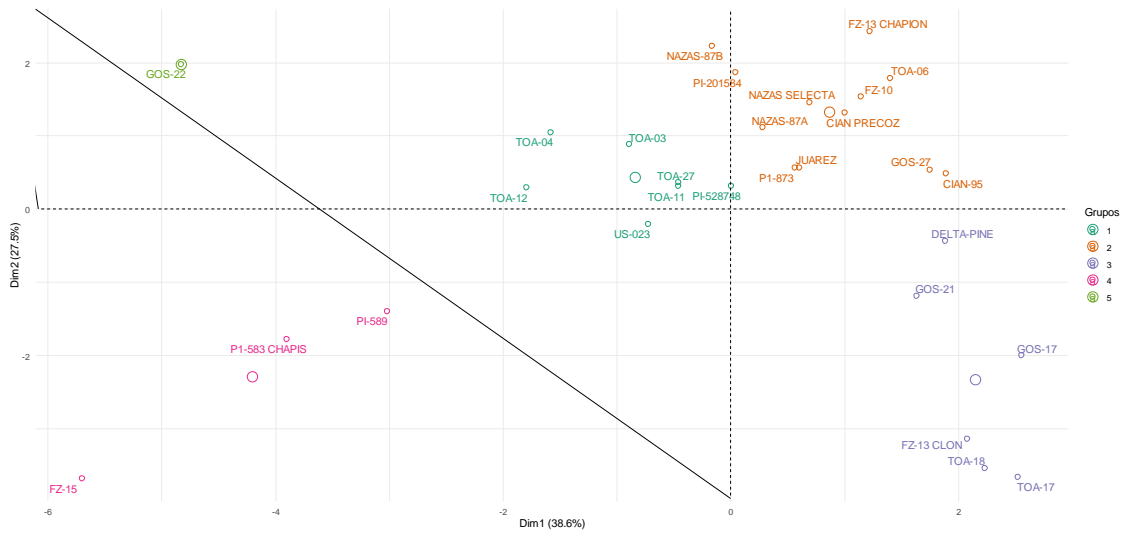


Figura 1. Dispersión de 28 colectas nativas de algodón y un testigo comercial, sobre el plano determinado por los primeros dos componentes principales, con base en 11 variables del análisis combinado. FIN = Finura en índice de micronaire; LON = Longitud en mm de pulgada; RES = Resistencia en (g/tex); 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 cinco grupos (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.

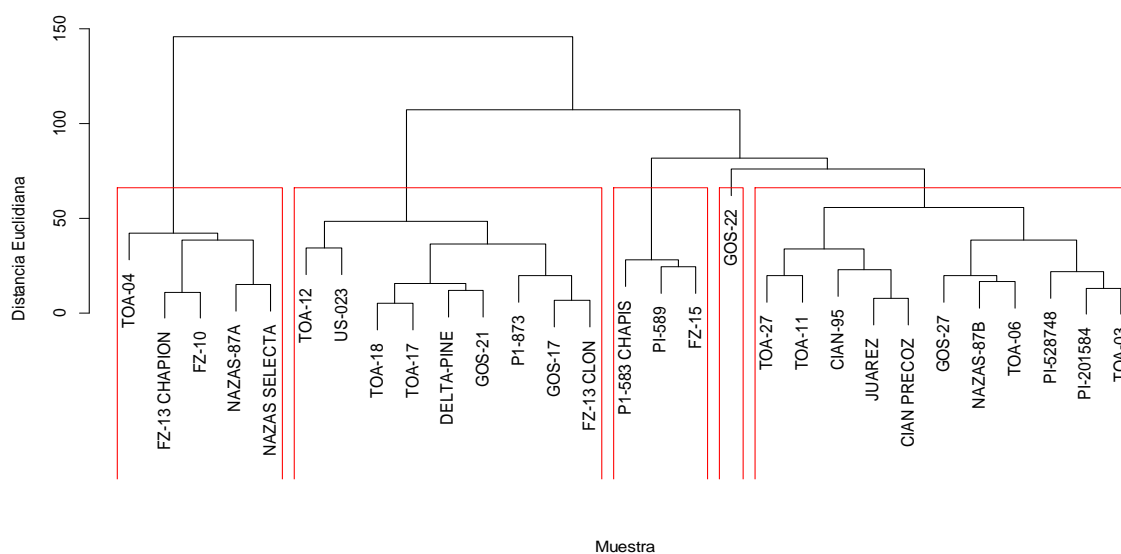


Figura 2. Dendrograma con 29 genotipos de algodón nativo y convencional, con base en 11 variables del análisis combinado.

CONCLUSIONES

Se registró una amplia diversidad en los parámetros de calidad de fibra, lo que las hace una importante fuente de germoplasma para ampliar la base genética en los programas de mejoramiento genético de algodón. Las accesiones de algodón TOA-17, TOA-18, GOS-17, GOS-27, FZ-13 CLON presentaron características similares al testigo comercial (DELTA PINE), cumpliendo principalmente con los parámetros de calidad de fibra en finura, longitud, resistencia y color (blanca) que la industria textil requiere.

BIBLIOGRAFÍA

- Bowman RK, Ethridge DE. 1992. Characteristic supplies and demands in a hedonic framework: US market for cotton fiber attributes. *American Journal of Agricultural Economics*. 74: 991–1002. <https://doi.org/10.2307/1243197>
- Dodge, Y. 2008. *The Concise Encyclopedia of Statistics*. Editorial Springer
- Ge Y, Thomasson JA, Sui R, Morgan CL, Searcy SW, Parnell CB. 2008. Spatial variation of fiber quality and associated loan rate in a dryland cotton field. *Precision Agric*. 9:181–94. DOI 10.1007/s11119-008-9064-2
- López JA, Hidalgo MD. 1994. Análisis de componentes principales y análisis factorial. *Fundamentos de estadística con Systat*. Addison Wesley Iberoamericana. pp. 457-503.
- Mondino M. 2020. Control biológico en el cultivo de algodón: conociendo a los “bichos

buenos". Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. p 30. Disponible en:

https://inta.gob.ar/sites/default/files/control_biologico_en_el_cultivo_de_algodon_1.pdf

Pérez Mendoza, Claudia et al. Recursos genéticos del algodón en México: conservación ex situ, in situ y su utilización. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2016, vol.7, n.1, pp.5-16.

Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000100005&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2007-0934.

Pinnamaneni SR, Anapalli SS, Sui R, Bellaloui N, Reddy K. 2021. Effects of irrigation and planting geometry on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) fiber quality and seed composition. *Journal of Cotton Research* 4: 2-11. <https://doi.org/10.1186/s42397-020-00078-w>

Rohlf F. J. 2000. NTSYS. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System. Version 2.0, Exeter Publ. Setauket, New York. p 31.

Roth G. 2010. Economic, environmental and social sustainability indicators of the Australian cotton industry. Australia, 84 p. <http://www.insidecotton.com/xmlui/handle/1/321>

SAS Institute. 2011. SAS/STAT® 9.3 9.3 User's Guide. SAS Institute. Cary, North Carolina, USA. 8621 p.

Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2014. Análisis de la cadena de valor en la producción de algodón en México, Informe final, agosto de 2013. Ciudad de México. p 57. Disponible en:

<https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2019/01/28/1608/01022019-4-analisis-de-la-cadena-de-valor-en-la-produccion-de-algodon-en-mexico.pdf>

Tarragó J., COLLI S.L., NADAL N.J., Giménez L. 2019. Efecto de diferentes tipos de cosecha sobre la calidad tecnológica de la fibra de algodón en cultivos de alta densidad *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 45(2): 225-233. <https://www.redalyc.org/journal/864/86460707008/html/>

PRESENCIA DE ROYA DE LA HOJA (*Puccinia triticina* Eriks.) EN LOS VALLES DEL YAQUI Y MAYO DURANTE EL CICLO 2021-22

PRESENCE OF LEAF RUST (*Puccinia triticina* Eriks.) IN THE YAQUI AND MAYO VALLEYS DURING THE CROP SEASON 2021-2022

Fuentes-Dávila, Guillermo*; Torres-Cruz, María Monserrat; Félix-Valencia, Pedro; Rosas-Jáuregui, Ivón Alejandra; Félix-Fuentes, José Luis

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug, Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora 85000. Autor principal: *fuentes.guillermo@inifap.gob.mx

RESUMEN

En Sonora se produce el 52.7% del trigo de México. En el sur del estado, la roya de la hoja es una enfermedad endémica del trigo y ha causado serias epifitias. El objetivo del presente trabajo fue analizar la presencia y desarrollo de esta enfermedad en los Valles del Yaqui y Mayo así como en Huatabampo, durante el ciclo de otoño-invierno 2021-2022. Se colectaron datos climáticos de 34 estaciones de la red de estaciones meteorológicas automatizadas de Sonora, y se digitalizó una base de datos de los boletines semanales por parte de las Juntas Locales de Sanidad Vegetal (JLSV) del Valle del Yaqui, Valle del Mayo y de Huatabampo. El inicio del ciclo agrícola fue anormalmente caliente, y diciembre presentó una máxima y promedio de temperatura alta histórica; posteriormente, las temperaturas de moderadas a bajas que predominaron a partir de la segunda quincena de enero, propiciaron una acumulación de horas frío que favoreció el desarrollo del cultivo de trigo. El 21 de enero se detectó la roya de la hoja en Huatabampo, región caracterizada por un clima más húmedo, y tuvo un rápido incremento, aunado a la alta susceptibilidad de la variedad de trigo cristalino CIRNO C2008, sembrada en más de 201,000 ha. La intervención oportuna de las JLSVD con los productores y la baja en la temperatura, propiciaron un control de la enfermedad y un buen rendimiento en la región. El porcentaje de campos comerciales piloto para el monitoreo por parte de las JLSV y que presentaron roya de la hoja fueron: 100% para Huatabampo, 70.52% para el Valle del Yaqui y 68.69% para el Valle del Mayo.

Palabras clave: *Puccinia triticina*, roya de la hoja, trigo

ABSTRACT

The state of Sonora produces 52.7% of the total wheat production in Mexico. Leaf rust is an endemic disease in the southern part of the state where it has caused serious epiphytotics. The objective of this work was to analyze the presence and development of this disease in the Yaqui and Mayo Valleys and in Huatabampo, during the crop season fall-winter 2021-2022. Data were collected from 34 weather stations from the automated weather station network of

the state of Sonora, a database was generated from the weekly bulletins published by the local Plant Health Councils (LPHC) in the Yaqui and Mayo Valleys, as well as in Huatabampo. The initiation of the crop season was abnormally warm and December had a historic average and maximum temperature; later on, the moderate to low temperatures which predominated from the third and fourth week of January on, were conducive for accumulation of cold units which favored the development of the wheat crop. Leaf rust was detected in Huatabampo on January 21, a region characterized by high humidity; the disease also increased rapidly due to the susceptibility of durum wheat cultivar CIRNO C2008 sown in over 201,000 ha. The timely intervention of the LPHC's with farmers and the low temperatures induced proper control of the disease as well as a good grain yield in the region. The percentage of monitored wheat fields by the LPHC's that had leaf rust were 100% in the Huatabampo region, and 70.52 and 68.69% in the Yaqui and Mayo Valleys, respectively.

Key words: *Puccinia triticina*, leaf rust, wheat

INTRODUCCIÓN

El trigo es uno de los cereales más importantes para el consumo humano, y ocupa el segundo lugar en la producción mundial (FAOSTAT, 2021). En México, la producción de trigo se lleva a cabo en una superficie de 543,258.64 ha en 22 estados, pero se concentra en los estados de Sonora (52.70%), Guanajuato (10.81%), Baja California (9.59%), Sinaloa (7.29%), Michoacán (7.52%), Jalisco (4.38%), y Chihuahua (2.88%), con una producción total de grano en el país de 3,266,511.53 t en el 2021 (SIAP, 2022). Los factores climáticos más importantes que influyen en el desarrollo de un gran número de enfermedades en las plantas son la temperatura, por una parte, humedad y precipitaciones por otra, los cuales actúan conjuntamente y pueden producir daños considerables (Coscollá, 1980). Diversos estudios que se han realizado utilizando los datos que proporcionan estaciones meteorológicas (Grageda Grageda *et al.*, 2014; Morales-Coronado *et al.*, 2019) han demostrado que la fluctuación de la temperatura o humedad entre los diferentes sitios del Valle del Yaqui y del Mayo provoca diferencias en el rendimiento de los cultivos, e influye en la presencia e incidencia de plagas y enfermedades en diferentes sectores del valle. Las plantas presentan elementos distintivos por el efecto del clima, ya sea adverso o benéfico para su crecimiento y desarrollo, así como por su exposición o protección de los factores climatológicos. La roya café o roya de la hoja del trigo causada por el hongo *Puccinia triticina* Eriks. es una enfermedad muy importante a nivel mundial. El agente causal puede sobrevivir dentro de las condiciones ambientales donde el trigo puede sobrevivir; puede infectar las hojas de la planta cuando períodos de rocío de tres horas o menos se presentan con temperaturas alrededor de los 20°C; mayor número de infecciones se llevan a cabo con períodos de rocío más prolongados. Las pérdidas por esta enfermedad son generalmente bajas (< 10%), pero bajo ciertas condiciones puede ser severa y puede alcanzar más de 30% (Roelfs *et al.*, 1992). Las

áreas predispuestas para el desarrollo de la roya de la hoja están en las zonas bajas de México que incluyen aquéllas cruzando la frontera con el estado de Texas, EUA, de los estados mexicanos de Coahuila, Tamaulipas, y San Luis Potosí; las planicies altas en los estados de Chihuahua, Jalisco, México, Tlaxcala, Guanajuato, y Michoacán; y la región del Pacífico en Sinaloa y el Sur de Sonora (Singh, 1991). En el sur de Sonora, la roya de la hoja es una enfermedad endémica del trigo y ha causado serias epifitias (Dubin y Torres, 1981; Figueroa *et al.*, 2001), por lo que su control requiere el mejoramiento genético, así como aplicación de fungicidas (Figueroa *et al.*, 2010). Con la realización de estudios en el sur de Sonora, se ha comprobado que la presencia de enfermedades o plagas del trigo ha sido más severa en diferentes zonas de la región como consecuencia de las condiciones climáticas que han sido favorables para el patógeno. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue analizar la presencia y desarrollo de la roya de la hoja en los Valles del Yaqui y Mayo así como en la región de Huatabampo, Sonora, durante el ciclo de otoño-invierno 2021-2022.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron datos de 34 estaciones de la red de estaciones meteorológicas automatizadas de Sonora (REMAS) que conforman el Valle del Yaqui, Valle del Mayo y Huatabampo (Figura 1). Se consideraron las variables de temperatura del aire (grado de calor específico del aire) y humedad relativa (relación entre la cantidad de vapor de agua que tiene una masa de aire y la máxima que podría tener), debido a que tienen una función importante con relación al adecuado desarrollo del cultivo (Harel *et al.*, 2014) y al desarrollo de plagas y enfermedades (Coscollá, 1980). Se digitalizó una base de datos del SIMROYA (Sistema de Monitoreo de Roya del Trigo) y de los boletines semanales por parte de las Juntas Locales de Sanidad Vegetal (JLSV) del Valle del Yaqui, Valle del Mayo y de Huatabampo en Sonora. A partir de la segunda semana de febrero, se calcularon las horas con prevalencia de temperaturas entre 18 y 22°C, las cuales propician el mejor desarrollo de la roya de la hoja (Roelfs *et al.*, 1992).

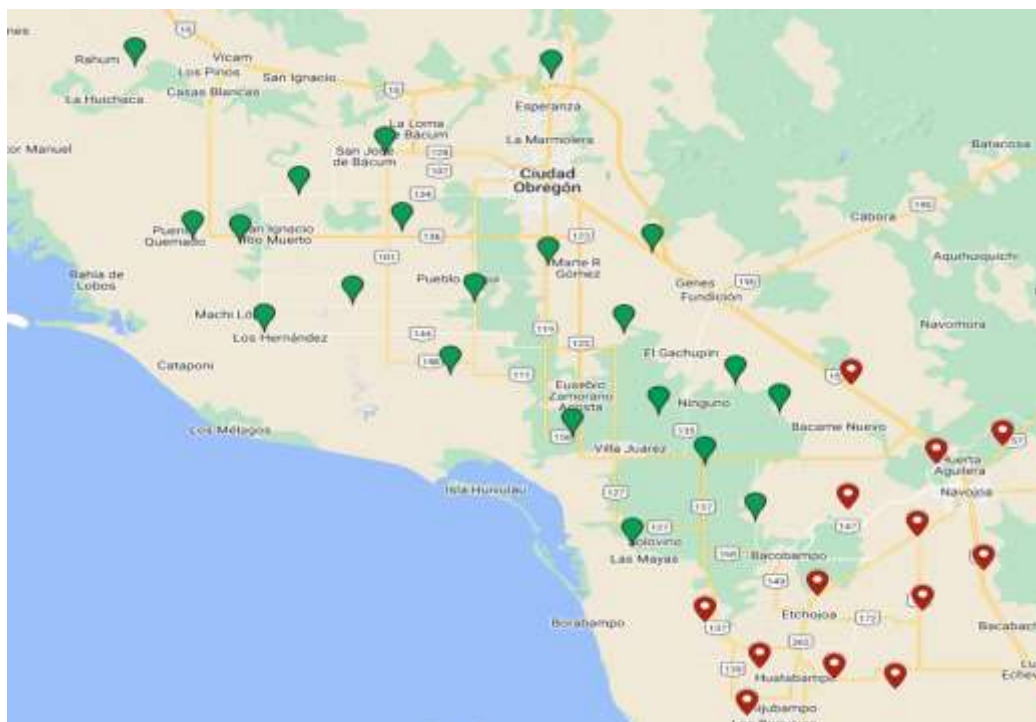


Figura 1. Localización geográfica de las estaciones meteorológicas en el Valle del Yaqui (verde) y en el Valle del Mayo y Huatabampo (rojo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El inicio del ciclo agrícola otoño-invierno 2021-2022 fue anormalmente caliente, con una temperatura promedio máxima para la segunda quincena de noviembre de 35.3°C, mientras que diciembre presentó una temperatura promedio máxima de 30.6; pero posteriormente, las temperaturas de moderadas a bajas que predominaron a partir de la segunda quincena de enero, con promedios de 15.7, 14.6, 16.4, 21.1 y 23.8°C para los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo, respectivamente, propiciaron una acumulación de horas frío (625 para el Valle del Yaqui y 679 para el Valle del Mayo-Huatabampo) que favoreció el desarrollo del cultivo de trigo. Sin embargo, el 21 de enero de 2022 se detectó la presencia de roya de la hoja en la zona de Huatabampo, región caracterizada por un clima más húmedo (Torres-Cruz *et al.*, 2021).

Hassan *et al.* (1986) reportaron que las urediniosporas de *P. recondita* f. sp. *tritici* (sinónimo *Puccinia triticina*), pueden sobrevivir durante el verano en plantas de trigo voluntarias, y por lo tanto pueden servir como fuente de inóculo primario en el trigo que se siembra durante el otoño. Es posible que la alta humedad relativa y las temperaturas adecuadas propiciaron la germinación de las esporas del hongo, aunado a la alta susceptibilidad de la variedad de trigo cristalino CIRNO C2008, la cual se sembró en más de 201,000 ha en el sur de Sonora durante el ciclo 2021-2022 (CESAVESON, 2022). La

diseminación del patógeno y desarrollo de la enfermedad se incrementaron rápidamente lo cual se prolongó hasta finales de marzo (Figura 2).

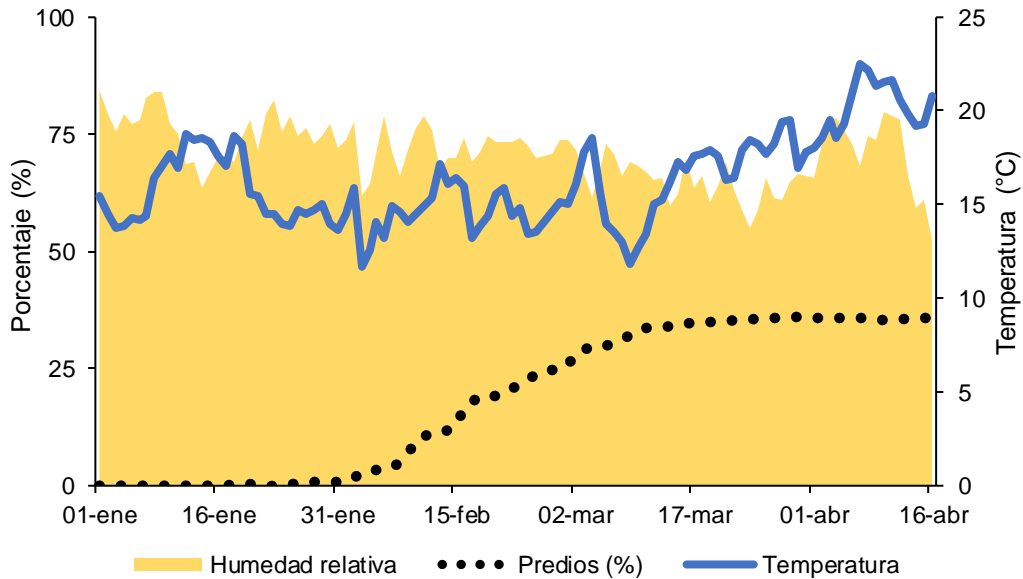


Figura 2. Desarrollo de la roya de la hoja de enero a abril en el Valle del Yaqui y en el Valle del Mayo y Huatabampo, durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2021-2022.

Dado el incremento tan abrupto a finales de enero y durante el inicio de febrero, mes en el que el cultivo en general en la zona se encontraba en amacollamiento (6%), encañe (34%), embuche (34%) y en espigamiento (26%), se iniciaron las reuniones de parte de las Juntas Locales de Sanidad Vegetal y los productores de cada región, y en particular de Huatabampo donde el 100% de los campos monitoreados presentó infección con la roya de la hoja, para analizar la situación y para recomendarles el monitoreo frecuente del cultivo y de ser necesario, la aplicación de fungicidas para el control de la enfermedad. Las bajas temperaturas que se presentaron de febrero a mayo también afectaron el desarrollo de la enfermedad, ya que el número de horas con temperaturas entre 18 y 22°C, rango óptimo para la germinación de las urediniosporas, se fue reduciendo. La resistencia genética es el método más económico, más seguro y menos dañino al medio ambiente para el control de las enfermedades (Ma *et al.*, 1997); pero se requiere que los productores adopten las nuevas variedades que se están generando las cuales poseen nuevos genes de resistencia, por parte del programa colaborativo entre el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.

CONCLUSIONES

La presencia de la roya de la hoja en el sur de Sonora, se detectó temprano el 21 de enero durante el ciclo de otoño-invierno 2021-2022. El porcentaje de campos comerciales piloto para el monitoreo por parte de las Juntas Locales de Sanidad Vegetal y que presentaron roya de

la hoja fueron: 100% para Huatabampo, 70.52% para el Valle del Yaqui y 68.69% para el Valle del Mayo.

La aplicación oportuna de fungicidas y el clima que prevaleció en febrero-mayo, influyeron en el control de la enfermedad y en el buen rendimiento general de grano que se obtuvo en el sur de Sonora.

REFERENCIAS

- CESAVESON (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sonora). 2022. Superficie con permisos de siembra por grupo de variedades de trigo. <https://cesaveson.com/index.php/home/permisos>. Consultado el 25 de mayo de 2022.
- Coscollá, R. 1980. Incidencia de los factores climatológicos en la evolución de las plagas y enfermedades de las plantas. *Boletín de Sanidad Vegetal-Plagas* 6(2):123-139.
- Dubin, H.J., and Torres, E. 1981. Causes and consequences of the 1976-1977 wheat leaf rust epidemic in northwest Mexico. *Ann. Rev. Phytopathol.* 19: 41-49.
- FAOSTAT (Servicios Estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2021. Datos sobre alimentación y agricultura. Producción. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>. Consultado el 28 de noviembre de 2021.
- Figuerola-López, P., Armenta-Castro, C.M., Arvizu-Mendivil, C.N., Amavizca-López, B. 2010. Evaluación de la efectividad biológica de 20 tratamientos para combatir la roya de la hoja en trigo cristalino en el Sur de Sonora. *Memorias del XII Congreso Internacional/XXXVII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología*, A.C. Julio 4-8, 2010. Mérida, Yucatán, México.
- Figuerola-López, P., Gaxiola-Verdugo, L.A., Suárez-Beltrán, A., Álvarez-Zamorano, R. y Camacho-Casas, M.A. 2001. Monitoreo de la epidemia de roya de la hoja en trigo cristalino en el Valle del Yaqui, Sonora, en el ciclo 2000-2001. *Memorias del XXXVI Congreso Nacional de Entomología y XXVIII Congreso Nacional de Fitopatología*. Julio 15 al 18 de julio del 2001. Querétaro, Querétaro, México. Resumen F-148.
- Grageda Grageda, J., Ruiz Corral, J.A., Jiménez Lagunes, A., y Fu Castillo, A.A. 2014. Influencia del cambio climático en el desarrollo de plagas y enfermedades de cultivos en Sonora. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(10):1913-1921.
- Harel, D., Fadida, H., Alik, S., Gantz, S., y Shilo, K. 2014. El efecto de la temperatura media diaria y la humedad relativa con relación al polen, el cuaje de los frutos y el rendimiento del tomate en cultivos comerciales protegidos. *NaanDanJain Irrigation Ltd. Na'an, Israel*, 4 p.
- Hassan, Z.M., Kramer, C.L. and Eversmeyer, M.G. 1986. Summer and winter survival of *Puccinia Recondita* and infection by soilborne urediniospores. *Transactions of the British Mycological Society* 86(3):365-372. doi.org/10.1016/S0007-1536(86)80179-6.
- Ma, H., Singh, R.P., and Mujeeb-Kazi, A. 1997. Resistance to stripe rust in durum wheats, A-genome diploids, and their amphiploids. *Euphytica* 94:279-286.
- Morales-Coronado, D., Argentel-Martínez, L., Castro-Espinoza, L., Gutiérrez-Coronado, M., Garibaldi-Chávez, J., and Ortiz-Enríquez, J. 2019. Global warming is reducing the tillering capacity and grain yield of wheat in Yaqui valley, Mexico. *Agronomía Colombiana* 37(1):5-11. doi: 10.15446/agron.colomb.v37n1.75736.

- REMAS (Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas de Sonora). 2022. Descargar datos. Available at <http://www.siafeson.com/remas/>. Consultado el 25 de mayo de 2022.
- Roelfs, A.P., Singh, R.P., and Saari, E.E. 1992. Rust diseases of wheat: concepts and methods of disease management. CIMMYT, Mexico, 81 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. Trigo grano. Ciclo agrícola OI + PV. Modalidad: Riego + Temporal. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>. nube.siap.gob.mx/cierreagricola/. Consultado el 19 de enero de 2022.
- Singh, R.P. 1991. Pathogenicity variation of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* and *P. graminis* f. sp. *tritici* in wheat-growing areas of Mexico during 1988 and 1989. *Plant Disease* 75:790-794.
- SIMROYA (Sistema de monitoreo de roya del trigo). 2021. Roya de la hoja. <http://www.siafeson.com/simroya2.php/reportegeneral/index/2>. Consultado mayo 30, 2022.
- Torres-Cruz María Monserrat, Castro-Quiroa Luis Adrián, Fuentes-Dávila Guillermo, and Félix-Valencia Pedro. 2021. Determination of climatic zones of influence in the Yaqui and Mayo Valleys, Mexico. *International Journal of Agriculture, Environment and Bioresearch* 6(4):44-56. <https://doi.org/10.35410/IJAEB.2021.5650>.

EVALUACIÓN DE LA REACCIÓN A LA PUNTA NEGRA EN VARIEDADES Y LÍNEAS DE TRIGO CRISTALINO Y HARINERO DURANTE EL CICLO AGRÍCOLA 2014-2015

Fuentes Dávila Guillermo*; Borbón-Gracia Alberto; Díaz Ceniceros Huizar Leonardo; Félix Valencia Pedro; y Torres-Cruz María Monserrat

INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug), Apdo. Postal 155, km 12 Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora 85000. *fuentes.guillermo@inifap.gob.mx

RESUMEN

Tres líneas avanzadas y siete variedades de trigo cristalino y cinco líneas avanzadas y cinco variedades de trigo harinero se evaluaron para resistencia a punta negra en el Campo Experimental Norman E. Borlaug, durante el ciclo agrícola Otoño-Invierno 2014-2015. La fecha de siembra fue diciembre 15, 2014, usando 100 kg de semilla/ha para cuatro camas con dos hileras de 100 m de largo. Cada 10 metros se colectaron dos espigas de las camas centrales, a lo largo de la parcela, sumando un total de 10 espigas por cada una de las camas de cada línea/variedad. La cosecha se hizo a mano y la evaluación mediante inspección visual contando el número de granos sanos e infectados en cada espiga para determinar el porcentaje de infección. El rango de infección para la primera repetición de los trigos cristalinos fue de 1.35 a 9.50%, con un promedio de 5.37, y para la segunda fue de 1.70 a 12.95%, con un promedio de 5.78. La línea con el menor porcentaje de infección fue AINZEN_1/6/2*CMH82A.1062/3/ GERARDOVZ394//SBA81/PLC/4/AAZ_1/CREX/5/HUI//CIT71/CII/9/CBC509CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR84/4/AJAIA_2/5/KJOVE_1/7/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/8/SOOTY_9/RASCON_37//WODUCK/CHAM_3 con promedio de 2.48%, y de las variedades Movas C2009 con 1.56%. Los rangos de infección para los trigos harineros en la primera y segunda repetición fueron 1.28 a 18.70 con promedio de 6.57% y 0.72 a 23.13 con promedio de 9.39%, respectivamente. La línea con el menor porcentaje de infección fue ATTILA/3*BCN//BAV92/3/PASTOR/4/TACUPETO F2001*2/BRAMBLING/5/PAURAQ con promedio de 1.27%, y de las variedades Kronstad F2004 con 2.89%.

Palabras clave: Punta negra, *Triticum aestivum*, *Triticum durum*

ABSTRACT

Three advanced durum wheat lines and seven cultivars, as well as five advanced bread wheat lines and five cultivars were evaluated for resistance to black point at the Norman E. Borlaug Experimental Station, during the crop season fall-winter 2014-2015. The sowing date was December 15, 2014, using 100 kg of seed / ha for four beds with two rows, 100 m long. Two spikes were collected every 10 m from the central beds along each plot, adding a total of 10 spikes for each bed of each line/cultivar. Threshing was done by hand and the evaluation by visual inspection, counting the number of infected and healthy seed in order to determine the percentage of infection. The range of infection for the first replicate of durum wheats was 1.35 to 9.50%, with an average of 5.37, and for the second one it was 1.70 to 12.95%, with an average of 5.78. The line with the lowest percentage of infection was AINZEN_1/6/2*CMH82A.1062/3/ GERARDOVZ 394//SBA81/PLC/4/AAZ_1/CREX/5/HUI//CIT71/CII/9/CBC509CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT /3/ALTAR84/4/AJAIA_2/5/KJOVE_1/7/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/8/ SOOTY_9/RASCON_37//WODUCK/CHAM_3 with an average of 2.48%, and from the group of cultivars Movas C2009 with 1.56%. The range of infection for the bread wheats in the first and second replicates was 1.28 to 18.70 with an average of 6.57% and 0.72 to 23.13 with an average of 9.39%, respectively. The line with the lowest percentage of infection was

ATTILA/3*BCN//BAV92/3/ PASTOR/4/TACUPETOF2001*2/BRAMBLING/5/PAURAQ with an average of 1.27%, and from the group of cultivars Kronstad F2004 with 2.89%.

Key words: Black point, *Triticum aestivum*, *Triticum durum*

INTRODUCCIÓN

De la semilla de trigo recién cosechada se pueden aislar más de 100 especies de hongos, incluyendo especies de los géneros *Alternaria*, *Fusarium* y *Helminthosporium*. Estos hongos son importantes en áreas con alta humedad relativa pudiendo causar infección en la semilla cuando la humedad relativa del medio ambiente es superior al 90% y el de la semilla al 20%. La presencia de lluvia durante la maduración de la semilla favorece el desarrollo de la enfermedad conocida como punta negra, así como la alta humedad que puede prevalecer durante los días previos a las cosecha (Prescott *et al.*, 1986). La semilla en desarrollo expandiéndose es la más susceptible. La semilla que presenta 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 and 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) (Mathur y Cunfer, 1993). Infecciones severas causan decoloración y chupado de la semilla (Mathur y Cunfer, 1993).



Fig. 1. Síntomas característicos de punta negra en semilla de trigo

En el sur de Sonora, México, la punta negra es una enfermedad endémica de trigo cristalino o duro y de trigo harinero, aunque su incidencia varía de un año a otro. En los programas de mejoramiento de trigo se selecciona para resistencia a enfermedades durante la evaluación de la semilla después de la cosecha, sin embargo, no existe un programa formal sobre punta negra en Sonora. El objetivo de este trabajo fue evaluar la reacción de variedades y líneas avanzadas de trigo cristalino y harinero a la punta negra durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2014-2015.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tres líneas avanzadas y siete variedades de trigo cristalino y cinco líneas avanzadas y cinco variedades de trigo harinero (Cuadro 1) se evaluaron para resistencia a punta negra bajo condiciones naturales de infección durante el ciclo agrícola Otoño-Invierno 2014-2015, en un lote con suelo arcilloso-arenoso con un pH de 7.5 en el Campo Experimental Norman E. Borlaug. La fecha de siembra fue diciembre 15, 2014, usando 100 kg de semilla/ha para cuatro camas con dos hileras de 100 m de largo.

Cuadro 1. Variedades y líneas de trigo harinero y cristalino evaluadas en campo bajo condiciones naturales de infección para determinar su reacción a la punta negra en una fecha de siembra, durante el ciclo de cultivo Otoño-Invierno 2014-2015, en el Valle del Yaqui, Sonora.

Variedad/Línea No.	Pedigrí e historial de selección
1	Kronstad F2004
2	Tepahui F2009
3	Ónavas F2009
4	Villa Juárez F2009
5	Borlaug 100
6	PBW343//CAR422/ANA/3/ELVIRA CMSS02M00409S-030M-1Y-0M-040Y-10ZTB-0Y-02B-0Y
7	SOKOLL*2/3/BABAX/LR42//BABAX CMSA05Y01225T-040M-040ZTP0Y-040ZTM-040SY-12ZTM-01Y-0B
8	ATTILA/3*BCN//BAV92/3/PASTOR/4/TACUPETOF2001*2/BRAMBLING/5/ PAURAQ CMSS07B00525T-099TOPY-099M-099NJ-099NJ-1WGY-0B
9	TACUPETO F2001*2/KIRITATI//VILLA JUAREZ F2009 CMSS07B00094S-099M-099NJ-099NJ-16WGY-0B
10	PFAU/SERI.1B//AMAD/3/WAXWING/4/VILLA JUAREZ F2009 CMSS07B00144S-099M-099Y-099M-5WGY-0B
11	CIRNO C2008
12	Sáwali Oro C2008
13	Patronato Oro C2008
14	Movas C2009
15	Huatabampo Oro C2009
16	Quetchehueca Oro C2013
17	Baroyeca Oro C2013
18	Baroyeca Oro C2013
19	1A.1D5+1-06/3*MOJO//RCOL/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1 /5/CF4-JS40//SOOTY_9/RASCON_37/4/CNDO/PRIMADUR//HAI-OU_17/3/ SNITAN/9/CBC509CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR 84/4/AJAIA_2/5/ KJOVE_1/7/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/8/S CDSS07B00576T-0TOPY-099Y-014M-11Y-4M-0Y
20	AINZEN_1/6/2*CMH82A.1062/3/GERARDOVZ394//SBA81/PLC/4/AAZ_1/ CREX/5/HUI//CIT71/CII/9/CBC509CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR 84/4/AJAIA_2/5/KJOVE_1/7/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA _13/8/SOOTY_9/RASCON_37//WODUCK/CHAM_3 CDSS07B00431S-099Y-010M-11Y-2M-0Y

La fertilización consistió en 300 kg/ha de urea y 130 kg/ha de fosfato monoamónico 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 Sitiui® xl (metsulfuron metil) a dosis de 25 g/ha de producto comercial. Cada 10 metros se colectaron dos espigas de las camas centrales, a lo largo de la parcela, sumando un total de 10 espigas por cada una de las camas de cada línea/variedad. La cosecha se hizo a mano y la evaluación mediante inspección visual contando el número de granos sanos e infectados en cada espiga, sin tomar en consideración el tamaño de las lesiones. De esta forma se calculó el porcentaje de infección. Las líneas avanzadas y variedades que se probaron se originaron del programa colaborativo CIMMYT-INIFAP, las cuales tienen gran importancia para los productores de trigo del sur de Sonora y del noroeste de México, ya que algunas de ellas son variedades de reciente liberación y líneas candidatas a liberarse.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rango de infección para la primera repetición del grupo de cristalinos fue de 1.35 a 9.50%, con un promedio de 5.37, y para la segunda fue de 1.70 a 12.95%, con un promedio de 5.78; mientras que para el grupo de harineros fue de 1.28 a 18.70% con promedio de 6.57 y de 0.72 a 23.13% con promedio de 9.39% para la primera y segunda repetición, respectivamente (Fig. 2).

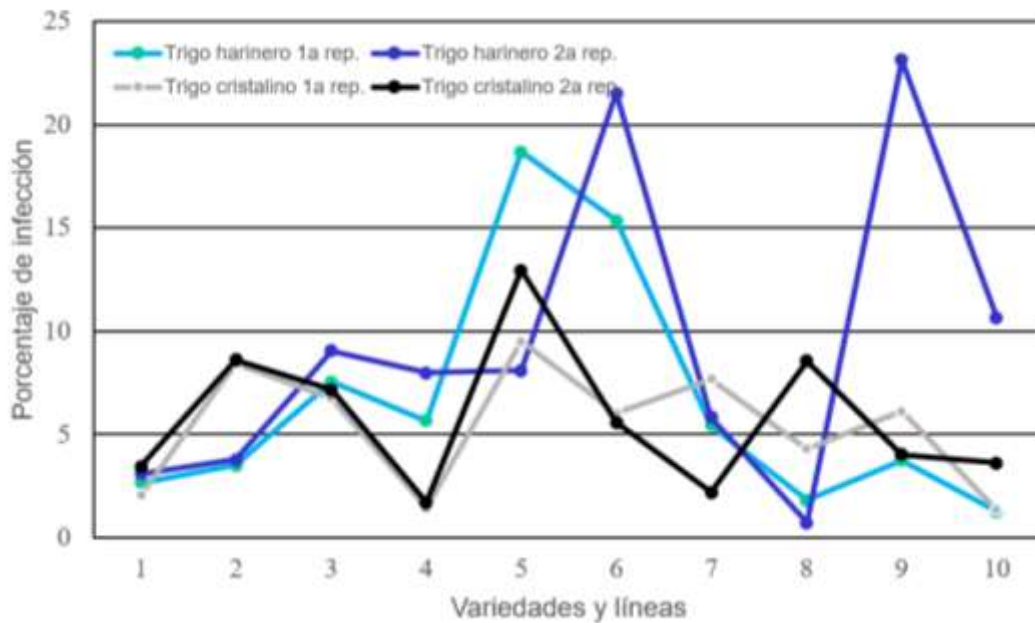


Fig. 2. Porcentaje de infección con punta negra de variedades y líneas de trigo harinero y cristalino bajo condiciones naturales, en el Valle del Yaqui, Sonora, durante el ciclo agrícola 2014-2015.

Del grupo de trigos cristalinos, la línea con el menor porcentaje de infección fue AINZEN_1/6/2*CMH82A.1062/3/GERARDOVZ394//SBA81/PLC/4/AAZ_1/CREX/5/HUI//CIT71/CII/9/CBC509CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR84/4/AJAIA_2/5/KJOVE_1/7/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/8/SOOTY_9/RASCON_37//WODUCK/CHAM_3 con promedio de 2.48%. Las variedades Movas C2009, CIRNO C2008, Baroyeca Oro

C2013, Quetchehueca Oro C2013, Patronato Oro C2008, Sáwali Oro C2008 y Huatabampo Oro C2009, presentaron promedios de infección de 1.56, 2.75, 4.94, 5.81, 6.96, 8.51 y 11.22%, respectivamente. Como grupo, las líneas y variedades quedaron distribuidas de la siguiente manera: todas presentaron granos con punta negra en ambas repeticiones, 2 quedaron en la categoría de infección de 0.1 a 2.5%, 3 en la categoría 2.6-5.0%, 4 en la categoría 5.1-10.0 y 1 en la categoría 10.1-30%. Del grupo de trigos harineros, la línea con el menor porcentaje de infección fue ATTILA/3*BCN//BAV92/3/PASTOR/4/TACUPETOF2001*2/BRAMBLING/5/PAURAQ con promedio de 1.27%. Las variedades Kronstad F2004, Tepahui F2009, Villa Juárez F2009, Ónavas F2009 y Borlaug 100, presentaron promedios de infección de 2.89, 3.65, 6.82, 8.30 y 13.40%, respectivamente. Como grupo, las líneas y variedades quedaron distribuidas de la siguiente manera: todas presentaron granos con punta negra en ambas repeticiones, 1 quedó en la categoría de infección de 0.1 a 2.5%, 2 en la categoría 2.6-5.0%, 4 en la categoría 5.1-10.0 y 3 en la categoría 10.1-30%. Fuentes-Dávila *et al.* (2009) reportaron que Samayoa C2004 presentó los niveles más altos de punta negra cuando se evaluó bajo condiciones naturales de infección bajo un sistema de microaspersión, así como sin éste, mientras que las variedades Banámichi C2004 y Átil C2000 mostraron un nivel de 0 a leve cuando se cultivaron sin la microaspersión y Júpare C2001 no presentó granos infectados; pero con microaspersión Júpare C2001 mostró un nivel de 0 a alto y Banámichi C2004 de 0 a leve. Fuentes-Dávila *et al.* (2014a), reportaron que en el ciclo agrícola 2011-2012, las variedades y líneas de trigo cristalino que presentaron los porcentajes promedio más bajos de infección en forma natural fueron Átil C2000 con 0.06%, GODRIN/GUTROS//DUKEM/3/THKNEE con 0.13%, MOHAWK/4/1A.1D5+10-6/2*WB881//1A. 1D5+10 con 0.23%, Movas C2009 con 0.26% y ARMENT//2*SOOTY_9/RASCON_37/4/ con 0.38%. Las variedades y líneas de trigo harinero que presentaron los porcentajes más bajos de infección fueron Onavas F2009 con 0.26%, SOKOLL*2/3/BABAX/LR42//BABAX con 0.41%, Tacupeto F2001 con 1.12%, Navoja M2007 con 2.06% y Roelfs F2007 con 2.33%. Los porcentajes más altos de infección los presentaron Villa Juárez F2009 con 7.43%, PBW343//CAR422/ANA/3/ELVIRA con 4.53% y Kronstad F2004 con 4.45%. También, Fuentes-Dávila *et al.* (2014b), reportaron que en otro experimento durante el ciclo agrícola 2011-2012, el promedio de infección en forma natural de las variedades de trigo cristalino CIRNO C2008 fue 0.62% y el de Huatabampo Oro C2009 0.54%, mientras que la línea que presentó el porcentaje más alto de infección en una primera fecha de siembra fue PRECO/10/TARRO_1/2*YUAN_1//AJAIA_13/YAZI/9/USDA595/3/D67.3/RABI//CRA/4/ALO/5/HUI/YAV_1/6/ARDENTE/7/HUI/YAV_79/8/POD_9/11/CNDO/PRIMADUR//HAI-OU_17/3/SNITAN/4/JUPAREC2001/5/CNDO/PRIMADUR//HAI-OU_17/3/SNITAN con 3.04% y en la segunda 1A.1D5+10-6/3*MOJO//RCOL /4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1 con 1.81%. Las evaluaciones de la punta negra en variedades así como en líneas avanzadas de trigo cristalino y harinero, deben continuarse para tomar en consideración la susceptibilidad a esta enfermedad, ya que es un factor que afecta negativamente el nivel de rentabilidad económica para los productores de trigo.

CONCLUSIONES

La línea de trigo cristalino con el menor porcentaje de infección por punta negra en forma natural fue AINZEN_1/6/2*CMH82A.1062/3/GERARDOVZ394//SBA81/PLC/4/AAZ_1/CREX/5/HUI//CIT 71/CII/9/CBC509CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR84/4/AJAIA_2/5/KJOVE_1/7/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/8/SOOTY_9/RASCON_37//WODUCK/CHAM_3 con promedio de 2.48%, y de las variedades Movas C2009 con 1.56%. Para los trigos harineros, la línea con el menor porcentaje de infección fue ATTILA/3*BCN//BAV92/3/PASTOR/4/ TACUPETO F2001*2/BRAMBLING/5/PAURAQ con promedio de 1.27%, y de las variedades Kronstad F2004 con 2.89%.

REFERENCIAS

- Fuentes-Dávila, G., Figueroa-López, P., Ammar, K., Cortés-Jiménez, J.M., Félix-Valencia, P., and Valenzuela-Herrera, V. 2009. Reaction of durum wheats to black point in Southern Sonora, Mexico. *Annual Wheat Newsletter* 55:128-132.
- Fuentes-Dávila, G., Figueroa-López, P., Camacho-Casas, M.A., Chávez-Villalba, G. y Félix-Fuentes, J.L. 2014a. Evaluación de la Reacción al Carbón Parcial en Variedades y Líneas Avanzadas de Trigo Cristalino en el Valle del Yaqui, Sonora, durante el Ciclo Agrícola 2011-2012. III Congreso Nacional y II Internacional de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Mayo 21-23, 2014. Toluca, Edo. De México, México.
- Fuentes-Dávila, G., Figueroa-López, P., Cortés-Jiménez, J.M., Félix-Valencia, P., Camacho-Casas, M.A., Félix-Fuentes, J.L. y Chávez-Villalba, G. 2014b. Reacción de trigos cristalinos a la punta negra (*Alternaria* spp.) bajo infección natural. XVI Congreso Internacional y XLI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C. Julio 20-24, 2014, Ixtapan de la Sal, Edo. de México, México.
- 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.
- Wiese, M.V. 1987. Compendium of Wheat Diseases. APS Press. The American Phytopathological Society. St. Paul, MN, USA. 112 p.

EVALUACIÓN DE LÍNEAS ELITE Y VARIEDADES DE CÁRTAMO (*Cartamus tinctorius* L.) EN EL VALLE DEL YAQUI.

¹Xochilt M. Ochoa Espinoza, ¹Nestor A. Aguilera Molina, ¹Elco H. García Bolívar, ¹Lope Montoya Coronado, ³Eva Ávila Casillas.

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

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de Mexicali.

ochoa.xochilt@inifap.gob.mx

Resumen

El mercado nacional busca principalmente las variedades del tipo oleico y por lo anterior el programa de mejoramiento se ha enfocado en la formación de estos materiales, actualmente, el programa de mejoramiento genético de cártamo del INIFAP-CENEB, cuenta con líneas elite con alto rendimiento, calidad y tolerantes a la falsa cenicienta. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar e identificar a las que presenten buenas características de rendimiento y calidad de aceite que puedan ser candidatas a ser liberadas como variedades. La parcela experimental se estableció en el block 910 del Valle del Yaqui, durante el ciclo otoño-invierno 2021/2022 en el CENEB. La siembra se realizó en húmedo, el día 9 de diciembre de 2021 en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron 6 variedades comerciales y 22 líneas avanzadas. Las variables que se midieron en campo fueron los días a floración, altura de planta, respuesta a cenicienta (en escala de 0 a 10, donde 0= cero daño y 10= 100% de daño), días a madurez fisiológica, porcentaje de aceite y rendimiento de grano (kg/ha). Se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias DMS con un $\alpha = 0.05$, usando el paquete estadístico SAS. Para el rendimiento de grano, el análisis estadístico mostró diferencias significativas entre tratamientos. La línea elite C-27-1Y-2Y (A/N) con 2640 kg/ha fue la de mayor producción, pero no cumple con la calidad de ácido oleico que es por encima del 75 %. Como las líneas 0272-3-2-1-MOC y C-62-OY-MOC que tienen un contenido de aceite de 38.0 y 39.8 % con un contenido de ácido oleico de 77.7 y 76.2 %, superando a los testigos comerciales y a todas las líneas evaluadas, además que es estadísticamente igual a la línea C-27-1Y-2Y (A/N) en cuanto a rendimiento, por lo tanto, estas líneas son aptas para continuar con la validación en diferentes regiones productoras para evaluar su comportamiento y ser liberada como variedad en un futuro.

Palabras clave: Calidad, Rendimiento y Línea elite.

Abstract

Worldwide the market looks for oleic varieties and therefore the breeding program has focused on the formation of this type of materials and currently, the safflower genetic improvement program of INIAP-CENEB, has several elite lines with high performance, quality and tolerant to false mildew. Therefore, the objective of this work was to evaluate and identify that present good characteristics of yield and oil quality that may be candidates to be released as varieties. The experimental plot was established in block 910 of the Yaqui Valley, during the autumn-winter cycle 2021/2022 at CENEB. The sowing was carried out wet, on December 9, 2021 in a random block design with four repetitions. 6 commercial varieties and 22 advanced lines

were evaluated. The variables that were measured in the field were days to flowering, plant height, response to false mildew (on a scale from 0 to 10, where 0= zero damage and 10= 100% damage), physiological maturity, percentage of oil and yield. An analysis of variance and DMS means comparison test were performed with $\alpha = 0.05$, using the SAS statistical. For grain yield, statistical analysis showed significant differences between treatments. The elite line C-27-1Y-2Y (A/N) with 2640 kg/ha was the one with the highest production, but it does not meet the quality of oleic acid which is above 75%. Such as lines 0272-3-2-1-MOC and C-62-OY-MOC which have an oil content of 38.0 and 39.8 % with an oleic acid content of 77.7 and 76.2 %, surpassing the commercial checks and all the lines evaluated, in addition to being statistically equal to the C-27-1Y-2Y (A/N) line in terms of performance, therefore, these lines are suitable to continue with validation in different producing regions to evaluate their behavior and be released as a variety in the future.

Keywords: Quality, Yield and Elit line.

Introducción

El cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) se cultiva en distintos países del mundo, siendo China, Estados Unidos, India y México los principales productores (FAOSTAT, 2021). En México los principales estados productores de cártamo son Jalisco, Sinaloa y Sonora. La superficie nacional de cártamo cosechada durante el ciclo otoño-invierno 2020-2021 fue de 39,669 hectáreas con un rendimiento medio de 1.75 t/ha y una producción de 36,165 toneladas, de esto el estado de Sonora aportó el 45% del área sembrada y el 27.8% de la producción nacional (SIAP, 2022). En cuanto a problemas fitosanitarios, durante el ciclo 2003-04 se presentó la enfermedad de la falsa cenicilla ocasionada por el hongo *Ramularia carthami* Zaprometov (Capnodiales: Mycosphaerellaceae) (Ramírez *et al.*, 2017) que ocasiono grandes pérdidas en los valles del Yaqui y Mayo. Debido a esto, el programa de mejoramiento genético del cultivo de cártamo del Campo Experimental Norman E. Borlaug, oriento su investigación a generar materiales que presenten resistencia a esta enfermedad (Montoya, 2010). El mercado busca principalmente las variedades del tipo oleico y por lo anterior el programa de mejoramiento se ha enfocado en la formación de este tipo de materiales y actualmente, el programa de mejoramiento genético de cártamo del CENEB, cuenta con varias líneas élite con alto rendimiento, calidad y tolerantes a la falsa cenicilla (Ochoa *et al.*, 2016). Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar e identificar líneas elite que presenten buenas características de rendimiento y calidad de aceite que puedan ser candidatas a ser liberadas como variedades.

Materiales y Métodos

La parcela experimental se estableció en el block 910 del Valle del Yaqui, Sonora, México, en el ciclo otoño-invierno 2021/2022 en el campo experimental Norman E. Borlaug. El suelo es de textura arcillosa con problemas de compactación y conocido en la región como barrial compactado. Se utilizó una densidad de población de 15 plantas por metro lineal; el manejo agronómico del cultivo se realizó de acuerdo a las recomendaciones del INIFAP para la región. La siembra se realizó en húmedo, el día 9 de diciembre de 2021 en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones en una parcela experimental de 19.2 m² y la parcela útil fue de 6.4 m². Se evaluaron 6 variedades comerciales (cinco del tipo oleico y una linoleico) (Cuadro 1) y 22 líneas avanzadas del programa de mejoramiento genético del INIFAP. Se aplicaron dos riegos de auxilio, se realizó un cultivo mecánico y un deshierbe manual, se fertilizó con la fórmula 150-52-00. Para el control de plagas se realizaron dos aplicaciones de cipermetrina 400 ml/ha, para gusano soldado, de la capsula y para chinches en las etapas de inicio de botones florales y llenado de grano, para el caso de la falsa cenicilla, en este ciclo no se realizaron aplicaciones debido a que no se presentaron las condiciones climáticas para el

desarrollo de la enfermedad. Las variables que se midieron en campo fueron los días a floración, altura de planta, respuesta a cenicilla (en escala de 0 a 10, donde 0= cero daño y 10= 100% de daño), días a madurez fisiológica, porcentaje de aceite (se midió con el aparato Foss Tecator) y rendimiento de grano. Se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias DMS con un $\alpha = 0.05$, usando el paquete estadístico SAS.

Resultados y Discusión

En el cuadro 1 se presentan las variables agronómicas de las líneas y variedades evaluadas. Se observa que son 10 los días de diferencia entre los materiales en cuanto a floración; la altura de la planta varió de 113 a 133 cm entre los materiales, es decir hay materiales con 20 cm de diferencia en altura, los días a madurez fisiológica se presentaron de los 142 a los 152 dds. En cuanto a falsa cenicilla no se presentó dicha enfermedad en ninguno de los materiales debido a que no se presentaron las condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad como lo menciona Armenta 2007, que las condiciones que favorecen la incidencia de la falsa cenicilla son días con HR>90 % y temperatura de entre 15 y 25 °C.

Cuadro 1. Características Agronómicas de líneas y variedades de Cártamo en el Valle del Yaqui. Ciclo O-I 2021-2022. CENEB-CIRNO-INIFAP.

Nº	Líneas y Variedades	Días a floración	Altura (cm)	*Cenicilla (0-10)	Días a madurez fisiologica
1	C-27-1Y-2Y(A/N)	110	114	0	144
2	CC-1726-1-1-MOC	113	126	0	150
3	S-323	111	113	0	142
4	O272-3-2-1-MOC	112	123	0	144
5	SEMAY-OL	118	124	0	147
6	C-62-OY-MOC	118	129	0	152
7	CCC-1635-1-1-1-1-N-MOC	115	133	0	149
8	RC-1002	111	123	0	142
9	CCC-1651-1-1-1-2Y-1Y	116	134	0	149
10	C-55-2-MOC	120	132	0	149
11	C-62-MOC	115	114	0	148
12	C-45-2-MOC	117	115	0	142
13	CC1726-2-A/N-MOC	115	126	0	150
14	CHEY-OL	118	120	0	149
15	C-27-1-MOC	117	125	0	149
16	CCC-1631-1-1-1-3-OY-MOC	120	128	0	151
17	CC1726-1-A/N-MOC	114	116	0	149

18	CC1588-1-2-1-2-OY-1-MOC	119	130	0	149
19	CC1658-1-OY	121	123	0	148
20	CC1238-1-1-3-OY-1-MOC	119	129	0	152
21	C-72-1-1-OY-MOC	121	132	0	150
22	CC1726-1-A/A-MOC	118	129	0	151
23	CC-1725-1-1-MOC	118	127	0	147
24	CIANO-OL	119	116	0	148
25	CC1588-1-2-1-2-OY	119	133	0	151
26	S-390	118	126	0	150
27	C-71-2-MOC	118	123	0	142
28	CC1588-1-2-1-2-OY-2-MOC	118	112	0	148

*0 = CERO DAÑO, 10 = 100% DE DAÑO (Ramírez, 2006).

Con respecto al rendimiento de grano, el análisis estadístico mostró diferencias significativas entre tratamientos, con un coeficiente de variación de 5.6 %, lo cual indica una buena confiabilidad de los datos analizados. La línea élite C-27-1Y-2Y (A/N) con 2640 kg/ha fue la de mayor producción de todos los materiales evaluados, siendo estadísticamente igual a las variedades (testigo) S-323, Semay-OL, RC- 1002, Chey-OL y a 9 líneas experimentales (Cuadro 2). Sin embargo, en cuanto a contenido de aceite supera a los testigos con 41 %, pero no cumple con la calidad de ácido oleico que es por encima del 75 %. Como las líneas 0272-3-2-1-MOC y C-62-OY-MOC que tienen un contenido de aceite de 38.0 y 39.8 % con un contenido de ácido oleico de 77.7 y 76.2 %, superando a los testigos comerciales y a todas las líneas evaluadas, además que estadísticamente es igual a la línea C-27-1Y-2Y (A/N) en cuanto a rendimiento (Cuadro 2). Los aceites con alto contenido de ácido oleico son muy apreciados por la industria alimenticia e industrial, debido a que combinan un efecto hipocolesterolémicos (Mensink y Katan, 1989), el cual consiste en inhibir la absorción intestinal del colesterol, tanto dietario como biliar, sin modificar los niveles de las lipoproteínas de alta densidad, lo cual ayuda a prevenir la incidencia de problemas cardiovasculares, diabetes, arteriosclerosis entre otras (Medina *et al.*, 2014). Es por esto que en los últimos años la investigación en la generación de materiales de cártamo se ha orientado a producir variedades comerciales con alto contenido de ácido oleico (Hamdan, *et al.*, 2012).

Cuadro 2. Características de rendimiento y calidad de líneas y variedades de Cártamo en el Valle del Yaqui. Ciclo O-I 2021-2022. CENEB-CIRNO-INIFAP.

Nº	Líneas y Variedades	Rendimiento (Kg/ha)	% Aceite	% Ácido Oleico
1	C-27-1Y-2Y(A/N)	2640 a	41.4	72.9
2	CC-1726-1-1-MOC	2595 ab	38.4	74.1
3	S-323	2595 ab	39.8	74.4
4	0272-3-2-1-MOC	2516 abc	38.0	77.7
5	SEMAY-OL	2530 abc	38.8	74.1
6	C-62-OY-MOC	2493 abcd	39.8	76.2
7	CCC-1635-1-1-1-1-N-MOC	2481 abcde	39.7	74.3
8	RC-1002	2465 abcdef	42.2	73.0
9	CCC-1651-1-1-1-2Y-1Y	2451 abcdefg	38.0	75.7
10	C-55-2-MOC	2374 abcdefg	38.1	75.8
11	C-62-MOC	2357 abcdefg	38.0	75.1
12	C-45-2-MOC	2415 abcdefg	39.0	74.5
13	CC1726-2-A/N-MOC	2372 abcdefg	37.4	75.5
14	CHEY-OL	2371 abcdefg	38.7	73.3
15	C-27-1-MOC	2341 bcdefg	39.0	76.1
16	CCC-1631-1-1-1-3-OY-MOC	2333 bcdefg	38.3	75.0
17	CC1726-1-A/N-MOC	2345 bcdefg	38.6	75.3
18	CC1588-1-2-1-2-OY-1-MOC	2305 cdefg	38.5	74.7
19	CC1658-1-OY	2291 cdefg	37.1	75.3
20	CC1238-1-1-3-OY-1-MOC	2291 cdefg	37.9	75.9
21	C-72-1-1-OY-MOC	2251 cdefg	36.4	74.0
22	CC1726-1-A/A-MOC	2282 cdefg	39.4	75.5
23	CC-1725-1-1-MOC	2226 defg	39.0	74.2
24	CIANO-OL	2229 defg	39.2	75.6
25	CC1588-1-2-1-2-0Y	2204 efg	38.2	75.8
26	S-390	2197 efg	40.5	75.5
27	C-71-2-MOC	2185 fg	37.4	76.4
28	CC1588-1-2-1-2-OY-2-MOC	2175 g	38.7	73.6

Conclusión

El Programa de Mejoramiento Genético para la formación de variedades de esta especie continua con la elaboración y la validación de los materiales para liberación como variedades. Como el caso de las líneas 0272-3-2-1-MOC y C-62-OY-MOC que presentan buen rendimiento, un porcentaje de aceite mayor de 38 % y un contenido de ácido oleico por arriba del 75.0 %, lo cual son aptas para continuar con la validación en diferentes regiones productoras para evaluar su comportamiento y ser liberada como variedad en un futuro.

Literatura citada

- Armenta, C. C. M. 2007. Exploración de las condiciones ambientales que intervienen en la patogénesis de la falsa cenicilla en el cultivo de cártamo en el valle del mayo, Sonora. Informe técnico 2006/2007. CEVY-CIRNO-INIFAP.
- FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021) Estadísticas de producción. Consultado en línea (Diciembre 2021) link: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
- Hamdan, Y, A. S., García, M. M. J., Fernández, M. J. M., Velasco, L. and Pérez, V. B. (2012) Mapping of major and modifying genes for high oleic acid content in safflower. *Molecular Breeding*. 30: 1279-1293.
- Medina, T. C., Portal, F. S y Sánchez. M. A. (2014) Efecto hipocolesterolémico de las fibras solubles extraídas de la paleta de *Opuntia ficus-indica* en *Oryctolagus cuniculus* var. *Albinus* (New Zeland). *Triaca Magna*. 2(2): 79- 88 p.
- Mensink, R. P. and Katan, M. B. (1989) Effect of a diet enriched with monounsaturated or polyunsaturated fatty acids on levels of low-density 25 and high-density lipoprotein cholesterol in healthy women and men. *New England Journal of Medicine*. 321(7): 436-441. Doi: 10.1056/NEJM198908173210705
- Montoya C. L. 2010. El cultivo del Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) En México. Libro Técnico Núm. 5. INIFAP-CIRNO. Obregón Sonora, México. 96 pp.
- Ochoa E.X.M., Aguilera M. N. A., Montoya C.L., Cota B.C., Avila C.E., Borbón G.A. 2016. Validación comercial de la línea elite cc-1572 de cártamo tolerante a falsa cenicilla en el valle del yaqui, sonora. MEMORIA XIX Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, B.C. p. 119.
- Ramírez A. J. A., F. Cabrera C., L. Montoya C., X. M. Ochoa E. y A. Borbón G. (2017) Efecto del riego en el desarrollo y control de la falsa cenicilla del cártamo en el Sur de Sonora. INIFAP-CIRNO-CENEB. Folleto Técnico no. 101. Cd. Obregón Sonora. 28 p.
- SIAP. 2022. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA), Sonora, México. <http://www.siap.gob.mx>.

INFLUENCIA DEL NIÑO EN EL INCREMENTO RADIAL ANUAL DEL ENCINO (*Quercus canbyi* Trel.)

Constante-García, Vicenta*¹, Villanueva-Díaz, José¹ y Nava-Reyna, Erika¹

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

*Autor de correspondencia: constante.garcia@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los crecimientos anuales del género *Quercus* constituyen un "proxy" para reconstruir el clima del pasado y revelar la influencia que ejercen fenómenos climáticos de circulación general. La información así generada es de utilidad para mejorar los modelos climáticos de amplia aplicación en la planeación agrícola y en otras áreas de importancia económica. El presente trabajo tiene como objetivo determinar la presencia de frecuencias significativas en los anillos de crecimiento de especies arbóreas y que pueden derivarse de la influencia de modos circulatorios de amplio alcance, que afectan el clima del territorio nacional, particularmente del noreste del México. El estudio se llevó a cabo en el centro-sureste del estado de Nuevo León, específicamente en el municipio de Iturbide, Nuevo León. Los incrementos radiales o virutas se obtuvieron a 1.30 m de altura en especímenes de *Quercus canbyi* Trel. presentes dentro del "Campus Ecológico Iturbide" de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). La preparación del montado, lijado, fechado, medición y estandarización de los crecimientos anuales se llevó a cabo utilizando técnicas dendrocronológicas convencionales. La serie de crecimiento de anillo total de *Q. canbyi* señala la presencia de frecuencias de 2, 4 y 8 años ($p < 0.05$). La asociación entre los índices del Niño Oscilación del Sur, región 3.4 e índices de crecimiento de anillo total del encino, indica que de 1930 a 1945, se presentó un pico significativo; aunque eventos de reciente registro como el de 1995 al 2000, no parecen haber tenido un efecto importante en los crecimientos anuales del encino para el noreste de México.

Palabras clave: Encino, Clima, Análisis de ondículas

ABSTRACT

The *Quercus* genus annual growths are a proxy for reconstructing past climate and revealing the influence of climatic events of general circulation. The information thus provided is useful for improving climate models of wide application in agricultural planning and other areas of economic importance. The present work has the objective of determining the presence of significant frequencies in the growth rings of tree species that can be derived from the influence of wide-ranging circulatory modes that affect the climate of the national territory, particularly in northeastern Mexico. The study was carried out in the center-southeast of the state of Nuevo León, specifically in the municipality of Iturbide, Nuevo León. The radial increments or wood chips were obtained at a height of 1.30 m in *Quercus canbyi* Trel specimens present in the "Iturbide Ecological Campus" of the Autonomous University of Nuevo Leon (UANL). The assembly preparation, sanding, dating, measurement and standardization of

annual growth was carried out using conventional dendrochronological techniques. The total ring growth series of *Q. canbyi* indicates the presence of frequencies of 2, 4 and 8 years ($p < 0.05$). The association between Niño Southern Oscillation indices, region 3.4 and total ring growth indices of oak, show that from 1930 to 1945, there was a significant growth peak; although recent events, such as those from 1995 to 2000, do not seem to have had an important effect on the ring growth of oak in northeastern Mexico.

Key words: *Oak*, *Climate*, *Wavelet Analyses*

INTRODUCCIÓN

Los anillos de los árboles son un indicador del clima con fechas precisas, y resoluciones anuales o subanuales, registros a largo plazo, que se han utilizado para explorar la relación entre el crecimiento radial de árboles y factores climáticos (Liang *et al.*, 2019). Estos datos proxy se pueden usar para reconstruir el clima y pueden revelar patrones de oscilación en diferentes dominios de frecuencia de ciertos fenómenos de circulación general. Esta información puede mejorar modelos climáticos existentes o en proceso de desarrollo de utilidad en la toma de decisiones en el ámbito agrícola o en otras áreas productivas de importancia económica y social (Lo *et al.*, 2007; Meinke y Stone, 2005).

El continente Americano presenta una gran complejidad orográfica y ubicación geográfica, donde se originan una gran cantidad de fenómenos climáticos cuya frecuencia puede registrarse en los anillos de árboles fechados con exactitud al año de su formación (Cook, 1992; Worbes, 2002). México como parte de este continente presenta alta variabilidad climática, que da origen a una diversidad de ecosistemas con presencia de especies arbóreas que generan anillos de crecimiento anual (Sánchez *et al.*, 2007). De esta manera, en México, la influencia de Monzón de Norteamérica y la posición de la Zona Intertropical de Convergencia (ITZC), dan pie a la dominancia de un régimen de lluvias de verano; aunque, fenómenos como El Niño Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) y la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO, por sus siglas en inglés), impactan de igual manera a diversas regiones del país (Magaña *et al.*, 2003; Pavia *et al.*, 2006). Determinar la influencia de estos fenómenos en un país con una orografía accidentada, se vuelve relevante; ante un potencial cambio climático global (IPCC, 2018).

La generación de series de crecimiento de anillos de árboles, más allá de los registros climáticos disponibles, constituye un método indirecto para analizar la influencia histórica de estos modos circulatorios, su frecuencia en el tiempo y tendencias potenciales. En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo determinar las frecuencias significativas de las series de anillos de árboles, que pueden estar relacionadas con fenómenos océano-atmósfera, los cuales inciden en el clima del noreste del México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el centro-sureste del estado de Nuevo León, específicamente en el municipio de Iturbide, Nuevo León, la mayoría de las muestras fueron tomadas dentro del Campus Ecológico Iturbide, de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). El área de estudio se ubica dentro de la Provincia Fisiográfica Sierra Madre Oriental, sub-provincia Gran Sierra Plegada; la geología del sitio de muestreo está compuesta por una serie de capas de roca sedimentaria surgida del lecho marino, durante el cretácico superior (Rzedowski, 1978). La edafología se enmarca en suelos de tipo Litosol, que se caracterizan por ser de profundidad somera, bajo el mismo subyace roca dura continua (FAO - Unesco., 1988). Estudios en específico ubican éste lugar dentro del tipo de vegetación denominado Bosque Mixto de *Quercus* y *Pinus* (Salinas, 2012). De acuerdo con el sistema climático de Köppen, modificado para la República Mexicana por García en (1973), el clima en esta región se clasifica como semi-seco y semi-cálido. El área presenta lluvias de verano, así como un porcentaje de precipitación invernal entre 5 y 10.2, con inviernos frescos.

Los incrementos anuales fueron tomados a 1.30 m del fuste principal de especímenes de *Q. canbyi*. La preparación del montado, pulido y lijado se llevó a cabo mediante técnicas dendrocronológicas convencionales (Stokes y Smiley, 1996) ampliamente descritas por diversos autores (Villanueva-Díaz *et al.*, 2009; Natalini y Alejano, 2017). En el presente estudio se consideró exclusivamente el ancho del anillo total. La calidad del datado de cada anillo anual se verificó a través del programa COFECHA (Holmes, 1983). La medición de los incrementos anuales fue llevado a cabo a través del programa Measure J2X para Windows. La eliminación de la varianza en cada muestra originada por factores biológicos y ecológicos fue eliminada ajustando diferentes tipos de curvas (Cook, 1985) a través del paquete dprIR perteneciente al programa R versión 3.4 (Bunn, 2008). Posterior al ajuste de las series, éstas se promediaron para generar una cronología promedio o maestra. Para definir la presencia de frecuencias significativas en la serie dendrocronológica, se realizó un análisis espectral de potencia sobre la cronología detectando frecuencias significativas mediante análisis de ondeletas, utilizando la wavelet madre Morlet y el paquete CompWavelet (Torrence y Compo, 1998). En análisis de Coherencia entre El fenómeno del Niño y los crecimientos anuales fue realizada utilizando el paquete biwavelete (Conduct Univariate and Bivariate Wavelet Analyses) incluido en el programa R versión 4.1 (Torrence y Webster, 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La extensión de la serie dendrocronológica de anillo total de *Q. canbyi* fue de 104 años (1910 – 2014), con un tamaño de muestra de 21 radios procedentes de 16 árboles, registró una intercorrelación entre series de 0.61 ($p < 0.01$), la cual indica excelente respuesta común entre las mismas (Figura 1).

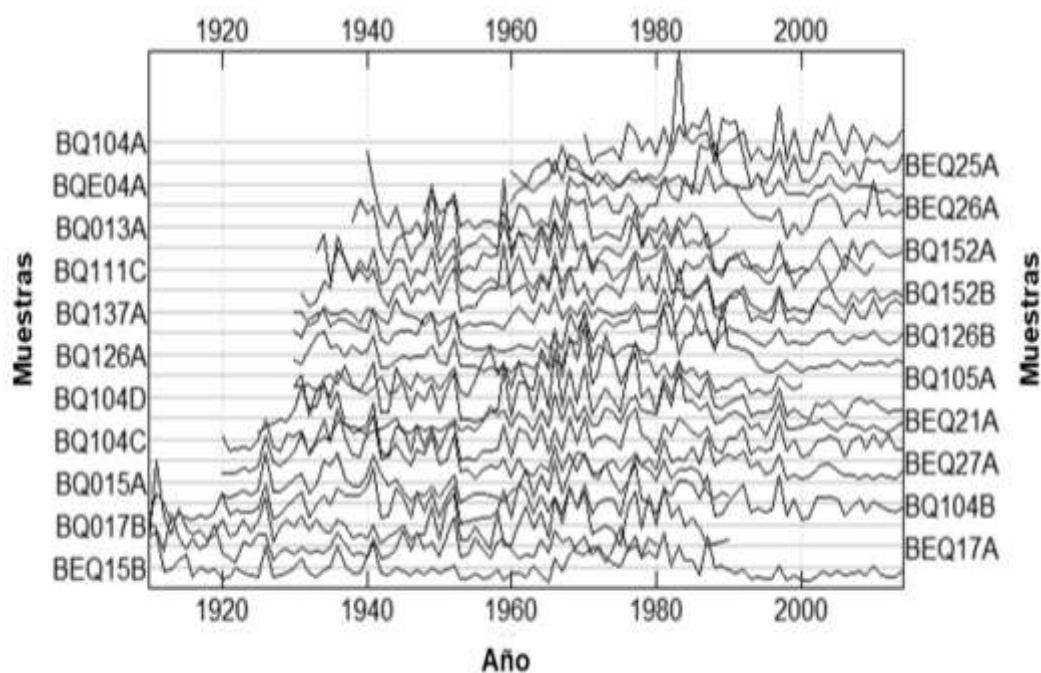
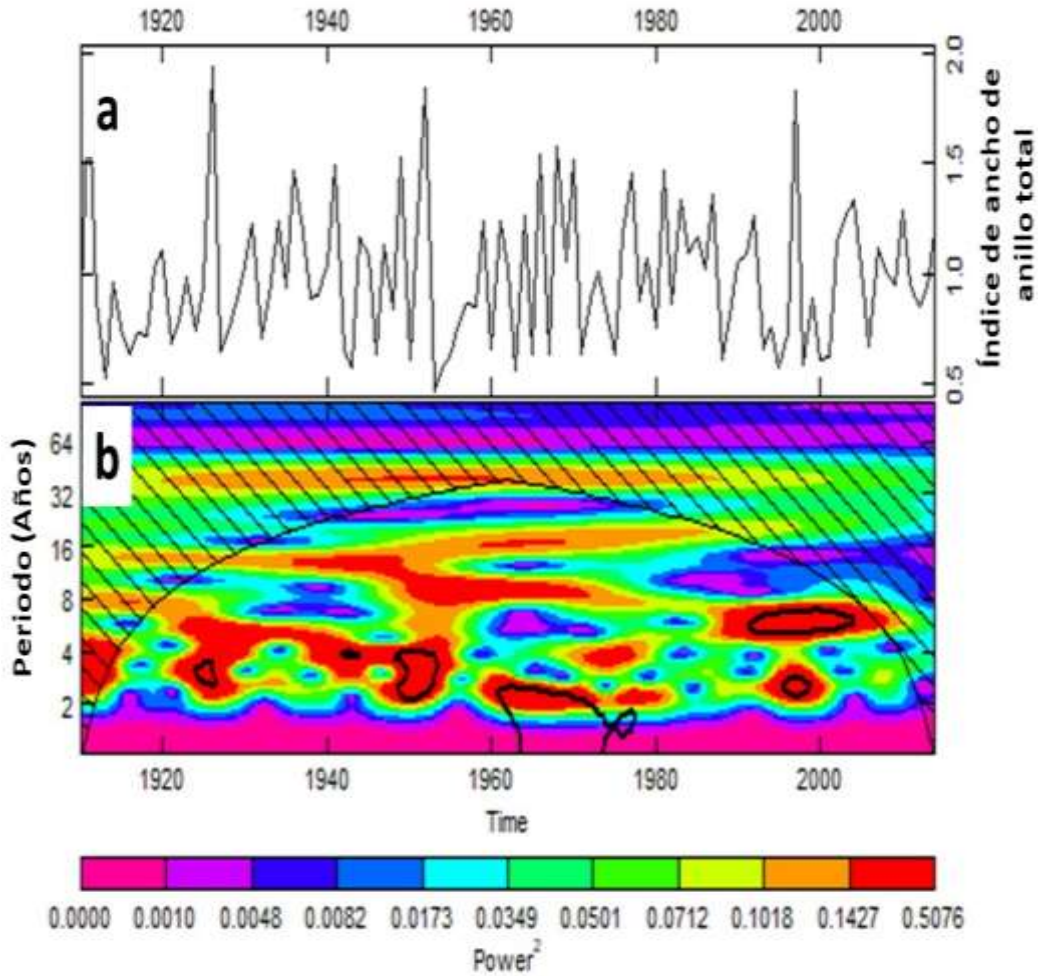


Figura 1. Sincroneidad de series de crecimiento con los incrementos radiales fechados al año de su formación para la especie *Q. canbyi* en el estado de Nuevo León.

La serie de tiempo o cronología de ancho de anillo total al ser analizada de forma espectral (1910-2007) indicó frecuencias con períodos significativos ($p < 0.05$) para 2, 4 y 8 años, los cuales se presentaron en la década de 1920'S, principio de 1950, décadas de 1960, 1970, 1980 y a finales de 1990 (Figura 2). Estudios al respecto, indican que la frecuencia entre 2 a 8 años, se asocia con la variabilidad de ENSO, que muestra frecuencias en ese rango de años (Rasmusson y Carpenter, 1982; Schöngart *et al.*, 2004).



Espectro de potencia de ondícula "Power²"

Figura 2. Espectro de potencia de ondeleta de la cronología de ancho de anillo de *Q. canbyi*. a) índice de ancho de anillo, y b) Espectro de ondeleta para la serie de tiempo. Las manchas rojas delimitadas por una línea negra indican periodos con frecuencias significativas ($p < 0.05$). El cono invertido indica la significancia ($p < 0.05$) dentro del periodo analizado.

La verificación para la asociación entre la serie de ancho de anillo y los índices de El Niño Oscilación del Sur (SOI) analizadas mediante un análisis de coherencia espectral (1910-2007), mostró una relación significativa en fase positiva ($p < 0.5$), que corresponde a las frecuencias de 2 a 6 años en el periodo 1930- 1945; un segundo periodo se determinó entre 1992-2000, el cual no coincide o presenta desfase entre las variables, es decir que el evento SOI ocurrido en este periodo, no ejerció ninguna influencia en el crecimientos del encino (Figura 3).

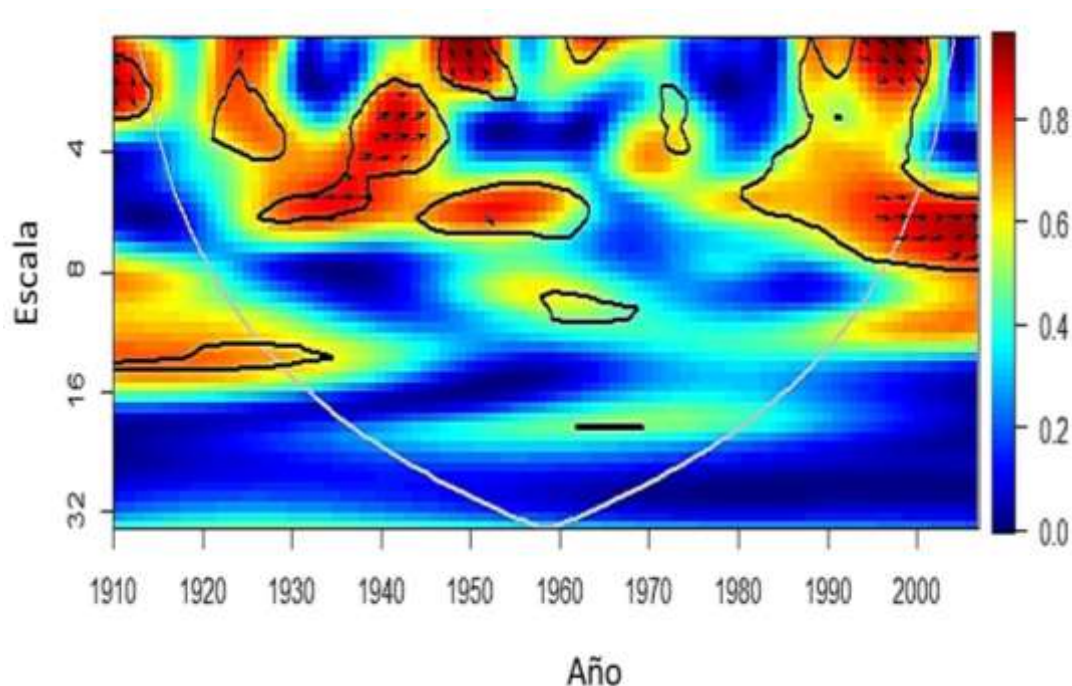


Figura 3. Análisis de coherencia entre el índice de ancho de anillo e índices de ENSO, región 3.4. Las zonas en color rojo definidas por una línea continua, indican la presencia de una relación significativa ($p < 0.05$) entre ambas variables. Las flechas horizontales hacia la derecha señalan una relación positiva e indican que ambos fenómenos están en fase, mientras que las flechas en dirección opuesta (izquierda), denotan una relación negativa o antifase y las flechas con orientación vertical indican un desfase entre variables.

De los períodos significativos, el comprendido entre 1930 a 1945, presentó una asociación positiva entre el fenómeno El Niño y la serie de crecimiento del encino. Se tiene evidencia que este evento ocurrió en el pacífico tropical central y oriental en los años: 1930-1931, 1932, 1939, 1940-1941 y 1943, catalogados como eventos cálidos (Quinn, 1993; Quinn y Neal, 1987). En tanto Kestin *et al.*, (1998) reporta que dentro del periodo 1930 a 1960 el fenómeno de El Niño registró frecuencias ente 4 a 7 años.

Para México en el estado de Durango, se reportó en el periodo de 1925-1930 una relación positiva y significativa con una periodicidad de 0 a 4 años, aunque también se encontraron frecuencias de 4 a 8 en otros periodos (Villanueva-Díaz *et al.*, 2011) la cuales son similares a los encontrados en este trabajo. De la mismas forma, otro trabajo realizado para el mismo estado, presenta frecuencias de 4 a 8 años, aunque este no concordó con el periodo en discusión de 1930 a 1945 (Villanueva-Díaz *et al.*, 2011).

Un segundo periodo de ENSO que se presentó a inicios de la década de 1990 hasta la mitad del mismo, no mostró influencia sobre el crecimiento de *Q. canbyi*.

El presente trabajo confirma la respuesta de ENSO en el desarrollo del incremento radial de *Q. canbyi*, por lo que un mayor esfuerzo para desarrollar series dendrocronológicas más

extensas de esta especie, puede proporcionar mayor información sobre la influencia de este fenómeno climático y la posibilidad de analizar sus tendencias venideras.

CONCLUSIONES

La serie de crecimiento de anillo total de *Q. canbyi* Trel muestra frecuencias de 2, 4 y 8 años relacionadas con la influencia del Niño Oscilación del Sur. Se determinó una asociación significativa en la serie de crecimiento del encino e índices de ENSO para el período de 1930 a 1945 con efecto positivo en el incremento radial de *Q. canbyi*. Eventos ocurridos de este fenómeno en el período de 1995 al 2000 no parecen haber impactado el crecimiento de esta especie en el noreste de México.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados son parte del proyecto fiscal No. 856534886 “Estudios dendrocronológicos de poblaciones de encino (*Quercus* spp) en el norte de México para reconstrucción de clima, biomasa y captura de carbono”.

REFERENCIAS

- Bunn, A. G. (2008). A dendrochronology program library in R (dplR). *Dendrochronologia*, 26(2), 115–124. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2008.01.002>
- Cook, E. R. (1985). A Time Series Analysis Approach to Tree Ring Standardization. School of Renewable Natural Resources, PhD Thesis, 171.
- FAO - Unesco. (1988). Soil Map of the world. In Soil Map of the World.
- Holmes, R. (1983). Computer-Assisted Quality Control in Tree-Ring Dating and Measurement. *Tree-Ring Bulletin*.
- IPCC. (2018). IPCC, 2018: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways. , In the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty, [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)], In Press. <https://doi.org/10.1038/291285a0>
- Kestin, T., Karoly, J., y Yano, J. . (1998). Time – Frequency Variability of ENSO and Stochastic Simulations. *Journal of Climate*, 11, 2258–2272.
- Liang, H., Huang, J. G., Ma, Q., Li, J., Wang, Z., Guo, X., Zhu, H., Jiang, S., Zhou, P., Yu, B., y Luo, D. (2019). Contributions of competition and climate on radial growth of *Pinus massoniana* in subtropics of China. *Agricultural and Forest Meteorology*, 274(January), 7–17. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.04.014>
- Lo, F., Wheeler, M. C., Meinke, H., y Donald, A. (2007). Probabilistic forecasts of the onset of the north Australian wet season. *Monthly Weather Review*, 135(10), 3506–3520. <https://doi.org/10.1175/MWR3473.1>
- Magaña, V. O., Vázquez, J. L., Pérez, J. L., y Pérez, J. B. (2003). Geofísica Internacional. *Geofísica Internacional*, 42(3), 313–330. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56842304>
- Meinke, H., y Stone, R. C. (2005). Seasonal and inter-annual climate forecasting: The new tool for increasing preparedness to climate variability and change in agricultural planning and operations. *Climatic Change*, 70(1–2), 221–253. <https://doi.org/10.1007/s10584-005-5948-6>
- Natalini, F., y Alejano, R. (2017). Técnicas y herramientas para la preparación de muestras extraídas de árboles para el análisis dendrocronológico. April 2018.

- Pavia, E. G., Graef, F., y Reyes, J. (2006). Notes and correspondence PDO – ENSO Effects in the Climate of Mexico. *Journal of Climate*, 19, 6433–6438.
- Quinn, W. H. (1993). The Large-Scale ENSO Event, The El Niño and Other Important Regional Features. *Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines*, 22(1), 13–34. [http://www.ifeanet.org/publicaciones/envio_pdf.php?url=http://www.ifeanet.org/publicaciones/boletines/22\(1\)/13.pdf](http://www.ifeanet.org/publicaciones/envio_pdf.php?url=http://www.ifeanet.org/publicaciones/boletines/22(1)/13.pdf)
- Quinn, W. H., y Neal, V. T. (1987). El Niño Occurrences Over the Past Four and a Half Centuries Our investigation of El Niño activity lies within the history- depended on geophysical during the. *Journal of Geophysical Research*, 92(C13), 14,449-14,461.
- Rasmusson, E. M., y Carpenter, T. . (1982). Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the southern oscillation/El Niño. *Monthly Weather Rev*, 110, 354– 384.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. Ed. Limusa. 432 pp.
- Sánchez, O., Herzig, M., Peters, E., Márquez, R., y Zambrano, L. (2007). *Perpectivas sobre conservación de ecosistemas acuaticos en México*. Instituto Nacional de Ecología (INE-Semarnat).
- Schöngart, J., Junk, W. J., Piedade, M. T. F., Ayres, J. M., Hüttermann, A., y Worbes, M. (2004). Teleconnection between tree growth in the Amazonian floodplains and the El Niño-Southern Oscillation effect. *Global Change Biology*, 10(5), 683–692. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00754.x>
- Stokes, M. A., y Smiley, T. I. (1996). *An introduction to tree-ring dating*. (2 nd). University of Arizona Press.
- Torrence, C., y Webster, P. J. (1998). The annual cycle of persistence in the El Niño/Southern Oscillation. *Meteorol. Soc.*, 1998, 2107–2114.
- Torrence, Christopher, y Compo, G. P. (1998). A practical guide to wavelet analysis christopher. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79(1), 61–78.
- Villanueva-Díaz, J., Cerano-Paredes, J., Constante-García, V., Montes-González, L. E., y Vázquez-Selem, L. (2009). Muestreo Dendrocronológico: colecta, preparación y procesamiento de núcleos de crecimiento y secciones transversales. CENID-RASPA. INIFAP. ISBN:978-607-425-141-8. 49 pag.
- Villanueva-Díaz, J., Cerano-Paredes, J., Constante-García, V., Stahle, D. W., Estrada-Ávalos, J., y Tostado-Plascencia, M. M. (2011). Variabilidad hidroclimática histórica del norte de México inferida con anillos de crecimiento de douglas-fir. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(1), 221–234.
- Worbes, M. (2002). One hundred years of tree-ring research in the tropics - A brief history and an outlook to future challenges. *Dendrochronologia*, 20(1–2), 217–231. <https://doi.org/10.1078/1125-7865-00018>

INTERNET DE LAS COSAS (IoT) Y RIEGO INTELIGENTE: ALTERNATIVAS EN EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN HUERTAS DE NOGAL

INTERNET OF THINGS (IoT) AND SMART IRRIGATION: ALTERNATIVES IN THE EFFICIENT MANAGEMENT OF IRRIGATION IN WALNUT ORCHARDS

Juan G. Martínez Rodríguez¹, Juan Manuel Covarrubias Ramirez¹ e Ignacio Orona Castillo²

¹ INIFAP CIRNE Campo Experimental "Saltillo" Saltillo, Coah.

² Facultad de Agronomía y Zootecnia, UJED. Ejido Venecia, Gómez Palacio, Dgo.
e-mail: martinez.juanquillermo@inifap.gob.mx

RESUMEN

En los últimos años, los avances tecnológicos han permitido la utilización de redes inalámbricas, así como de sensores y equipos de monitoreo de procesos de bajo costo en diversos campos del quehacer humano. Un campo en el cual presenta gran potencial es la agricultura y específicamente en la aplicación de agua al cultivo. El uso del riego inteligente implica un cambio en el paradigma en la toma de decisiones en cuanto al cuándo y cuánto regar. Actualmente, todos los procesos relacionados con el manejo del agua de riego y con la aplicación de los mismos los decide una persona encargada de ello. Reemplazar el riego manual con válvulas, sensores y sistemas automáticos elimina el error humano y es más eficiente ahorrando energía, tiempo y recursos. El riego inteligente, se presenta como un método de vanguardia, para aumentar la productividad de los cultivos y gestionar el uso excesivo de agua con la ayuda de tecnologías avanzadas, que incluyen redes de sensores inalámbricos, computación en la nube e IoT.

ABSTRACT

In recent years, technological advances have allowed the use of wireless networks, as well as sensors and low-cost process monitoring equipment in various fields of human activity. One field in which it has great potential is agriculture and specifically the application of water to crops. The use of smart irrigation implies a paradigm shift in decision-making regarding when and how much to irrigate. Currently, all the processes related to the management of irrigation water and their application are decided by a person in charge of it. Replacing manual irrigation with valves, sensors, and automatic systems eliminates human error and is more efficient, saving energy, time, and resources. Precision irrigation is presented as a state-of-the-art method to increase crop productivity and manage excessive water use with the help of advanced technologies, including wireless sensor networks, cloud computing and IoT.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, un tercio de la población global sufre de falta de agua. Para el 2030, esta cifra se incrementará a 50%, convirtiendo al problema del agua en una situación más que alarmante. Otro dato importante por resaltar, es que el 70% del total de agua potable es consumida por la agricultura y es aquí donde ocurre el mayor desperdicio de este recurso. Más de la mitad del agua que está destinada para la irrigación se pierde por distintas causas. Es claro que existe una necesidad por encontrar mejores formas de hacer las cosas para revertir este problema. En los últimos años, los avances tecnológicos han permitido la

utilización de redes inalámbricas, así como de sensores y equipos de monitoreo de procesos de bajo costo en diversos campos del quehacer humano. Uno campo en el cual presenta gran potencial es la agricultura y específicamente la aplicación de agua al cultivo.

El riego inteligente es el componente clave de la agricultura de precisión. Este tipo de tecnología ayuda a evitar el desperdicio de agua y mejorar la calidad y rendimiento de los cultivos a través de la aplicación de riego en el tiempo correcto, con la ayuda de sensores de suelo y clima que determinan el tiempo y la cantidad de agua a aplicar de acuerdo a un valor umbral preciso de consumo de la humedad del suelo. Lo anterior, permite conocer mejor los parámetros de riego óptimos para cualquier localidad dentro de la finca o rancho. El riego inteligente, potenciada por el Internet de las Cosas (IoT), junto con una red de objetos, sensores y API's para conectarse e intercambiar datos por internet, puede ser de gran ayuda en la gestión del estrés hídrico de los cultivos y en el aumento de la productividad de los campos. Como ya se ha establecido, el ritmo de desarrollo tecnológico y el grado de innovación en las tecnologías influirán en gran medida en la estabilidad, y sin duda en la productividad, de la agricultura (Hutchins y Gehring, 1993).

El uso del riego inteligente implica un cambio en el paradigma del riego. Actualmente, todos los procesos relacionados con el manejo del agua de riego y con la aplicación de los mismos los decide una persona encargada de ello. Reemplazar el riego manual con válvulas y sistemas automáticos elimina el elemento de error humano y es más eficiente ahorrando energía, tiempo y recursos. Cabe resaltar que la instalación y configuración de los sistemas de irrigación inteligente, en general, no es complicada.

Por los grandes volúmenes de agua de riego utilizado, el nogal pecanero se posiciona como uno de los cultivos más 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 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, 2021). En el 2021 se produjeron 135,946 toneladas de nuez en una superficie de 146,239 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 2021 una derrama económica de 12,131 millones de pesos con un rendimiento promedio nacional de 1.22 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 inteligente ayuda a los productores a administrar otros recursos de manera más efectiva, producir cultivos más saludables y de mayor rendimiento. El objetivo del presente trabajo es presentar, a través de una revisión bibliográfica, la innovación tecnológica conocida con "riego inteligente", 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, todo lo anterior de manera automática y con el mínimo de recursos humanos interviniendo en el proceso.

INTERNET DE LAS COSAS (IoT)

El paradigma de IoT ha llevado a una revolución digital que ha interrumpido décadas de progreso en electrónica y computación, con niveles sin precedentes de almacenamiento de datos de bajo costo (Stergiou et al. 2018), inteligencia artificial (Mehmood et al. 2017), computación móvil (Stergiou et al. 2018), software como servicio (SaaS) (Dehury y Sahoo 2016) y computación en la nube (Asghari et al. 2019). Los sistemas IoT utilizan herramientas distribuidas de detección, procesamiento y comunicación que interactúan entre sí para controlar y gestionar fenómenos físicos. Además, los dispositivos IoT no solo recuperan datos del entorno en el que se implementan e interactúan con el mundo físico, sino que también utilizan estándares de Internet preexistentes para brindar servicios inteligentes eficientes y de alta calidad para la transferencia y el análisis de datos, las aplicaciones y las comunicaciones. Las redes de sensores inalámbricos (WSN), como uno de los elementos principales de IoT, incluyen una serie de nodos de sensores implementados para recopilar datos de los campos y transmitirlos a través de una puerta de enlace a Internet en un sistema de IoT. La comunicación inalámbrica reduce el costo total de la red en aproximadamente un 80 % en comparación con las alternativas cableadas (Bayne et al. 2017). Se espera que los sistemas basados en WSN para fines agrícolas sean fáciles de usar, sencillos de diseñar, mantener y actualizar. Otra ventaja del uso de nodos de sensores es minimizar la cantidad de trabajo involucrado, reduciendo así los costos asociados con la implementación, operación y mantenimiento. En otras palabras, las WSN brindan monitoreo en tiempo real de la evolución del campo y las condiciones de cultivo que respaldan la precisión de la agricultura al controlar parámetros y generar datos cíclicos (Jawad et al. 2017). Las WSN son escalables en su uso, confiables en situaciones difíciles, brindan un control total en la operación de circuito cerrado y ofrecen más cobertura con una alta resolución de tiempo y espacio.

RIEGO INTELIGENTE

Diferentes sistemas de riego controlado, como el riego por aspersión y el riego por goteo, han sido recomendados para solucionar la ineficiencia en los usos del agua (Barkunan et al. 2019). Los sistemas de riego existentes se pueden mejorar mediante la adopción de nuevas tecnologías de IoT. En el proceso de riego, dos factores principales que deben tenerse en cuenta son: (1) ¿Cuáles son los tiempos adecuados para regar, y (2) cuáles son las cantidades

necesarias de agua que deben suministrarse? Las necesidades de agua de las plantas varían según las condiciones climáticas, el tipo de planta y la estación. Así, una decisión equivocada puede reducir los recursos hídricos. Es crucial crear estrategias de uso sostenible del agua basadas en la tecnología, que involucren mejoras de ingeniería, gestión, agronómicas e institucionales. La demanda de agua ha mostrado una tendencia al alza, con una nueva tendencia a la baja. En las primeras etapas del crecimiento de los cultivos, éstos crecen muy lentamente y hay poca demanda de agua. Después con el crecimiento del cultivo y del sistema de raíces, las demandas de riego aumentan significativamente, con un alto consumo de agua. En las últimas etapas del cultivo, éstos están madurando y la necesidad de agua se reduce drásticamente.

El riego de precisión se puede definir como el manejo en la programación del agua de riego para adecuarla a las necesidades de los cultivos, y debe adaptarse a las distintas necesidades temporales de las plantas. Los principales objetivos del riego de precisión incluyen aumentar la eficiencia del agua, reducir el consumo de energía y maximizar la productividad de los cultivos, utilizando tecnologías como redes de sensores inalámbricos, conectividad de redes, dispositivos móviles, monitoreo en tiempo real y sensores remotos.

El riego de precisión adopta una estrategia que considera las variaciones espaciales y temporales del estrés hídrico. Así, la información asociada se utiliza para determinar el momento preciso y la cantidad adecuada de agua que se debe aplicar. La combinación de la gestión del estrés hídrico, el análisis basado en datos y la programación del riego requiere una arquitectura altamente sofisticada que involucre flujos de datos y dispositivos avanzados. Por esta razón, Internet de las cosas (IoT) juega un papel destacado en la agricultura moderna (Khriji et al. 2019; Kanoun et al. 2018). Existe la necesidad de aumentar la productividad y minimizar los peligros de la agricultura tradicional, la IoT ayudará con el seguimiento continuo de los procesos del campo para dar información útil a los agricultores que añadirá una nueva era en la agricultura del futuro. También, la IoT se puede implementar para monitorear el clima, el cambio climático, el manejo del agua, el aumento de la productividad, así como el control de insecticidas y pesticidas, manejo del suelo, y detección de enfermedades en las plantas.

RIEGO INTELIGENTE E IoT

El riego de precisión ha desempeñado un papel importante en reducir la cantidad de agua necesaria en los cultivos agrícolas, pero se necesitan nuevos métodos de programación y control de riego que sean automatizados y precisos. 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 frecuentes de datos. 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. Los sensores desplegados en el campo pueden medir parámetros atmosféricos y del suelo. Estas mediciones ayudan a tomar decisiones sobre riego (automatizado, semi automatizado), aplicaciones de fertilizantes y plaguicidas, detección de plagas, predicción de rendimiento, predicción de enfermedades de las plantas, etc.

Las pruebas de campo han mostrado que la red de sensores inalámbricos desarrollada podía adquirir datos de propiedades del suelo en tiempo real, incluido el contenido volumétrico de agua, la conductividad eléctrica, y temperatura a diferentes profundidades y en varios lugares. El desarrollo tecnológico en redes inalámbricas de sensores hace posible monitorear y controlar diversos parámetros en la agricultura. 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. Los sensores inalámbricos son lo suficientemente baratos para un despliegue muy extendido y ofrecen una comunicación sólida a través de rutas de propagación redundantes. Las redes de sensores inalámbricos (WSN) se han convertido en la tecnología más adecuada para monitorear 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 sistemas de riego por goteo 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.

CONCLUSIONES

La gestión del agua es un desafío clave en la agricultura, ya que su disponibilidad es un problema mundial para las próximas décadas. Por lo anterior, el riego inteligente se presenta como un método de vanguardia, que podría ayudar a incrementar la productividad de los cultivos y manejar el uso excesivo de agua con la ayuda de tecnologías avanzadas, que incluyen redes de sensores inalámbricos, computación en la nube e IoT. Este escrito destaca la importancia del riego inteligente en la agricultura. Además, describe los factores que afectan la necesidad de agua de los cultivos para identificar los sensores más esenciales que se pueden usar en dichos sistemas de riego. Se mencionan las tecnologías inalámbricas más comunes, así como la arquitectura general de los sistemas de riego basados en IoT. Finalmente, el objetivo clave de diseñar soluciones de riego inteligente sobre la base de IoT y WSN es ahorrar el consumo de agua y reducir la mano de obra, el tiempo y el dinero.

BIBLIOGRAFIA

- Asghari, P., Rahmani, A. M., & Javadi, H. H. S. (2019). Internet of things applications: A systematic review. *Computer Networks*, 148, 241–261.
- Barkunan, S., Bhanumathi, V., & Sethuram, J. (2019). Smart sensor for automatic drip irrigation system for paddy cultivation. *Computers and Electrical Engineering*, 73, 180–193.
- Bayne, K., Damesin, S., & Evans, M. (2017). The internet of things—Wireless sensor networks and their application to forestry. *New Zealand Journal of Forestry*, 61(4), 37–41.
- Bjarnason, J. (2017). *Evaluation of Bluetooth low energy in agriculture environments*. Bachelor Thesis, Malmö högskola University.
- Chaudhry, S., & Garg, S. (2019). Smart irrigation techniques for water resource management. In *Smart farming Technologies for Sustainable Agricultural Development* (pp. 196–219). Hershey: IGI Global.
- Chikankar, P. B., Mehetre, D., & Das, S. (2015). An automatic irrigation system using Zigbee in wireless sensor network. In *2015 International Conference on pervasive computing (ICPC), IEEE* (pp. 1–5).
- Dehury, C. K., & Sahoo, P. K. (2016). Design and implementation of a novel service management framework for IoT devices in cloud. *Journal of Systems and Software*, 119, 149–161.
- Dubravko Culibrk, Dejan Vukobratovic, Vladan Minic, Marta Alonso Fernandez, Javier Alvarez Osuna y Vladimir Crnojevic. 2014. Sensing Technologies For Precision Irrigation. SpringerBriefs in Electrical and Computer Engineering. Springer New York Heidelberg Dordrecht London. 102 p.
- 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.
- Jawad, H. M., Nordin, R., Gharghan, S. K., Jawad, A. M., & Ismail, M. (2017). Energy-efficient wireless sensor networks for precision agriculture: A review. *Sensors*, 17(8), 1781
- Kanoun, O., Keutel, T., Viehweger, C., Zhao, X., Bradai, S., Naifar, S., Trigona, C., Kallel, B., Chaour, I., Bouattour, G., et al. (2018). Next generation wireless energy aware sensors for internet of things: A review. In *2018 15th International Multi-Conference on systems, signals & devices (SSD)* (pp. 1–6). Piscataway: IEEE.
- 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.
- Mehmood, R., Alam, F., Albogami, N. N., Katib, I., Albeshri, A., & Altowaijri, S. M. (2017). Utilearn: A personalised ubiquitous teaching and learning system for smart societies. *IEEE Access*, 5, 2615–2635., D.C., 163 p.

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA: SEMBRADORA MECÁNICA DE PRECISIÓN INIFAP

Rojas-Santillán, Carlos^{*1}; García-Hernández, Raúl Vidal¹ y Martínez-Reyes, Ernesto¹.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. C. E. Pabellón. Km32.5 Carretera Aguascalientes – Zacatecas, 20668 Pabellón de Arteaga, Ags. Correo: rojas.carlos@inifap.gob.mx

RESUMEN

El proyecto presenta estrategias y antecedentes de transferencia de tecnología referente a la sembradora mecánica de precisión, el proceso de cómo se difundió y fue adoptada por productores de la región Norte Centro de México, tomada como una alternativa a beneficio de la agricultura de temporal y con ello el alcance del equipo. Debido a su versatilidad durante el establecimiento del cultivo de frijol, la técnica de conservación del agua de lluvia *in situ* sobre la cama de siembra, el control de la densidad de población y de la profundidad de semilla a la hora de trabajar en campo. Y con ello cuidando la retención del recurso suelo. En el mismo sentido, el objetivo de recopilación de información de la sembradora mecánica de precisión se realizó con la visión de fundamentar que la forma de siembra de multitareas de la maquina es redituable en el ámbito económico, social y productivo. Siendo así INIFAP un centro de innovaciones en la mecanización agrícola.

Palabras clave: Transferencia, Sembradora mecánica de precisión, versatilidad y buenas prácticas.

ABSTRACT

The project presents strategies and history of technology transfer regarding the precision mechanical seeder, the process of how it spread and was adopted by producers in the North Central region of Mexico, taken as an alternative for the benefit of seasonal agriculture and with this the scope of the equipment. Due to its versatility during the establishment of the bean crop, the rainwater conservation technique *in situ* on the seedbed, the control of population density and seed depth when working in the field. And with it, taking care of the retention of the soil resource. In the same sense, the objective of collecting information on the precision mechanical seeder was carried out with the vision of substantiating that the machine's multitasking sowing method is profitable in the economic, social and productive spheres. Thus, INIFAP is a center of innovations in agricultural mechanization.

Key words: Transfer, precision mechanical seeder, versatility and good practices.

INTRODUCCIÓN

Mediante las políticas para transferencia, adopción e innovación para el sector agrícola en México se han apoyado primordialmente en el extensionismo, el cual se comprende como la asistencia técnica, capacitación y el apoyo tecnológico con respecto a insumos (granos) y maquinaria (Amaro-Rosales & Gortari-Rabiela, 2016). El instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias (INIFAP) tiene el objetivo de generar innovaciones tecnológicas para el campo mexicano. También propone técnicas de producción para que sean adoptadas por los productores, aumenten el rendimiento y, mejoren el uso y manejo de los suelos. La mecanización agrícola, tal como describe la FAO comprende la construcción,

distribución y funcionamiento de todos diversos los tipos de herramientas, aperos, máquinas y equipos para trabajar las tierras (Negrete, 2011). Por ello, se presentan antecedentes donde la investigación agropecuaria y la aplicación de los resultados se han constituido en uno de los motores del desarrollo económico de los países; de tal manera que, al reconocer este hecho los gobiernos han apoyado a la investigación como una de las actividades fundamentales dentro de sus políticas (Aveldaño et al., 1999). En el mismo sentido, INIFAP-Aguascalientes-Campo Experimental Pabellón (CEPAB) en el área de mecanización (Rojas et al., 2013) desarrollaron una sembradora mecánica de precisión, versátil para agricultura de precisión, capaz de establecer semilla de frijol a altas densidades, es decir, que la siembra se realiza a 30 cm en entre líneas, con ello, prácticas de conservación sobre agua y suelo, dejando atrás las siembras tradicionales (76 u 80 cm) Aunado a ello, la sembradora ha demostrado versatilidad al sembrar a hilera sencilla, tres hileras (40 cm) y cuatro (30 cm) hileras, en cama de 120 cm, controlando la densidad de población de 90,000 (hilera sencilla), 135,000 (tres hileras) y 190,000 (cuatro hileras) mil plantas por hectárea con semilla de frijol y con la variedad de pinto saltillo. Hay que señalar que, el paso del rodillo Aqueel®; el cual se encarga de crear pequeñas micro cuencas (mc) capaces de marcar por hectárea hasta 285, 795 mc, lo que equivale a capturar *in situ* 140, 895 L ha⁻¹ de agua de lluvia aproximadamente. De tal forma que, el objetivo de este trabajo fue realizar demostraciones de campo, establecimientos de cultivo y finalmente presentar los beneficios obtenidos al implementar esta nueva técnica de siembra. Además, se usó como réplica para manufacturar ocho equipos y con ello haber sido distribuido desde el Norte hasta el Sur de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

La forma de transferir tecnología, se dio a través de establecimientos de parcelas, demostraciones en campo, platicas en congresos, eventos y con ello, implicó dar a conocer los beneficios con los cuales aporta la sembradora mecánica de precisión (SMP) al utilizarla, reflejado en rendimiento y producción especialmente en el cultivo frijol. Por ello, a casi una década de construcción (Figura 1) el equipo ha comprobado que es una tecnología utilizada por productores de la región de Aguascalientes y estados aledaños. En el mismo año, se establecieron parcelas similares de validación de la tecnología en el Campo Experimental Zacatecas (CEZAC) (Figura 2).



Figura 1. Construcción de la sembradora y validación en el INIFAP-Aguascalientes-CEPAB, 2012.



Figura 2. Siembra en el Campo Experimental Zacatecas.

Para el año 2013, se realizó un evento demostrativo a productores, técnicos y estudiantes, donde se expuso la sembradora mecánica de precisión en las instalaciones del Campo Experimental Pabellón (CEPAB) (Figura 3) y se presentaron los componentes, características con las cuales el equipo es diferente a los comerciales.



Figura 3. Demostración de la SMP en el CEPAB 2013.

En el mismo sentido, se realizó un evento similar, donde se platicó a estudiantes de la zona de la tecnología y se mostró el cultivo de cuatro hileras en camas a altas densidades, en el Estado de Zacatecas en un evento demostrativo (Figura 4).



Figura 4. Demostración de la SMP en CEZAC 2013.

Posteriormente, y siguiendo con las dinámicas de transferencia, se decidió llevar la SMP a El Llano, Sandoval, Ags., o bien al “Sitio Experimental Sandoval” pertinente a INIFAP, realizando un evento demostrativo con productores de la región en 2014 (Figura 5).



Figura 5. Demostración de campo del método de siembra y demostración de funcionamiento.

En el 2015 INIFAP fue invitado para participar en el evento organizado por la Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible (SOMAS) con un recorrido de campo en el CEPAB, recibiendo personas de índole internacional como nacional. Durante la visita, se puso en marcha la SMP y con ello se explicó los beneficios de utilizarla (Figura 6).



Figura 6. SOMAS 2015 en INIFAP-CEPAB

En San Luis Potosí, se trasladó la sembradora, para lo cual, se dio una plática de funcionalidad, técnicas de manejo agronómico, métodos de siembra y conservación de recursos naturales, para posteriormente realizar una práctica en campo donde los productores corroboraron el funcionamiento del equipo y discutir con ellos al respecto de la nueva tecnología (Figura 7).



Figura 7. San Luis Potosí 2016

Rincón de Romos, Ejido California, Ags., se logró involucrar a un productor y trabajó como cooperante para realizar las siembras con la tecnología de INIFAP y establecer el cultivo de frijol con pinto saltillo en temporal primavera verano 2017 (Figura 8).



Figura 8. Establecimiento de parcela con productor cooperante.

Con este ámbito de transferir la tecnología, también en 2018 fue aceptada en otras parcelas con productores de la región que adoptaron la SMP.



Figura 9. Establecimiento en parcela con productor cooperante con adopción de la SMP.

Para el año 2021, por consecuencia de la pandemia, se estuvieron realizando demostraciones digitales a través de los medios como, Facebook® (INIFAP, 2021) y YouTube® (SIINIFAP, 2021), uno de los ejercicios fue de grabar un video en campo con la sembradora presente (Figura 10) y otra, con la realización de una entrevista explicando los beneficios de la misma (Figura 11).



Figura 10. Difusión de tecnología a través de Facebook en 2021



Figura 11. Difusión por medio de YouTube.

Ha inicios del temporal 2022, el municipio de Pilotos, Ags., invitaron al INIFAP para establecer dos hectáreas de frijol con un productor cooperante, y la forma en que se logró transferir la tecnología llevándola hasta el predio del productor y hacer una puesta en marcha de SMP.



Figura 12. Siembra de frijol con productor cooperante.

También se invitó a participar a INIFAP con un módulo de tecnologías exitosas en la cabecera del municipio de Rincón de Romos, donde se tuvo la presencia del presidente en curso de dicho municipio y donde se expresó la abierta oportunidad de transferir la tecnología.



Figura 13. Representación de la tecnología en un stand en Rincón de Romos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en lo anterior y debido al éxito, el Instituto realizó un proyecto con el cual la sembradora mecánica de precisión para frijol trascendiera, de tal manera, que el equipo se manufacturó y se replicaron ocho sembradoras a través de un proceso de construcción en serie (Figura 14). De las cuales están siendo transferidas al Norte y Sur en México (Tabla 1).



Figura 15. Muestra de sembradoras para la distribución.

Tabla 1. Distribución de la sembradora mecánica de precisión.

Núm.	Nombre del equipo*	Estado destino	Centro de Investigación Regional	Campo Experimental
1	Sembradora Mecánica de Precisión INIFAP	Guanajuato	CENTRO	Bajío
2	Sembradora Mecánica de Precisión INIFAP	Zacatecas	NORTE CENTRO	Zacatecas
3	Sembradora Mecánica de Precisión INIFAP	Durango	NORTE CENTRO	Valle del Guadiana
4	Sembradora Mecánica de Precisión INIFAP	Nayarit	PACÍFICO CENTRO	Santiago Ixcuintla
5	Sembradora Mecánica de Precisión INIFAP	Sinaloa	NOROESTE	Valle del Fuerte
6	Sembradora Mecánica de Precisión INIFAP	Yucatán	SURESTE	Mocochá
7	Sembradora Mecánica de Precisión INIFAP	San Luis Potosí	NORESTE	San Luis
8	Sembradora Mecánica de Precisión INIFAP	Oaxaca	PACÍFICO SUR	Valles Centrales de Oaxaca

Cabe mencionar que, hasta el momento, ha sido recogida por los estados de Oaxaca, Guanajuato, Durango, San Luis Potosí, Sinaloa y Nayarit. Quedando un restante de dos estados por atender (Zacatecas y Mérida, Yucatán)

CONCLUSIONES

Se puede decir que, el objetivo del trabajo demostró que el INIFAP-CEPAB-Aguascalientes, tiene un área de ingeniería especializada en maquinaria agrícola, la cual generó una tecnología llamada: sembradora mecánica de precisión para granos medios para frijol y otras especies.

Además, la sembradora cumple con los requerimientos de funcionalidad para ser adquirida ya que, la forma en que siembra en camas a cuatro hileras en lo ancho de trocha del tractor aunado a que posee un mecanismo para captación de agua de lluvia *in situ* conlleva un aprovechamiento eficiente de semilla y del suelo.

Es por ello, que lo hace un equipo factible para zonas de temporal y riego, desde el Norte hasta el Sur de México.

REFERENCIAS

- Amaro-Rosales, M., & Gortari-Rabiela, R. de. (2016). Políticas de transferencia tecnológica e innovación en el sector agrícola mexicano. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 13(3), 449–471.
- Aveldaño, R., Tapia, A., & Espinosa, A. (1999). Generación y transferencia de tecnología en el INIFAP, para el desarrollo de la agricultura mexicana. *Terra Latinoamericana*, 17(3), 265–270.
- INIFAP. (2021). *sembradora de precisión*.
<https://www.facebook.com/watch/?v=662789831549516>
- Negrete, C. J. (2011). Políticas de mecanización agrícola en México. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS*.
- Rojas, S. C., Osuna, C. E. S., & Ramirez-Cabral, N. Y. . (2013). Sembradora mecánica de precisión, versátil para agricultura de conservación. In *CEPAB-INIFAP. Folleto técnico* (Issue 51).
- SIINIFAP. (2021). *maquinaria y mecanización*.
https://www.youtube.com/watch?v=6vWGwMz6CeM&ab_channel=SIINIFAPCÁPSULA

S

DIVERSIDAD DE SEMILLAS DE CHILES EN LA REGIÓN LAGUNERA DE DURANGO, MEXICO

Iván Franco Gaytan¹, María Gabriela Ramírez Valadez^{2*}, Jorge Maltos-Buendía¹, Enrique Hernández-Leal¹, Olga Bonilla Barrientos², Beatriz Martínez Yáñez³

¹Campo Experimental La Laguna, Blvd. José Santos Valdez No. 1200 Pte. Col. Centro, Matamoros, Coahuila C.P. ²Campo Experimental Delicias. Km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua. ³Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230.

*Correo electrónico: ramirez.maria@inifap.gob.mx

RESUMEN

La diversidad de chiles en México, se ha visto diezmada a causa de factores como plagas, enfermedades, migración, el abandono del cultivo en el campo, cambio de uso de suelo e introducción de variedades mejoradas, y la falta de semillas de variedades mexicanas que tengan un menor costo comparadas con las semillas comerciales. Los agricultores prefieren y siembran semillas de variedades nativas que van seleccionando después de cada cosecha lo que conlleva a presentar una gran variabilidad genética. Este estudio tuvo como objetivo conocer la diversidad de semillas y tipos de chiles que se siembran en la región lagunera de Durango. Se colectó germoplasma de siete de 11 municipios muestreados, de siete variedades diferentes de chile (Chilaca, Chipotle, Chile seco, Puya, Ancho, Árbol y Piquín), obteniendo un total de 26 colectas de semillas. Los resultados mostraron que existe una amplia variación en las características de las semillas de chiles evaluadas, destacando por mayor tamaño las semillas de chile ancho y chilaca, mientras que las semillas de chile piquín presentaron características distintas con respecto a todas las demás, se recomienda dar seguimiento a la siembra del cultivo en los próximos años porque existe una clara tendencia a disminuir el número de productores de chile en la región. Las 26 colectas obtenidas serán resguardadas por ser una fuente importante de germoplasma que podría ser utilizado en programas de mejoramiento genético en un futuro.

Palabras clave: *Capsicum spp*, colecta, variación genética.

ABSTRACT

The diversity of chilies in Mexico has been diminished by factors such as pests, diseases, migration, abandonment of cultivation in the field, change in land use and introduction of improved varieties, and the lack of seeds of Mexican varieties that have a lower cost compared to commercial seeds. Producers prefer and sow seeds of native varieties that are selected after each harvest, which leads to a great genetic variability. The objective was to know the diversity of seeds and types of chilies that are planted in the lagoon region of Durango. Germplasm was collected from seven of 11 sampled municipalities, from seven different

varieties of chilies (Chilaca, Chipotle, Chile seco, Puya, Ancho, Arbol and Piquín), obtaining a total of 26 seed collections. The results showed that there is a wide variation in the characteristics of the pepper seeds evaluated, with the ancho pepper and chilaca seeds standing out for their larger size, while the piquín pepper seeds presented different characteristics with respect to all the others, it is recommended to give monitoring the planting of the crop in the coming years because there is a clear tendency to reduce the number of chili producers in the region. The 26 collections obtained will be safeguarded as they are an important source of germplasm that could be used in breeding programs in the future.

Keywords: Capsicum spp, collection, genetic variation.

INTRODUCCION

La riqueza constituida por la diversidad genética del chile se encuentra distribuido a lo largo y ancho de México El cultivo del chile es importante en la historia, tradición y cultura de México, es un producto agrícola con alta demanda mundial (Aguilar et al. 2000). De las variedades cultivadas de chile en México, por su importancia económica, sobresalen el chile ancho, jalapeño, serrano, mirasol (conocido en seco como guajillo), pasilla, de árbol, piquín, habanero, manzano, morita, mulato, poblano y dulce o pimiento morrón (Aguirre, 2017). A partir de la domesticación de chile se ha generado en México una gran diversidad dentro de esta especie, debido a la selección que efectúan los agricultores para diferentes usos (Rodríguez et al,2007).

La región norte centro del país ocupa el primer lugar en superficie cultivada de chile (Velásquez-Valle et al, 2003). El estado de Durango ocupa el cuarto lugar a nivel nacional en superficie sembrada de chile para secado, la producción de los tipo ancho, mirasol y pasilla, es la más importante, aunque la producción de chile para consumo en fresco, del tipo jalapeño también es relevante (Zegbe et al, 2012). Debido al alto costo de semilla de variedades o híbridos comerciales, y a la falta de variedades nacionales, los productores principalmente del sector social, utilizan semilla de segunda o tercera generación, por ello, en la Región Lagunera, se han detectado sintomatología asociada con infecciones virales como mosaicos, fitopatógenos que causan pudriciones en la raíz y la presencia del hongo *Phytophthora capsici* L causante de la enfermedad de la secadera del chila (Guillen-Cruz et al, 2006) además de entrenudos cortos, plantas con poco desarrollo, deformación del follaje y frutos, aborto de flores y necrosis en los diferentes tipos de chile que se cultivan en los municipios de la región, estos síntomas son muy variables y dependen de las condiciones de clima (Chew, 2014).

MATERIALES Y METODOS

El área de estudio consistió en 11 municipios de la región lagunera de Durango, realizando un estudio previo para determinar aquellas localidades que actualmente siembran chiles domesticados, semidomesticados o silvestres. Durante el mes de mayo se realizaron visitas a las parcelas de productores chiles, las cuales la gran mayoría fueron georreferenciadas con un GPS Garmin eTrex®. A cada uno de los productores se les solicitó muestras de 300 g de semilla utilizada en la siembra de sus parcelas y se recabó información sobre la superficie sembrada, el tipo de chile sembrado, su comercialización y problemas presentados durante el establecimiento del cultivo. (Figura 1).



Figura 1. Municipios de la Región Lagunera de Durango muestreados en color azul: (1) Gómez Palacio, (2) Lerdo, (3) Tlahualilo, (4) Mapimí, (5) San Pedro del Gallo, (6) San Luis del Cordero, (7) Rodeo, (8) Nazas, (9) Cuencame, (10) General Simón Bolívar y (11) San Juan de Guadalupe.

Se colectó germoplasma de siete de los 11 municipios muestreados, de siete variedades diferentes de chile, obteniendo un total de 26 colectas de semillas (Cuadro 1). El criterio para realizar las evaluaciones fue seleccionar un total de 50 semillas de cada colecta que no presentaran daños físicos ni presencia de enfermedades (hongos), a las cuales con un vernier se les tomó las siguientes variables: Largo horizontal, Largo vertical y Ancho.

Cuadro 1. Localización geográfica de las parcelas de los productores de Chile de los materiales colectados incluidos en el estudio de diversidad.

MUNICIPIO	EJIDO	CHILE	N	E	Superficie sembrada (m ²)
Lerdo	Villa Juárez	Puya/ Chilaca	25° 29'00"	103° 38'39"	2500
	21 de Marzo	Puya/ Chilaca	25° 27'16"	103° 45'35"	2500
	21 de Marzo	Chilaca	25° 27'05"	103° 45'18"	2500
	21 de Marzo Ejido León Guzmán	Chipotle Chile seco			
Nazas	Lázaro Cárdenas	Puya	25° 17'33"	103° 60'09"	2500
	Lázaro Cárdenas	Puya	25° 18'29"	103° 59'05"	2500
	25 de diciembre	Puya	25° 16'34"	104° 03'02"	2500
	San José del Pajarito	Ancho	25° 00'25"	104° 10'28"	5000
	Rancho Grande	Puya			5000
Rodeo	Parían	Puya	25° 10'15"	104° 33'06"	2500
	Parían	Ancho	25° 10'31"	104° 33'03"	2500
Indé	Indé	Árbol	25° 10'24"	104° 32'01"	2500
Simón Bolívar	Ricardo Flores Magón	Ancho	24° 45'15"	103° 10'48"	5000
		Puya			5000
	Ricardo Flores Magón	Puya			7500
	Ricardo Flores Magón	Puya/ Ancho			20000
	Ricardo Flores Magón	Ancho			10000
Peñón Blanco	Covadonga	Ancho	24° 54'38"	104° 05'18"	2500
	Covadonga	Piquín			2500
	Covadonga	Ancho	24° 54'39"	104° 05'16"	5000
	Covadonga	Ancho			5000
	Covadonga	Ancho			2500
	Jacales	Ancho	24° 58'06"	104° 09'04"	5000
	General J. Agustín Castro	Ancho	24° 38'51"	103° 56' 01"	5000
San Pedro del Gallo	Rancho la Laborcita	Puya/ Ancho	25°29'31"	104° 24'02"	2500

Diseño experimental y Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental en completamente al azar con 50 repeticiones de cada colecta de semilla por municipio, con un análisis de la varianza y pruebas de comparación de medias por el método de Tukey con un nivel de significancia del 95%, y análisis de

conglomerados mediante distancias euclidianas utilizando el programa estadístico InfoStat versión 2020.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados recabados con los productores mostraron que durante el presente ciclo del cultivo solamente se sembraron en siete municipios, siete variedades diferentes tipos de chiles (Chilaca, Chipotle, Chile seco, Puya, Ancho, Árbol y Piquín), y que se sembró principalmente fue utilizado para autoconsumo de sus familias. En los municipios de Nazas, Simón Bolívar y Peñón Blanco se encontró concentrada la mayor cantidad de productores, aunque cabe señalar que muchos dejaron de sembrar chile porque en este año recibieron un apoyo por parte del gobierno del estado para la siembra alfalfa. Esto se vio más atenuado en los municipios de San Luis del Cordero, Cuencame y Mapimí, en donde no se encontraron productores y de los pocos que sembraron chile en el ciclo 2021 en este ciclo optaron por sembrar alfalfa u otros cultivos. Maltos *et al* (2020) reportaron la siembra de ocho variedades chiles (ancho, guajillo, puya, tornachile, árbol, jalapeño, mirasol y cola de rata) en 10 municipios de la región lagunera de Durango durante el ciclo de cultivo del 2020. Los productores con mayor superficie sembrada se encontraron en los municipios de Simón Bolívar y Peñón Blanco los cuales venden su cosecha a compradores que los buscan de municipios donde no se siembra chile a un mejor precio, dentro de los principales problemas que presentan los productores es la enfermedad de la secadera del chile y algunos problemas de manejo.

Los productores realizan una selección de semilla año con año la cual es utilizada para la siembra del siguiente ciclo de cultivo. La semilla seleccionada proviene de frutos de chiles que presenten el tamaño más grande, el color característico y que cumplan con las características que está demandando el mercado, por ejemplo en el caso de chile puya, se seleccionan chiles alargados que no presenten curvaturas, en el chile ancho se seleccionan frutos sin presencia de rajaduras en su superficie, etc. En el Cuadro 2 se observa que el análisis estadístico arrojó diferencias estadísticas significativas entre tipos de semillas chiles dentro de cada municipio muestreado. Para el caso del municipio de Lerdo la semilla de chile ancho presentó el mayor tamaño y ancho, al igual que de los municipios de Nazas y Rodeo, la combinación de Puya con Ancho del Municipio de Simón Bolívar y San Pedro del Gallo fue la de mejor tamaño con valores promedio mayores de 3 mm para el largo horizontal, de 4mm para el largo vertical y 0.81 mm de ancho o espesor. Las semillas de chile de menor tamaño fueron las del chile chipotle y árbol de los municipios de Lerdo e Indé, Durango con valores de largo horizontal menores a 3 mm, de ancho de 0.69 y 0.63 respectivamente. De acuerdo a Contreras *et al*, (2011). Mencionan que las variaciones dentro y entre poblaciones de chile son indicativos de que un programa de selección recurrente dentro de las variedades sería adecuado para un

aprovechamiento más eficiente de la diversidad existente. Todas las semillas evaluadas presentaron una forma elongada con un largo vertical mayor al largo horizontal.

Cuadro 2. Características de las semillas de chiles colectadas clasificadas por municipio muestreado.

Municipio	Chile	Largo _{Horizontal} (mm)	Largo _{vertical} (mm)	Ancho (mm)	Forma
Lerdo	Chilaca	3.80 a	4.47 a	0.85 a	Elongada
	Puya / Chilaca	3.21 b	4.07 b	0.68 b	Elongada
	Chile seco	3.20 b	3.93 b	0.68 b	Elongada
	Chipotle	2.81 c	3.72 c	0.69 b	Elongada
	DMS	0.15	0.17	0.07	
Nazas	Ancho	3.59 a	4.81 a	0.84 a	Elongada
	Puya	3.42 b	4.26 b	0.74 b	Elongada
	DMS	0.12	0.11	0.08	
Simón Bolívar	Puya/ Ancho	3.92 a	4.20 a	0.60 a	Elongada
	Ancho	2.88 b	3.47 b	0.63 a	Elongada
	Puya	2.60 b	3.21 b	0.45 b	Elongada
	DMS	0.39	0.39	0.08	
Peñón Blanco	Piquín	3.76 a	4.43 a	0.47 b	Elongada
	Ancho	3.51 b	4.24 a	0.65 a	Elongada
	DMS	0.24	0.25	0.05	
Rodeo	Ancho	3.40 a	4.72 a	0.81 a	Elongada
	Puya	3.09 b	4.02 b	0.74 b	Elongada
San Pedro del Gallo	Puya/ Ancho	3.03 b	4.04 b	0.65 c	Elongada
Indé	Árbol	2.78 c	3.5 c	0.63 c	Elongada
	DMS	0.14	0.17	0.07	

Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

El análisis de conglomerados formó cuatro grupos, se observó que las semillas del chile tipo piquín son las que presentaron características más distintas con respecto a las demás con una distancia genética de 3.55 y esto se debe a que presenta menor ancho de semilla, mientras que las semillas de chiles combinación puya con chilaca, puya, chile seco (serrano), combinación puya con ancho y ancho presentan las características de largo horizontal, vertical y ancho más parecidos con una distancia genética de 0.40. (Figura 2). Oyama *et al.* (2006) reportaron que a una distancia genética de 0.254 se pueden separar diferentes poblaciones

domesticadas de chiles 'Serrano', 'Jalapeño' y 'Morrón', lo que indica que se encuentran claramente diferenciadas. Resultados similares fueron obtenidos por Hernández *et al.* (2006) en las mismas poblaciones, al estar diferenciadas por una distancia de 0.212.

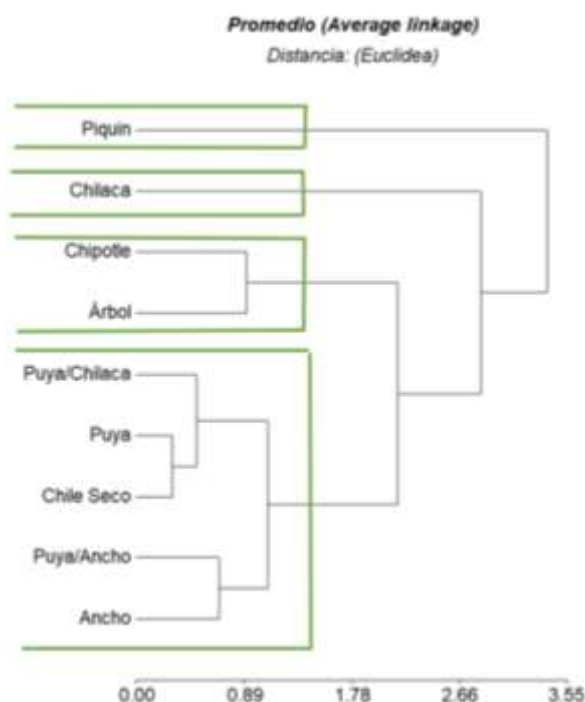


Figura 2. Dendrograma de siete variedades de chiles con base en tres variables del análisis combinado.

CONCLUSIONES

Existe una amplia variación en las características de las semillas de chiles evaluadas, destacando por mayor tamaño las semillas de chile ancho y chilaca, mientras que las semillas de chile piquín presentaron características distintas con respecto a todas las demás, se recomienda dar seguimiento a la siembra del cultivo en los próximos años porque existe una clara tendencia a disminuir el número de productores de chile en la región. Las 26 colectas obtenidas serán resguardadas por ser una fuente importante de germoplasma que podría ser utilizado en programas de mejoramiento genético en un futuro.

REFERENCIAS

- Aguilar-Rincon, V.H., Corona-Torres, T., López-López, P., Latoournerie-Moreno, L., Ramirez-Meraz, M., Villalón-Mendoza, H. y Aguilar-Castillo, J.A. 2010. Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, Inifap, ESO-Conkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114 págs.
- Aguirre-Mancilla CL., Iturriaga de la Fuente G., Ramírez-Pimentel, J.G., Covarrubias-Prieto J., Chablé-Moreno F., Raya-Pérez J.C. 2017. El chile (*C. annuum* L.), cultivo y producción de semilla. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. México. 5(1): 19-27.
- Chew-Mandinaveitia, Y.I. 2014. Los virus en el cultivo de chile en la Comarca. Virus y fitoplasmas de chile: una perspectiva regional. Libro Técnico. INIFAP Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental Zacatecas. (14):169-193.

- Contreras Toledo Aremi R, Higinio López Sánchez, Amalio Santacruz Varela, Ernestina Valadez Moctezuma, Víctor H. Aguilar Rincón, Tarsicio Corona Torres, Pedro Antonio López. 2011. Rev. Fitotec. Mex. 34(4)225-232.
- Guillén-Cruz R, Hernández-Castillo F. D, Gallegos-Morales G, Rodríguez-Herrera R, Aguilar-González C. N, Padrón-Corral E, Reyes-Valdés M.H. 2006. *Bacillus spp.* Como biocontrol en un suelo infestado con *Fusarium spp.*, *Rhizoctonia solani* Kuhn y *Phytophthora capsici* Leonian y su efecto en el desarrollo y rendimiento del cultivo de chile (*Capsicum annuum*). Revista Mexicana de Fitopatología 24:105-114.
- Hernández V S, A González R, P Sánchez P, A Casas, K Oyama (2006) Estructura y diferenciación genética de poblaciones silvestres y domesticadas de chile del noroeste de México analizada con isoenzimas y RAPDs. Rev. Fitotec. Mex. 29 (Núm. Esp. 2):25-29
- Oyama K, S Hernández-Verdugo, C Sánchez, A González-Rodríguez, P Sánchez-Peña, J A Garzón-Tiznado, A Casas (2006) Genetic structure of wild and domesticated populations of *Capsicum annuum* (Solanaceae) from northwestern Mexico analyzed by RAPDs. Genet. Resour. Crop Evol. 53:553-562.
- Rodríguez J, B V Peña O, A Gil M, B Martínez C, F Manzo, L Salazar L (2007) Rescate in situ del chile 'Poblano' en Puebla, México. Rev. Fitot. Mex. 30:25-32.
- Velásquez V. R, Medina-Aguilar M.M, Macías-Valdez L.M. 2003. Reacción de líneas avanzadas de chile (*Capsicum annuum* L.) provenientes de Zacatecas a enfermedades comunes en Aguascalientes, México. Revista Mexicana de Fitopatología. 21:71-74.
- Zegbe, D.J.A, Mena E. R. D, Valdez C. M.C, Amador R. G, Esparza F. 2012. Importancia, diversidad genética y situación actual del cultivo del chile en México. In: Zegbe, D.J.A, Valdez C. M.C, Lara H (eds). Cultivo del chile en México. Proyecto Editorial UAZ, Zacatecas pp.11-47.

SELECCIÓN DE ACTINOBACTERIAS ANTAGÓNICAS CONTRA HONGOS PATÓGENOS DE RAÍZ

Roberto Carlos González-Gutiérrez¹, Raúl Rodríguez-Guerra^{2*}, Raúl Asael Rodríguez-Villarreal¹, Efrén Ricardo Robledo-Leal¹, Ángel Ismael Narváez-Rodríguez³

¹Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. Av. Pedro de Alba y Manuel L. Barragán S/N, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. C.P. 66450

²Campo Experimental General Terán, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 31 Carretera Montemorelos-China, CP 67400, General Terán, Nuevo León, México.

³Profesionista independiente. *rodriguez.raul@inifap.gob.mx

RESUMEN

En esta investigación se determinó la diversidad de morfotipos de actinobacterias aisladas de suelo de una parcela cultivada con soya en 2021 y su capacidad antagónica contra *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Rhizoctonia solani* y *Macrophomina phaseolina*, fitopatógenos causantes de pudriciones de raíz y tallo en plantas cultivadas. Se obtuvieron 125 cepas de actinobacterias que fueron agrupadas en 49 morfotipos que se diferenciaron en cuanto a características de su crecimiento en medio de cultivo. Una cepa de cada morfotipo se utilizó en un estudio de preselección sin repeticiones para identificar aquellas con mayor actividad antagónica contra los fitopatógenos. Tres morfotipos sobresalientes fueron seleccionados y utilizados en experimentos detallados para confirmar los niveles de antagonismo obtenidos durante la preselección, dos (M3, M17) contra *M. phaseolina* y una (M35) contra *F. oxysporum*. Sólo el morfotipo M17 causó un cien por ciento de inhibición del crecimiento micelial de *M. phaseolina*, mientras que el morfotipo M35 inhibió totalmente la germinación de conidios y el crecimiento micelial de *F. oxysporum*. Estos morfotipos son candidatos para evaluar el potencial de biocontrol de las enfermedades que causan estos fitopatógenos.

ABSTRACT

In this research was determined the diversity of actinobacterial morphotypes isolated from the soil of a plot cultivated with soybeans in 2021 and their antagonistic capacity against *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Rhizoctonia solani* and *Macrophomina phaseolina*, phytopathogens that cause root and stem rot in cultivated plants. 125 strains of actinobacteria were obtained, which were grouped into 49 morphotypes that differed in terms of their growth characteristics in culture medium. One strain of each morphotype was used in a preselection study without repetitions to identify those with greater antagonistic activity against phytopathogens. Three outstanding morphotypes were selected and used in detailed experiments to confirm the levels of antagonism obtained during preselection, two (M3, M17) against *M. phaseolina* and one (M35) against *F. oxysporum*. Only morphotype M17 caused

100% inhibition of mycelial growth of *M. phaseolina*, while morphotype M35 totally inhibited conidia germination and mycelial growth of *F. oxysporum*. These morphotypes are candidates to evaluate the biocontrol potential of the diseases caused by these phytopathogens.

INTRODUCCIÓN

La búsqueda de microorganismos con actividad antagónica sobresaliente y capaces de tener un biocontrol contra fitopatógenos, ha tomado suma importancia en los últimos años. Lo anterior ha ocurrido debido a diversos factores como la falta de resistencia en las plantas, el uso excesivo, riesgo al ambiente y la salud, y elevado costo de plaguicidas sintéticos, generación de resistencia en poblaciones de los fitopatógenos, entre otros. Un importante grupo de hongos fitopatógenos son aquellos que causan pudriciones de raíz y tallo en plantas cultivadas, entre los cuales se encuentran *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Rhizoctonia solani* y *Macrophomina phaseolina*. Estos hongos causan enfermedades en diversos cultivos como chile (Mmbaga *et al.*, 2018; Vásquez *et al.*, 2009), frijol (Granados-Montero *et al.*, 2021; Montiel-González *et al.*, 2005), melón (González *et al.*, 2020; Michereff *et al.*, 2008) y sorgo (Marquez *et al.*, 2021; Al-Jedabi, 2009), entre otros. Contra estos fitopatógenos no ha sido posible identificar resistencia absoluta, y cuando es necesario se utilizan principalmente fungicidas para su control. En esta investigación se obtuvo un banco de actinobacterias que fue caracterizado en cuanto a su diversidad morfológica y actividad antagónica contra los fitopatógenos mencionados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestra de suelo. El suelo fue colectado el 18 de marzo de 2022 en el estado de Tamaulipas, en el Campo Experimental Las Huastecas, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, de un área de 5 X 5 mt de una parcela cultivada con soya en 2021 (22°34'13.9"N, 98°10'13.9"E). La muestra consistió en tomar aproximadamente 50 gr de suelo de cinco puntos a una profundidad de 15 a 20 cm.

Aislamiento de actinobacterias. Se elaboraron diluciones seriadas de suelo (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4}) y se colocaron y dispersaron 50 μ L de cada una en cajas Petri conteniendo el medio agar nutritivo (AN). A partir de las diluciones 10^{-2} y 10^{-3} se realizó el aislamiento de microcolonias de actinobacterias en el medio de cultivo agar nutritivo (AN). A las 24-48 hr se transfirieron microcolonias al mismo medio de cultivo y a los catorce días las colonias se caracterizaron con base a características de color, crecimiento y apariencia, así como al color por la parte inferior de la colonia y producción de color en el sustrato. Cepas que compartieron características comunes se consideraron el mismo morfotipo (MT). Se registró el número de morfotipos y se obtuvo el índice de diversidad de Shannon-Wiener (Shannon, 1948) utilizando la fórmula: $H = -\sum_{i=1}^S p_i * \ln(p_i)$; donde H = índice de diversidad de la muestra; " p_i "= proporción

de la abundancia relativa del morfotipo “I” en relación con la abundancia de todos los morfotipos en una muestra de suelo y “S”= número total de morfotipos.

Preselección de actinobacterias antagónicas. Una cepa de cada morfotipo fue utilizada para evaluar su capacidad antagónica contra los fitopatógenos *F. oxysporum*, *F. solani*, *R. solani* y *M. phaseolina*. Las actinobacterias fueron inoculadas sin repeticiones con un fragmento de colonia en cajas Petri conteniendo AN y extendiendo el inóculo en el centro. Se incubaron por siete días a 25°C, y se inocularon en los puntos cardinales con los fitopatógenos a una distancia aproximada de 1.5 cm. El inóculo de *R. solani* y *M. phaseolina* consistió en un fragmento de colonia; mientras que el inóculo de *Fusarium* spp. consistió de una alícuota de 20 µL de suspensión de conidios, la cual se permitió secar sobre el medio de cultivo. Al tercer día se registró el crecimiento radial de los hongos en dirección a las actinobacterias y se obtuvo el porcentaje de inhibición con respecto al testigo libre de actinobacterias. Las actinobacterias fueron agrupadas en tres categorías de acuerdo al porcentaje de inhibición causado a cada fitopatógeno: 1= inhibición de 33.3 % o menos, 2= inhibición de 33.4 a 66.6 % y 3= superior a 66.6 %. Los morfotipos más sobresalientes por su inhibición contra los fitopatógenos fueron seleccionados para estudios detallados.

Confrontación contra *M. phaseolina*. Los morfotipos M3 y M17 fueron seleccionados por causar el más alto porcentaje de inhibición contra *M. phaseolina*. Estos morfotipos fueron nuevamente evaluados en un experimento completamente al azar con cuatro repeticiones (caja Petri) para confirmar su actividad sobresaliente durante la preselección. Los morfotipos fueron inoculados como se mencionó anteriormente y a los siete días se inocularon fragmentos (0.64 cm², aprox.) de colonia de *M. phaseolina* de seis días de edad en los puntos cardinales de las cajas Petri. El testigo consistió en la inoculación del fitopatógeno en medio de cultivo libre de actinobacterias. A las 48 hr se determinó el crecimiento radial del fitopatógeno en dirección al centro de las cajas Petri, a partir del borde de los fragmentos de colonia. Se obtuvo el promedio de crecimiento a partir de los cuatro fragmentos y éstos se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias (Tuckey, p= 0.05) en el programa INFOSAT (Versión: 30/04/2020).

Confrontación contra *F. oxysporum*. Un morfotipo (M35) fue seleccionado por causar el más alto porcentaje de inhibición contra *F. oxysporum*. Este morfotipo fue inoculado como se mencionó anteriormente, y a los siete días de edad de las colonias se colocaron alícuotas de 20 µL de una suspensión de conidios en los puntos cardinales de las cajas Petri. El testigo consistió solamente en la inoculación de las alícuotas en AN. Cuatro repeticiones (caja Petri) fueron establecidas para la actinobacteria y el testigo. A las 24 hr fue evaluado el porcentaje de conidios germinados a partir de los primeros cien observados. El crecimiento radial fuera de las alícuotas depositadas con conidios, en dirección al centro de las cajas Petri, se registró (mm) a las 48 hr. Con los datos obtenidos se realizó una comparación de medias mediante la

prueba *t* de Student. Se tomó una imagen de la confrontación con la actinobacteria y del testigo al cuarto día de establecido el experimento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron 125 cepas de actinobacterias, las cuales fueron agrupadas en 49 morfotipos. Veinticuatro morfotipos estuvieron representados por una sola cepa, seis por dos cepas, ocho por tres cepas, cuatro por cuatro cepas, tres por cinco cepas, uno por seis cepas, uno por siete cepas, uno por ocho cepas y uno por 13 cepas. El índice de diversidad de Shannon-Wiener fue de 3.58 para los morfotipos de actinobacterias presentes en la muestra de suelo analizada. Aunque índices mayores de diversidad de morfotipos de actinobacterias, del orden de 3.46 - 3.76 y de 4.05, han sido reportados de suelos en Coahuila (Rodríguez-Guerra *et al.*, 2020) y Tamaulipas (Peña-Carrillo *et al.*, 2021), se considera que el índice de diversidad obtenido en esta investigación puede considerarse elevado. Una muestra de la diversidad de morfotipos obtenidos se muestra en la Figura 1.

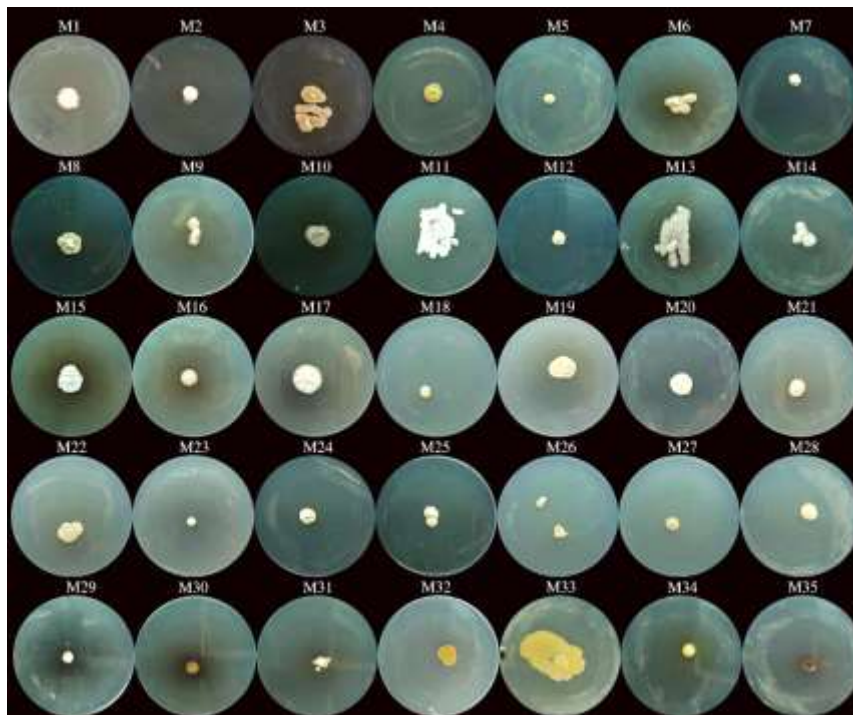


Figura 1. Muestra de morfotipos de actinobacterias aisladas de suelo de una parcela cultivada con soya en 2021, del estado de Tamaulipas, México.

El fitopatógeno que mostró el porcentaje de inhibición promedio más elevado contra los morfotipos de actinobacterias fue *M. phaseolina* (62.0 %), seguido de *R. solani* (47.9 %), *F. solani* (41.7 %) y *F. oxysporum* (32.1 %); y sólo cinco morfotipos (M3, M8, M17, M26, M35) causaron en promedio un porcentaje de inhibición del 68.9 a 80.9 a los cuatro fitopatógenos. El número de morfotipos varió en cuanto al porcentaje de inhibición que causaron a cada uno

de los fitopatógenos (Figura 2). En la Figura 3 se muestra la respuesta de los cuatro fitopatógenos a tres morfotipos durante la preselección.

En el ensayo de preselección se identificó dos morfotipos extremadamente sobresalientes contra *M. phaseolina* y uno contra *F. oxysporum*. Durante la búsqueda de microorganismos antagonicos contra estos fitopatógenos se han encontrado algunas bacterias, hongos y actinobacterias con sobresaliente actividad antagonica (Bojórquez-Armenta *et al.*, 2021; Mmbaga *et al.*, 2018; Jalaluldeen *et al.*, 2014; Gopalakrishnan *et al.*, 2011; Suárez-Estrella *et al.*, 2007), pero comúnmente un número reducido de cepas son seleccionadas para continuar estudios más detallados sobre el antagonismo observado.

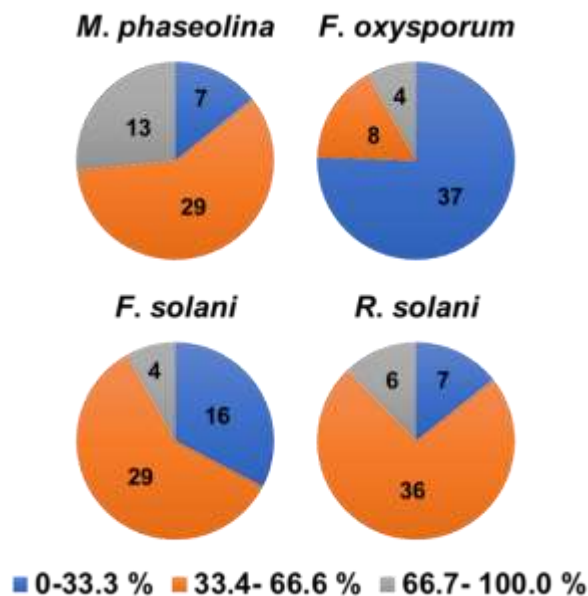


Figura 2. Número de morfotipos que causaron algún porcentaje de inhibición sobre cuatro especies de hongos fitopatógenos.



Figura 3. Se muestra el aspecto del crecimiento de cuatro hongos fitopatógenos en el ensayo de preselección en el testigo y tres morfotipos de actinobacterias, cuatro días después de su inoculación. En cada caja Petri se encuentra en la parte superior *F. oxysporum*, y en el sentido de las manecillas del reloj *F. solani*, *R. solani* y *M. phaseolina*.

Los dos morfotipos seleccionados durante la preselección por su sobresaliente actividad antagonica contra *M. phaseolina*, mostraron diferencias ($p < 0.01$) entre sí y con el testigo en

el crecimiento radial desarrollado a partir de los fragmentos inoculados. El testigo mostró un crecimiento radial promedio de 6.4 mm, mientras que en el morfotipo M3 fue de 4.0 mm (37.5 % de inhibición) y en M17 fue de 0.0 mm (100 % de inhibición). Los reportes de inhibición por otras actinobacterias contra *M. phaseolina* han variado de 60 % (Gopalakrishnan *et al.*, 2019), 64.52 % (Shrivastava *et al.*, 2017) y 50 % (Yadav *et al.*, 2014).

Durante la preselección sin repeticiones, el morfotipo M35 fue seleccionado por causar el 100 % de inhibición de la germinación de conidios de *F. oxysporum*. Cuando se realizó la confrontación de esta actinobacteria en el experimento con repeticiones, se confirmó la ausencia de germinación de conidios del hongo a las 24 hr de establecida la confrontación; mientras que en el testigo fue imposible realizar una cuantificación de la germinación debido al abundante crecimiento micelial, por lo que se consideró una germinación del 100 %. A las 48 hr el promedio de crecimiento micelial en el testigo en dirección al centro de la caja Petri fue de 1.6 mm y en la confrontación con la actinobacteria fue de 0.0 mm. En ambos resultados se encontró diferencias ($p < 0.05$) entre el testigo y la confrontación con la actinobacteria. Resultados de otras investigaciones han mostrado porcentajes de inhibición del crecimiento micelial de *F. oxysporum* que pueden ser del orden del 79.9 % (Zou *et al.*, 2021), 41.88 % (Tlemsani *et al.*, 2020) y 71 % (Jalaluldeen *et al.*, 2014), entre otros. Sin embargo, Zou y colab. (2021) y Getha y Vikineswary (2002) han reportado una completa inhibición de la germinación de esporas de *F. oxysporum* mediante el uso de extractos de actinomicetos.

Los resultados anteriores demuestran el elevado potencial que tienen los morfotipos M17 y M35 para ser evaluados por su capacidad de biocontrol contra *M. phaseolina* y *F. oxysporum*, respectivamente.

CONCLUSIONES

La diversidad morfológica entre los 125 aislados de actinobacterias obtenidas de suelo fue elevada. Dos morfotipos sobresalieron por su actividad antagónica, uno inhibiendo completamente el crecimiento radial *M. phaseolina* y otro inhibiendo totalmente la germinación de conidios y el crecimiento micelial de *F. oxysporum*.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al INIFAP el apoyo financiero para la realización de esta investigación como parte del Proyecto 13403834745 "Aprovechamiento de la biodiversidad microbiana contra problemas fitosanitarios de cultivos del área de influencia del CIR-Noreste".

REFERENCIAS

- Al-Jedabi, A. A. 2009. Biological control of *Fusarium* root-rot of sorghum. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 5(4), 465-473.
- Bojórquez-Armenta, Y. D. J., Mora-Romero, G. A., López-Meyer, M., Maldonado-Mendoza, I. E., Castro-Martínez, C., Romero-Urías, C. de los A., Cordero-Ramírez, J.D. and Martínez-Álvarez, J. C. (2021). Evaluation of *Bacillus* spp. isolates as potential biocontrol agents against charcoal rot caused by *Macrophomina phaseolina* on common bean. Journal of General Plant Pathology, 87(6), 377-386.
- Getha, K., and Vikineswary, S. (2002). Antagonistic effects of *Streptomyces violaceusniger* strain G10 on *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* race 4: indirect evidence for the role of antibiosis in the antagonistic process. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 28(6), 303-310.
- González, V., Armijos, E., and Garcés-Claver, A. (2020). Fungal endophytes as biocontrol agents against the main soil-borne diseases of melon and watermelon in Spain. Agronomy, 10(6), 820.
- Gopalakrishnan, S., Kiran, B. K., Humayun, P., Vidya, M. S., Deepthi, K., Jacob, S., Vadlamudi, S., Alekhya, G. and Rupela, O. (2011). Biocontrol of charcoal-rot of sorghum by actinomycetes isolated from herbal vermicompost. African Journal of Biotechnology, 10(79), 18142-18152.
- Gopalakrishnan, S., Srinivas, V., Naresh, N., Alekhya, G., and Sharma, R. (2019). Exploiting plant growth-promoting *Amycolatopsis* sp. for bio-control of charcoal rot of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) caused by *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 52(7-8), 543-559.
- Granados-Montero, M. D. M., Chaves-Barrantes, N., Chaverri, P., Hernández-Fonseca, J. C., y Escudero-Leyva, E. (2021). Hongos asociados a la marchitez del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) en Costa Rica. Revista Mexicana de Fitopatología, 39(2), 289-301.
- Jalaluldeen, A. M., Sijam, K., Othman, R., and Ahmad, Z. A. M. (2014). Isolation and characterization of actinomycetes with in-vitro antagonistic activity against *Fusarium oxysporum* from rhizosphere of chilli. Methodology, 3, 45-51.
- Marquez, N., Giachero, M. L., Declerck, S., and Ducasse, D. A. (2021). *Macrophomina phaseolina*: General characteristics of pathogenicity and methods of control. Frontiers in Plant Science, 12, 634397.
- Michereff, S. J., Andrade, D. E., and Sales, J. R. (2008). Reaction of melon genotypes to *Rhizoctonia solani*. Horticultura Brasileira, 26, 401-403.
- Mmbaga, M. T., Gurung, S., and Maheshwari, A. (2018). Screening of plant endophytes as biological control agents against root rot pathogens of pepper (*Capsicum annum* L.). J. Plant Pathol. Microbiol, 9(3), 1000435.
- Montiel-González, L., González-Flores, F., Sánchez-García, B. M., Guzmán-Rivera, S., Gámez-Vázquez, F. P., Acosta-Gallegos, J. A., Rodríguez-Guerra, R., Simpson-Williamson, J., Cabral-Enciso, M., y Mendoza-Elos, M. (2005). Especies de *Fusarium* presentes en raíces de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con daños de pudrición, en cinco estados del centro de México. Revista Mexicana de Fitopatología, 23(1), 1-7.
- Peña-Carrillo, K. I., Almeyda-León, I. H., López-Arroyo, J. I., Narvaéz-Rodríguez, Á. I., Torres-Acosta, R. I., Ochoa-Ascencio, S., Estrada-Virgen, O. and Rodríguez-Guerra, R. (2021). Diversidad de actinobacterias aisladas de suelo y su antagonismo contra la germinación de esporas de hongos fitopatógenos. Biotecnología y Sustentabilidad, 6(2), 70-84.
- Rodríguez-Guerra, R., Reyes-Castillo, F., Ledesma-Bravo, B., Calderón-Ruiz, A., Armijo-Martínez, L. F., and Ruiz-Amaro, C. J. (2020). Diversidad en suelo y antagonismo de actinobacterias contra *Sclerotium rolfsii*. Biotecnología y Sustentabilidad, 5(1), 19-36.

- Shrivastava, P., Kumar, R., and Yandigeri, M. S. (2017). In vitro biocontrol activity of halotolerant *Streptomyces aureofaciens* K20: a potent antagonist against *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. Saudi Journal of Biological Sciences, 24(1), 192-199.
- Suárez-Estrella, F., Vargas-García, C., López, M. J., Capel, C., and Moreno, J. (2007). Antagonistic activity of bacteria and fungi from horticultural compost against *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*. Crop Protection, 26(1), 46-53.
- Tlemsani, M., Fortas, Z., Dib, S., & Bellahcen, M. (2020). In vitro antagonism between actinomycete isolates and *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri*: The causative agent of chickpea vascular wilt. South Asian Journal of Experimental Biology, 10(4), 255-267.
- Vásquez, L. A., Tlapal, B. B., Yáñez, M. M., Pérez, P. R., y Quintos, E. M. (2009). Etiología de la marchitez del 'chile de agua' (*Capsicum annuum* L.) en Oaxaca, México. Revista Fitotecnia Mexicana, 32(2), 127-134.
- Yadav, A. K., Yandigeri, M. S., Vardhan, S., Sivakumar, G., Rangeshwaran, R., and Tripathi, C. P. M. (2014). *Streptomyces* sp. S160: a potential antagonist against chickpea charcoal root rot caused by *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. Annals of Microbiology, 64(3), 1113-1122.
- Zou, N., Zhou, D., Chen, Y., Lin, P., Chen, Y., Wang, W., Xie, J. and Wang, M. (2021). A Novel antifungal actinomycete *Streptomyces* sp. strain H3-2 effectively controls banana *Fusarium* wilt. Frontiers in Microbiology, 12, 706647.

CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS QUE INFLUYEN EN EL RENDIMIENTO DE SEMILLA DE VARIEDADES DE CEBADA

AGRONOMIC CHARACTERISTICS THAT INFLUENCE THE SEED YIELD OF BARLEY VARIETIES

Miguel Angel Avila Perches^{1*}, Ramón Huerta Zurita¹, Alfredo Josué Gámez Vázquez¹, Mauro Refugio Zamora Díaz², Andrés Mandujano Bueno¹.

¹INIFAP, Campo Experimental Bajío, km 6.5 de la carretera Celaya-San Miguel de Allende, C. P. 38010, Roque, Celaya, Gto. ²INIFAP, Campo Experimental Valle de México, km. 13.5 de la carretera Los Reyes-Textcoco, C. P. 56250, Coatlinchan, Textcoco, Estado de México.

[*avila.miguel@inifap.gob.mx](mailto:avila.miguel@inifap.gob.mx)

RESUMEN

Fueron evaluadas 10 variedades de cebada de dos (2H) y seis (6H) hileras en la espiga en tres fechas de siembra, en condiciones de riego durante el ciclo otoño-invierno en Roque, Celaya, Guanajuato. Se detectó que Alina presentó el más alto RS, además que el RS y NSE fue mayor en las variedades de 6H y que la AP y NEMC fue superior en los genotipos de 2H, asimismo se observó que el RS presentó correlación positiva con AP.

Palabras clave: Desempeño, variedades de cebada.

ABSTRACT

Ten barley genotypes with two-(2R) and six-rowed (6R) in the spike were evaluated in three sowing dates, under irrigation conditions during the fall-winter crop cycle in Roque, Celaya, Guanajuato. It was detected that Alina presented the highest seed yield (SY), in addition, the SY and seed number per spike were higher in the 6R varieties and the plant height (PH) and spike number per square meter were higher in the 2R genotypes, it was also observed that SY presented a positive correlation with PH.

Key words: Performance, barley varieties.

INTRODUCCIÓN

En el mundo, la cebada es el quinto cultivo más importante, después de maíz, trigo, arroz y soya. Anualmente la producción de este cereal es cercana a 158 millones de toneladas que se obtienen a nivel internacional en poco más de 51 millones de ha, con un rendimiento promedio de 3.3 t ha⁻¹, los principales países productores son: Rusia, España, Alemania y Canadá, Francia y España que obtienen el 47 % de la producción (FAO, 2022).

En 2021, en nuestro país se cultivaron cerca de 345,000 ha con cebada y se obtuvieron alrededor de 1, 000,000 t, que se manejan en dos épocas de siembra. En el ciclo primavera-verano en temporal se cultivaron cerca de 272,000 ha y se cosechó el 60.6 % de la producción nacional, mientras que en el ciclo otoño-invierno se sembraron alrededor de 71,000 ha en riego y se obtuvo el 39.4 % del volumen nacional. En nuestro país, las entidades que más producen éste cereal son Guanajuato e Hidalgo que cosechan el 50.2 % de la producción nacional (SIAP, 2022).

Con la definición de atributos simples relacionados con el rendimiento de grano sería posible incorporar elementos que contribuyan en la selección de genotipos en un programa de mejora genética de los cultivos, en cebada las características morfológicas que pueden afectar el rendimiento son: número de espigas por unidad de superficie, granos por espiga y peso del grano (Dorostkar *et al.*, 2015)

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue cuantificar la relación de diferentes características agronómicas con el rendimiento de semilla de 10 variedades de cebada evaluadas en tres fechas de siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante el ciclo otoño-invierno de 2020-2021 bajo condiciones de riego, 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 establecieron tres ambientes o fechas de siembra: 15 de noviembre y 15 de diciembre (FS1 y FS2 respectivamente) de 2020 y 15 de enero (FS3) de 2021, en cada una se evaluaron 10 genotipos (G) de cebada (Cuadro 1).

Los cultivares dentro de cada fecha de siembra (FS) se manejaron en un diseño experimental de bloques al azar con tres 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 efectuaron cuatro riegos a los 0, 40, 65 y 85 días después de la siembra (DDS). El resto del manejo agronómico se realizó de acuerdo con las recomendaciones del INIFAP para la región.

Cuadro 1. Genotipos de cebada evaluados en tres fechas de siembra.

Genotipo	Número de hileras en la espiga	Origen
Alina	Seis	INIFAP
Esperanza	Seis	INIFAP
W103	Seis	INIFAP
W106	Seis	INIFAP
Doña Josefa	Seis	ICAMEX ¹
Guanajuato	Dos	INIFAP
Explorer	Dos	Francia
Metcalf	Dos	Canadá
Prunella	Dos	Francia
Brennus	Dos	Francia

¹ICAMEX: Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México.

Se determinaron las siguientes variables: Rendimiento de semilla (RS), altura de planta (AP), número de espigas m⁻² (NEMC) y número de semillas espiga⁻¹ (NSE) 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

En los cuatro caracteres estudiados, los análisis de varianza (ANVA) detectaron diferencias significativas en las fuentes de variación de genotipo (G) y fecha de siembra (FS) no obstante, por la magnitud de los cuadrados medios de los ANVA, sobresale la importancia de la FS en la manifestación del RS y AP, lo anterior coincide con lo reportado por Shivhare *et al.* (2020) 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). Asimismo 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 ambientes. Además es importante mencionar que los coeficientes de variación tuvieron valores menores al 16 %, 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	Altura de planta	Número de espigas m ⁻²	Número de semillas espiga ⁻¹
G ¹	1.44*	339.87*	122.821.37**	1320.31**
FS ²	61.43**	2069.01**	84842.7**	893.48*
G X FS	2.04NS	45.31NS	9001.14NS	41.87NS
C. V. ³ (%)	10.79	6.83	15.44	13.62

¹G: Genotipo.

²FS: Fecha de siembra.

³C. V.: Coeficiente de variación.

⁴NS: No significativo.

. * y **: Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

En RS, en promedio de las tres fechas de siembra (Cuadro 3), Alina sobresalió por su RS, con un valor de 6.89 t ha⁻¹, el buen comportamiento de ésta variedad también fue reportado por Pérez *et al.* (2016). En AP, el mayor promedio fue para Metcalfe con 81.55 cm, mientras que el menor porte fue para Esperanza con 59.77 cm, en NEMC, sobresalieron Guanajuato y Explorer con un valor superior a 570, mientras que en NSE, destacaron Doña Josefa y Esperanza con un promedio mayor a 45.

Es importante resaltar (Cuadro 3) que el RS y NSE fue superior en las variedades de 6H con 6.43 t ha⁻¹ y 43.84 respectivamente, mientras que la AP y NEMC fue mayor en los genotipos de 2H con 70.42 cm y 544.93 respectivamente, lo anterior coincide parcialmente con lo reportado por Rios *et al.* (2011).

De acuerdo con los resultados del análisis de correlación de Pearson (Cuadro 4), el mayor coeficiente de correlación positivo, se observó entre el rendimiento de semilla y la altura de planta, lo que significa que al elegir genotipos de porte alto, indirectamente se estará seleccionando también hacia mayor producción, sin embargo es importante considerar aspectos como el acame.

El análisis de componentes principales detectó que los dos primeros componentes explicaron el 78 % de la variación observada, además indicó que el NEMC y NSE también influyen en el RS (Cuadro 5).

Cuadro 3. Rendimiento de semilla y características agronómicas de 10 variedades de cebada promedio de tres fechas de siembra.

Variedad	Rendimiento de semilla (kg ha ⁻¹)	Altura de planta (cm)	Número de espigas m ⁻²	Número de semillas espiga ⁻¹
Seis hileras				
Alina	6.89	76.88	348.44	44.44
Esperanza	6.65	59.77	305.56	45.51
W103	5.67	66.11	311.11	40.93
W106	6.19	65.88	320.44	42.68
Doña Josefa	6.76	71.33	356.22	45.68
Dos hileras				
Guanajuato	5.88	68.44	576.67	17.84
Explorer	6.48	66.22	571.78	21.11
Metcalfe	6.04	81.55	532.22	22.42
Prunella	6.54	69.22	505.33	21.77
Brennus	6.30	67.00	538.67	22.57
DMS ¹	0.64	4.47	63.33	4.18

¹DMS: Diferencia mínima significativa.

Cuadro 4. Coeficientes de correlación de Pearson de las variables evaluadas.

	RS	AP	NEMC	NSE
RS	1.00	0.57**	0.375NS	0.40**
AP		1.00	0.35NS	0.16NS
NEMC			1.00	-0.54**
NSE				1.00

¹NS: 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	-0.11	0.82
Altura de planta	0.12	0.49
Número de espigas m ⁻²	0.50	-0.02
Número de semillas espiga ⁻¹	-0.50	0.16
Porcentaje de la varianza explicada	59.5	18.5

CONCLUSIONES

- En promedio de las 3 fechas de siembra, Alina presentó el más alto rendimiento de semilla.
- El rendimiento de semilla y el número de semillas por espiga fue mayor en las variedades de seis hileras en la espiga.
- La altura de planta y el número de espigas por metro cuadrado fue superior en los genotipos de dos hileras en la espiga.
- El rendimiento de semilla presentó correlación positiva con la altura de planta

REFERENCIAS

- Dorostkar S., H. Pakniyat, M. Ahmadi, M. Aliakbari, N. Sobhanian, R. Ghorbani, M. Eskandari. 2015. Study of relationship between grain yield and yield components using multivariate analysis in barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.). *Int. J. Agron. Agric. Res.* 6(4): 240-250.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2022. Consultado en: www.fao.org/faostat
- Pérez R. J. A., M. Zamora D., J. A. Mejía, A. Hernández L., S. Solano H. 2016. Evaluación de 10 genotipos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en cinco fechas de siembra y dos ciclos agrícolas. *Agrociencia* 50: 201-213.
- Rios, D. R., R. Britto, H. Delgado. 2011. Evaluación del rendimiento y sus componentes en genotipos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) diferenciados por su tipo de espiga y grano. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 14(2) 55 – 63.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2022. Consultado en: www.siap.gob.mx
- Shivhare P., M. Devender, G. Pandey, A. Kumar. 2020. Performance of barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties to different sowing dates under irrigated conditions. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 9(4): 2216-2223.

ESTUDIO DEL POTENCIAL DE ENERGÍA SOLAR EN MÉXICO MEDIANTE MODELOS CLIMÁTICOS REGIONALES

Marmolejo-Rincón, Duilio Daniel¹; Corrales-Suastegui, Arturo^{2*}; Verduzco-Grajeda, Lidia Elizabeth³; González-González, Miguel Angel²; Narváez-Mendoza, Mario P.²

¹Universidad Politécnica de Aguascalientes, Ingeniería en Energía

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.E. Pabellón, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes

³Universidad Autónoma de Aguascalientes, campus Sur, Centro de Ciencias de la Ingeniería, Ingeniería. Ave. Mahadma Ghandi 6601, El Gigante, 20340, Aguascalientes, Ags.

* Autor de correspondencia: corrales.arturo@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los combustibles fósiles son actualmente las principales fuentes de suministro de energía a nivel mundial. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA), más del 70% de la demanda mundial de energía primaria se satisface con combustibles fósiles debido a su asequibilidad, eficiencia y madurez tecnológica. Sin embargo, la combustión de combustibles fósiles libera gases de efecto invernadero a la atmósfera, como el dióxido de carbono (CO₂), que son la principal causa del calentamiento global actual. Para afrontar este problema es necesario el pronto remplazo de los combustibles fósiles para la generación de energía, y no depender de su uso hasta su agotamiento total. Aunado a esto será la disminución de gases de efecto invernadero que a su vez reducirá el calentamiento global evitando el aumento de temperatura mundial que se tiene previsto para un futuro. Una forma de lograr estos objetivos es la creación de alternativas para la generación de energía, tales como la implementación de fuentes de energía renovable, como lo son la energía solar o la energía eólica. Asimismo, es importante conocer las posibilidades que se tienen en el mundo para la puesta en marcha de proyectos que favorezcan a la máxima generación de energía, y especialmente en México que, hasta 2021, solo el 31% de la energía era proveniente de energías renovables. En este estudio se analizó el potencial de energía fotovoltaica en México para un periodo de referencia de 20 años (1995-2014) utilizando dos modelos climáticos regionales de la iniciativa CORDEX-CORE. Adicionalmente, este estudio servirá como base para analizar el potencial de energía solar en México hacia mediados (2041-2060) y finales (2080-2099) de siglo bajo escenarios de cambio climático.

Palabras clave: PVP, RegCM4, REMO2015

ABSTRACT

Fossil fuels are currently the main source of energy supply worldwide. According to the International Energy Agency (IEA), more than 70% of the world's primary energy demand is met by fossil fuels due to their affordability, efficiency, and technological maturity. However,

the combustion of fossil fuels releases greenhouse gases into the atmosphere, such as carbon dioxide (CO₂), which are the main cause of global warming. It is necessary to promptly replace fossil fuels for energy generation and not depend on their use until they are completely exhausted. Added to this will be the reduction of greenhouse gases, which will reduce global warming, avoiding the increase in world temperature that is planned for the future. One way to achieve these objectives is the creation of alternatives for energy generation, such as implementing renewable energy sources, such as solar energy or wind energy. Likewise, it is crucial to know the possibilities in the world for implementing projects that favor the maximum generation of energy, especially in Mexico, where, until 2021, only 31% of the energy came from renewable energies. In this study, we analyze the photovoltaic energy potential in Mexico for a 20-year reference period (1995-2014) using two regional climate models from the CORDEX-CORE initiative. Additionally, this study will serve as a basis to analyze the solar energy potential in Mexico towards the middle (2041-2060) and the end (2080-2099) of the century under climate change scenarios.

Key words: PVP, RegCM4, REMO2015

INTRODUCCION

Desde la llegada del siglo XXI, diversos grupos de profesionales han documentado y planteado sus preocupaciones con respecto a la contaminación ambiental derivada de la producción de energía eléctrica (Silva Rodríguez de San Miguel, 2020). Esto debido a los combustibles fósiles, los cuales son actualmente las principales fuentes de suministro de energía a nivel mundial. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA), en el año 2013 más del 70% de la demanda mundial de energía primaria se satisfacía con combustibles fósiles. Sin embargo, la quema de combustibles fósiles libera gases de efecto invernadero a la atmósfera, CO₂ principalmente, que son la principal causa del calentamiento global actual (Sawadogo et al., 2020).

Estas preocupaciones han impulsado a las entidades privadas y públicas a desarrollar y aplicar fuentes de energía renovables, que ayudan a minimizar el impacto ambiental y a reducir los costos durante la transformación de energía. Se dice que las fuentes de energía renovable son aquellas que se reponen de manera natural en un periodo de tiempo considerable, entre ellas se pueden encontrar la energía eólica, solar, geotérmica, biomasa, entre otras (Silva Rodríguez de San Miguel, 2020).

Se tienen antecedentes de estudios con modelos dinámicos y considerando RCPs. Por ejemplo, Sawadogo et al. (2021), analizaron salidas de CORDEX-CORE para el dominio de África y encontraron una disminución general del potencial de energía fotovoltaica (PVP) en África Occidental bajo el RCP8.5, con una disminución máxima que alcanzó el 3.8%.

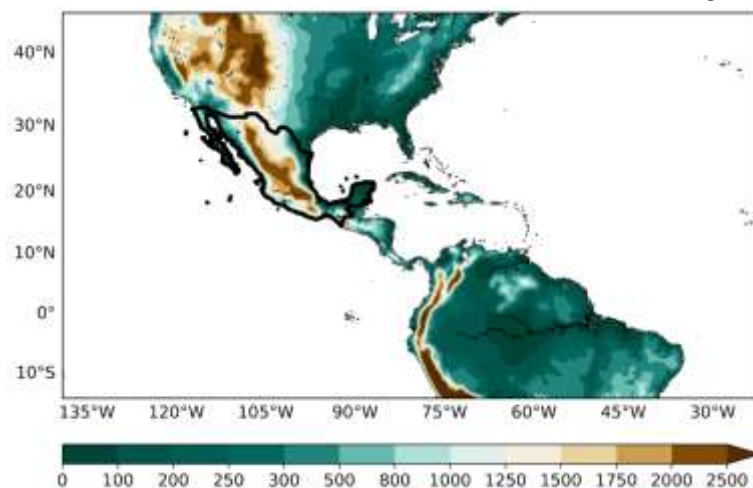
Asimismo, Bichet et al. (2019) proyectó una disminución promedio de PVP de aproximadamente el 4% en la mayor parte de África para fines de siglo. A escala estacional, se encuentra que la mayoría de los países del sur de África posiblemente experimenten una disminución en la radiación solar durante junio-agosto para 2050.

MATERIALES Y METODOS

Modelos

El Modelo Climático Regional (RegCM4, v4.7.0) del Centro Internacional Abdus Salam de Física Teórica (ICTP, por sus siglas en inglés) es un modelo hidrostático, compresible y tridimensional. Se ejecuta en la malla Arakawa B para el dominio de México y Centroamérica (CAM) (Figura 1) del Experimento regional coordinado de reducción de escala (CORDEX) a una resolución espacial de 25 km (Giorgi et al., 2009, 2012; Giorgi and Gutowski, 2015; Torres-Alavez et al., 2021a, 2021b). El dominio CORDEX-CAM cubre completamente a México (Figura 1). El modelo RegCM4 se ha utilizado en muchos estudios climáticos sobre el dominio CAM (p. ej., Fuentes-Franco et al., 2014, 2015; Cavazos et al., 2020; Torres-Alavez et al., 2021a; Corrales-Suastegui et al., 2021).

REMO es un modelo hidrostático atmosférico desarrollado principalmente para correr en áreas limitadas (Top et al., 2021). REMO se basa en el Modelo Europa, el antiguo modelo de pronóstico meteorológico numérico del Servicio Meteorológico Alemán (Jacob, 2001). El desarrollo del modelo lo inició el Instituto Max Planck de Meteorología y es mantenido y



ampliado por el Centro de Servicios Climáticos de Alemania (HZG-GERICS). La parametrización física se basa en el modelo de circulación global ECHAM4 (Roeckner et al., 1996), pero ha habido muchos desarrollos posteriores (Hagemann, 2002; Semmler et al., 2004; Pfeifer, 2006; Pietikäinen et al., 2012; Wilhelm et al., 2014). La versión de REMO hidrostática más reciente es REMO2015 (Top et al., 2021). REMO2015 se corrió para el CORDEX-CAM (Figura 1).

Figura 1. Dominio del modelo, topografía (m) y área de estudio (en línea negra). Fuente: modificado de Corrales-Suastegui et al. (2021).

Simulaciones

Similar a Corrales-Suastegui et al. (2021) se definió el periodo 1995-2014 como referencia para las “condiciones actuales”. Para el período de referencia, se analizaron simulaciones (RegCM y REMO2015) forzadas por el reanálisis ERA-Interim (Dee et al., 2011) del Centro Europeo para el Pronóstico del Tiempo a Medio Plazo (ECMWF, <http://apps.ecmwf.int/datasets/>, fecha de acceso: 1 de abril de 2020) como evaluación de los modelos.

Datos

En este trabajo, utilizamos datos diarios de temperatura, radiación solar del reanálisis ERA5 del Centro Europeo para el Pronóstico del Tiempo a Medio Plazo (ECMWF) con una resolución horizontal de 31 km (Hersbach et al., 2020; Copernicus Climate Change Service [C3S], 2017, <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home>, fecha de acceso: 15 de mayo de 2020).

Usamos cada base de datos en su resolución original, pero para calcular los sesgos, los datos de RegCM4 y REMO2015 se interpolaron a la resolución espacial de ERA5.

Potencial de energía fotovoltaica

El potencial de potencia fotovoltaica (PVP) se estimó siguiendo a Sawadogo et al. (2021):

$$PVP(t) = P_r(t) \frac{R_s(t)}{R_{STC}} \quad (1)$$

Donde PVP(t) es la cantidad de radiación solar que incide sobre una superficie y la cual puede ser aprovechada para generar energía. $R_s(t)$ se refiere a la irradiación solar y R_{STC} a la irradiación solar en condiciones estándar.

$$P_r(t) = 1 + \gamma(T_{cell} - T_{STC}) \quad (2)$$

$P_r(t)$ es una medida de la cantidad de energía solar que incide sobre la superficie de un panel y se convierte en electricidad. T_{STC} es la temperatura del aire en condiciones estándar y es igual a 25°C, y para una celda solar de silicio monocristalino, $\gamma = -0.005^\circ C$.

$$T_{cell} = c_1 + c_2TAS + c_3R_s \quad (3)$$

Donde TAS es la temperatura superficial del aire, R_s es la irradiación solar, $c_1=3.75^\circ C$, $c_2=1.14$ y $c_3=0.0175^\circ C m^2W^{-1}$ para una celda de silicio monocristalino.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se evaluó el desempeño de los modelos comparando RegCM4 y REMO2015 forzados por Era-Interim contra ERA5. A pesar del sesgo positivo(negativo) en ambos modelos en varias regiones del sur(norte) país, los modelos tienen características similares al reanálisis ERA5.

Se construyeron mapas calculando (1) en cada punto de malla de cada base de datos. Valores altos del PVP indican un mayor potencial para la generación de energía a partir de paneles solares. Las regiones con mayor potencial fotovoltaico (PVP) en ERA5 (Figura 2a) se encontraron en la Península de Baja California ($26 < \text{PVP} < 30\%$), noreste ($22 < \text{PVP} < 26\%$) y en el Altiplano Mexicano y centro ($24 < \text{PVP} < 26$ de México, lo cual es consistente con trabajos previos de simulación en otras regiones (Sawadogo *et al.*, 2021).

Las simulaciones RegCM (Figura 2b) y REMO2015 (Figura 2c) reproducen este patrón general. Sin embargo, las simulaciones mostraron un sesgo negativo en las regiones del Altiplano Mexicano, norte-centro y noreste del país (Figuras 2d-e). Por otra parte, en regiones del sur y hacia el este del país, los modelos mostraron un sesgo positivo (Figuras 2d-e)

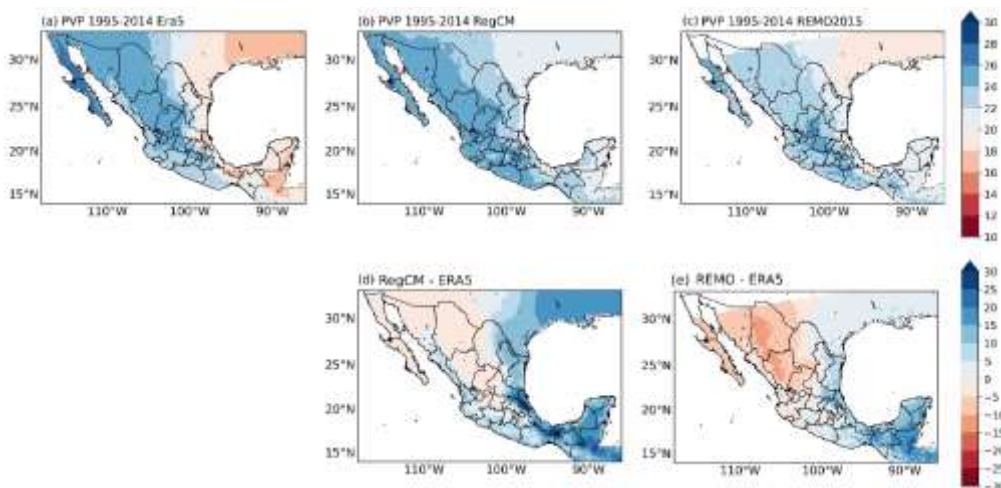


Figura 2. Promedio de 20 años durante el periodo de referencia (1995-2014) del PVP (%) a partir de a) ERA5, b) RegCM, c) REMO. Diferencia en PVP (%) entre los modelos y ERA5 para d) RegCM – ERA5 y e) REMO – ERA5 durante el mismo periodo.

La Figura 3 muestra la variabilidad del PVP. Las regiones de máxima variabilidad en ERA5 (Figura 3a) se encontraron en el noroeste de México con valores de 6 a 8%. Las simulaciones (Figuras 3b, c) reproducen las regiones de máxima variabilidad con valores en el mismo rango (6 a 8%) de acuerdo al reanálisis.

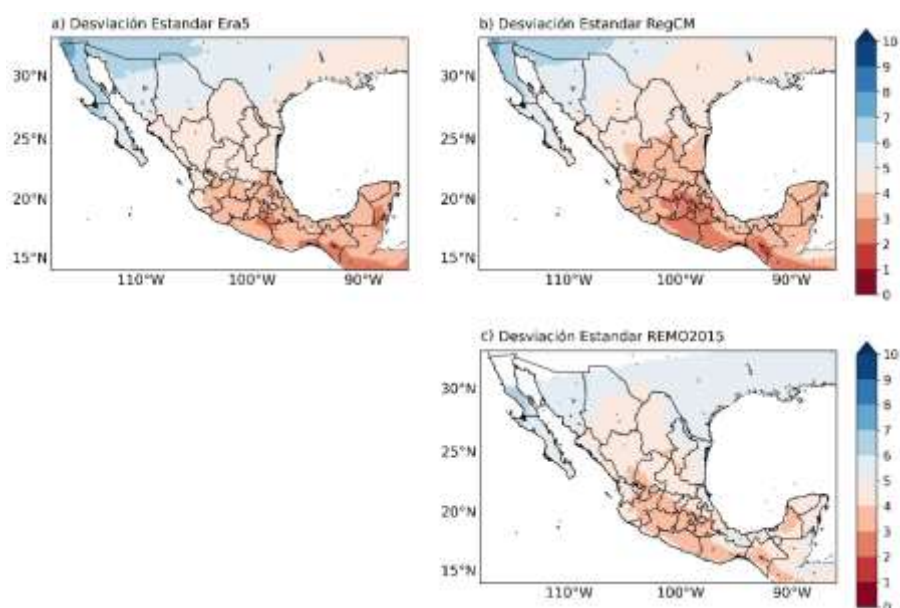


Figura 3. Desviación estándar del PVP (%) para a) ERA5, b) RegCM y c) REMO2015 durante 1995-2014.

CONCLUSIONES

Este estudio investigó el modelo climático regional RegCM4 para analizar e identificar las regiones con valores altos del PVP en México. Se encontró una sobreestimación del PVP en ambos modelos en el norte del país y una subestimación en el sur de México. A pesar de esto, RegCM4 y REMO2015 reprodujo las regiones con mayor PVP en comparación con Era5. Como trabajo en curso se investiga el PVP en México bajo escenarios de cambio climático a partir de modelos climáticos globales del CMIP6 y regionales para su aplicación en el sector primario.

REFERENCIAS

- Bichet, A., Hingray, B., Evin, G., Diedhiou, A., Kebe, C.M.F. and Anquetin, S. (2019). Potential impact of climate change on solar resource in Africa for photovoltaic energy: analyses from CORDEX-AFRICA climate experiments *Environ. Res. Lett.* 14 124039
- Cavazos, T.; Luna-Niño, R.; Cerezo-Mota, R.; Fuentes-Franco, R.; Méndez, M.; Pineda Martínez, L.F.; Valenzuela, E. (2020). Climatic trends and regional climate models intercomparison over the CORDEX-CAM (Central America, Caribbean, and Mexico) domain. *Int. J. Climatol.* 40, 1396–1420.
- Copernicus Climate Change Service (C3S) ERA5.(2017). Fifth Generation of ECMWF Atmospheric Reanalyses of the Global Climate. Copernicus Climate Change Service Climate Data Store (CDS). Available online: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home> (accessed on 15 May 2020).
- Corrales-Suastegui, A.; Ruiz-Alvarez, O.; Torres-Alavez, J.A.; Pavia, E.G. (2021). Analysis of Cooling and Heating Degree Days over Mexico in Present and Future Climate. *Atmosphere* 12, 1131. <https://doi.org/10.3390/atmos12091131>
- Dee, D.P.; Uppala, S.M.; Simmons, A.J.; Berrisford, P.; Poli, P.; Kobayashi, S.; Andrae, U.; Balmaseda, M.A.; Balsamo, G.; Bauer, P.; et al. (2011). The ERA-Interim reanalysis:

- Configuration and performance of the data assimilation system. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 137, 553–597.
- Fuentes-Franco, R.; Coppola, E.; Giorgi, F.; Pavia, E.G. (2014). Assessment of RegCM4 simulated inter-annual variability and daily-scale statistics of temperature and precipitation over Mexico. *Clim. Dyn.* 42, 629–647.
- Fuentes-Franco, R.; Coppola, E.; Giorgi, F.; Pavia, E.G.; Diro, G.T.; Graef, F. (2015). Inter-annual variability of precipitation over Southern Mexico and Central America and its relationship to sea surface temperature from a set of future projections from CMIP5 GCMs and RegCM4 CORDEX simulations. *Clim. Dyn.* 45, 425–440.
- Giorgi, F.; Jones, C.; Asrar, G.R. (2009). Addressing Climate Information Needs at the Regional Level: The CORDEX Framework. *World Meteorol. Organ. Bull.* 58, 175–183.
- Giorgi, F.; Coppola, E.; Solmon, F.; Mariotti, L.; Sylla, M.B.; Bi, X.; Elguindi, N.; Diro, G.T.; Nair, V.; Giuliani, G.; et al. (2012). RegCM4: Model description and preliminary tests over multiple CORDEX domains. *Clim. Res.* 52, 7–29.
- Giorgi, F.; Gutowski, W.J. (2015). Regional dynamical downscaling and the cordex initiative. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 40, 467–490.
- Hagemann, S. (2002). An improved land surface parameter data set for global and regional climate models, Max Planck Institute for Meteorology report series, Report No. 336, Hamburg, Germany.
- Hersbach, H.; Bell, B.; Berrisford, P.; Hirahara, S.; Horányi, A.; Muñoz-Sabater, J.; Nicolas, J.; Peubey, C.; Radu, R.; Schepers, D.; et al. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 146, 1999–2049.
- Jacob, D. (2001). A note to the simulation of the annual and inter-annual variability of the water budget over the Baltic Sea drainage basin, *Meteorol. Atmos. Phys.*, 77, 61–73, <https://doi.org/10.1007/s007030170017>
- Pietikäinen, J.-P., O'Donnell, D., Teichmann, C., Karstens, U., Pfeifer, S., Kazil, J., Podzun, R., Fiedler, S., Kokkola, H., Birmili, W., O'Dowd, C., Baltensperger, U., Weingartner, E., Gehrig, R., Spindler, G., Kulmala, M., Feichter, J., Jacob, D., and Laaksonen, A. (2012). The regional aerosol-climate model REMO-HAM, *Geosci. Model Dev.*, 5, 1323–1339, <https://doi.org/10.5194/gmd-5-1323-2012>
- Pfeifer, S. (2006). Modeling cold cloud processes with the regional climate model REMO, PhD thesis, Reports on Earth System Science, Max Planck Institute for Meteorology, Hamburg, Germany.
- Roeckner, E., Arpe, K., Bengtsson, L., Christoph, M., Claussen, M., Dümenil, L., Esch, M., Giorgetta, M., Schlese, U., and Schulzweida, U. (1996). The Atmospheric General Circulation Model ECHAM-4: Model Description and Simulation of the Present Day Climate, Report No. 218, Max-Planck-Institute for Meteorology, Hamburg, Germany
- Sawadogo, W., Babatunde J. Abiodun, and Emmanuel C. Okogbue. (2020). Impacts of global warming on photovoltaic power generation over West Africa. *Renewable Energy*, 151, 263-277.
- Sawadogo, W., Reboita, M. S., Faye, A., da Rocha, R. P., Odoulami, R. C., Olusegun, C. F., Adeniyi, M. O., Abiodun, B. J., Sylla, M. B., Diallo, I., Coppola, E., & Giorgi, F. (2021). Current and future potential of solar and wind energy over Africa using the RegCM4 CORDEX-CORE ensemble. *Climate Dynamics*, 57(5-6), 1647-1672. <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05377-1>
- Semmler, T., Jacob, D., Schlünzen, K. H., and Podzun, R. (2004). Influence of sea ice treatment in a regional climate model on boundary layer values in the Fram Strait region, *Mon. Weather Rev.*, 132, 985–999, [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(2004\)132<0985:IOSITI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(2004)132<0985:IOSITI>2.0.CO;2).
- Silva Rodríguez de San Miguel, J. A. (2020). Wind energy analysis in use and implementation in Mexico. 41(1), 11.
- Top, S., Kotova, L., De Cruz, L., Aniskevich, S., Bobylev, L., De Troch, R., Gnatiuk, N., Gobin, A., Hamdi, R., Kriegsmann, A., Remedio, A., Sakalli, A., Van De Vyver, H., Van Schaeybroeck, B., Zandersons, V., De Maeyer, P., Termonia, P., & Caluwaerts,

- S. (2021). Evaluation of regional climate models ALARO-0 and REMO2015 at 0.22° resolution over the CORDEX Central Asia domain. *Geoscientific Model Development*, 14(3), 1267–1293.
- Torres-Alavez, J.A.; Das, S.; Corrales-Suastegui, A.; Coppola, E.; Giorgi, F.; Raffaele, F.; Bukovsky, M.S.; Ashfaq, M.; Salinas, J.A.; Sines, T. (2021a). Future projections in the climatology of global low-level jets from CORDEX-CORE simulations. *Clim. Dyn.* 57, 1551–1569.
- Torres-Alavez, J.A.; Glazer, R.; Giorgi, F.; Coppola, E.; Gao, X.; Hodges, K.I.; Das, S.; Ashfaq, M.; Reale, M.; Sines, T. (2021b). Future projections in tropical cyclone activity over multiple CORDEX domains from RegCM4 CORDEX-CORE simulations. *Clim. Dyn.* 57, 1507–1531.
- Wilhelm, C., Rechid, D., and Jacob, D. (2014). Interactive coupling of regional atmosphere with biosphere in the new generation regional climate system model REMO-iMOVE, *Geosci. Model Dev.*, 7, 1093–1114, <https://doi.org/10.5194/gmd-7-1093-2014>.

EFFECTO DE LA DEFORESTACIÓN EN PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA DURANTE EL VERANO EXTENDIDO EN MÉXICO

Corrales-Suastegui, Arturo^{1*}; González-González, Miguel Angel¹; Pavia, Edgar G.²; González-Ramírez, Javier³; Cepeda-Morales, Jushiro⁴

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.E. Pabellón, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, División de Oceanología, Departamento de Oceanografía Física, Ensenada, Baja California

³Universidad Autónoma de Nayarit, Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, Laboratorio de Oceanografía Física, Tepic, Nayarit

⁴Universidad Autónoma de Nayarit, Centro Nayarita de Innovación y Transferencia de Tecnología, Unidad Especializada en Percepción Remota Satelital de Ecosistemas continentales y Oceánicos, Tepic, Nayarit

*Autor de correspondencia: corrales.arturo@inifap.gob.mx

RESUMEN

Utilizando el Modelo Climático Regional (RegCM4), se analizaron los efectos de la deforestación sobre la precipitación y temperatura durante el verano extendido (Mayo-Octubre) en México. Para abordar este problema, se realizaron tres experimentos de 13 años (1996-2008) con el modelo climático regional RegCM4 forzado por el reanálisis Era-Interim a 25 km de resolución. El dominio del modelo y las simulaciones siguen las especificaciones del Experimento Coordinado Regional de Reducción del Clima (CORDEX) para el dominio de Centroamérica que cubre completamente a México. El primer experimento consistió en una corrida de control con la vegetación prescrita en el modelo, el segundo experimento consiste en reemplazar todos los árboles por pastizales, y el tercer experimento consiste en reemplazar todos los árboles por suelo desnudo. Los resultados sugieren que al deforestar (de árboles a pastizales o suelo desnudo), grandes regiones del sur de México y la costa del Pacífico experimentaron incremento en temperatura de hasta 1 °C y un incremento en la precipitación de 1 mm/d en las regiones del centro norte y centro occidente, mientras que en el centro y gran parte de la Península de Yucatán la precipitación podría reducirse hasta en 1 mm/d y la temperatura podría aumentar ~1.5°C. Esta respuesta sugiere que, en varias regiones del país, el calentamiento superficial podría resultar de una disminución en la evapotranspiración y rugosidad, lo cual daría lugar a más humedad en bajos niveles de la atmósfera, lo que podría producir movimientos ascendentes (fuerte convección) y por consiguiente un aumento en la precipitación, consistente con trabajos previos en otras regiones. Sin embargo, es necesario realizar más estudios de mayor resolución espacial (10 a 15 km) para tener una respuesta más refinada a forzamientos locales.

Palabras clave

RegCM4, uso de suelo, pastizales, deforestación

ABSTRACT

Using the Regional Climate Model (RegCM4), we analyzed the effects of deforestation on precipitation and temperature during the extended summer (May-October) in Mexico. We performed a set of three 13-year (1996–2008) experiments with the regional climate model RegCM4 driven by the ERA-Interim reanalysis. The model domain and simulations follow the Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX) specifications for the Central American domain that fully covers Mexico. The first experiment consisted of a control run with the vegetation prescribed in the model, the second experiment replaced all trees with grassland, and the third experiment replaced all trees with bare soil. The results suggest that

after deforestation (from trees to grasslands or bare soil), large regions of southern Mexico and the Pacific coast experienced an increase in temperature up to 1 °C and an increase in precipitation of 1 mm/d in regions of the central north and western central. In contrast, in central Mexico and a large part of the Yucatan Peninsula, precipitation could be reduced by up to 1 mm/d, and temperature could increase by ~1.5°C. This response suggests that, in several regions of the country, surface warming could result from a decrease in evapotranspiration and roughness, which would lead to more low-level moisture, which could produce upward movements (strong convection) and, therefore, an increase in precipitation, consistent with previous work in other regions. However, more studies with a higher spatial resolution (10 to 15 km) are needed to have a more refined response to local forcing.

Key words

RegCM4, land use, grassland, deforestation

INTRODUCCION

Distintas observaciones y modelos climáticos sugieren que el impacto de la deforestación en el clima en escalas de tiempo a largo plazo puede depender del porcentaje de área forestal convertida por deforestación; la disposición espacial de los bosques rodeados de área deforestada, diferentes prácticas de uso del suelo y forzamiento externo causado por el cambio climático a escala global (Marengo et al., 2018). Desde finales del siglo pasado, se han realizado varios estudios sobre los posibles impactos del uso de suelo y la variación de la cobertura de vegetación (LULC, por sus siglas en inglés) en el clima regional. Charney et al. (1977) estudiaron el efecto de la desertificación en la región del Sahara en el clima local, mostrando que la precipitación disminuyó a medida que el desierto se extendió; McGuffie et al. (1995) estudiaron la sensibilidad del clima global a la deforestación tropical. Lean y Rowntree (1997) y Gash y Nobre (1997) estudiaron el efecto de la deforestación en el clima para el área amazónica, encontrando que, si el bosque fuese reemplazado por pastizales, la temperatura de la superficie aumentaría en 2.5° C y la evaporación anual y la precipitación disminuiría en un 30% y un 25% respectivamente. En países en desarrollo, como lo es China, el LULC influye significativamente en el clima. Wang et al. (2003) estudiaron los efectos climáticos regionales de la variación de LULC en los últimos 300 años en China y señalaron que la conversión de bosque a pastos o cultivar excesivamente es la variación LULC más dominante en la historia china moderna. Regionalmente esta conversión conduce a un calentamiento significativo en grandes áreas de China y a la reducción de la humedad del suelo en la zona de las raíces y en los flujos de calor latente.

Por otra parte, en regiones del sur de México se ha documentado una fuerte deforestación (O'Brien 2008), la cual podría desempeñar un papel importante en la modulación del tiempo y el clima en diferentes escalas espacio-temporales (Winchester et al., 2017). La conversión de bosques en pastizales puede afectar el clima a través de cambios en las características físicas del suelo, tales como el albedo, la evapotranspiración y la longitud de la rugosidad (Devaraju et al., 2015). La respuesta atmosférica relacionada con el uso del suelo afecta a la precipitación (Winchester et al., 2017). Por ejemplo, áreas deforestadas en Centroamérica experimentan menos precipitación (Lawton et al., 2001; Nair et al., 2003; Ray et al., 2006; Pielke et al., 2007; Oglesby et al., 2010). Por otra parte, Oglesby et al. (2010) mostró que una deforestación completa en el sur de México y Centroamérica impacta principalmente a la precipitación (reduciéndola) y a la temperatura (incrementándola). Recientemente, Corrales-Suastegui et al. (2022), estudiaron el efecto de la deforestación en la sequía de medio verano en el sur de México y Centroamérica, encontraron que al deforestar (de árboles a pastizales) el ciclo anual de precipitación sobre toda la región no experimentó cambios significativos. Sin embargo, a nivel regional, algunas zonas se volvieron más húmedas, mientras que otras zonas de la región se volvieron más secas, acompañado de un calentamiento en toda la región.

Por lo que este estudio se enfoca en diferentes composiciones de uso del suelo por medio de simulaciones con el modelo RegCM4, indicando la importancia de la deforestación en México. Los escenarios incluyen el cambio de los ecosistemas de bosques a pastizales y suelo desnudo, y su efecto en la precipitación y temperatura. Finalmente, se espera que los resultados de esta investigación sirvan como base para entender mejor el impacto de los cambios de uso del suelo en el clima regional de México y proponer o poner en marcha planes de acción, por ejemplo, políticas ambientales, programas de reforestación y aforestación, entre otros.

MATERIALES Y METODOS

Modelo Climático Regional

El Modelo Climático Regional (RegCM4) del Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ICTP) es un modelo hidrostático, compresible, tridimensional y se ejecuta en la malla Arakawa B (Giorgi et al., 2012). Las simulaciones se llevarán a cabo en el dominio del Experimento Coordinado Regional de Reducción del Clima (CORDEX) para Centroamérica y México (CORDEX-CAM) (Figura 1) a una resolución espacial de 25 km (Giorgi y Gutowski 2015). Los procesos de superficie terrestre se incorporan a través del Community Land Model versión 4.5 (CLM4.5; Oleson et al., 2013). En cada celda de la malla, el CLM4.5 puede tener 15 capas de suelo, hasta cinco capas de nieve, cinco tipos diferentes de unidades de tierra, y los tipos funcionales de plantas (plant functional types, pft) se dividen en 17 categorías (Koné et al. 2018; Yang et al. 2018).

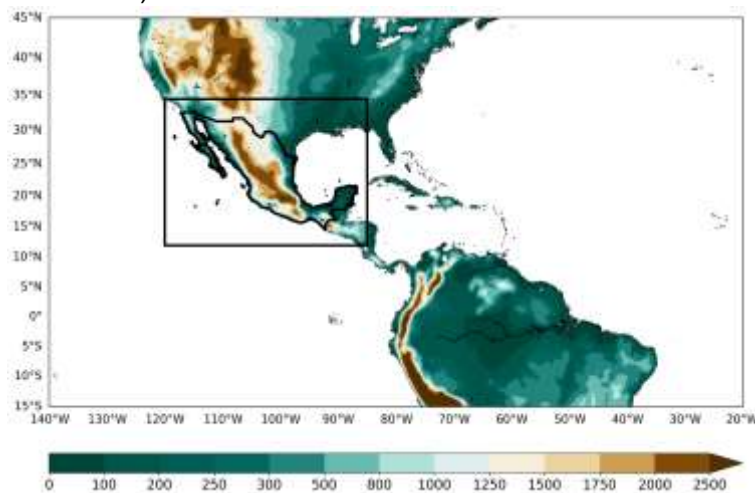


Figura 1. Dominio CORDEX-CAM, topografía (m), región a deforestar (encerrada en cuadro) y México.

Datos

Para evaluar el desempeño del RegCM4 se utilizaron datos de observaciones en malla del CPC para precipitación y temperatura con 0.50° de resolución provistos por el NOAA/OAR/ESRL PSL, Boulder, Colorado, USA, desde su sitio Web en <https://psl.noaa.gov/>; y datos del reanálisis ERA 5 del Centro Europeo para el Pronóstico del Tiempo a Medio Plazo (ECMWF) a una resolución horizontal de 31 km (Hersbach et al. 2020; Copernicus Climate Change Service [C3S], 2017).

Experimentos

Se realizaron tres simulaciones de 13 años (1996-2008) cada una forzadas por el reanálisis Era-Interim (Dee et al., 2015). La configuración de RegCM4 fue similar a la descrita por Torres-

Alavez et al. (2021). Similar a Corrales-Suastegui et al. (2022), el primer año de simulación se consideró spin-up del modelo y se descartó. Los experimentos se describen a continuación:

- i) Simulación de control (CTL) con la vegetación prescrita en el modelo de acuerdo al modelo de superficie terrestre CLM4.5, como se muestra en la Figura 2a-g.
- ii) Experimento (VGE1) que consistió en reemplazar todos los árboles por pastizales C3 (Figure 2h).
- iii) Experimento (VGE2) consistió en reemplazar todos los árboles por suelo desnudo (no vegetación) (Figura 2i).

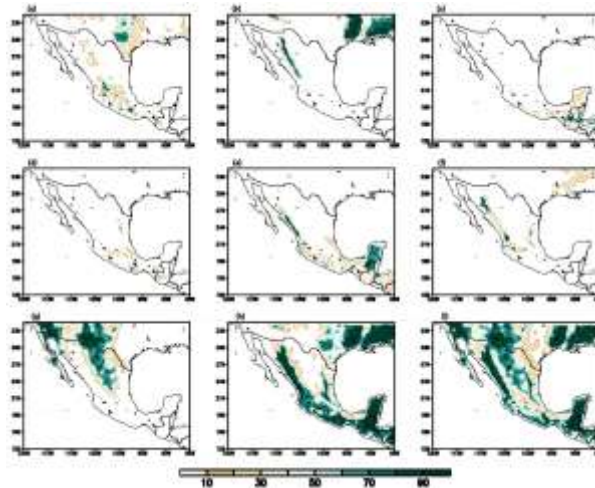


Figura 2. La vegetación (%) del CLM4.5 dada en la corrida CTL para: (a) pastizales C3, (b) árbol templado de hoja perenne angosta, (c) árbol tropical de hoja perenne ancha, (d) árbol templado de hoja perenne ancha, (e) árbol tropical caducifolio de hoja ancha, (f) árbol templado caducifolio de hoja ancha, (g) Suelo desnudo (no vegetación), (h) el campo de pastizales después de la deforestación (transformando todos los árboles en pastizales) según el experimento VGE1 e (i) el campo de suelo desnudo después de la deforestación (transformando todos los árboles en suelo desnudo) según el experimento VGE2.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se evaluó el rendimiento del modelo (Figura 3) comparando RegCM4 con CPC (Figura 3a, b) y ERA5 (Figura 3c, d). Se encontró que a pesar del sesgo cálido (frío) en la parte norte (sur) del país (Figura 3a, c) y húmedo (Figura 3b, d) en varias regiones de México, el modelo tiene características similares a las observaciones y al reanálisis. Estos resultados son consistentes con estudios previos (Castillo-Bautista, 2021; Corrales-Suastegui *et al.*, 2021).

Los cambios en la temperatura y precipitación para los experimentos VGE1 y VGE2 relativos al CTL se muestran en la Figura 4. La temperatura en el experimento VGE1 (deforestación de árboles a pastizales) es mayor que en el CTL (Figura 4a) en la Sierra Madre Occidental, a lo largo de la costa del Pacífico mexicano con valores que van de ~ 0.5 a ~ 1 °C. En el sur de México y Península de Yucatán la temperatura se podría incrementar de ~ 1 a más de ~ 2 °C (consistente con Corrales-Suastegui et al., 2022). En algunas regiones del norte-centro la temperatura podría decrecer en 0.25 °C. Por otra parte, la precipitación (Figura 4b) se incrementa en regiones del centro, centro occidente y en las costas del Golfo de México de ~ 0.25 a ~ 1.5 mm/d.

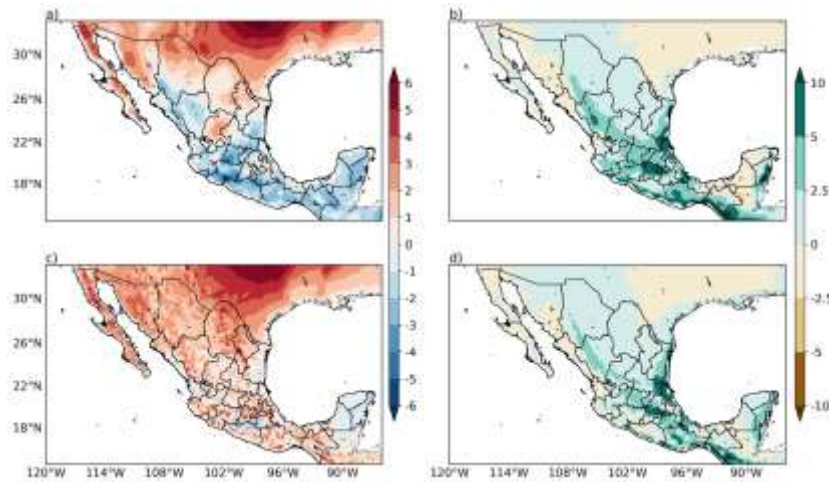


Figura 3. Diferencia en el promedio de 12 años (1997-2008) durante el verano extendido (Mayo a Octubre) de: a) temperatura superficial ($^{\circ}\text{C}$) y b) precipitación (mm/d) para CTL menos CPC. c) y d) similares a a) y b) pero para CTL menos ERA5 durante el mismo periodo.

En contraste, en la Península de Yucatán y regiones de Guerrero y Oaxaca la precipitación podría reducirse de ~ 1 a ~ 2 mm/d, lo cual es similar a Corrales-Suastegui et al. (2022). Similarmente, el experimento VGE2 (deforestación de árboles a suelo desnudo) muestra un mayor calentamiento (de ~ 1 a más de ~ 2 $^{\circ}\text{C}$) en la Sierra Madre Occidental y Península de Yucatán; y en regiones del norte centro y centro del País, la temperatura podría disminuir en ~ 0.25 $^{\circ}\text{C}$ (Figura 4c). Por otra parte, la precipitación (Figura 4d) podría incrementarse (~ 1.5 mm/d) en la Sierra Madre Occidental y de manera similar a VGE1 (Figura 4b), en regiones del centro, centro occidente y costas del Golfo de México con valores que van de ~ 0.25 hasta ~ 1.5 mm/d, no obstante, en regiones del centro, Oaxaca, Chiapas y Campeche podría reducirse hasta ~ 1 mm/d.

De manera general, los resultados indican que la temperatura se incrementa en las regiones deforestadas y la precipitación aumentaría principalmente, lo cual es consistente con estudios previos de simulación con RegCM4 en otras regiones (Chen et al., 2019). Esta respuesta sugiere que, en varias regiones del país, el calentamiento superficial podría resultar de una disminución en la evapotranspiración y rugosidad, lo cual daría lugar a más humedad en bajos niveles de la atmósfera, lo que podría producir movimientos ascendentes (fuerte convección) y por consiguiente un aumento en la precipitación (Chen et al., 2019).

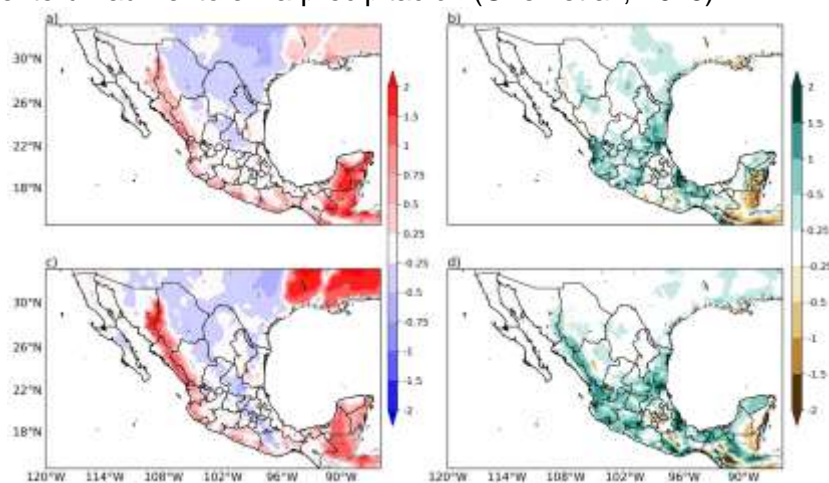


Figura 4. Diferencia (VGE1 menos CTL) en: a) temperatura superficial ($^{\circ}\text{C}$) y b) precipitación (mm/d). c) y d) similares a a) y b) pero para VGE2 menos CTL durante 1997-2008.

CONCLUSIONES

En este trabajo usamos el modelo RegCM4 para estudiar el efecto de la deforestación en precipitación y temperatura durante el verano extendido en México, mediante corridas de sensibilidad de 12 años. Los experimentos de deforestación cuando se convierten árboles a pastizales o suelo desnudo, mostraron una respuesta regional en temperatura y precipitación principalmente incrementándose ambas variables, lo cual es consistente con estudios de modelación en otras regiones. Esta respuesta sugiere que, en varias regiones del país, el calentamiento superficial podría resultar de una disminución en la evapotranspiración y rugosidad, lo provocaría más humedad en bajos niveles de la atmósfera, dando lugar a fuerte convección, conduciendo a un aumento en la precipitación. Sin embargo, simulaciones a mayor resolución espacial (10 a 15 km) son necesarias para tener una respuesta más refinada a los forzamientos locales. *Los autores agradecen el tiempo de cómputo otorgado por LANCAD y CONACYT en la supercomputadora Yoltla/Miztli/Xiuhcoatl en LSVP UAM-Iztapalapa/DGTIC UNAM/CGSTIC CINVESTAV.*

REFERENCIAS

- Castillo Bautista, B.N. (2021). Impacto del cambio climático en regiones vitivinícolas de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 88 pp.
- Charney, J. C., W. J. Quick, S. H. Chow, and J. Kornfield, 1977: A comparative study of the effects of albedo change on drought in semi-arid regions. *J. Atmos. Sci.*, 34, 1366–1388.
- Chen, C., Lo, M., Im, E., Yu, J., Liang, Y., Chen, W., Tang, I., Lan, C., Wu, R. and Chien, R. (2019). Thermodynamic and dynamic responses to deforestation in the maritime continent: A modeling study. *Journal of Climate*, 32(12), 3505–3527.
- Corrales-Suastegui, A., Ruiz-Alvarez O., Torres-Alavez J. A., Pavia E. G. (2021). Analysis of Cooling and Heating Degree Days over Mexico in Present and Future Climate. *Atmosphere*. 12(9):1131. <https://doi.org/10.3390/atmos12091131>
- Corrales-Suastegui, A., Fuentes-Franco, R., Pavia, E. G., Torres-Alavez, J. A., Vichot-Llano, A., Cavazos, T., and Giorgi, F. (2022). The effect of sea surface temperature and deforestation on the mid-summer drought over Mexico and Central America. *International Journal of Climatology*, 1– 17. <https://doi.org/10.1002/joc.7671>
- Dee, D.P., Uppala, S.M., Simmons, A.J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M.A., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A.C.M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A.J., Haimberger, L., Healy, S.B., Hersbach, H., Holm, E. V., Isaksen, L., Kållberg, P., Köhler, M., Matricardi, M., McNally, A.P., Monge-Sanz, B.M., Morcrette, J.-J., Park, B.-K., Peubey, C., de Rosnay, P., Tavolato, C., Thépaut, J.-N. and Vitart, F. (2011) The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 137(656), 553–597.
- Devaraju, N., Bala, G., and Modak, A. (2015). Effects of large-scale deforestation on precipitation in the monsoon regions: Remote versus local effects *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(11), 3257–3262.
- Gash, J. H. C., and C. A. Nobre. (1997). Climatic effects of Amazonian deforestation: Some results from ABRACOS. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 78, 823–830.
- Giorgi, F., Coppola, E., Solmon, F., Mariotti, L., Sylla, M.B., Bi, X., Elguindi, N., Diro, G.T., Nair, V., Giuliani, G., Turuncoglu, U. U., Cozzini, S., Güttler, I., O'Brien, T., Tawfik, A.B., Shalaby, A., Zakey, A.S., Steiner, A.L., Stordal, F., Sloan, L.C. and Brankovic, C. (2012). RegCM4: model description and preliminary tests over multiple CORDEX domains. *Climate Research*, 52, 7–29.
- Giorgi, F. and Gutowski, W. J. (2015). Regional dynamical downscaling and the cordex initiative. *Annual Review of Environment and Resources*, 40(1): 467–490.

- Hersbach, H., Bell, B., and Berrisford, P. (2020) The ERA5 global reanalysis. *Q J R Meteorol Soc*, 146: 1999– 2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>.
- Koné, B., Diedhiou, A., Touré, N., Sylla, M., Giorgi, F., Anquetin, S., Bamba, A., Diawara, A. and Koba, A. (2018). Sensitivity study of the regional climate model RegCM4 to different convective schemes over West Africa. *Earth System Dynamics*, 9(4), 1261–1278.
- Lawton, R. O., Nair, U. S., and Pielke, R. A. (2001). Climatic impact of tropical lowland deforestation on nearby montane forests. *Science*, 294, 584–587.
- Lean, J., and P. R. Rowntree, 1997: Understanding the sensitivity of a GCM simulation of Amazonian deforestation to the specification of vegetation and soil characteristics. *J. Climate*, 10, 1216–1235.
- Marengo, J. A., Souza, C. Jr., Thonicke, K., Burton, C., Halladay, K., Betts, R., et al. (2018). Changes in climate and land use over the Amazon region: current and future variability and trends. *Front. Earth Sci.* 6:228. doi: 10.3389/feart.2018.00228
- McGuffie, K., A. Henderson-Sellers, H. Zhang, T. B. Durbidge, and A. J. Pitman. (1995). Global climate sensitivity to tropical deforestation. *Global and Planetary Change*, 10, 97–128.
- Nair, U. S., Lawton, R. O., Welch, R. M., and Pielke, R. A. (2003). Impact of land use on Costa Rican tropical montane cloud forests: Sensitivity of cumulus cloud field characteristics to lowland deforestation, *J. Geophys. Res.*, 108, 4206, doi:10.1029/2001JD001135, D7.
- O'Brien, K.L. (1998). Tropical deforestation and climate change: What does the record reveal? *Professional Geographer*, 50, 140-153. <https://doi.org/10.1111/0033-0124.00110>
- Oglesby, R. J., Sever, T. L., Saturno, W., Erickson III, D. J., and Srikishen, J. (2010). Collapse of the maya: Could deforestation have contributed? *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 115(D12).
- Oleson, K. W., Lawrence, D. M., Bonan, G. B., Drewniak, B., Huang, M., Koven, C. D., Levis, S., Li, F., Riley, W. J., Subin, Z. M., Swenson, S. C., Thornton, P. E., Bozbiyik, A., Fisher, R., Heald, C. L., Kluzek, E., Lamarque, J.-F., Lawrence, P. J., Leung, L. R., Lipscomb, W., Muszala, S., Ricciuto, D. M., Sacks, W., Sun, Y., Tang, J., and Yang Z.-L. (2013). Technical description of version 4.5 of the Community Land Model (CLM). NCAR technical note NCAR/TN-503+STR, National Center for Atmospheric Research, Boulder.
- Pielke, R.A., Adegoke, J., Beltrán-Przekurat, A., Hiemstra, C.A., Lin, J., Nair, U.S., Niyogi, D. and Nobis, T.E. (2007), An overview of regional land-use and land-cover impacts on rainfall. *Tellus B*, 59: 587-601. doi:10.1111/j.1600-0889.2007.00251.x
- Ray, D. K., Nair, U. S., Lawton, R. O., Welch, R. M., & Pielke, R. A. (2006). Impact of land use on Costa Rican tropical montane cloud forests: Sensitivity of orographic cloud formation to deforestation in the plains. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 111(2), [D02108]. <https://doi.org/10.1029/2005JD006096>
- Torres-Alavez, J.A., Das, S., Corrales-Suastegui, A. et al. (2021). Future projections in the climatology of global low-level jets from CORDEX-CORE simulations. *Clim Dyn.* <https://doi.org/10.1007/s00382-021-05671-6>
- Wang H. J., A. J. Pitman, M. Zhao, and R. Leemans. (2003a). The impact of land-cover modification on the June meteorology of China since 1700, simulated using a regional climate model. *International Journal of Climatology*, 23, 511–527.
- Winchester, J., Mahmood, R., Rodgers, W., Hossain, F., Rappin, E., Durkee, J., and Chronis, T. (2017). A model-based assessment of potential impacts of man-made reservoirs on precipitation. *Earth Interactions*, 21(9): 1–31.
- Yang, M., Zuo, R., Wang, L. and Chen, X. (2018) A simulation study of global evapotranspiration components using the community land model. *Atmosphere*, 9(5), 178.

POTENCIAL DE ENERGÍA EÓLICA EN MÉXICO USANDO SIMULACIONES DEL CORDEX-CORE

Romo-Díaz, Alma Karina¹; Corrales-Suastegui, Arturo^{2*}; Verduzco-Grajeda, Lidia Elizabeth³; González-González, Miguel Angel²; González-Jasso, Luis Antonio²

¹Universidad Politécnica de Aguascalientes, Ingeniería en Energía

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.E. Pabellón, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes

³Universidad Autónoma de Aguascalientes, campus Sur, Centro de Ciencias de la Ingeniería, Ingeniería. Ave. Mahadma Ghandi 6601, El Gigante, 20340, Aguascalientes, Ags.

* Autor de correspondencia: corrales.arturo@inifap.gob.mx

RESUMEN

El cambio climático es un tema de interés para distintos sectores, como en el caso de la generación de energía renovable, la cual se ha vuelto clave para el desarrollo económico y la reducción de gases de efecto invernadero en México, por lo que es importante conocer la mejor ubicación para la implementación de proyectos de energía eólica. El propósito de este estudio fue analizar el potencial de energía eólica en México enfatizando las regiones del Centro-Norte y Sur del país a través de simulaciones del Modelo Climático Regional (RegCM4) para el dominio de Centroamérica y México del Experimento Regional Coordinado de Reducción de Escala, con resolución espacial de ~25 km, forzado por el Modelo de Circulación General HadGEM2-ES para un periodo histórico (1995-2014). Estas simulaciones forman parte de la iniciativa CORDEX-CORE. Los resultados mostraron que el RegCM4 fue capaz de reproducir las regiones con mayor potencial eólico, encontrándose que Estados tales como, Aguascalientes en la región del altiplano, así como Oaxaca en el sur podrían presentar un alto potencial eólico atribuido a las condiciones climáticas propias de dichas regiones. RegCM4 presentó un sesgo positivo, no obstante, reprodujo las regiones de mayor potencial eólico en acuerdo con el reanálisis. Lo anterior muestra que RegCM4 es una herramienta robusta para este tipo de estudios, en los cuales se identifican regiones que presentan condiciones favorables para la implementación de tecnologías para la generación de energía a partir del viento y su aplicación en la agricultura.

Palabras clave

WPD, Modelo climático regional, RegCM4

ABSTRACT

Climate change is a hot topic for different sectors, as in the case of renewable energy generation, which has become key to economic development and the reduction of greenhouse gases in Mexico, so it is vital to know the best location for implementing wind energy projects. In this work, we analyze the wind energy potential in Mexico with the ICTP- Regional Climate Model (RegCM4) for the Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX) Mexico and Central America domain with a spatial resolution of ~25 km, driven by the General Circulation Model HadGEM2-ES for a 20-year reference period (1995-2014). These simulations are part of the CORDEX-CORE initiative. Our results showed that the RegCM4 was able to reproduce the regions with the highest wind potential, finding that states such as Aguascalientes in the Altiplano region, as well as Oaxaca in the south, could present a high wind potential attributed to the climatic conditions of these regions. RegCM4 presented a positive bias; however, it reproduced the regions with the highest wind potential in agreement with the reanalysis. The foregoing shows that RegCM4 is a robust tool for this type of study, in

which regions that present favorable conditions for implementing wind energy technologies and its application in agriculture are identified.

Key words

WPD, Regional Climate Model, RegCM4

INTRODUCCIÓN

Desde la llegada del siglo XXI, diversos grupos de profesionales han documentado y planteado sus preocupaciones con respecto a la contaminación ambiental derivada de la producción de energía eléctrica (Silva Rodríguez de San Miguel, 2020). Esto debido a los combustibles fósiles, los cuales son actualmente las principales fuentes de suministro de energía a nivel mundial. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA), en el año 2013 más del 70% de la demanda mundial de energía primaria se satisfacía con combustibles fósiles. Sin embargo, la quema de combustibles fósiles libera gases de efecto invernadero a la atmósfera, CO₂ principalmente, que son la principal causa del calentamiento global actual (Sawadogo *et al.*, 2021).

Estas preocupaciones han impulsado a las entidades privadas y públicas a desarrollar y aplicar fuentes de energía renovables, que ayudan a minimizar el impacto ambiental y a reducir los costos durante la transformación de energía. Se dice que las fuentes de energía renovable son aquellas que se reponen de manera natural en un periodo de tiempo considerable, entre ellas se pueden encontrar la energía eólica, solar, geotérmica, biomasa, entre otras (Silva Rodríguez de San Miguel, 2020).

Diversos estudios se han enfocado en comprender como el cambio climático, a través de efectos locales o alterando la circulación a gran escala, puede cambiar la intensidad y variabilidad de los vientos cercanos a la superficie, esto, para el caso de la energía eólica y así comprender mejor la naturaleza de la velocidad del viento en la superficie. En el contexto del calentamiento global, las características del viento superficial regional y su cambio potencial en diferentes regiones del mundo se han investigado ampliamente con base a conjuntos de datos de observación o reanálisis. Muchos estudios han encontrado que la velocidad del viento en la superficie ha disminuido en América del Norte, Europa y Asia en las últimas décadas (Wu *et al.*, 2021).

MATERIALES Y MÉTODOS

Modelo

El Modelo Climático Regional (RegCM4, v4.7.0) del Centro Internacional Abdus Salam de Física Teórica (ICTP, por sus siglas en inglés) es un modelo hidrostático, compresible y tridimensional. Se ejecuta en la malla Arakawa B para el dominio de México y Centroamérica (CAM) (Figura 1) del Experimento regional coordinado de reducción de escala (CORDEX) a una resolución espacial de 25 km (Giorgi *et al.*, 2009, 2012; Giorgi and Gutowski, 2015; Torres-Alavez *et al.*, 2021a, 2021b). El dominio CORDEX-CAM cubre completamente a México (Figura 1). El modelo RegCM4 se ha utilizado en muchos estudios climáticos sobre el dominio CAM (p. ej., Fuentes-Franco *et al.*, 2014, 2015; Cavazos *et al.*, 2020; Torres-Alavez *et al.*, 2021a; Corrales-Suastegui *et al.*, 2021).

Simulaciones

Similar a Corrales-Suastegui *et al.* (2021) se definió el periodo 1995-2014 como referencia para las “condiciones actuales”. Para el período de referencia, se analizó una simulación (RegERA) forzada por el reanálisis ERA-Interim (Dee *et al.*, 2011) del Centro Europeo para el Pronóstico del Tiempo a Medio Plazo (ECMWF, <http://apps.ecmwf.int/datasets/>, fecha de acceso: 1 de abril de 2020) como evaluación del modelo. También se analizó una simulación

(RegHad) forzada por el modelo climático global HadGEM2-ES del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados Fase 5 (CMIP5; Taylor *et al.*, 2012).

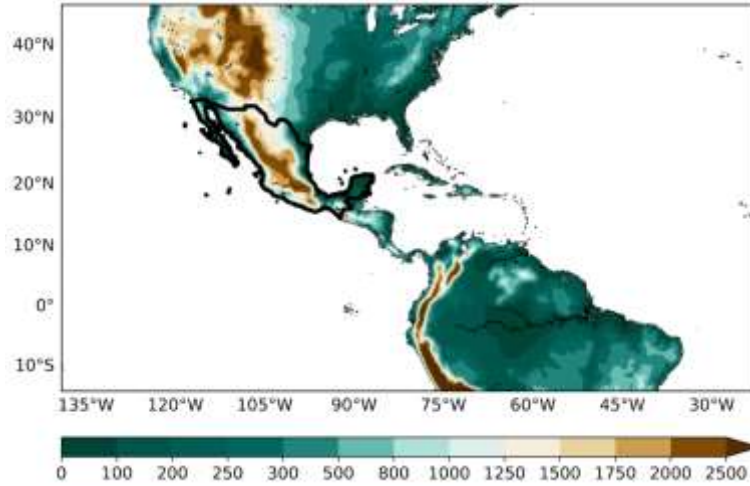


Figura 1. Dominio del modelo, topografía (m) y área de estudio (en línea negra). Fuente: modificado de Corrales-Suastegui *et al.* (2021).

Datos

En este trabajo, se utilizó datos diarios de viento obtenidos del reanálisis ERA5 (desde 1979 en adelante) del Centro Europeo para el Pronóstico del Tiempo a Medio Plazo (ECMWF) con una resolución horizontal de 31 km (Hersbach *et al.*, 2020; Copernicus Climate Change Service [C3S], 2017, <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home>, fecha de acceso: 15 de mayo de 2020). Se usó cada base de datos en su resolución original, pero para calcular los sesgos, los datos de RegCM4 se interpolaron a la resolución espacial de ERA5.

Densidad de potencia eólica

La altura típica de un aerogenerador comercial moderno se encuentra a unos 80 m, por lo que la velocidad del viento a 10 m, a partir de RegCM4 y ERA5, se extrapola a 80 m utilizando la ley de potencia (Wu *et al.*, 2021):

$$\frac{u_2}{u_1} = \left(\frac{z_2}{z_1}\right)^\alpha \quad (\text{ecuación 1})$$

Donde u_2 y u_1 representan las velocidades del viento en las alturas z_2 y z_1 , respectivamente. El índice de ley de potencia α es 1/7 para condiciones estables neutras, lo cual es ampliamente utilizado en estudios climáticos de energía eólica (Wu *et al.*, 2021, y referencias ahí). Con respecto al potencial de energía eólica, siguiendo a Wu *et al.* (2021), la densidad de potencia eólica (WPD) se expresó como:

$$WPD = \frac{1}{2} \rho u^3 \quad (\text{ecuación 2})$$

Donde WPD es la densidad de potencia del viento (W/m^2), u es la velocidad del viento a la altura de 80 m en m/s, y ρ es la densidad del aire (kg/m^3). Se asumieron condiciones estándar, con lo cual, el valor de la densidad del aire comúnmente utilizado es la constante $1,225 \text{ kg/m}^3$ (Wu *et al.*, 2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluó el desempeño del modelo comparando RegCM4 forzado por Era-Interim y HadGEM2-ES contra ERA5. A pesar del sesgo positivo en varias regiones del país, el modelo tiene características similares al reanálisis (ERA5). Se construyeron mapas calculando (2) en

cada punto de malla de cada base de datos. Valores altos del WPD indican un mayor potencial para la generación de energía a partir del viento. Las regiones con mayor potencial (WPD) en ERA5 (Figura 2a) se encontraron en el Altiplano Mexicano ($12.5 < \text{WPD} < 100 \text{ Wm}^{-2}$), el norte-centro ($12.5 < \text{WPD} < 75 \text{ Wm}^{-2}$) y norte ($50 < \text{WPD} < 150 \text{ Wm}^{-2}$) de México, lo cual es consistente con trabajos previos (Hernández-Escobedo *et al.*, 2014). Las simulaciones RegERA (Figura 2b) y RegHad (Figura 2c) reproducen este patrón general. Sin embargo, las simulaciones mostraron un sesgo positivo en las regiones del Altiplano Mexicano, norte-centro y norte del país (Figuras 2d-e).

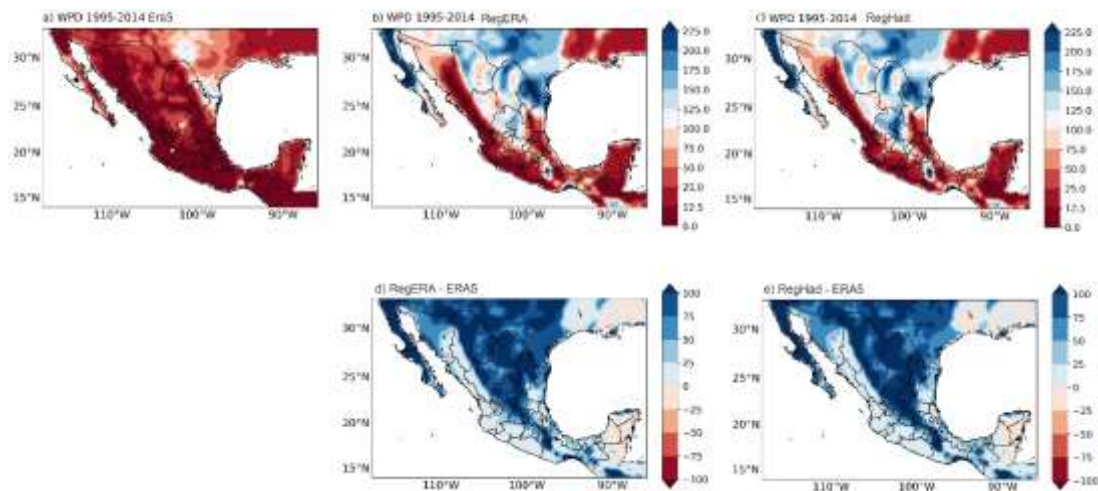


Figura 2. Promedio de 20 años durante el periodo de referencia (1995-2014) del WPD (Wm^{-2}) a partir de a) ERA5, b) RegERA, c) RegHad. Diferencia en WPD (Wm^{-2}) entre RegCM4 y ERA5 para d) RegERA – ERA5 y e) RegHad – ERA5 durante el mismo periodo.

La Figura 3 muestra el promedio estacional del WPD para invierno (Diciembre-Febrero, DEF), primavera (Marzo-Mayo, MAM), verano (Junio-Agosto, JJA) y otoño (Septiembre-Noviembre, SON) durante el periodo de referencia. En ERA5 (Figura 3a-d), los máximos valores del WPD (~ 125 a $\sim 200 \text{ Wm}^{-2}$) durante DEF, MAM, JJA y SON se encontraron sobre Nuevo León y Tamaulipas, seguido de Sonora, Chihuahua y Coahuila con valores del WPD que oscilan entre ~ 75 y $\sim 125 \text{ Wm}^{-2}$, lo cual es consistente con Hernández-Escobedo *et al.* (2014). Además, valores del WPD que van de 75 a 150 Wm^{-2} se encontraron sobre los Estados de San Luis Potosí, Zacatecas y Aguascalientes, lo que podría indicar que estas regiones también presentan potencial eólico, comparable a regiones del norte de México, para generar energía a partir del viento. Por otra parte, las simulaciones RegERA (Figura 3e-h) y RegHad (Figura 3i-l) a pesar de sobrestimar el WPD, reproduce las regiones de máximo WPD en Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Chihuahua, Sonora, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes y Oaxaca de manera similar a ERA5 (ver Figura 3a-d).

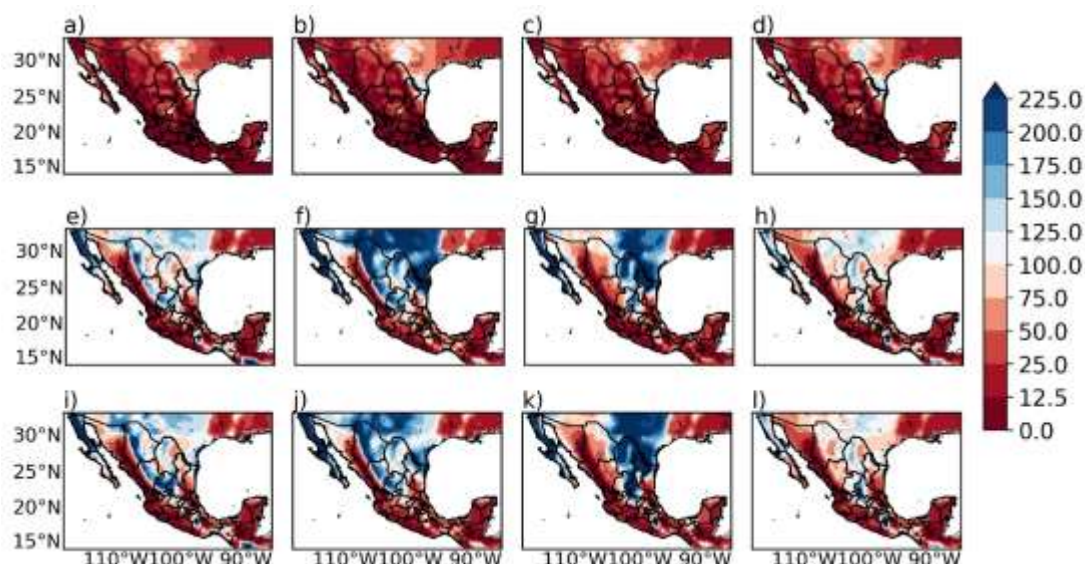


Figura 3. Promedio de 20 años durante el periodo de referencia (1995-2014) del WPD (Wm^{-2}) a partir de ERA5 para a) DEF, b) MAM, c) JJA y d) SON. e) – h) similar a a) – d) pero para RegERA e i) – l) similar a e) – h) pero para RegHad.

La Figura 4 muestra la variabilidad del WPD. Las regiones de máxima variabilidad en ERA5 (Figura 4a) se encontraron en Nuevo León, Tamaulipas, Oaxaca, regiones del Altiplano y norte de México con valores de 75 a 125 Wm^{-2} . Las simulaciones (Figuras 4b, c) reproducen las regiones de máxima variabilidad (100 a 200 Wm^{-2}) en Nuevo León, Tamaulipas, Oaxaca, norte y norte centro de México. Sin embargo, se puede encontrar una sobre-estimación en RegCM4 predominante en el norte de México, lo cual es consistente con estudios previos (Wu *et al.*, 2021).

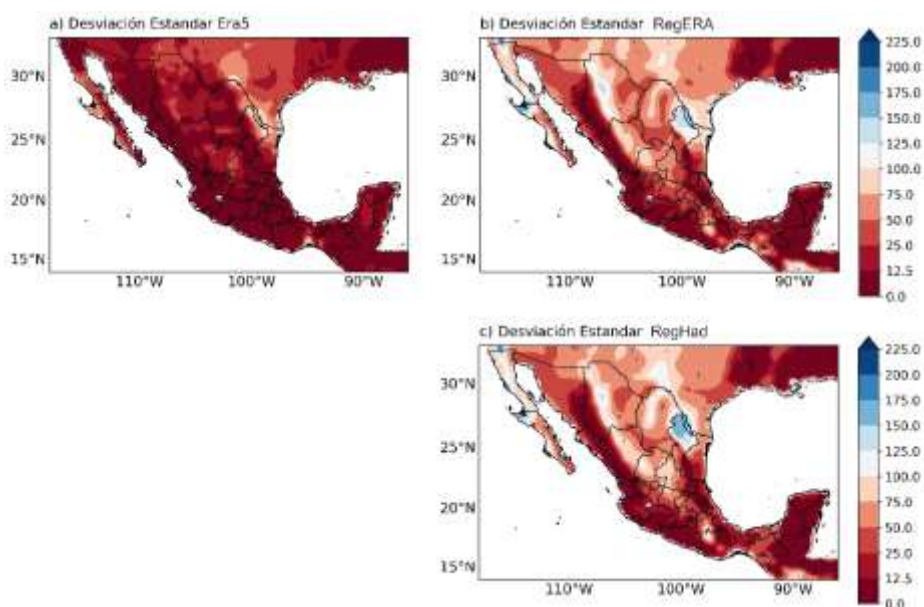


Figura 4. Desviación estándar del WPD (Wm^{-2}) para a) ERA5, b) RegERA y c) RegHad durante 1995-2014.

CONCLUSIONES

Este estudio investigó el modelo climático regional RegCM4 para analizar e identificar las regiones con valores altos del WPD en México. Se encontró una sobre-estimación del WPD en RegCM4 en las regiones de mayor potencial eólico, lo cual es consistente con estudios previos (ej. Wu *et al.*, 2021). A pesar de esto, RegCM4 reprodujo las regiones, incluido Aguascalientes, Zacatecas y San Luis Potosí, con mayor WPD en comparación con ERA5 en las regiones analizadas. Como trabajo en curso se investigan técnicas de corrección por sesgo (método delta) y se analiza el potencial eólico en México bajo escenarios de cambio climático a partir de modelos climáticos globales y regionales para su aplicación en la agricultura.

REFERENCIAS

- Cavazos, T.; Luna-Niño, R.; Cerezo-Mota, R.; Fuentes-Franco, R.; Méndez, M.; Pineda Martínez, L.F.; Valenzuela, E. (2020). Climatic trends and regional climate models intercomparison over the CORDEX-CAM (Central America, Caribbean, and Mexico) domain. *Int. J. Climatol.* 40, 1396–1420.
- Copernicus Climate Change Service (C3S) ERA5. (2017). Fifth Generation of ECMWF Atmospheric Reanalyses of the Global Climate. Copernicus Climate Change Service Climate Data Store (CDS). Disponible en línea: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home> (consultado el 20 de mayo de 2022).
- Corrales-Suastegui, A.; Ruiz-Alvarez, O.; Torres-Alavez, J.A.; Pavia, E.G. (2021). Analysis of Cooling and Heating Degree Days over Mexico in Present and Future Climate. *Atmosphere*, 12, 1131. <https://doi.org/10.3390/atmos12091131>
- Dee, D.P.; Uppala, S.M.; Simmons, A.J.; Berrisford, P.; Poli, P.; Kobayashi, S.; Andrae, U.; Balmaseda, M.A.; Balsamo, G.; Bauer, P.; et al. (2011). The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 137, 553–597.
- Fuentes-Franco, R.; Coppola, E.; Giorgi, F.; Pavia, E.G. (2014). Assessment of RegCM4 simulated inter-annual variability and daily-scale statistics of temperature and precipitation over Mexico. *Clim. Dyn.* 42, 629–647.
- Fuentes-Franco, R.; Coppola, E.; Giorgi, F.; Pavia, E.G.; Diro, G.T.; Graef, F. (2015). Inter-annual variability of precipitation over Southern Mexico and Central America and its relationship to sea surface temperature from a set of future projections from CMIP5 GCMs and RegCM4 CORDEX simulations. *Clim. Dyn.* 45, 425–440.
- Giorgi, F.; Jones, C.; Asrar, G.R. (2009). Addressing Climate Information Needs at the Regional Level: The CORDEX Framework. *World Meteorol. Organ. Bull.* 58, 175–183.
- Giorgi, F.; Coppola, E.; Solmon, F.; Mariotti, L.; Sylla, M.B.; Bi, X.; Elguindi, N.; Diro, G.T.; Nair, V.; Giuliani, G.; et al. (2012). RegCM4: Model description and preliminary tests over multiple CORDEX domains. *Clim. Res.* 52, 7–29.
- Giorgi, F.; Gutowski, W.J. (2015). Regional dynamical downscaling and the cordex initiative. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 40, 467–490.
- Hernández-Escobedo, Q., R. Saldaña-Flores, E.R. Rodríguez-García, and F. Manzano-Agugliaro. (2014). Wind energy resource in Northern Mexico. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 890-914.
- Hersbach, H.; Bell, B.; Berrisford, P.; Hirahara, S.; Horányi, A.; Muñoz-Sabater, J.; Nicolas, J.; Peubey, C.; Radu, R.; Schepers, D.; et al. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 146, 1999–2049.
- Sawadogo, W., Reboita, M. S., Faye, A., da Rocha, R. P., Odoulami, R. C., Olusegun, C. F., Adeniyi, M. O., Abiodun, B. J., Sylla, M. B., Diallo, I., Coppola, E., and Giorgi, F. (2021). Current and future potential of solar and wind energy over Africa using the RegCM4 CORDEX-CORE ensemble. *Climate Dynamics*, 57(5-6), 1647-1672. <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05377-1>
- Silva Rodríguez de San Miguel, J. A. (2020). Wind energy analysis in use and implementation in Mexico. 41(1), 11.

- Taylor, K.E.; Stouffer, R.J.; Meehl, G.A. (2012). An overview of CMIP5 and the experiment design. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 93, 485–498.
- Torres-Alavez, J.A.; Das, S.; Corrales-Suastegui, A.; Coppola, E.; Giorgi, F.; Raffaele, F.; Bukovsky, M.S.; Ashfaq, M.; Salinas, J.A.; Sines, T. (2021a). Future projections in the climatology of global low-level jets from CORDEX-CORE simulations. *Clim. Dyn.* 57, 1551–1569.
- Torres-Alavez, J.A.; Glazer, R.; Giorgi, F.; Coppola, E.; Gao, X.; Hodges, K.I.; Das, S.; Ashfaq, M.; Reale, M.; Sines, T. (2021b). Future projections in tropical cyclone activity over multiple CORDEX domains from RegCM4 CORDEX-CORE simulations. *Clim. Dyn.* 57, 1507–1531.
- Wu, J., Han, Z.-Y., Yan, Y.-P., Sun, C.-Y., Xu, Y., and Shi, Y. (2021). Future changes in wind energy potential over China using RegCM4 under RCP emission scenarios. *Advances in Climate Change Research*, 12(4), 596-610.
<https://doi.org/10.1016/j.accre.2021.06.005>

RENDIMIENTO EN FRESCO Y GRANO DE EXPORTACIÓN DEL GARBANZO BLANCO EN EL SUR DE SONORA

Isidoro Padilla Valenzuela¹, Víctor Valenzuela Herrera², Milagros Ramírez Soto² y Brenda Zulema Guerrero Aguilar³

1. Campo Experimental Norman E. Borlaug. Cd. Obregón, Sonora. 2. Campo Experimental Valle de Culiacán. 3. Campo Experimental El Bajío, Celaya, Guanajuato.

Resumen

El garbanzo *Cicer arietinum* L. es la segunda leguminosa de grano cultivada en importancia mundial, no solamente por su alto valor como cadena alimentaria; también es considerado como una fuente importante de proteínas para millones de personas en países en desarrollo y un producto preferente para los vegetarianos en todo el mundo. El garbanzo en su vaina (también llamado guasana o green fresh garbanzo pod) se comercializa como alimento fresco y su calidad se asocia con su color verde y la turgencia. Se realizó el presente estudio con la finalidad de evaluar líneas elite de garbanzo blanco por su rendimiento en fresco y en grano de exportación en la localidad de Navolato, Sonora, durante el ciclo otoño-invierno 2021-2022. Se evaluaron cinco líneas elite de garbanzo (Hoga 021; Cuga 09 3125; Cuga 09 3168, Hoga 2005-10-5 y Hoga 2006-14-8) y la variedad Blanoro fue el testigo comercial. El mejor tratamiento para producción de guasana fue la línea Hoga 021 con 8.5 t ha⁻¹ con valores de 11.7 a 14.0 ° Brix. En rendimiento de grano exportación, mejores tratamientos fueron Hoga 2006-14-8 y Blanoro con 2.750 t ha⁻¹ y 2.675 t ha⁻¹. En calibre de origen, sobresalieron Hoga 2005-10-5 y Hoga 2006-14-8 con 51.3 y 52.5 grano/ 30 g que fueron también las más tardías. Se determinó que las etapas fenológicas días emergencia de plantas, inicio de floración, inicio de aparición de vainas y formación de guasana y ocurrieron a los 169, 451, 543 y 1,036 UC. El clima no favoreció enfermedades foliares lo cual representa una ventaja para la producción de guasana.

Palabras clave; Cicer arietinum L., *fenología, enfermedades foliares, unidades calor*

Abstract

Chickpea *Cicer arietinum* L. is the second most important cultivated grain legume, not only because of its high value as a food supply; It is also considered an important source of protein for millions of people in developing countries and a preferred product for vegetarians throughout the world. The chickpea in its pod (also called guasana or green fresh chickpea pod) is marketed as fresh food and its quality is associated with its green color and turgidity. The present study was carried out with the aim of evaluating elite kabuli chickpea lines for their yield in fresh and export grain in the locality of Navolato, Sonora, during the fall-winter 2021-2022 crop season. Five elite chickpea lines (Hoga 021; Cuga 09 3125; Cuga 09 3168; Hoga 2005-10-5 and Hoga 2006-14-8) were evaluated and the Blanoro cv. was the commercial control. The best treatment for guasana production was the Hoga 021 elite line with 8.5 t ha⁻¹ with values from 11.7 to 14.0 ° Brix. In export grain yield, the best treatments were Hoga 2006-14-8 and Blanoro with 2,750

t ha⁻¹ and 2,675 t ha⁻¹. In grain size, Hoga 2005-10-5 and Hoga 2006-14-8 outstended with 51.3 and 52.5 grains/30 g, which were also those with the longest cycle. It was determined that the phenological stages: days of plant emergence, beginning of flowering, beginning of pod appearance and guasana formation, occurred at 169, 451, 543 and 1,036 heat unites. The climate did not favor foliar diseases, which represents an advantage for guasana production.

Key words; Cicer arietinum L., phenology, foliar diseases, growing degrees

Introducción

El garbanzo *Cicer arietinum* L. es la segunda leguminosa de grano cultivada en importancia mundial, no solamente por su alto valor como cadena alimentaria; también es considerado como una fuente importante de proteínas para millones de personas en países en desarrollo y un producto preferente para los vegetarianos en todo el mundo. Además de su alto contenido de proteínas, el garbanzo es rico en fibra, minerales (fósforo, calcio, magnesio, hierro y zinc), y su fracción de lípidos es rica en ácidos grasos no saturados. En México, la región noroeste (Sinaloa, Sonora y Baja California Sur) produce 84% del grano para exportación. El Estado de Sinaloa es el principal productor, al cierre del ciclo agrícola otoño-invierno 2021-2022 se obtuvieron 137,920 toneladas con un valor de producción 2,965,280 miles de pesos, lo que representa un 84 % de lo obtenido por este cultivo a nivel nacional (SIAP, 2022).

El garbanzo en su vaina (también llamado guasana o green fresh garbanzo pod) se comercializa como alimento fresco y presenta una elevada actividad metabólica y transpiración, lo que reduce su calidad y vida poscosecha, como en la mayoría de los vegetales (Kader, 2002; Chiesa, 2010). La comercialización del garbanzo verde en México se inició en el año 2004 a través de la compañía Campo Nuevo ubicada en Hermosillo, Sonora; la calidad del fruto se ha asociado con el tamaño uniforme y color característico de la vaina (Muy-Rangel *et al.*, 2011). Estos mismos autores señalan que para mantener la apariencia fresca de la vaina, se cosecha la planta completa y el fruto se separa con cuidado de forma manual en mesas de recolección; posteriormente, se empaca en cajas de plástico ventiladas con 15 lb de producto y se comercializa a temperatura entre 5 y 10 °C.

Uno de los inconvenientes en el cultivo de garbanzo en estado vegetativo fresco son las plagas como el gusano de la cápsula *Heliothis* spp y *Minador de la hoja Lyriomiza ciceri* (Cortez *et al.*, 2018) y las enfermedades foliares moho gris *Botrytis cinerea*, mildiu *Peronospora ciceri*, roya *Uromyces ciceri* y tizón foliar *Alternaria alternata*, esta última de reciente aparición en el sur de Sonora. Dichas enfermedades pueden causar pérdidas de 56.7 a 66.4% en el rendimiento si se tienen las condiciones de alta humedad y lluvias en la etapa de cierre del cultivo y en floración (Ramírez y Padilla, 2018). Por otro lado, se requiere la caracterización de nuevas variedades para implementar el uso de nuevas herramientas tecnológicas y conocer la fenología y predicción de rendimiento mediante los grados día (°D), que se basan en temperaturas reales (Miller *et al.*, 2001). Con base en lo anterior se realizó el presente estudio con la finalidad de evaluar líneas elite de garbanzo blanco por su rendimiento en fresco y en grano de exportación bajo las condiciones climatológicas y edáficas del sur de Sonora.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en el Valle del Mayo, Sonora, en un tipo de suelo franco-arenoso, en la localidad de Navolato, municipio de Etchojoa, Sonora durante el ciclo otoño-invierno 2021-2022. Se evaluaron cinco líneas elite de garbanzo (Hoga 021; Cuga 09 3125; Cuga 09 3168; Hoga 2005-10-5 y Hoga 2006-14-8) y la variedad Blanoro fue el testigo comercial. El tamaño de la parcela experimental fueron 8 surcos de 100 m a 0.8 m de separación. Se usó un arreglo experimental en franjas con cuatro repeticiones. La siembra se realizó con sembradora neumática de precisión depositando 18 semillas por metro lineal, a una profundidad de 7 cm el 11 de enero de 2022. Previo a la siembra se aplicaron 2 L ha⁻¹ de Trifluralina para el control de malezas en pre emergencia. El tratamiento a la semilla fue con Cruiser Maxx Beans, una mezcla de insecticida (Tiametoxam) y dos fungicidas (Fludioxonil y Metalaxil-m), se aplicaron 2.5 mL por cada kilogramo de semilla. Se aplicó un riego de pree-siembra y un riego a los 27 días después de la siembra (dds) para una lámina aproximada de 35 cm. Se fertilizó con 80 kg ha⁻¹ de amoníaco en pre-siembra y 50 L ha⁻¹ de 10-34 a los 55 dds para una fórmula total de 69-34-00. Se midieron las siguientes variables: Rendimiento de vainas, °Brix en vainas verdes, °Brix en vaina amarilla mediante un refractómetro Modelo HT113 para determinación de contenido de azúcar en líquido, rendimiento de grano de origen, rendimiento de exportación y calibre de grano de origen, días a emergencia (DE), días a inicio de floración (IF), días a aparición de vainas (IV), días a corte en fresco (FG) y días a madurez fisiológica (MF). A los 82 dds en la etapa de llenado de grano, se midió la reacción moho gris, mildiu y tizón foliar con base en la escala 0 a 9 donde 0 sin daño; 9 = más de 90 se considera susceptible (Shoonhoven y Pastor, 1987). Para estimar el rendimiento en fresco a los 91 dds se tomaron las plantas completas de los dos surcos centrales en un tramo de un metro lineal en tres repeticiones. Para estimar el rendimiento de origen (grano seco) a los 111 dds, se colectaron las plantas de dos surcos centrales en un tramo de 5 m en cuatro repeticiones. Para estimar el porcentaje de grano de exportación se pasó un kg de muestra por una criba con orificios de 9 mm x 9 mm de diámetro. Se registraron los datos de temperatura (máximas y mínimas), precipitación acumulada y humedad relativa de la Estación Meteorológica automatizada del Chucárit, Etchojoa, Sonora. Se calcularon las unidades calor mediante el Método Residual (REMAS, 2022.) Los datos de rendimiento, componentes y °Brix se sometieron al análisis estadístico y se hizo la separación de medias mediante la prueba de DMS al 5% (Olivares, 2015).

Resultados y Discusión

Durante el ciclo del garbanzo las temperaturas mínimas y máximas promedio se mantuvieron en un rango de 8 °C a 28 °C, respectivamente (Figura 1). En las etapas de inicio de formación de vainas (55 dds) a final de llenado del grano (85 dds) las temperaturas mínimas promedio fueron de 5.7 °C, en un rango de 3.10 °C a 10.4.

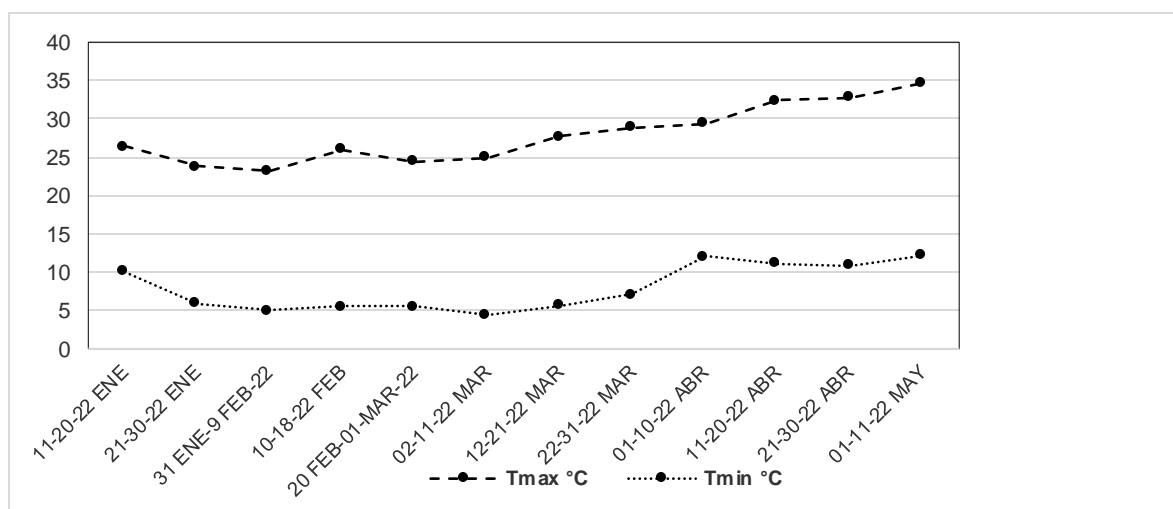


Figura 1. Temperaturas máximas y mínimas del periodo 11 de enero a 11 de mayo de 2022. El Chúcarit, Sonora.

Hubo diferencias significativas en el rendimiento de garbanzo en verde (guasana), y contenido de azúcares (Cuadro 1). El tratamiento con más rendimiento fue la línea Hoga 021 con 8.5 t ha^{-1} y superó en 14.1% a las líneas Cuga 09 3125 (7.3 t ha^{-1}), Hoga 2006-14-8 (7.3 t ha^{-1}), en 11.8% a las líneas Cuga 09 3168 (7.5 t ha^{-1}) y Hoga 2005-10-5 (7.5 t ha^{-1}) y en 11.8 al testigo Blanoro (7.4 t ha^{-1}). Estos resultados coinciden con los reportados para garbanzo blanco por Apáez *et al.* (2021) quienes encontraron que, con 150 kg de N y 75 kg de P, el garbanzo produjo de 7.5 a 8.9 t ha^{-1} de guasana en un ciclo de 100 d.

En la primera lectura de °Brix realizada a las vainas (Cuadro 1) las líneas superiores fueron Cuga 09 3125, Hoga 2006-14-8 y Hoga 2005-10-5 con 14.7, 13.0 y 12.7 °Brix, respectivamente. En cambio, en la segunda lectura destacaron significativamente las líneas Cuga 09 3168, Hoga 021, Blanoro y Hoga 2004-14-8 con 15.0, 14.0, 14.0 y 13.7 °Brix, en ese orden. Estos valores estiman el grado de avance concentración de azúcares de las vainas, y en combinación con la determinación de la etapa fenológica mediante UC podría utilizarse como criterio para predecir la etapa de corte. De acuerdo con Quintero *et al.*, (2013) los sólidos solubles son quizás uno de los parámetros fisicoquímicos de mayor interés en los procesos de maduración, ya que gracias a la hidrólisis de los almidones ocurrida con ayuda de las amilasas propias del fruto, se comienza a liberar una gran cantidad de moléculas de glucosa que hacen que el fruto aumente en la cantidad de sólidos solubles lo cual se ve reflejado en el aumento de los grados Brix, provocando que el fruto se vuelva más dulce, por ende más apetecible para el consumidor, pero a su vez se hace más atractivo para bacterias, roedores e insectos. Bajo las condiciones climatológicas del presente estudio se registró baja incidencia de moho gris, mildiu y tizón foliar con valores de 1 a 3 solamente en la línea Hoga 021, lo cual representa una ventaja para la producción de guasana.

Cuadro 1. Rendimiento de guasana y ° Brix en seis líneas elite de garbanzo blanco en el ciclo otoño-invierno 2021-2022.

Tratamiento	Rendimiento de guasana (t/ha)	° Brix 1a lectura (vaina verde)	° Brix 2a lectura (vaina amarilla)
Hoga 021	8.5 a†	11.7 bc	14 ab
Cuga 09 3125	7.3 b	14.7 a	13.0 b
Cuga 09 3168	7.5 b	10.0 c	15.0 a
Hoga 2006-14-8	7.3 b	13.0 ab	13.7 ab
Hoga 2005-10-5	7.5 b	12.7 ab	10.7 c
Blanoro (Productor)	7.4 b	10.0 c	14 ab
DMS (0.05)	0.626	2.3	1.88
CV (%)	4.6	10.8	7.9

† Medias con letra igual no son significativamente diferentes ($P < 0.01$)

En la Figura 2 se muestran las etapas fenológicas del garbanzo con base en unidades calor. Así, la emergencia de plantas, inicio de floración, inicio de aparición de vainas y formación de guasana ocurrieron a los 169, 451, 543 y 1,036 UC. Las líneas Hoga 2006-14-8 y Hoga 2005-10-5 fueron similares en ciclo hasta formación de vainas, pero por su comportamiento tardío, siguieron emitiendo flores hasta llegar a MF a las 1,442 UC. De acuerdo con Miller *et al.*, (2018) es complejo predecir el desarrollo vegetal con base en los días calendario debido a que las temperaturas varían de un año al siguiente. Por esta razón, las UC las cuales se basan en temperaturas reales, constituyen una herramienta útil para predecir de forma simple y precisa la aparición de una etapa determinada. Estos mismos autores determinaron que para garbanzo el IF y FG ocurren de 645 a 724 y de 1,037 a 1,133 UC, respectivamente.

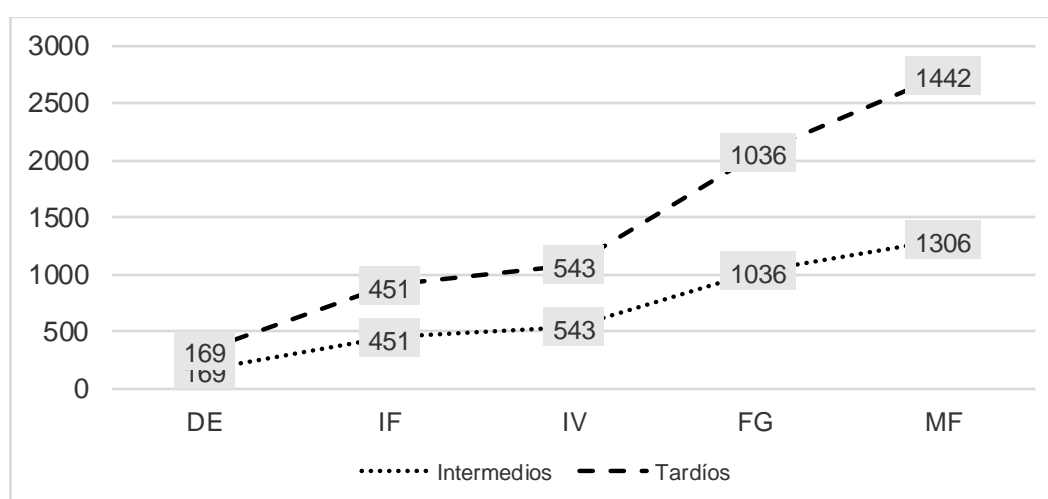


Figura 2. Etapas fenológicas en base unidades calor en garbanzo para cosecha en verde en el Valle del Mayo, Sonora. INIFAP 2022.

En el rendimiento de origen (Cuadro 2) se detectó como significativamente superiores a la variedad Blanoro, y a las líneas Hoga 2006-14-8 con 3.5, y 3.2 t ha⁻¹, respectivamente. El rendimiento más bajo se observó en las líneas Hoga 021 (2.325 t ha⁻¹) y Cuga 09 3168 (2.350 t ha⁻¹). En rendimiento de

exportación, valor que determina la rentabilidad del garbanzo, el análisis estadístico identificó como mejores tratamientos Hoga 2006-14-8 y a Blanoro con 2.750 t ha⁻¹ y 2.675 t ha⁻¹, en ese orden. En calibre de origen, las líneas sobresalientes Hoga 2005-10-5 y Hoga 2006-14-8 con 51.3 y 52.5 grano/ 30 g fueron también las más tardías. Hoga 021, Cuga 09 3125 y Cuga 09 3168, mostraron grano de bajo calibre bajo las condiciones ambientales en que fueron evaluadas con 59.8, 59.3 y 58 granos/30g. Estos resultados confirman lo reportado por Ortega *et al.* (1996) quienes apuntaron que las variedades de ciclo corto fructifican más rápidamente y tienen mayor escape a condiciones adversas. Padilla *et al.* (2008) observaron que los genotipos tardíos tienden a producir granos de calibre grande (51.5 a 55.2 granos/30g) en siembras de enero. Por otro lado, las temperaturas mayores a 30°C reducen la duración de las etapas de floración, amarre de vainas, llenado del grano, y consecuentemente el rendimiento del garbanzo (Saxena *et al.*, 1988; Gan *et al.*, 2004).

Cuadro 2. Rendimiento de grano seco y calibre en seis líneas elite de garbanzo en el ciclo otoño-invierno 2021-2022.

Tratamiento	Rendimiento de origen (t/ha)	Rendimiento de exportación (t/ha)	Calibre de origen (granos/30g)
Hoga 021	2.325 c†	1.550 c	59.8 a
Cuga 09 3125	2.725 b	1.725 bc	59.3 a
Cuga 09 3168	2.350 c	1.975 b	58.0 ab
Hoga 2006-14-8	3.200 a	2.750 a	52.5 c
Hoga 2005-10-5	2.750 b	1.700 bc	51.3 c
Blanoro (Productor)	3.500 a	2.675 a	55.0 bc
DMS (0.05)	0.316	0.302	3.98
CV (%)	7.6	9.8	4.7

† Medias con letra igual no son significativamente diferentes (P < 0.01)

Conclusiones

El mejor tratamiento para producción de guasana fue la línea Hoga 021 con un rendimiento de 8.5 t ha⁻¹ con valores de 11.7 a 14.0 ° Brix.

En rendimiento de exportación, mejores tratamientos fueron Hoga 2006-14-8 y Blanoro con 2.750 t ha⁻¹ y 2.675 t ha⁻¹, en ese orden.

En calibre de origen, sobresalieron Hoga 2005-10-5 y Hoga 2006-14-8 con 51.3 y 52.5 granos/30g que fueron también las más tardías.

Se determinó que las etapas fenológicas días emergencia de plantas, inicio de floración, inicio de aparición de vainas y formación de guasana ocurrieron a los 169, 451, 543 y 1,036 UC.

Las líneas de ciclo tardío Hoga 2006-14-8 y Hoga 2005-10-5 acumularon 136 UC adicionales para llegar a madurez fisiológica.

Bajo las condiciones de clima del presente estudio hubo baja incidencia de moho gris, mildiu y tizón foliar, lo cual representa una ventaja para la producción de guasana.

Literatura Citada

- Apáez B. M., J. A. S. Escalante E., P. Apáez B., Y. A. Raya M. and J. C. Álvarez H. 2021. Analysis of Growth and Productivity of Green Chickpea Using Nitrogen and Phosphorus Fertilization. International Journal of Experimental. Phytan DOI: [10.32604/phyton.2021.014567](https://doi.org/10.32604/phyton.2021.014567). <https://www.researchgate.net/publication/349536281> [Accessed on July 2022].
- Chiesa, A. 2010. Factores pre cosecha y poscosecha que inciden en la calidad de lechuga. Horticultura Argentina 29(68): 28-32.
- Cortez M. E., R. H. Saucedo A., F. G. Rodríguez C., y J. Macías C. 2018. Recomendaciones para el manejo de insectos plaga del garbanzo en Sinaloa. SAGARPA-INIFAP-CIRNO-CE. Valle del Fuerte. Desplegable Folleto para productores Núm. 16.
- Gan, Y.T., J. Wang, S. V. Angadi and C. L. McDonald. 2004. Response of chickpea to short periods of high temperature and water stress at different developmental stages. In: New Directions for a Diverse Planet: Proceedings of the 4th International CropScience Congress. Brisbane, Australia.
- Kader, A. 2002. Postharvest Biology and Technology: An Overview. pp. 39-47. In: Postharvest Technology of Horticultural Crops. KADER, A. A. (ed). University of California Division of Agriculture and Natural Resources. United States of America
- Miller P., W. Lanier and S. Brandt. 2018. Using growing degree days to predict plant stages. Montana State University Extension. Bozeman MT 59717, 8 p.
- Muy-Rangel, M. D., M. Verdugo P., M., T. Osuna E., M. A. Báez S. J. B. Heredia, et al. 2011. Caracterización del garbanzo verde (*Cicer arietinum* L.) y tecnologías post cosecha para mantener su calidad. Revista Chapingo Serie Horticultura, 17(1), 39-45.
- Olivares S., E. 2015. Programa de análisis estadístico. Versión 1.6. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey. N. L.
- Ortega M., P. F., J. Grageda G. and J. A. Morales G. 1996. Effect of sowing dates, irrigation, plant densities and genotypes on chickpea in Sonora, Mexico. Internatl. Chickpea and Pigeon Pea Newsletter. 3:24-25.
- Padilla V., I., R. I. Valenzuela V., C. M. Armenta C., R. A. Salinas P. y E. Sánchez S. 2008. Comportamiento agronómico de genotipos de garbanzo en siembra tardía en el Valle del Mayo, Sonora, México. Rev. Fitotec. Méx. Vol. 31 (1): 43-49.
- Quintero C. V., G. Giraldo G., J. Lucas A., y J. Vasco L. 2013. Caracterización fisicoquímica del mango común (*Mangifera indica* L.) durante su proceso de maduración. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Vol 11 No. 1 (10 - 18) Enero-Junio 2013.
- Ramírez A., J. A. y I. Padilla V. 2018. Control de enfermedades foliares en el sur de Sonora. In: Seminario de producción sustentable de garbanzo en Sinaloa. Memoria Técnica No 6. INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Valle del Fuerte, Juan José Ríos, Sinaloa, México, pp. 51-56.
- REMAS (Red de Estaciones Meteorológicas Automatizadas del Estado de Sonora). 2021. Descargar datos. <http://www.siafeson.com/remas/>. [Accessed on June 22, 2022].
- Saxena, M.C., Saxena, N.P. and Mohamed, A.K. 1988. High temperature stress. In: Summerfield, R.J. (ed.) World Crops: Cool Season Food Legumes. Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands, pp. 845-856.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. Anuario estadístico de la producción agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. [Accessed on Jun 21, 2022].
- Shoonhoven, A. V. y M. Pastor C. 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. CIAT, Cali, Colombia, 57 p.

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO EN VID CON Y SIN MANEJO DESPUÉS DE COSECHA

Manuel Antonio Galindo-Reyes¹, Baltazar-Brenes, Erick²; Monárrez-González, José Carlos³; Macías-Valdez, Luis Martín¹; y Domínguez-López, René⁴

¹INIFAP-Campo Experimental Pabellón. ²INIFAP-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco.

³INIFAP-Campo Experimental Valle de Guadiana. ⁴Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes.

Email: galindo.manuel@inifap.gob.mx.

RESUMEN

En la región de Aguascalientes y Zacatecas, durante el otoño, la planta de vid presenta defoliación anticipada debido principalmente a dos causas; el escaso control sanitario del viñedo después de la cosecha, y el manejo inapropiado del riego. Dicha defoliación anticipada provoca la brotación de las yemas distales de los sarmientos. La brotación de otoño, expone a las yemas, hojas y tallo a daños por las bajas temperaturas en el invierno y consume reservas de la planta. Por esta razón, el objetivo de esta investigación fue conocer los efectos de la defoliación anticipada de la vid "Red Globe" sobre el rendimiento y calidad de fruto. La investigación realizó en un viñedo ubicado en el centro del estado de Aguascalientes, durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Se establecieron dos parcelas pareadas con manejo agronómico contrastante; la primera consistió en un buen manejo del viñedo en postcosecha para evitar la defoliación prematura y la brotación anticipada; y en la segunda parcela no se realizó este manejo del viñedo en postcosecha. Los resultados mostraron que la falta de manejo en postcosecha provocó menor peso de racimos y rendimiento. También, las plantas que carecieron de manejo agronómico después de cosecha produjeron frutos de menor calidad y más baja concentración de azúcares.

Palabra clave: Brotación, Envero, Grados Brix, Vid para mesa.

ABSTRACT

In the region of Aguascalientes and Zacatecas, during the fall, the vine plant presents early defoliation due mainly to two causes; the scarce sanitary control of the vineyard after the harvest, and the inappropriate management of irrigation. This early defoliation causes the budbreak of the distal buds of the shoots. Fall budbreak exposes buds, leaves, and stems to damage from low temperatures in winter and consumes plant reserves. For this reason, the objective of this research was to determine the effects of early defoliation of the "Red Globe" vine on yield and fruit quality. The research was carried out in a vineyard located in the center of the state of Aguascalientes, during the years 2018, 2019, 2020 and 2021. Two paired plots with contrasting agronomic management were established; the first consisted of good postharvest vineyard management to avoid premature defoliation and early budbreak; and in the second plot this postharvest vineyard management was not carried out. The results showed that the lack of postharvest management caused lower bunch weight and yield. Also, the plants that lacked agronomic management after harvest produced fruits of lower quality and lower concentration of sugars.

Key words: Bud break, Veraison, Brix, Table grape.

INTRODUCCIÓN

En la región productora de vid de Aguascalientes y de Zacatecas, durante el otoño, la planta de vid sufre defoliación anticipada debido principalmente a dos causas; primera, poco o nulo manejo sanitario del viñedo después de cosecha y dos, manejo inapropiado del riego. Esta defoliación anticipada causa una brotación anticipada en las yemas distales de los sarmientos; es decir, se producen dos brotaciones anuales. En este sentido, Godoy *et al.* (2002) señalan que en vid "Carignan" se presenta una brotación anticipada originada por la presencia de alto contenido de humedad en el suelo y temperatura relativamente alta, lo que provoca consumo de reservas (carbohidratos), yemas activas y susceptibles al daño por las bajas temperaturas en el invierno; además, este efecto disminuye significativamente la brotación y producción de fruto el siguiente año. También, Jermini *et al.* (2010) mencionan que la defoliación en vid "Merlot" provocada por el mildiú (*Plasmopara viticola*) disminuye las reservas y esto afecta negativamente el alargamiento de los brotes y el rendimiento potencial el año siguiente.

En la región de Aguascalientes y de Zacatecas año con año se presenta la defoliación anticipada en vid para consumo en fresco, pero hasta ahora se carece de información concreta sobre los efectos fisiológicos y agronómicos que causa esa defoliación. Ante esta situación, la presente investigación tiene como objetivo presentar algunos efectos en el rendimiento y la calidad de fruto en vid Red Globe sometida a defoliación anticipada durante el otoño de dos años previos.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó un viñedo comercial que se ubica en la parte central del estado de Aguascalientes, durante los años 2018, 2019 y 2020. El huerto se localiza a 22° 09' 54.3" de latitud norte 102° 19' 06.1" de longitud Oeste y a 1,925 metros sobre el nivel del mar.

El suelo del viñedo tenía entre 0.5 y 0.6 m de profundidad, textura franca, densidad aparente de 1.30, capacidad de campo (CC) de 23.5%, punto de marchitez permanente (PMP) de 10.4% y pH de 8.1.

El experimento se desarrolló en plantas de vid sin injertar de la variedad para consumo en fresco "Red Globe" y las plantas se establecieron en el año 2014 a una separación de tres metros entre líneas y dos metros entre plantas (1,600 plantas ha⁻¹). Las plantas del viñedo se condujeron en el sistema de cordón bilateral. Durante los tres años de estudio se hizo poda corta, para ello se dejaron ocho pulgares o pitones por cordón y con dos yemas vistas cada uno de éstos; es decir, se dejaron entre 12 y 14 pitones por planta.

El viñedo contaba con un sistema de riego por gravedad y el agua se le suministró de acuerdo con el requerimiento de la epata fenológica. La fertilización consistió en aplicar 150, 50, 60, 20 de kg ha⁻¹ de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio, respectivamente. El control de maleza entre las líneas (calles) se hizo de manera mecánica; en la etapa de letargo, se dieron dos pasos de rastra; y en la etapa activa, se proporcionaron tres rastreos. El control de maleza dentro de las líneas de plantas, se efectuó con azadón en cuatro ocasiones.

Inmediatamente después de la cosecha, a finales del mes de agosto de los años 2018, 2019 y 2020, se establecieron dos parcelas pareadas con manejo agronómico contrastante, con una superficie de

0.5 ha de viñedo cada una. La primera parcela consistió en dar manejo postcosecha al viñedo para evitar la brotación anticipada. El manejo incluyó prevención y control de enfermedades como cenicilla (*Uncinula necator*) y mildiu (*Plasmopara viticola*), para ello se aplicó la combinación de azufre elemental más oxiclورو de cobre a dosis de tres y un kilogramo por hectárea en cuatro ocasiones. A fines del mes de septiembre de los tres años se registró una alta incidencia de mildiu y para controlar este hongo se realizaron dos aplicaciones semanales de Boscalid+Pyraclostrobin a dosis de 800 gramos por hectárea. La segunda parcela consistió en “abandonar” el viñedo sin proporcionar el manejo postcosecha correspondiente; es decir, dejar de proteger el follaje con fungicidas e insecticidas el resto del tiempo hasta entrar a letargo. Cuando se dejó el viñedo sin manejo postcosecha se favoreció una defoliación, posteriormente una brotación anticipada durante el mes de octubre y el follaje permaneció activo hasta diciembre.

Durante todo el año 2021 se evaluaron los dos tratamientos establecidos los tres años anteriores. Para ello se registraron las variables de respuesta peso de tres racimos, grados brix, número de racimos por planta y rendimiento de fruto. Para determinar las variables se seleccionaron 10 plantas representativas en cada parcela experimental, mismas que se consideraron como repeticiones. En plena cosecha se cuantificaron y se pesaron los racimos por planta de las diez repeticiones seleccionadas para cada tipo de manejo. Posteriormente, se estimó el rendimiento por hectárea con base en la producción por planta y la densidad de plantación.

Para las variables de peso de tres racimos, rendimiento y grados brix se calcularon promedios por cada parcela o manejo del viñedo después de cosecha mediante software Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El manejo del viñedo después de cosecha es una práctica agronómica crucial en la acumulación de reservas para el desarrollo de la parra al ciclo siguiente. Esta etapa se presenta en el periodo de tiempo que transcurre entre cosecha y caída de hojas. Generalmente, en la región productora de vid de Aguascalientes y de Zacatecas después de la cosecha el productor “abandona” el viñedo. Durante esta etapa se deben abordar los tres aspectos siguientes: 1) Prevención y control de plagas y enfermedades; 2) Aplicación de un 1/3 o más del fertilizante total, tanto mineral como orgánico; y 3) Manejo del agua de riego: aplicación de una lámina de riego mensual aproximada de 40 mm, dependiendo de las condiciones ambientales.

En esta investigación se presenta el resultado del manejo del viñedo después de cosecha durante tres años previos a la evaluación agronómica. En el caso del peso de tres racimos se obtuvo un valor de 4.2 kilogramos para las plantas tratadas con el manejo postcosecha y 3.8 kilogramos para las plantas sin manejo postcosecha (Figura 1); es decir, se lograron racimos individuales de 1.4 kilogramos para las plantas tratadas y de 1.2 kilogramos para las plantas sin tratar, por lo que las primeras plantas produjeron racimos 17% más pesados que las segundas plantas.

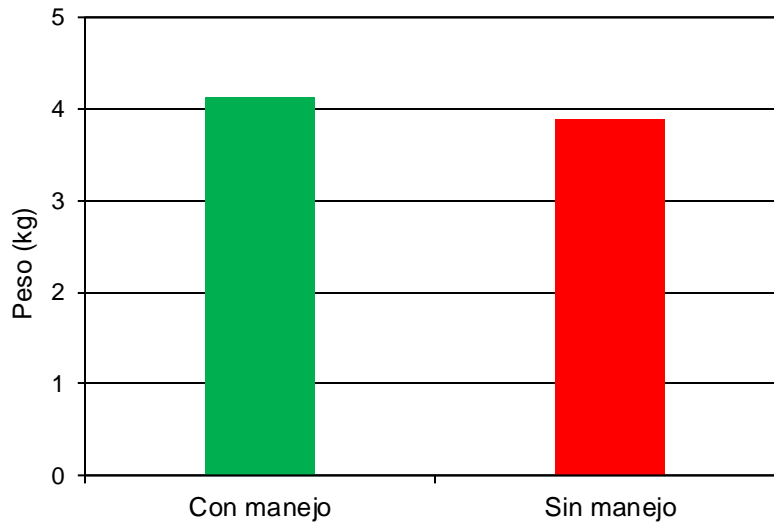


Figura 1. Peso de tres racimos de vid Red Globe en función del manejo después de cosecha.

El rendimiento es el resultado de la interacción de diversos factores como clima, variedad y manejo agronómico. También, el rendimiento resulta de sus componentes, en el caso de vid depende del número de bayas por racimo, peso de bayas, número y peso de los racimos (Ferrer *et al.*, 2008). En este sentido, el manejo postcosecha del viñedo del año previo afecta de manera positiva el rendimiento de fruto en el siguiente año. En la Figura 2 se observa que las plantas taradas con manejo postcosecha lograron obtener un rendimiento de 28 t ha⁻¹ y las plantas sin manejo poscosecha únicamente 24 t ha⁻¹; esto representa un incremento de cerca de 15% más.

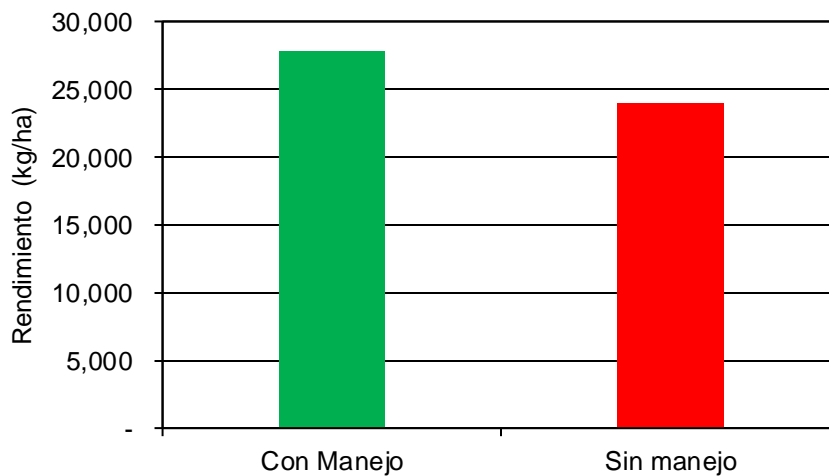


Figura 2. Rendimiento de fruto de vid Red Globe en función del manejo después de cosecha.

El contenido de sólidos solubles totales (SST) se obtiene comúnmente evaluando los grados Brix del fruto. Los SST o contenido de azúcar estima e incluye los carbohidratos, ácidos orgánicos, proteínas, grasas y minerales que se encuentran en el fruto de manera soluble. Los grados brix dependen de diversos factores como genotipo, ambiente, manejo agronómico y su interacción. Al respecto, en este estudio el manejo del viñedo después de cosecha favoreció la presencia de frutos con mayor contenido de azúcares, ya que las plantas con dicho manejo lograron producir frutos con 15.0 grados brix y las

plantas sin manejo produjeron frutos con 13.6 grados brix (Figura 3); por lo que los frutos de las plantas con manejo acumularon por lo menos 1,5 unidades de azúcar.

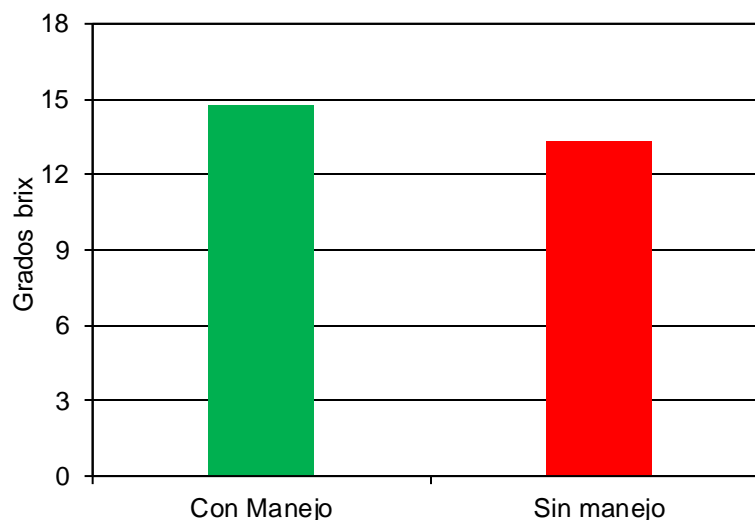


Figura 3. Grados brix de vid Red Globe en función del manejo después de cosecha.

CONCLUSIONES

Las plantas de vid tratadas con manejo postcosecha previo presentaron mayor peso de racimos y rendimiento en comparación con las plantas sin manejo postcosecha.

Las plantas que recibieron el manejo agronómico después de cosecha previo produjeron frutos de mayor calidad y concentración de azúcares en comparación con las plantas sin manejo postcosecha.

REFERENCIAS

- Ferrer, M., G. Gonzalez-Neves, E. Priore, A. Montaña, A. Carbonneau. 2008. Los componentes del rendimiento, la expresión vegetativa y los indicadores fisiológicos de *Vitis vinifera* L. cv Merlot en función de la arquitectura de la planta. *Agrociencia* 12:6-19.
- Godoy, A. C., I. López M. e I. Reyes J. 2002. Respuesta de la vid a tres tenciones de humedad en postcosecha. *Terra* 20:285-290.
- Jermi, M., P. Blaise, C. Gessler. 2010. Response of Merlot (*Vitis vinifera*) grapevine to defoliation caused by downy mildew (*Plasmopara viticola*) during the following growing season. *Vitis* 49:161-166.

RENDIMIENTO, CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y CONTENIDO DE PROTEÍNA DE CEBADA DE DOS Y SEIS HILERAS

SEED YIELD, PHYSICAL CHARACTERISTICS AND PROTEIN CONTENT OF TWO- AND SIX-ROWED BARLEY

Miguel Angel Avila Perches^{1*}, Ramón Huerta Zurita¹, Alfredo Josué Gámez Vázquez¹, Mauro Refugio Zamora Díaz², Francisco Paúl Gámez Vázquez¹.

¹INIFAP, Campo Experimental Bajío, km 6.5 de la carretera Celaya-San Miguel de Allende, C. P. 38010, Roque, Celaya, Gto. ²INIFAP, Campo Experimental Valle de México, km. 13.5 de la carretera Los Reyes-Textcoco, C. P. 56250, Coatlinchan, Textcoco, Estado de México.

[*avila.miguel@inifap.gob.mx](mailto:avila.miguel@inifap.gob.mx)

RESUMEN

En Roque, Celaya, Guanajuato, se establecieron tres fechas de siembra en condiciones de riego, en cada una se evaluaron 10 variedades de cebada de dos y seis hileras en la espiga. Los resultados indican que el mayor rendimiento de semilla se obtuvo en los ensayos establecidos del 15 de noviembre al 15 de diciembre, además se observó que el mayor contenido de proteína se presentó del 15 de enero. Por último, se detectó que los genotipos de 6 hileras en la espiga presentaron mayor rendimiento y contenido de proteína en la semilla.

ABSTRACT

Several two- and six-rowed barley varieties were evaluated across three planting dates under irrigation conditions in Roque, Celaya, Guanajuato, during growing season fall-winter 2020-2021. Results indicate that the highest seed yield was obtained in planting dates from November 15 to December 15. In addition, it was observed that the highest seed protein content was obtained when barley was planted on January 15. It was also observed that six-rowed barley genotypes presented higher seed yield and protein content than two-rowed ones.

INTRODUCCIÓN

La cebada es sexto cultivo más importante en nuestro país, en 2021 se cosecharon alrededor de 345,000 ha y se obtuvieron poco más de 1,000,000 t, que se establecen en dos épocas. En el ciclo primavera-verano en temporal, básicamente en los estados de Hidalgo, Tlaxcala, México y Puebla, se sembraron cerca de 272,000 ha y se cosechó el 60.6 % de la producción nacional, en tanto que en otoño-invierno, en Guanajuato, Querétaro, Michoacán y Jalisco, se

sembraron alrededor de 71,000 ha en riego y se obtuvo el 39.4 % del volumen nacional. En Guanajuato se cosecha el 30 % de la producción nacional y es la principal entidad para la producción de este cereal (SIAP, 2022).

Cerca del 81 % de la producción total de cebada en México se utiliza en la industria para su transformación a malta, insumo fundamental que demandan los grupos cerveceros, mientras que el 18 % se emplea en la alimentación animal. Hasta hace pocos años, en nuestro país, se efectuaba la producción de malta para cerveza, con cebada de seis hileras en la espiga, porque la investigación en mejoramiento genético, las generaron aptas para muchas regiones con distintas condiciones climáticas y resistencia a plagas y enfermedades y también presentan un alto potencial enzimático. No obstante en Estados Unidos, Canadá y Europa, es preferida la cebada de dos hileras para elaborar una mejor cerveza, lo anterior, porque muestran granos más gruesos y uniformes y una cáscara más fina que las variedades de seis hileras. Diferentes prácticas de manejo agronómico pueden influir en el contenido de proteína del grano, de tal forma que si este es muy alto, no es apropiado para la fabricación de malta para cerveza (Navarrete, 2015).

La cebada crece en un rango amplio de condiciones ecológicas, 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). 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). Las fechas de siembra en términos de temperaturas que oscilan son primordiales para definir el rendimiento potencial del cultivo, ya que es un aspecto fundamental en el manejo agronómico de la cebada, porque está directamente relacionada con la calidad industrial del grano (Ram *et al.*, 2010).

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue cuantificar el efecto de 3 ambientes en el rendimiento, características físicas y contenido de proteína de semilla de 10 variedades de cebada de dos y seis hileras en la espiga.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se efectuó en condiciones de riego en el ciclo otoño-invierno de 2020-2021, 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 establecieron tres ambientes o fechas de siembra: 15 de noviembre y 15 de diciembre (FS1 y FS2 respectivamente) de 2020 y 15 de enero de (FS3) de 2021 en cada una se evaluaron 10 genotipos de cebada (Cuadro 1).

Cuadro 1. Genotipos de cebada evaluados en cinco fechas de siembra.

Genotipo	Número de hileras en la espiga	Origen
Alina	Seis	INIFAP
Esperanza	Seis	INIFAP
W103	Seis	INIFAP
W106	Seis	INIFAP
Doña Josefa	Seis	ICAMEX ¹
Guanajuato	Dos	INIFAP
Explorer	Dos	Francia
Metcalf	Dos	Canadá
Prunella	Dos	Francia
Brennus	Dos	Francia

¹ICAMEX: Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México.

Las variedades en cada fecha de siembra (FS) se establecieron en un diseño experimental de bloques al azar con tres 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 utilizó la fórmula de fertilización, 180-60-00 y se incorporó todo el fertilizante en la siembra. Se realizó un riego después de la siembra para promover la germinación de semilla y emergencia de la plántula, posteriormente, se aplicaron 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 características: Rendimiento de semilla (RS), las características físicas evaluadas fueron: peso volumétrico (PV) y de mil semillas (PMS), además se cuantificó el porcentaje de proteína en la semilla (PPS) en base seca. Se realizaron análisis estadísticos individuales de cada fecha de siembra y combinados de los tres ambientes, se utilizó el programa SAS. La comparación de promedios se hizo con el método de Tukey al 0.05 de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron diferencias significativas en las fuentes de variación de fecha de siembra (FS) y genotipo (G) 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 FS en la manifestación de las variables evaluadas, la importancia de la FS en cebada también ha sido reportada por Ram *et al.* (2010) y en trigo por Noriega *et al.* (2019). Los coeficientes de variación tuvieron valores menores al 11 %, 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 de 10 genotipos de cebada evaluados en tres fechas de siembra.

Fuente de variación	Rendimiento de semilla	Peso volumétrico	Peso de mil semillas	Porcentaje de proteína de semilla
G ¹	1.40*	20.99NS	32.65*	2.96*
FS ²	61.43**	188.05**	50.30**	16.13**
G X FS	2.04NS	26.43NS	20.35NS	1.87NS
C. V. ³ (%)	10.79	5.25	6.70	6.31

¹G: Genotipo.

²FS: Fecha de siembra.

³C. V.: Coeficiente de variación.

²N. S.: No significativo.

* y **: Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

El mayor RS se observó en la fecha de siembra (FS) del 15 de noviembre con un valor cercano a 8.0 t ha⁻¹ respectivamente, es importante señalar que conforme se retrasó la FS hubo una disminución del RS, el más alto RS en las FS establecidas al final del otoño, del 15 de noviembre al 15 de diciembre, también fue reportado por Pérez (2014). El más alto PV y PMS se obtuvo en la FS2, 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. Asimismo es importante destacar que en la fecha de siembra del 15 de enero se observó el mayor contenido de proteína (Cuadro 3).

Cuadro 3. Rendimiento de semilla, características físicas y contenido de proteína de 10 variedades de cebada evaluadas en tres 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	7.90	65.13	43.13	9.82
15 diciembre	6.04	68.52	45.30	10.81
15 enero	5.08	63.63	42.50	11.26
DSH ¹	0.95	3.49	2.90	0.80
Variedad				
Seis hileras				
Alina	6.89	66.68	44.97	10.88
Esperanza	6.65	64.02	43.60	10.62
W103	5.67	64.17	44.31	11.52
W106	6.19	67.08	44.61	10.81
Doña Josefa	6.76	65.30	41.25	10.36
Variedad				
Dos hileras				
Guanajuato	5.88	67.27	47.17	11.38
Explorer	6.48	64.75	46.57	9.66
Metcalfe	6.04	68.26	42.03	10.74
Prunella	6.54	66.00	45.77	10.01
Brennus	6.30	64.03	45.91	10.31
DSH ¹	1.06	5.37	4.65	1.04

¹DSH: Diferencia significativa honesta.

En RS, en promedio de los tres ambientes (Cuadro 3), Alina, Doña Josefa, Esperanza y Prunella presentaron los valores más altos con un valor superior a 6.5 t ha⁻¹. No obstante que el ANVA no detectó diferencias significativas entre variedades en el PV, en éste carácter sobresalieron Metcalfe, Guanajuato y W106, con un valor superior a 67 kg hL⁻¹. Es importante destacar, que en RS, las variedades de seis hileras (6H) en la espiga, superaron a las de dos hileras (2H) en promedio por 184 kg ha⁻¹, mientras que también el PPS fue ligeramente más alto en las de 6H, en tanto que en los genotipos de 2H, el PV y PMS fue ligeramente superior.

CONCLUSIONES

- El mayor rendimiento y características físicas de la semilla se presentaron en las fechas de siembra establecidas a finales del otoño.
- El mayor contenido de proteína se observó en la siembra del 15 de enero.
- Los genotipos de 6 hileras en la espiga presentaron mayor rendimiento y contenido de proteína en la semilla.
- En las variedades de dos hileras en la espiga, la calidad física de la semilla fue superior.

REFERENCIAS

- 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.
- Ram, H., B. Singh, A. Sharma. 2010. Effect of time of sowing on the field performance of barley (*Hordeum vulgare* L.) in Punjab. J. Res. Punjab Agric. Univ. 47 (3 & 4): 132-35.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2021. Consultado en: www.siap.gob.mx

RESPUESTA A FÓSFORO EN TRIGO, EN DOS SISTEMAS DE LABRANZA EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA.

Ortiz-Avalos Alma Angélica¹, Cortés-Jiménez Juan Manuel¹, Rosas-Jauregui Ivón Alejandra¹ y Félix-Fuentes José Luis¹

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

¹Campo 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

La siembra directa (SD), cero labranza o labranza cero, es una técnica de manejo del suelo en la que se prescinde de la roturación. El origen de este método está en la agricultura conservacionista, consiste en la utilización de los rastrojos del cultivo anterior como base de materia orgánica para el cultivo siguiente. La evaluación se llevó a cabo en el Campo Experimental Norman E. Borlaug del INIFAP, se estableció la variedad de trigo BORLAUG 100 con 150 kg ha⁻¹ de semilla. Se evaluaron dos tratamientos de fertilización T1: 150-78-0 y T2: 150-0-0 de NPK en forma de urea y fosfato mono amónico respectivamente. Los dos tratamientos fueron evaluados en siembra directa (SD) y siembra convencional (SC). En ambos tipos de siembra, la fertilización se llevó a cabo en presiembra y al voleo. En SD los fertilizantes se dejaron sobre la paja y se incorporaron con el riego de germinación; en SC se incorporaron junto con la paja del cultivo anterior con tres pasos de rastra. Los resultados reportaron un rendimiento de trigo para el T1 de 8.169 y 8.422 t ha⁻¹ y de 7.750 y 6.969 t ha⁻¹ para el T2 en siembra directa y siembra convencional respectivamente. La mejor respuesta a fósforo se observó en siembra convencional, sin embargo, al realizar la relación beneficio-coste, esta no supera a la siembra directa. Por lo cual, la siembra directa fue el método de siembra más rentable para esta evaluación.

Palabras clave: Labranza de conservación, siembra directa, fertilización.

ABSTRACT

Direct seeding (SD), zero tillage or zero tillage, is a soil management technique in which plowing is dispensed with. The origin of this method is in conservationist agriculture, it consists of the use of stubble from the previous crop as the basis of organic matter for the next crop. The evaluation was carried out in the Norman E. Borlaug Experimental Field of INIFAP, the BORLAUG 100 wheat variety was established with 150 kg ha⁻¹ of seed. Two fertilization treatments T1: 150-78-0 and T2: 150-0-0 of NPK in the form of urea and mono ammonium phosphate, respectively, were evaluated. The two treatments were evaluated in direct sowing (SD) and conventional sowing (SC). In both types of sowing, fertilization was carried out in pre-sowing and broadcasting. In SD, the fertilizers were left on the straw and incorporated with the

germination irrigation; in SC they were incorporated together with the straw from the previous crop with three drag steps. The results reported a wheat yield for T1 of 8,169 and 8,422 t ha⁻¹ and 7,750 and 6,969 t ha⁻¹ for T2 in direct sowing and conventional sowing, respectively. The best response to phosphorus was observed in conventional sowing, however, when calculating the benefit-cost relationship, it does not exceed direct sowing. Therefore, direct seeding was the most profitable planting method for this evaluation.

Key words: Conservation tillage, direct sowing, fertilization.

INTRODUCCIÓN

En el estado de Sonora, se cosecharon 236,472 hectáreas de trigo durante el ciclo otoño-invierno 2020-2021, se generó una producción de 1,721,597 toneladas y se obtuvo un rendimiento de 7.28 t ha⁻¹. En el distrito de Cajeme que comprende los municipios de BÁCUM, Cajeme, Etchojoa, Guaymas, Navojoa, Benito Juárez y San Ignacio Río Muerto, se cosecharon 141,614 hectáreas con una producción de 1,050,613 toneladas y un rendimiento de 7.42 t ha⁻¹. El rendimiento correspondiente a cada municipio fue de 7.48, 7.41, 7.67, 6.93, 7.52, 7.52 y 7.33 t ha⁻¹ respectivamente (SIAP, 2022). En el Valle del Yaqui, perteneciente al municipio de Cajeme, se aplica fósforo prácticamente en todos los tipos de suelo y en toda la variedad de cultivos que se siembran en la región. A través del tiempo, se han evaluado todas las fuentes de fósforo que se comercializan en la zona y los resultados no han permitido recomendar una fuente diferente al fosfato mono amónico o MAP, que tiene una concentración 11-52-0 de NPK (Cortés *et al.*, 2011a; Cortés, 2015; Cortés *et al.*, 2016; Cortés *et al.*, 2017; Cortés *et al.*, 2019). El 11-52-00, es la fuente de fósforo preferida por los productores (Cortés y Ortiz 2022).

Las evaluaciones llevadas a cabo sobre evaluaciones de fósforo en la región, en su mayoría se han realizado en labranza convencional, sin embargo, hoy en día son cada vez más las prácticas que se llevan a cabo para practicar agricultura sostenible, esto impulsado por el Gobierno Federal e implementado por INIFAP en el “Programa de desarrollo del INIFAP 2018-2030”. Dentro de dicho programa se encuentra como estrategia, desarrollar líneas y productos de investigación para promover la sostenibilidad del recurso suelo (INIFAP, 2018). Por tal motivo, en CENEB-INIFAP se está desarrollando el proyecto “Efecto de la labranza de conservación sobre la eficiencia en el uso de fertilizantes en trigo en el Valle del Yaqui, Sonora”. Labranza de conservación es un tema más conocido para nombrar a la siembra directa (SD), cero labranza o labranza cero, que es una técnica de manejo del suelo en la que se prescinde de la roturación. El origen de este método está en la agricultura conservacionista. En su forma más elemental, consiste en la utilización de los rastrojos del cultivo anterior como base de materia orgánica para el cultivo siguiente, en ellos se colocan las semillas sin mayor remoción del suelo (Sosa, 2020). El manejo del suelo con algún sistema de cobertura es una

técnica eficaz para conservarlo en buen estado, la cobertura orgánica amortigua el impacto de las gotas de lluvia y el viento, reduce la erosión y la formación de costras (Kohnke y Werkhoven, 1963; Narro, 1987; Baker y Saxton, 2008). Desde los inicios de la década de 1960 los agricultores han debido adoptar alguna forma de labranza de conservación para salvaguardar el suelo del planeta, para reducir la cantidad de combustible quemado para la producción de alimentos, así como para reducir la contaminación de las aguas corrientes (Baker y Saxton, 2008).

Derivado de las ventajas mencionadas, en la región del Valle del Yaqui, al igual que en muchas partes del mundo, se promueve la implementación de la siembra directa. El incremento en la humedad aprovechable y la disminución de la temperatura del suelo, es una de las mayores ventajas de la siembra directa (Ross *et al.*, 1986; Cortés *et al.*, 2011; 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. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta a la aplicación de fósforo en siembra directa y siembra convencional.

MATERIALES Y METODOS

La evaluación se realizó durante el ciclo otoño-invierno 2020-2021, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug 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. Se estableció la variedad de trigo BORLAUG 100 con 150 kg ha⁻¹ de semilla. Se evaluaron dos tratamientos de fertilización T1: 150-78-0 y T2: 150-0-0 de NPK en forma de urea y fosfato mono amónico respectivamente. Los dos tratamientos fueron evaluados en siembra directa (SD) y siembra convencional (SC). En ambos tipos de siembra, la fertilización se llevó a cabo en presiembra y al voleo. En SD los fertilizantes se dejaron sobre la paja y se incorporaron con el riego de germinación; en SC se incorporaron junto con la paja del cultivo anterior con tres pasos de rastra, un tabloneo y un paso de cultipacker. La disponibilidad de fósforo en el tratamiento de SD fue de 17.1 ppm y de 33.2 ppm en el tratamiento de SC. La fecha de siembra fue el 3 de diciembre de 2021, se realizó con sembradora SEMEATO de manufactura brasileña, la cual tiene los cuerpos de siembra separados a 17 cm. El riego de germinación se aplicó el 6 de diciembre de 2021, se llevaron a cabo tres riegos de auxilio a los 45, 73 y 99 días después de la siembra (DDS). Se llevó a cabo una aplicación de herbicida e insecticida con tractor, antes del primer riego de auxilio y una aplicación contra pulgón a los 90 DDS.

La cosecha se realizó de manera manual con hoz. La parcela útil fue de 6 hileras de 1 metro de longitud y 17 cm de separación (1.02 m²). Se recolectaron cuatro repeticiones por tratamiento. La variable a medir fue rendimiento de grano. Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y cuatro repeticiones. La parcela mayor correspondió al tipo de labranza y la menor a la aplicación de fósforo. Las muestras se pesaron y desgranaron en trilladora estacionaria tipo Pullman, se limpiaron, se midió rendimiento y humedad. Los datos se analizaron en MSTAT version 2.10 (Russell D. Freed, MSTAT Director Crop and Soil Sciences Department Michigan State University).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se encontraron diferencias significativas en la aplicación de fósforo, ni en el sistema de labranza utilizado (Cuadro 1). El valor promedio del rendimiento de grano se reporta en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Análisis de varianza para el rendimiento de grano de trigo en dos sistemas de labranza, con y sin aplicación de fósforo. B-910, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo 2021-2022.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Prob.
Repeticiones	2	1.525	0.763	2.347	0.2988
Fertilización con P (A)	1	2.626	2.626	8.081	0.1047
Error	2	0.650	0.325		
Tipo de siembra (B)	1	0.209	0.209	0.451	
A*B	1	0.802	0.802	1.732	0.2585
Error	4	1.852	0.463		
Total	11	7.664			

C.V. 8.69%

Independientemente del sistema de labranza utilizado, el rendimiento más alto de trigo, se observó en el tratamiento fertilizado con fósforo (Cuadro 2). Aunque las diferencias resultaron numéricas y no significativas, es importante señalar que la mejor respuesta a fósforo se observó en SC y con el tratamiento T1: 150-78-0, sin embargo, la diferencia de 273 kg ha⁻¹ y considerando el precio de trigo en \$8,000 por tonelada, la utilidad fue de \$2,184 pesos, cantidad que no supera los trabajos realizados en este sistema de labranza, el cual consistió en tres rastreos, un tablonero y una pasada de cultipacker con un costo promedio por trabajo de \$600, \$400 y \$300 pesos respectivamente, lo cual suma un total de \$2,500 pesos por hectárea.

Cuadro 2. Respuesta a la aplicación de fósforo en dos sistemas de labranza. B-910, Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo 2021-2022.

Siembra	Rendimiento de grano ton ha ⁻¹		Media
	SD	SC	
Con Fósforo	8.169	8.422	8.296 a
Sin Fósforo	7.750	6.969	7.360 a
Media	7.960 a	7.696 a	

La disponibilidad de fósforo en el estrato 0-30 cm de 17.1 ppm y 33.3 ppm para SD y SC respectivamente, explica la mayor respuesta a este elemento en SC. Cortés y Ortiz (2020), evaluaron dos métodos de incorporación de fósforo a través del agua de riego y con rastra, resultando más favorable el segundo método, no evaluaron relación beneficio-costo.

CONCLUSIONES

La mejor respuesta a fósforo se observó en siembra convencional, sin embargo, al realizar la relación beneficio-costo, esta no supera a la siembra directa. Por lo cual, la siembra directa fue el método de siembra más rentable para esta evaluación.

REFERENCIAS

- Baker, C.J. y Saxton, K.E. 2008. Los ¿qué y los ¿por qué de la agricultura con labranza cero. En: Baker CJ y Saxton KE. (Editores). Libro Siembra con labranza cero en la agricultura de conservación. Capítulo 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations y Editorial Acribia, S.A. Zaragoza (España). p 1-12
- Cortés, J.J.M. y Ortiz, A.A.A. 2022. Recomendaciones para la aplicación de nitrógeno y fósforo en trigo, en base a análisis de suelo en el Valle del Yaqui, Son. Publicación especial No. 29. Centro de investigación regional del Noroeste-INIFAP. Campo Experimental Norman E. Borlaug. Marzo 2022. p 63-64.
- Cortés, 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 al 11, 2020. Gómez Palacio, Durango, México. p 835-830.
- Cortés, J.J.M., Ortiz, A.A.A., Madrid, C.M. y Rivera, G.M. 2017. Efecto residual de fuentes y dosis de fósforo, en el rendimiento de trigo en el valle del Yaqui, Sonora. Memoria de la XXIX Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango, México. p 98-102.
- Cortés, J.J.M., Ortiz, A.A.A. y Beltrán, S. 2016. Respuesta del trigo a la fuente y dosis de fósforo en un suelo arcilloso del Valle del Yaqui, Sonora. Memorias del XLI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. León, Guanajuato, México. p 622-626.
- Cortés, J.J.M. 2015. Fertilizantes químicos convencionales y de liberación lenta o controlada. In: Hernández-Tejeda, T. (Ed). Buenas prácticas para el uso de fertilizantes en México. Libro Técnico Núm. 9. CENID-COMEF, INIFAP. México, D. F. p. 99-112.
- 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. Memorias del XVII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Octubre 9-10, 2014. Mexicali, B.C., México. p 473-477.
- Cortés, J.J.M., Fuentes, D.G., Ortiz, E.J.E., Tamayo, E.L.M., Cortez, M.E, Ortiz, A.A.A., Félix, V.P. y Armenta, C.I. 2011a. Agronomía del trigo en el sur de Sonora. Libro Técnico No. 6. CENEB-CIRNO-INIFAP. Cd. Obregón, Sonora. 238 p.
- Cortés J.J.M., Ruiz V.T.J., Garatuza P.J., Yépez E.A., Macías C.J., Ortiz A.A.A., Zazueta E.G. 2011b. 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.
- INIFAP. 2018. Programa de Desarrollo del INIFAP, 2018-2030. Mayor productividad en armonía con el medio ambiente. Primera Edición 2018. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/509563/Programa_de_Developmento_del_INIFAP_2018-2019.pdf Consultado julio 27, 2022.
- Kohnke, H. and Werkhoven CH. 1963. Soil temperature and soil freezing as affected by an organic mulch. Soil Sci. Soc. Proc. 27:13-17.
- Narro, F.E. 1987. Física de suelos con enfoque agrícola. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 201 p.
- Ross, P.J., Williams, J. and McCown. R.L. 1986. Soil temperature and the energy balance of vegetative mulch in the semiarid tropics. I Statics analysis of the radiation balance. Soils and fertilizers 49(8):933
- 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.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2022. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> Consultado julio 27, 2022.
- Sosa, V.A.P. 2020. Siembra directa. En: Salomón A y Muzlera J (Editores). Diccionario del Agro Iberoamericano. 2a ed compendiada. Buenos Aires, Argentina. p 1091-1101. <http://www.coninagro.org.ar/wp-content/uploads/2020/09/Diccionario-del-Agro-Iberoamericano.pdf#page=1091>. Consulta: octubre 17, 2021.

RESPUESTA DE VARIEDADES DE FRIJOL PINTO Y AZUFRADOS AL TRATAMIENTO DE SEMILLA CON FUNGICIDAS CONVENCIONALES

Isidoro Padilla Valenzuela¹, Fernando José Buitimea Mendoza², Brenda Zulema Guerrero Aguilar³ y José Alfonso Ramírez Arredondo¹

1. Campo Experimental Norman E. Borlaug. Cd. Obregón, Sonora. 2. Estudiante Universidad Tecnológica de Etchojoa, 3. Campo Experimental El Bajío, Celaya, Guanajuato.

Resumen

El cultivo de frijol es afectado por enfermedades, como antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), roya (*Uromyces phaseoli*), mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*), *Fusarium spp.*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Macrophomina phaseolina* principalmente, estos patógenos se pueden transmitir a través de la semilla, causando pérdida de viabilidad e infección en las plántulas, lo que implica un riesgo sobre su rendimiento. Debido a esto, se planteó el objetivo de evaluar la respuesta de variedades de frijol pinto y azufrados al tratamiento con fungicidas convencionales. El trabajo se realizó en el Valle del Mayo, Sonora, en un suelo franco-arenoso, en la localidad de Navolato, municipio de Etchojoa, Sonora durante el ciclo otoño-invierno 2021-2022. Se evaluaron cuatro variedades con y sin tratamiento a la semilla (Cruiser Maxx Beans) con cual se obtuvieron los siguientes tratamientos: 1. Higuera T; 2. Higuera ST; 3. Reyna T; 4. Reyna ST; 5. Max T; 6. Max ST; 7. Salinas T y 8. Salinas ST. El tratamiento a la semilla favoreció mayor población, pero las diferencias no impactaron el rendimiento de grano. Los mayores rendimientos fueron en Salinas ST con 3.833 t ha⁻¹ y 3.817 t ha⁻¹ en Higuera ST. El rendimiento fluctuó de 3.433 t ha⁻¹ en Salinas T a 3.833 t ha⁻¹ en Salinas ST, y no se observó diferencia significativa. En cambio, el rendimiento más bajo y significativamente diferente se observó en Max ST con 2.680 t ha⁻¹ y 2.838 t ha⁻¹ en Max T, resultado que se atribuye a su ciclo precoz de 98 d.

Palabras clave; *Phaseolus vulgaris*, Fenología, calidad del grano, unidades calor

Abstract

Dry bean is affected by diseases such as anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), rust (*Uromyces phaseoli*), angular spot (*Phaeoisariopsis griseola*), *Fusarium spp.*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Macrophomina phaseolina* mainly, these pathogens can be transmitted through the seed, causing loss of viability and infection in seedlings, which implies a risk on their yield. Due to this, the objective was to evaluate the response of pinto and yellow bean varieties to treatment with conventional fungicides. The work was carried out in the Valle del Mayo, Sonora, in a sandy loam soil, in the area of Navolato, Etchojoa, Sonora during the 2021-2022 fall-winter season. Four varieties with and without seed treatment (Cruiser Maxx Beans) were evaluated with which the following treatments were obtained: 1. Higuera T; 2. Higuera ST; 3. Reyna T; 4. Reyna ST; 5. Max T; 6. Max ST; 7. Salinas T and 8. Salinas ST. The seed treatment favored a higher population, but

the differences did not impact grain yield. The highest yield were in Salinas ST with 3,833 t ha⁻¹ and 3,817 t ha⁻¹ in Higuera ST. The yield ranked from 3,433 t ha⁻¹ in Salinas T to 3,833 t ha⁻¹ in Salinas ST, and no significant difference was observed. In contrast, the lowest and significantly different performance was observed in Max ST with 2,680 t ha⁻¹ and 2,838 t ha⁻¹ Max T, in accordance with its early cycle of 98 d.

Key words; Phenology, grain quality, climate

Introducción

En México se cultivan una diversidad de variedades de frijol, que responde a una geografía del consumo también diversa. La mayor parte de la producción (entre un 60% y 70%) se ubica en la zona noroeste del país, donde se cultivan variedades del tipo azufrado, negro y pinto (CEDRSSA, 2020). Por su gran importancia económica y social, el frijol es un producto estratégico dentro del desarrollo rural de México, ya que ocupa el segundo lugar en cuanto a superficie sembrada nacional y representa además la segunda actividad agrícola más importante en el país por el número de productores dedicados a su cultivo (Solano *et al.*, 2009). De acuerdo con Padilla *et al.* (2021) en el estado de Sonora, la superficie anual establecida con frijol del 2008 al 2019, fue de 7,092 hectáreas en promedio, con un máximo 9,263 hectáreas y un mínimo de 5,807 hectáreas. Así, en el mismo período, el rendimiento promedio fue de 1.60 t/ha, para una producción de 7,094 toneladas. De las 8,432 hectáreas cosechadas de frijol en Sonora en 2020, 81% correspondieron los Valles del Yaqui y Mayo en el sur de Sonora. El frijol puede ser afectado por enfermedades como la antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), roya (*Uromyces appendiculatus*), mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*), pudriciones de raíz y marchitez (*Rhizoctonia solani* y *Fusarium* spp.), moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*), entre otras causadas por hongos (Ayala *et al.*, 2021). Los patógenos causantes de muchas enfermedades son capaces de transmitirse por semilla, lo que implica mayor riesgo sobre el rendimiento en siembras con semilla infectada o infestada cuando las condiciones climáticas son favorables para el desarrollo de las enfermedades. Con base en lo anterior se realizó el presente trabajo con el objetivo de evaluar la respuesta de variedades de frijol pinto y azufrados al tratamiento con fungicidas convencionales.

Materiales y Métodos

El trabajo se condujo en el Valle del Mayo, Sonora, en un tipo de suelo franco-arenoso, en la localidad de Navolato, municipio de Etchojoa, Sonora durante el ciclo otoño-invierno 2021-2022. Se evaluaron cuatro variedades (Azufrado Higuera; Azufrado Reyna, Pinto Max y Pinto Salinas) con y sin tratamiento a la semilla para el control de hongos del suelo del suelo con lo cual se obtuvieron los siguientes tratamientos: 1. Higuera (T); 2. Higuera (ST); 3. Reyna (T); 4. Reyna (ST); 5. Max (T); 6. Max (ST); 7. Salinas (T) y 8. Salinas (ST). El tamaño de la parcela experimental fueron 8 surcos de 100 m a 0.8 m de separación. En Reyna se sembraron dos densidades (12 y 20 plantas por metro líneas debido a que es una variedad que posee plantas arbustivas y de mucha

ramificación (CINTAR, 2022). Se usó un arreglo experimental en franjas con cuatro repeticiones. La siembra se realizó con sembradora neumática de precisión el día 8 de octubre del 2021, depositando 20 semillas por metro lineal, a una profundidad de 7 cm. Previo a la siembra se aplicaron 2 L ha⁻¹ de Trifluralina para el control de malezas en pre emergencia. El tratamiento a la semilla fue con Cruiser Maxx Beans, una mezcla de insecticida (Tiametoxam) y dos fungicidas (Fludioxonil y Metalaxil-m), se aplicaron 2.5 mL por cada kilogramo de semilla. Se aplicó un riego de pree-siembra y cuatro de auxilio de acuerdo al siguiente calendario: 0-28-38-45-73, para una lámina aproximada de 60 cm. Se fertilizó con 80 kg ha⁻¹ de amoníaco en pree-siembra y 50 L ha⁻¹ de 10-34 en previo al primer riego de auxilio para una fórmula total de 69-34-00. Se midieron las siguientes variables: rendimiento de grano (RG), número de vainas por planta (V/P), número de granos por vaina (G/V), frecuencia de vainas con menos de 3 granos (FV<3G), frecuencia de vainas con más de 3 granos (FV>3G), peso de granos (PG), días a emergencia (DE), días a inicio de floración (IF) y días a madurez fisiológica (MF), reacción bacteriosis para lo cual se utilizó la escala 0 a 9 donde 0 = sin síntomas, 9 = más de 90 % de daño foliar. A los 20 dds en la etapa de 2do trifolio se contaron las plantas sanas (NPST) en dos surcos con un tramo de 10 m en cuatro repeticiones y a los 130 dds en madurez fisiológica (NPSMF), se contaron plantas sanas a cosecha. También tomaron muestras de plantas con síntomas de daño por pudrición radicular y suelo de los primeros 20 cm y se enviaron al Laboratorio de Fitopatología del Campo Experimental Bajío para determinar agentes causales. Para estimar el rendimiento y componentes recolectaron las plantas de dos surcos en un tramo de 5 m lineales en cuatro repeticiones. Se colectaron 5 plantas con competencia completa, para medir V/P, G/V, FV<3G y FV>3G. Se registraron los datos de temperatura (máximas y mínimas), precipitación acumulada y humedad relativa de la Estación Meteorológica automatizada del Chucárit, Etchojoa, Sonora. Se calcularon las unidades calor mediante el Método Residual (REMAS, 2022.) Los datos de rendimiento y componentes se sometieron al análisis estadístico y se hizo la separación de medias mediante la prueba de DMS AL 5% (Olivares, 2015).

Resultados y Discusión

Los resultados de los análisis de suelo y tejido vegetal (Cuadro 1) se determinaron desde 200 hasta 10,000 UFC, de los hongos *Fusarium* spp, principalmente y de *Sclerotinia* spp. La especie de hongo *Fusarium* spp es conocida por producir pudrición radicular en el frijol, mientras que *Sclerotinia* spp ocasiona daño a las raíces y a las vainas donde su sintomatología se manifiesta como pudrición blanda y se cubren de un algodoncillo color blanco, conocido comúnmente como moho blanco. En estos análisis se descubrió una alta concentración de nematodos fitopatógenos entre los que destacaron *Meloidogyne*, *Helicotylenchus* y *Pratylenchus*. El nematodo de la especie *Meloidogyne* es conocido por su daño se caracteriza por la formación de agallas en las raíces y *Pratylenchus* es conocido como el nematodo de la lesión, y su daño facilita la entrada de hongos fitopatógenos a las raíces. De acuerdo con los datos climáticos registrados durante la emergencia, la temperatura

máxima fue alrededor 40 °C que permitieron el desarrollo de pudrición de plántulas. En el transcurso de los primeros 8 días, las temperaturas se mantuvieron en un rango de 38 a 40 °C y bajaron a menos de 35 °C a finales del mes de octubre.

De acuerdo con Padilla y Guerrero (2022) los patógenos del suelo causan enfermedades en las plantas y son reconocidos en el mundo por ser los causantes de importantes pérdidas económicas. Los niveles de población en el campo e invernadero están influenciados el sistema monocultivo, rotación, cultivo a campo abierto o, pobre aplicación de prácticas culturales, entre otras. Diversos estudios han revelado que 500 unidades formadoras de colonias (UFC) de *Fusarium oxysporum* en un gramo de suelo representan alto riesgo de pudrición de raíces; mientras que 2 o más nematodos del género *Pratylenchus* por gramo de suelo puede ocasionar daño directo y sus lesiones facilitan la entrada de hongos fitopatógenos a las plantas.

Cuadro 1. Resultados del análisis microbiológico de suelo y tejido vegetal de plántulas enfermas de frijol. INIFAP 2022.

No Muestra	Identificación de patógenos †	UFC/g de suelo	Identificación de nematodos	frecuencia de nematodos/ g de suelo
M1	(A)	4400	<i>Meloidogyne</i> , nematodos de vida libre	113
M2	(A)	200	nematodo de vida libre	9
M3	(A)	1800	<i>Pratylenchus</i>	83
M4	(A)	3400	<i>Meloidogyne</i> , <i>Helycotylenchus</i>	120
M5	(A)	1200	<i>Meloidogyne</i> , <i>Helycotylenchus</i>	22
M6	(A)	10000	<i>Meloidogyne</i> , nematodos de vida libre	53

† Identificación de patógenos presentes en tejido de raíces; UFC= Unidades formadoras de colonias (A) *Fusarium* spp, *Rhizoctonia solani*, *Macrophomina phaseolina*, *Sclerotinia* spp

En el Cuadro 2 se aprecia que Salinas ST (3.833 t ha⁻¹) e Higuera ST (3.817 t ha⁻¹) registraron los mayores rendimientos. Las variedades de frijol azufrado no mostraron diferencias significativas en el rendimiento. El RG varió de 3.433 t ha⁻¹ en el tratamiento Salinas T hasta 3.833 t ha⁻¹ en Salinas ST, sin diferencia significativa. El RG más bajo y significativamente diferente se observó en Max ST con 2.680 t ha⁻¹ y en Max T con 2.838 t ha⁻¹, que se atribuyen a su precocidad (98 d). En general, el RG de Salinas T (3.433 t ha⁻¹) y Salinas ST (3.833 t ha⁻¹) fue similar a lo producido por las variedades de frijol azufrado, pero con un ciclo de 101 d a MF, es decir, 16 y 36 d más precoz que Higuera y Reyna, respectivamente. De acuerdo con Bliss (1980) las condiciones óptimas de temperaturas diurnas para el frijol fluctúan de 15 a 27 °C y las nocturnas de 10 a 19 °C. En este estudio durante la etapa de formación de vainas (noviembre), las temperaturas se mantuvieron en un rango de 20 a 35 °C. En la etapa de llenado de grano (diciembre), las temperaturas se mantuvieron en un rango de 30 °C la máxima, y mínima de 6 °C. La mayor parte de los días

predominaron condiciones frescas y la humedad relativa fluctuó de 49 a 93% durante el mes. Estas condiciones de temperatura y humedad favorecieron la expresión del potencial de rendimiento en todas las variedades y coinciden con los reportados por otros autores (Padilla *et al.*, 2009; Jiménez *et al.*, 2018; Rosales *et al.*, 2021; CINTAR, 2022).

En PG (Cuadro 2) los mayores valores se registraron en las variedades de frijol azufrado; Azufrado Higuera (T); A. Higuera (ST) y A. Reyna (T) con 54.3, 54.9, 56.9 g/100 semillas, respectivamente. El menor tamaño de semilla se observó en Salinas ST y Salinas T con 37.3 y 40.1 g/100 granos. Jiménez *et al.* (2018) reportaron un peso de 32.2 a 35.7 g/100 granos en Pinto Salinas bajo condiciones de temporal. En general se encontró diferencia numérica en la respuesta a los tratamientos con fungicidas, donde los mayores tamaños de grano como es el caso de los frijoles tipo azufrado fue por efecto varietal. No obstante, se notó que entre Reyna T y Reyna ST hubo respuesta en el PG, donde la reducción en densidad a 12 semillas m^{-1} incrementó en 12.5% esta variable. La respuesta de la variedad Reyna en bajas densidades se debió a su arquitectura de planta más alta, mayor ramificación ciclo más largo que Higuera, lo cual coincide con lo reportado por CINTAR (2022).

En la densidad poblacional entre las etapas del 2do trifolio a madurez fisiológica (Cuadro 2), se encontró que la mayor reducción de planta fue en Higuera ST (20%), Reyna T (18%) y Max ST (20%) los cual de acuerdo con los resultados de los análisis de suelo y tejido vegetal (Cuadro 1) se debió al ataque combinado de hongos y nematodos del suelo. El tratamiento a la semilla favoreció mayor población (Cuadro 2) pero estas diferencias no impactaron el rendimiento de grano. Estudios previos (Averkere y Marais, 1992; Abbasi y Maleki, 2015) han demostrado que la densidad óptima para aumentar el rendimiento varía de acuerdo a factores tales como riego, tipo de suelo, radiación solar y método de siembra.

Cuadro 2. Rendimiento de grano, peso de la semilla, plantas por parcela y reducción poblacional a madurez fisiológica en frijol bajo tratamiento con fungicidas a la semilla. INIFAP 2022.

Tratamientos	RG	PG	NPST	NPSMF	PRP
Higuera (T)	3.540 a [†]	54.3 a	387abc	341.8 a	12
Higuera (ST)	3.817 a	54.9 a	420 a	337.5 a	20
Reyna (T) ¹	3.531 a	56.9 a	226 d	185.3 c	18
Reyna (ST) ²	3.706 a	49.8 b	339 c	293.5 b	13
Max (T)	2.838 b	45.3 c	387 abc	349.8 a	10
Max (ST)	2.680 b	43.3 c	420 a	334.5 a	20
Salinas (T)	3.433 a	40.1 d	400 ab	340.8 a	15
Salinas (ST)	3.833 a	37.3 d	358 bc	334 .8 a	6
DMS (0.05)	0.415	2.755	60.4	38.6	
CV (%)	8.26	3.92	12.18	8.34	

[†] Medias con igual letra no son significativamente diferentes $p < 0.01$

T = Con fungicida; ST= Sin fungicida; 1. 12 plantas m^{-1} ; 2. 20 plantas m^{-1}

De acuerdo con los valores de frecuencia de vainas con más de 3 granos, se observó una compensación en los componentes del rendimiento. Así, por ejemplo, en Reyna T con 12 plantas/m, las plantas produjeron un mayor número de vainas, y a la vez la frecuencia de vainas con más de 3 granos también se incrementó. Por otro lado, en Higuera ST, la reducción de plantas en 20%, provocó un efecto amortiguador porque se incrementaron las vainas con más de 3 granos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Número de vainas, granos por vainas, porcentaje de aborto y frecuencia de granos por vaina en frijol bajo tratamientos de fungicidas a la semilla. INIFAP 2022.

Tratamientos	V/P	G/V	VA	FV<3G	FV>3G
Higuera (T)	13.5 c†	3.4 c	21 c	6.9 cd	6.5 c
Higuera (ST)	20.2 b	3.6 bc	22 c	7.9 cd	11.4 ab
Reyna (T) ¹	30.5 a	3.1 d	44 b	17.8 a	12.8 a
Reyna (ST) ²	20.6 b	3.0 d	65 a	12.4 b	8.3 c
Max (T)	20.6 b	3.7 ab	19 c	8.5 c	11.7 ab
Max (ST)	16.3 c	3.9 a	24 c	6.8 d	9.1 bc
Salinas (T)	ND	ND	ND	ND	ND
Salinas (ST)	ND	ND	ND	ND	ND
DMS (0.05)	3.09	0.248	11.5	1.782	3.014
CV (%)	10.1	4.8	24	11.77	20.1

† Medias con igual letra no son significativamente diferentes $p < 0.01$

ND=Sin datos; 1. T=Con fungicida; ST=Sin fungicida. 1. 12 plantas m^{-1} ; 2. 20 plantas m^{-1}

Se observó variación en los días a IF, destacando por su precocidad Max y Salinas con 35 y 38 d, respectivamente (Cuadro 4). Le siguieron Higuera con 45 d y el más tardío fue Reyna con 52 d a IF. En días a MF se encontró la misma tendencia con 98 d en Pinto Max, 101 días en Pinto Salinas, 117 días en Azufrado Higuera y el más tardío fue Azufrado Reyna con 137 a 140 d. Las diferencias observadas en las variables IF y MF se debió la respuesta varietal. En UC se requirieron 185 a DE, 533-733 a IF y 1106-1307 a MF. Solamente Max mostró presencia de bacteriosis a los 76 al final de la etapa de llenado del grano.

Cuadro 4. Días a emergencia, inicio de floración, madurez fisiológica, unidades calor y reacción a bacteriosis en frijol bajo tratamientos de fungicidas a la semilla. INIFAP 2022.

Tratamientos	DE	IF	MF	RBAC
Higuera (T)	10 [185]	45 [655]	117 [1189]	0†
Higuera (ST)	10 [185]	45 [655]	117 [1189]	0
Reyna (T) ¹	10 [185]	52 [733]	140 [1307]	0
Reyna (ST) ²	10 [185]	52 [733]	137 [1294]	0
Max (T)	10 [185]	35 [533]	98 [1081]	1
Max (ST)	10 [185]	35 [533]	98 [1081]	1
Salinas (T)	10 [185]	38 [575]	101 [1106]	0
Salinas (ST)	10 [185]	38 [575]	101 [1106]	0

T = Con fungicida; ST = Sin fungicida; 1. 12 plantas m^{-1} , 2. 20 plantas m^{-1}

† Escala 0 a 9, donde 0 = Sin síntomas, 9= más de 90 % de daño foliar (Shoonhoven y corrales, 1987).

[UC] Unidades Calor.

Conclusiones

Los hongos más abundantes en el suelo fueron *Fusarium spp.*, y *Sclerotinia spp.* Se descubrió una alta concentración de nematodos fitopatógenos entre los que destacaron *Meloidogyne*, *Helicotylenchus* y *Pratylenchus*. En las raíces se identificó a *Fusarium spp.*, *Sclerotinia spp.*, *Macrophomina phaseolina* y a *Rhizoctonia solani*.

El tratamiento a la semilla favoreció mayor población, pero las diferencias no impactaron el rendimiento de grano.

Los mayores rendimientos fueron en los tratamientos Salinas ST con 3.833 t/ha y 3.817 t/ha en Higuera ST. Aunque pudo apreciarse que el rendimiento fluctuó de 3.433 en la variedad Pinto Salinas tratado a 3.833 en Salinas ST, y no se observó diferencia significativa. El rendimiento más bajo y significativamente diferente se observó en Max ST con 2.680 t ha⁻¹ y 2.838 t ha⁻¹ en Max T lo cual se atribuye a su precocidad.

En peso de 100 granos los mayores valores se registraron en las variedades de frijol azufrado; Higuera T; Higuera ST y Reyna (T) con 54.3, 54.9, 56.9 g/100 semillas, respectivamente. El menor tamaño de semilla se observó en Salinas ST y Salinas T con 37.3 y 40.1 g/100 granos.

En Reyna T y Reyna ST hubo respuesta la reducción en densidad a 12 semillas m⁻¹ incrementó en 12.5% el peso de 100 granos debido a su arquitectura de planta más alta, mayor ramificación y ciclo tardío.

Las condiciones registradas de temperaturas tuvieron un rango de 27 °C a 7 °C, la humedad relativa fluctuó de 60 a 77% durante la mayor parte del ciclo del cultivo y la ausencia de lluvias, permitieron la manifestación de los potenciales de rendimiento en las variedades de frijol azufrado y pinto.

Literatura Citada

- Abbasi, A. and Maleki, A. 2015. Yield and yield components of red bean cultivars in different planting pattern as a second cropping in Kermanshah climate, Iran. *J. Biodivers. Environ. Sci.*, 6:488–494.
- Averbeke V. W. and J. N. Marais. 1992. Maize response to plant population and soil water supply *S. Afr. J. Plant Soil*, (9): 186–192.
- Ayala, G., A. V., J. A. Acosta G. y L. Reyes M. 2021. El Cultivo del Frijol Presente y Futuro para México. INIFAP-CIRCE-Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato. Libro Técnico No 1, p. 60.
- Bliss, F.A. 1980. Common Bean. In: *Hybridization of Crop Plants*. W. R. Fehr and H. H. Hadley (Eds.). American Society of Agronomy and Crop Science of America. Madison Wisconsin, USA. pp. 273-284.
- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA)b. (2020). Mercado de Frijol, Situación y Prospectiva. Cámara de Diputados. Disponible en <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/53Mercado%20del%20frijol.pdf>. Fecha de consulta: febrero de 2022.
- CINTAR Comercializadora Internacional Arizona 2022. “Reyna” la nueva variedad de semilla de frijol azufrado. <https://lineadirectaportal.com/sinaloa/norte/2021/9/15/reyna-la-nueva-variedad-de-semilla-de-frijol-azufrado-con-mayor-rendimiento-cintar-428865.html> [Accessed on July, 2022].
- Jiménez H. J., V. Montero T., J. L. Anaya L., J. C. Jiménez G., G. Herrera H., B. Z. Guerrero A. y J. A. Acosta Gallegos. 2018. Salinas: new variety of pinto beans for rainfed areas of Guanajuato. *Rev. Mex. Ciencias Agric.* 9 (6): 1295-1301.
- Olivares S., E. 2015. Programa de análisis estadístico. Versión 1.6. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey. N. L.

- Padilla V., I. y B. Z. Guerrero A. 2022. Hongos y nematodos fitopatógenos presentes en el suelo: impacto en el rendimiento del frijol en el sur de Sonora. Memoria día del Agricultor. INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Norman E. Borlaug. Publicación Especial (29):61-61.
- Padilla V. I., N. Castillo T., J. A. Ramírez A., I. Armenta C., F. Cabrera C., M. Madrid C. y J. E. Ortiz E. 2009. Manual para la producción de frijol en el Sur de Sonora. Folleto Técnico No. 69. SAGARPA.INIFAP. Campo Experimental Valle del Yaqui. Ciudad Obregón, Sonora, México. 122 p.
- Padilla V., I., J. A. Ramírez A., F. Cabrera C., J.E. Ortiz E. y P. Félix V. 2021. Tecnología para producir frijol en el sur de Sonora. Folleto para Productores No 108, INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Norman E. Borlaug. Ciudad Obregón, Sonora, 32 pág.
- REMAS (Red de Estaciones Meteorológicas Automatizadas del Estado de Sonora). 2021. Descargar datos. <http://www.siafeson.com/remas/>. [Accessed on June 22, 2022].
- Rosales S., R., H. Flores G., J. C. López G., J. E. Rubinos P., I. A. Ortiz S., H. Flores M., S. Santana E. y P. A. Domínguez M. 2021. Fenología y productividad del agua en variedades mejoradas de frijol pinto cultivadas en Durango, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 44 (4): 511-519.
- Shoonhoven, A. V. y M. Pastor C. 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. CIAT, Cali, Colombia, 57 p.
- Solano C., F., R. Díaz R., C. Jacinto H., C., L. Aguirre A., A. Huerta P. 2009. Prácticas agrícolas, descripción morfológica, proteínica y culinaria del grano de cultivares de frijol sembrados en la región de Tlatzala, Guerrero. *Ra Ximhai.* 5(2): 187-190.

SENSIBILIDAD DE TRES ESPECIES DE MAGUEY CULTIVADAS EN condiciones MODERADAS de salinidad del SUELO en EL ESTADO DE DURANGO

Julio César Ríos Saucedo¹, Rigoberto Rosales Serna¹, Saúl Santana Espinoza¹, Rafael Jiménez Ocampo¹ y Donaji Sierra Zurita¹

¹INIFAP - Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango - El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. *e-mail: rios.julio@inifap.gob.mx

RESUMEN

El maguey (*Agave* spp.) es requerido como materia prima para la elaboración de mezcal mono-específico y en mezclas de especies para elaborar ensambles de palatabilidad mejorada. El objetivo fue evaluar la sensibilidad de tres especies de maguey cultivadas en suelos con salinidad moderada en el estado de Durango. Se utilizaron plantas de maguey cenizo (*Agave durangensis*), maguey tepemete (*A. angustifolia*) y maguey verde (*Agave* sp.; *A. americana*) producidas a partir de semilla, en charolas de poliestireno y condiciones de vivero. Se estableció una plantación en condiciones de invernadero para evaluar la adaptación en suelo salino y luego de 59 días se recuperaron las plantas y se replantaron a cielo abierto en un suelo (Kastañozem) sin problema de salinidad. En ambos casos la parcela experimental consistió en una cama con 1.20 m de ancho, 3 m de longitud y cuatro hileras de plantas, con 30 cm de separación entre hileras y 20 cm entre plantas. La parcela útil consistió de cuatro plantas con competencia completa ubicadas al centro de cada parcela experimental, con ocho repeticiones. Se evaluó la altura de la planta y diámetro de roseta en las cuatro plantas de cada repetición, para luego calcular el promedio que fue utilizado en el análisis de varianza (ANOVA). Se realizó el análisis de varianza en un diseño en bloques completos al azar con ocho repeticiones y la prueba de medias se obtuvo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), en ambos casos con el paquete de cómputo SAS ver. 9.4®. El maguey tepemete mostró daño reducido para crecimiento en altura y diámetro de roseta ocasionado por la plantación en suelo salino, lo que le permitió superar significativamente al maguey verde y maguey cenizo. Dicha especie mostró valores significativamente altos de crecimiento, medido en altura de la planta y diámetro de roseta, manteniendo esta respuesta tanto en suelo salino como en suelo franco, a cielo abierto.

Palabras clave. *Agave* spp., adaptación, crecimiento, opciones productivas.

ABSTRACT

The maguey (*Agave* spp.) is required as raw material to produce monospecific mezcal and to obtain species blends with improved palatability. The objective was to evaluate the sensitivity of three species of maguey cultivated in soils with moderate salinity in the state of Durango. Three maguey species were studied, including maguey cenizo (*Agave durangensis*), maguey

tepemete (*A. angustifolia*) and maguey verde (*Agave* sp.; *A. americana*), with plants produced from seeds, in polystyrene trays under nursery conditions. Firstly, a plantation was established in the greenhouse to evaluate the adaptation under saline soil conditions and after 59 days the plants were recovered and replanted at open field conditions in a Kastañozem soil without salinity problems. In both cases, the experimental plot consisted of a soil bed 1.20 m wide, 3 m long and four rows of plants, with a separation of 30 cm between rows and 20 cm between plants. The sampling plot consisted of four plants showing full competence and located in the center of each experimental plot, with eight replications. Plant height and rosette diameter were evaluated in four plants of each replication, to then calculate the average value used in the analysis of variance (ANOVA). The analysis of variance was performed under a randomized complete block design with eight replications and the mean comparisons were obtained with the Tukey test ($p \leq 0.05$), in both cases by using the SAS ver. 9.4® computer package. The maguey tepemete registered reduced damage on growth caused by saline soil, showing significant superiority compared to the maguey verde and maguey cenizo. This plant species showed significant higher growth values, measured by plant height and rosette diameter, maintaining this response both in saline soil and in loam soil, at the open field conditions.

Key words. *Agave* spp., adaptation, growth, productive options.

INTRODUCCIÓN

En México, se conoce con el nombre genérico de maguey a diferentes especies del género *Agave* y se agrega otro nombre descriptivo para su diferenciación. Entre las especies de maguey más importantes, por su utilización como insumo para la elaboración de mezcal en Durango, se pueden mencionar maguey cenizo (*A. durangensis*), maguey tepemete (*A. angustifolia*), Ígok (*A. americana* var. *oaxacensis*; Mezcalistas.com, 2022) y masparillo (*A. maximiliana*). Algunas de esas especies sobresalen en otras entidades de México, con base en su facilidad de recolección y propiedades organolépticas del producto obtenido. Tal es el caso del maguey verde (*Agave* spp.; *A. americana*), apreciado por su calidad y rendimiento de mezcal en Sinaloa y algunas áreas del sur del estado de Durango, donde se conoce con el nombre tepehuano de Ígok. En la actualidad existe interés por el establecimiento de plantaciones comerciales con diferentes especies de maguey, principalmente en suelos agrícolas que muestran productividad pobre debido al nivel variable de degradación físico-química. Una de las condiciones más desfavorables del suelo agrícola de Durango es la acumulación de sales, que puede generar suelos salinos y sódico-salinos. En Durango, se tienen 2.1 millones de ha afectadas por la degradación química, que implica disminución de la fertilidad, contaminación, eutrofización y se incluyen también, casi 17 mil hectáreas afectadas por la salinización y alcalinización (SEMARNAT, 2013).

Algunas especies de maguey han sido identificadas como opciones productivas que pueden

ser utilizadas en suelos salinos (Bergsten *et al.*, 2016). Con base en lo anterior, se requiere avanzar en el proceso de domesticación de varias especies de maguey para establecer su utilidad en los sistemas productivos de Durango, especialmente en la verificación de la capacidad de adaptarse en suelos salinos y pobres en nutrientes. Con ello, se espera fortalecer la sostenibilidad en el abastecimiento de materia prima para la industria destiladora de mezcal; al mismo tiempo, que se ofrecen opciones rentables para los productores agropecuarios que habitan las áreas marginadas de dicha entidad.

En Durango, se ha avanzado en la generación de tecnología para el manejo agronómico del maguey cultivado en plantaciones comerciales, con la finalidad de incrementar la eficiencia y sostenibilidad de la producción de mezcal (Rosales *et al.*, 2018). Los avances más importantes se han desarrollado en la producción de plántulas en vivero y planta de calidad, obtenida en el sistema a raíz desnuda, en camas con o sin acolchado, en invernadero y cielo abierto. Además, se requiere avanzar en la generación de recomendaciones para el uso del maguey en suelos degradados en los que se requieren especies con adaptabilidad amplia. Con ello, se utilizarán terrenos agrícolas actualmente en desuso por falta de opciones productivas dado el nivel de degradación que han generado las actividades antropogénicas.

La producción eficiente de maguey, en plantaciones comerciales, permitirá el avance paulatino hacia la recuperación de las poblaciones naturales de varias especies de maguey que han sido sobreexplotadas en el sur de Durango. Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la sensibilidad de tres especies de maguey cultivadas en condiciones moderadas de salinidad del suelo en Durango, Dgo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales utilizados. Se utilizaron plántulas de tres especies de maguey cultivadas en charolas de poliestireno de 77 cavidades, bajo condiciones de invernadero y malla-sombra 50 %. Las especies utilizadas fueron maguey cenizo (*Agave durangensis*), maguey tepemete (*A. angustifolia*) y maguey verde (*Agave* sp.; *A. americana*). El trasplante se realizó inicialmente en condiciones de invernadero, en camas de 1.20 m de ancho, separadas 30 cm entre sí y con 20 m de longitud. En cada cama se plantaron cuatro hileras de cada especie de maguey, con una separación de 30 cm entre hileras y 20 cm entre plantas.

Manejo del cultivo. Las tres especies se plantaron en invernadero, donde el suelo es moderadamente salino en el estrato 0-30 cm (Cuadro 1). Luego de un periodo de 59 días después del trasplante (DDT), se extrajeron las plantas de maguey y se transplantaron en un terreno a cielo abierto, donde el suelo muestra fertilidad pobre, pero está libre de los problemas de salinidad (Cuadro 1). En ambos casos se aplicó riego por cintilla, únicamente para evitar déficit hídrico severo en las plantas de maguey. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con ocho repeticiones. La parcela experimental consistió de una cama con

3 m de longitud y 64 plantas de maguey; mientras que, la parcela útil fue de cuatro plantas de maguey con competencia completa y estuvo ubicada al centro de cada repetición.

Cuadro 1. Análisis de suelo en sitios usados en el cultivo de tres especies de maguey.

Profundidad (cm)	Nitrógeno (mg kg ⁻¹)	Fósforo Disponible (mg kg ⁻¹)	Potasio Extraíble (mg kg ⁻¹)	Materia Orgánica (%)	pH	CE (dS/m)
Invernadero						
0-30	81 (alto)	23 (ma ¹)	1,027 (muy alto)	2.29 (muy alto)	8.1 (2 ^{mac})	2.7 (3 ^{MS})
32-60	44 (ma ¹)	23 (ma ¹)	756 (alto)	1.6 (alto)	8.2 (mac)	1.6 (MLS)
Cielo Abierto						
0-30	9 (bajo)	8 (bajo)	763 (alto)	2.1 (muy alto)	8.4 (2 ^{mac})	0.7 (SES)
32-60	6 (ma ¹)	8 (ma ¹)	711 (alto)	1.1 (medio)	8.4 (2 ^{mac})	0.6 (SES)

¹ma: moderadamente alto, ²mac: moderadamente alcalino, ³MS= moderadamente salino, MLS = muy ligeramente salino y SES = Sin Efecto de la Salinidad.

Variables evaluadas. En invernadero, se realizaron mediciones a los 8, 39 y 59 días después del transplante (DDT). Luego de la extracción de las plantas del invernadero y posterior transplante en campo se continuó con las evaluaciones hasta los 93 DDT. Se evaluó la altura de planta y diámetro de roseta, tanto en invernadero como en el lote a cielo abierto. La altura de planta se midió con una regla métrica, con precisión de un centímetro, desde la superficie del suelo y hasta la parte más alta de las hojas (pencas). El diámetro de roseta se determinó con la misma regla métrica, en dos direcciones, paralela y perpendicular en relación con la hilera de plantas, para luego calcular el valor promedio de ambas mediciones. Para la altura de la planta y diámetro de roseta se calculó la media de las cuatro observaciones por repetición y ese valor se utilizó en los análisis estadísticos. El análisis de varianza fue realizado con base en un diseño en bloques completos al azar con ocho repeticiones. Cuando se observaron diferencias significativas, se aplicó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para la comparación múltiple de medias. Para el ANOVA y la comparación de medias se utilizó el programa de cómputo SAS® ver. 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de la planta. El maguey tepemete mostró daño reducido para el crecimiento en altura, ocasionado por la plantación en suelo salino, al compararlo con maguey verde y maguey cenizo (Figura 1). Dicha especie, pasó del tercer lugar en el primer muestreo, al primero en los muestreos subsecuentes, superando de forma significativa la altura de planta del resto de las especies. La tolerancia a la salinidad moderada que se observó en maguey tepemete, concuerda con otros reportes en los que se hace mención a este atributo (Ríos *et al.*, 2021). Se observó respuesta diferente en las especies de maguey estudiadas para el efecto de la

salinidad moderada del suelo sobre la altura de planta, lo cual puede ser utilizado en la recomendación durante el establecimiento de plantaciones comerciales en suelos con esa condición.

Posteriormente, en el trasplante a cielo abierto se observó que las tres especies presentaron respuesta similar durante tres meses y un repunte del crecimiento en el muestreo realizado 93 días después del trasplante en campo. A pesar de esta respuesta, pudo observarse recuperación acelerada del maguey tepemete, lo que se relacionó con los efectos de la salinidad moderada sobre el incremento en altura de esta especie y posterior recuperación en suelos libres de sales, luego de superar el estrés postrasplante y de registrar incremento de la temperatura mínima.

El maguey tepemete mostró valores significativamente altos para la variable diámetro de roseta, desde el inicio de la plantación en suelo salino (Figura 2), mantuvo los valores durante el estudio en suelo salino. Después, registró un repunte considerable, luego del trasplante en cielo abierto, aunque mostró disminución ligera 32 DDT debido al estrés postrasplante y emisión de nuevas hojas en una de las direcciones de medición, lo que propició el crecimiento mayor e irregular de la roseta en esta planta, la cual presentó algunas asimetrías que modificaron constantemente el valor promedio. El maguey verde mostró niveles intermedios y estabilidad del crecimiento entre muestreos de invernadero y a pesar de registrar afectación del crecimiento foliar, en la etapa posterior al trasplante en campo presentó un repunte del crecimiento luego del inicio del periodo de lluvia y temperaturas altas del mes de junio (93 DDT). El maguey cenizo creció significativamente más lento en suelo salino (Figura 2), para luego mostrar crecimiento compensatorio al momento del trasplante en cielo abierto, donde resultó estadísticamente similar al maguey verde, aumentando paulatinamente el diámetro de la roseta en los muestreos finales.

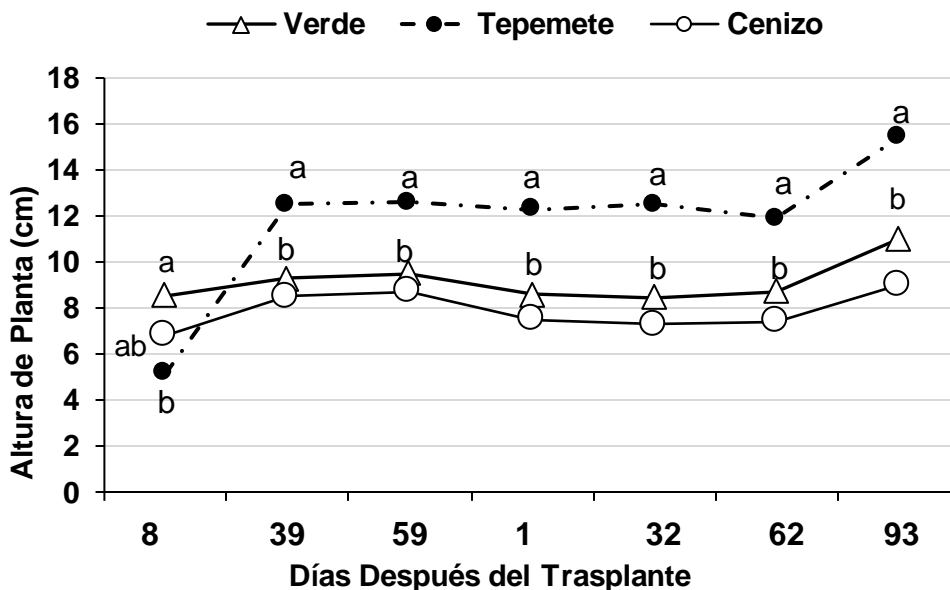


Figura 1. Altura de la planta en tres especies de maguey cultivadas a raíz desnuda en condiciones de invernadero (8 a 59 DDT) y cielo abierto (1 a 93 DDT).

Se observó respuesta diferente para la adaptación de diferentes especies de maguey en condiciones de suelo salino, aunque posteriormente se registró recuperación luego del trasplante en suelo franco a cielo abierto, especialmente en maguey tepemete. En maguey verde y maguey cenizo, la respuesta fue más lenta, lo cual, pudo estar relacionado con la morfología de la planta y respuesta en condiciones variables de salinidad del suelo. Además, influyó la época del trasplante, realizado en el periodo del año con temperaturas y radiación solar altas (marzo-mayo), lo que incrementó el estrés postransplante. Durante ese periodo se registraron temperaturas mínimas superiores a 15 °C y máximas de más de 35 °C, lo cual resultó atípico en Durango

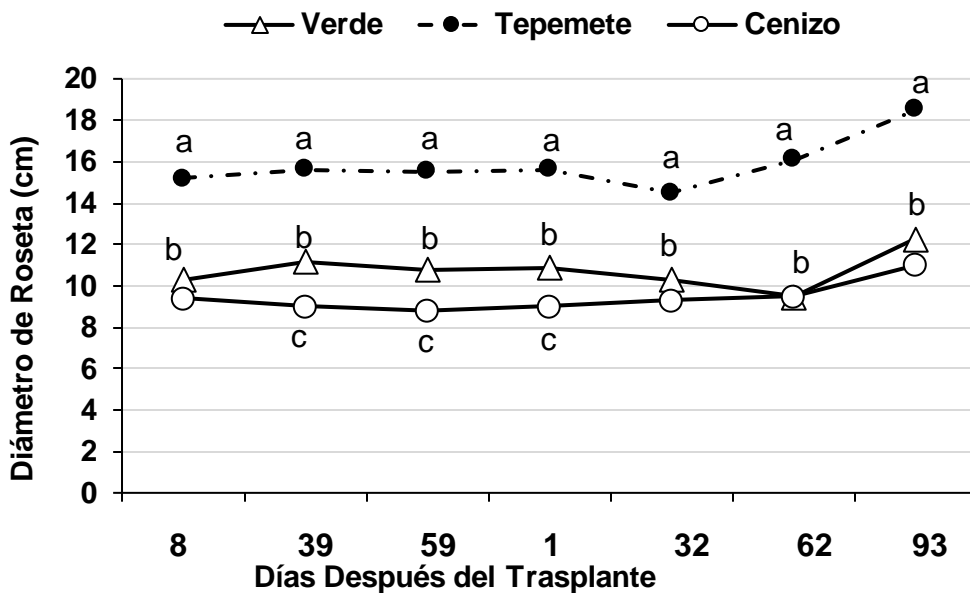


Figura 2. Diámetro de roseta en tres especies de maguey cultivadas a raíz desnuda en condiciones de invernadero (8 a 59 DDT) y cielo abierto (1 a 93 DDT).

CONCLUSIONES

Se observó respuesta diferente para la adaptación de diferentes especies de maguey en condiciones de suelo salino y posterior establecimiento en suelo franco a cielo abierto. Lo anterior, se relacionó con la morfología de la planta y respuesta variable en condiciones de temperatura alta. El maguey tepemete mostró tolerancia al trasplante en suelos con salinidad moderada, por lo que puede ser una opción de cultivo en suelos degradados.

BIBLIOGRAFÍA

- Bergsten, S. J., A. K. Koeser, and J. R. Stewart. 2016. Evaluation of the impacts of salinity on biomass and nutrient levels of *Agave* species with agricultural potential in semiarid regions. *HortScience* 51(1): 30-35.
- Mezcalistas.com. 2022. *Agave americana* var. *oaxacensis*. Consultado en línea 27/06/2022. https://www.mezcalistas.com/agave_especies/agave-americana-var-oaxacensis/
- Ríos R., S. del C., J. R. Enríquez del V., G. Rodríguez O., J. Ruiz L., y V. A. Velasco V. 2021. Growth of *Agave angustifolia* Haw. in relation to its nutritional condition. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 12(5): 865-873.
- 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.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2013. Suelos. pp. 120-153. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap3_suelos.pdf

EFFECTIVIDAD PARA EL CONTROL QUÍMICO DE MALEZA EN TRES ESPECIES DE MAGUEY CULTIVADAS EN DURANGO

Julio César Ríos Saucedo^{1*}, Rigoberto Rosales Serna¹, Donaji Sierra Zurita¹, Saúl Santana Espinoza¹ y Pablo Alfredo Domínguez Martínez¹

¹INIFAP - Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango - El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. *e-mail: rios.julio@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se requiere la validación de tecnología para avanzar hacia el manejo agronómico eficiente en la producción comercial de planta en diferentes especies de maguey (*Agave* spp.). El objetivo fue evaluar la efectividad del control químico de arvenses en tres especies de maguey cultivadas en Durango. Se estableció un experimento a cielo abierto con plantas de maguey cenizo (*Agave durangensis*), maguey tepemete (*A. angustifolia*) y maguey verde (*A. americana*), en suelo franco-arenoso (Kastañozem). La parcela experimental consistió en una cama de 1.20 m de ancho y 3 m de longitud, con cuatro hileras de plantas de maguey. La separación entre hileras fue de 30 cm y 20 cm entre plantas, con ocho repeticiones por especie de maguey. Se eliminó manualmente la primera generación de maleza de verano y luego se aplicó herbicida a base de bromacil + diurón (Krovar®). Las aplicaciones se hicieron en forma secuencial: Tratamiento 1 (Aplicación temprana): 2 días después del deshierbe, Tratamiento 2 (Aplicación tardía): 12 días después del deshierbe y 3: testigo sin aplicación. La parcela útil fueron dos puntos de muestreo tomados al azar en cada parcela, los cuales se situaron entre plantas de maguey con competencia completa. En cada punto se contó el número de plantas, por especie arvense, en un cuadrante de 25 cm de lado (625 cm²) para cada uno de los tratamientos y con esa información, se estimó la densidad de población de maleza por hectárea. Se registró la presencia de 13 especies arvenses, de las cuales la familia de las gramíneas (Poaceae) fue la que predominó, al compararla con las especies de hoja ancha. Las especies de hoja delgada con mayor incidencia fueron *Eragrostis mexicana* (Zacate llorón) y *Setaria adhaerens* (pega ropa); mientras que, entre las de hoja ancha sobresalieron *Sonchus asper* (Lechuguilla) y verdolaga (*Portulaca oleracea*). Se concluyó que la aplicación temprana de Krovar®, en suelo húmedo, fue más eficiente (rápida) para el control de arvenses en todas las especies de maguey, con fallas mínimas ocasionadas por la protección proporcionada por la morfología rosetófila de la planta. Se requiere un número mayor de evaluaciones para corroborar y mejorar la eficiencia en la aplicación de herbicida para el control de las arvenses más comunes durante el cultivo de maguey en Durango. En el mejoramiento de las aplicaciones se debe considerar la morfología del maguey; así como, la diversidad y abundancia de arvenses en los terrenos de cultivo.

Palabras clave. *Agave* spp., cultivo, agronomía, arvenses, validación.

ABSTRACT

Validation of technology is required to advance towards efficient agronomic management in the commercial production of plants of different maguey species (*Agave* spp.). The objective was to evaluate the effectiveness of chemical control of weeds in three species of maguey cultivated in Durango. An experiment was established under open field conditions with maguey cenizo (*Agave durangensis*), maguey tepemete (*A. angustifolia*) and maguey verde (*A. americana*), in sandy loam soil (Kastañozem). The experimental plot consisted of a planting bed 1.20 m wide and 3 m long, with four rows of maguey plants. The separation between rows was 30 cm and 20 cm between plants, with eight replications for each maguey species. Two sampling points were randomly taken in each experimental plot, which were located between the maguey plants with complete competition. The first generation of weeds was manually eliminated and then a bromacil + diuron-based herbicide (Krovar®) was sprayed. The applications were made sequentially: Treatment 1 (Early application): 2 days after weeding and Treatment 2 (Late application): 12 days after weeding and the control without application was also included. The number of plants for each weed species was counted in a quadrant with side 25 cm (625 cm²), in each treatment, and then the population density per hectare was estimated. The presence of 13 weed species was registered, of which the grass family (Poaceae) was predominant, compared to broadleaf species. The grass species with the highest incidence were *Eragrostis mexicana* (mexican lovegrass) and *Setaria adhaerens* (sticky bristle grass); while among those with broad leaves, *Sonchus asper* (spiny sowthistle) and pursley (*Portulaca oleracea*) resulted predominant. It was concluded that early applications of Krovar®, in moist soil, was efficient for the control of weeds in all the maguey species, with minimal failures caused by the weed protection provided by the rosetophile morphology of the maguey plants. Additional evaluations are required to corroborate and to improve the efficiency of the herbicide use in the control of the most common weeds during the cultivation of maguey in Durango. In the improvement of the herbicide applications, the morphology of the maguey plant must be considered, as well as the diversity and abundance of weeds observed in agricultural soils.

Key words: *Agave* spp., plant production, management, weeds, validation.

INTRODUCCIÓN

En Durango el cultivo de maguey ha tenido niveles altos de importancia económica, social y cultural, debido a su uso en la elaboración de productos destilados. Por ello, se iniciaron programas de producción de planta de calidad para abastecer la demanda generada por el establecimiento de plantaciones comerciales de maguey en suelos agrícolas. Uno de los

problemas agronómicos que enfrenta la producción de planta de maguey es la dificultad para el control de la maleza, la cual puede ocasionar daños severos a la planta cuando el manejo se realiza de forma deficiente. La proliferación de maleza causa competencia con las plantas de maguey y favorece la incidencia de patógenos e insectos plaga, que reducen la calidad de la planta utilizada en plantaciones comerciales.

Dentro de la clasificación de la maleza, se utilizan varias opciones entre las que sobresale la que considera la estación de crecimiento, porque existen especies que crecen principalmente en verano y otras que muestran incidencia mayor en invierno. Además, se generó la separación según la morfología foliar, por lo que se tienen las categorías de hoja delgada y hoja ancha. La maleza de hoja delgada, incluye principalmente a los zacates pertenecientes a la familia Poaceae (gramíneas). La maleza de hoja ancha, muestra un nivel alto de diversidad y en maguey se manifiestan como plantas herbáceas y semileñosas, con hojas anchas de diferente forma y tamaño (Salamanca y Medina 2007).

Las áreas de producción de planta y las plantaciones comerciales de maguey son establecidas principalmente en áreas agrícolas pertenecientes al ecosistema de pastizal y matorral. En estas áreas perturbadas existe una gran diversidad de especies de maleza de hoja ancha y delgada, entre las que sobresale la familia de las gramíneas. En esta familia, las especies más comunes son el pasto grama (agrarista; *Cynodon dactylon*), coquillo (*Cyperus rotundus*) (INTAGRI, 2022) y zacate llorón (*Eragrostis mexicana*). Las especies de maleza de hoja ancha más comunes en Durango son el quelite cenizo (*Chenopodium berlandieri*, *C. album*), verdolaga (*Portulaca oleracea*), quelite (*Amaranthus hybridus*), entre otras. Las plantaciones de maguey se ven afectadas por la presencia de maleza, debido a la competencia por agua, nutrientes, luz y espacio (Esquivel *et al.*, 2010), que limita el crecimiento y desarrollo del cultivo. Además, su presencia favorece las condiciones ideales para la incidencia de plagas y enfermedades (Salamanca y Medina 2007), por ello, se hace necesario aplicar un manejo integrado de la maleza. El control químico de la maleza es el más común, mediante aplicaciones de herbicidas pre-emergentes y post emergentes. El herbicida Tebuthiurón tiene acción pre-emergente y es selectivo para maguey, controlando malezas de hoja ancha y hoja delgada. El herbicida post-emergente, glufosinato de amonio es utilizado para el control de zacates anuales y maleza de hoja ancha, además puede suprimir temporalmente el desarrollo de malezas perennes (INTAGRI, 2022).

En el mercado existen herbicidas para maguey (Krovar®, Hyvar® y Orión®), los cuales deben ser aplicados correctamente y en las dosis adecuadas para eliminar la maleza sin afectar de forma significativa el cultivo (Rubio, 2019). Es importante recomendar el uso moderado de los herbicidas para evitar problemas graves; ya que, en el caso del maguey, aunque los productos sean considerados selectivos pueden causar un nivel de fototoxicidad variable. La información sobre el control de maleza en maguey es muy escasa en Durango, ocasionando que los

productores realicen un control inadecuado, aplicando dosis en exceso, daños al cultivo (Salamanca y Medina 2007) y contaminación; al mismo tiempo que se incrementan los costos de producción. Derivado de lo anterior, se llevó a cabo este estudio con el objetivo de evaluar la efectividad del control químico de arvenses en tres especies de maguey cultivadas en Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental: La investigación se realizó en las instalaciones del INIFAP campo experimental Valle del Guadiana, Durango (23° 59' 21" N, 104° 37' 33" O, a 1877 m de altitud). 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 [BS₁ 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).

Material genético: Se utilizaron tres especies de maguey (*Agave* spp.): maguey cenizo (*Agave durangensis*), maguey tepemete (*A. angustifolia*) y maguey verde (*Agave* sp.).

Manejo agronómico: Las plantas se cultivaron en charolas de poliestireno de 77 cavidades, bajo condiciones de invernadero y malla-sombra 50%. Posteriormente, las plantas fueron trasplantadas en condiciones de campo a cielo abierto. El trasplante se realizó el 23 de marzo de 2022, en camas de 1.20 m de ancho, separadas 30 cm entre sí y con 76 m de longitud. En cada cama se plantaron cuatro hileras de cada especie de maguey, con una separación de 30 cm entre hileras y 20 cm entre plantas.

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con ocho repeticiones y la parcela experimental fue de una cama, con cuatro hileras de plantas y 3 m de longitud. El 23 de junio se realizó un deshierbe manual en todas las parcelas experimentales; es decir, 93 días después del trasplante (DDT) en campo. Con ello, se eliminó la primera generación de maleza de verano, para después evaluar tres tratamientos de herbicida Krovar® (Bromacil + Diurón), aplicado a razón de 1.5 kg/ha y dos oportunidades de aplicación. El 25 de junio, dos días después del deshierbe, se realizó la primera aplicación (Tratamiento 1: aplicación temprana) en uno de los bloques del experimento, el 5 de julio se realizó otra aplicación (Tratamiento 2: aplicación tardía) en otro bloque y se incluyó también el testigo sin aplicación (Tratamiento 3) representado por el resto de los bloques.

Se aplicó riego ocasional por cintilla, únicamente para evitar déficit hídrico severo en las plantas de maguey. En cada parcela se realizaron dos evaluaciones, mediante el uso de un cuadrante de 25 x 25 cm (625 cm²), entre las hileras de plantas con competencia completa.

Variables evaluadas: Se determinó la densidad de población de malezas por especie, con base en el método propuesto por Esqueda *et al.*, 2010. Se contaron las plantas de cada maleza presentes en cada uno de los tratamientos. Se obtuvo el valor promedio por tratamiento y se realizó la ponderación para estimar la población de cada especie de maleza por hectárea. Además, se estableció la frecuencia relativa de cada tipo de maleza (hoja delgada y hoja ancha), para las especies de maguey incluidas en el estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron 13 especies arvenses en las parcelas experimentales de las tres especies de maguey, las cuales pertenecen a seis familias botánicas. En el Tratamiento 1, se encontró únicamente falso diente de león (*Pyrrhopappus pauciflorus* (D. Don) DC.) a una densidad de población total de 53,333 plantas ha⁻¹ (Cuadro 1). Esta especie pertenece a la familia *Asteraceae*, ha sido reportada para el estado de Durango (Rzedowski, 1997) y a pesar que en la actualidad no es considerada como maleza asociada al cultivo de maguey, conforme avance el establecimiento de plantaciones comerciales en suelos agrícolas se incrementará el número de reportes de presencia. Cabe mencionar que el falso diente de león no fue eliminado en una primera aplicación, por su tamaño pequeño (5 cm) y ubicación debajo de la planta y hojas de maguey, lo que la protegió de la acción del herbicida.

Cuadro 1. Densidad de población en arvenses observadas en lotes experimentales de tres especies de maguey (Tratamiento1).

Nombre común	Nombre científico	Familia	Plantas ha ⁻¹
Falso diente de león	<i>Pyrrhopappus pauciflorus</i> (D. Don) DC.	<i>Asteraceae</i>	53,333

En el Tratamiento 2 (Cuadro 2), la población total de arvenses fue de 480,000 plantas ha⁻¹ predominando la familia *Poaceae* (gramíneas), la cual es conocida localmente como maleza de hoja delgada (Cuadro 2). Las gramíneas representan el grupo de arvenses más abundante en maguey (INTAGRI, 2022), lo cual se relacionó con el cultivo de maguey en suelos pobres de las áreas de pastizal y matorral. Las especies *Eragrostis mexicana* (zacate llorón) y *Setaria adhaerens* (Zacate tempranero, pega ropa) fueron las especies gramíneas de mayor incidencia en maguey, lo cual concuerda con lo reportado en *agave tequilana* (Salamanca y Medina, 2007). Se pudo observar, que la eficiencia del herbicida fue menor a medida que se retrasó la fecha de aplicación, por lo que se recomienda realizar las aplicaciones luego de la plantación y antes que las plantas superen los 10 cm de altura. Cabe mencionar, que se observaron efectos del herbicida en el Tratamiento 2, por lo que es posible que se requiera más tiempo para establecer el control real de la maleza.

En el Tratamiento sin aplicación (testigo) se observó que la población de arvenses se incrementó en forma considerable (944,000 plantas ha⁻¹) (Cuadro 3), encontrándose cinco familias de hoja ancha (siete especies) y delgada (cuatro especies). La especie *Setaria adhaerens* (Zacate temprano, pega ropa) fue la de presencia predominante en el Tratamiento 2 y en el testigo sin aplicación, por lo que debe ser considerada en el control de la maleza en el cultivo de maguey. Los zacates se caracterizan por ser plantas anuales, prolíficas y con formación de macollos, por lo que representan el principal problema de maleza en plantaciones de maguey.

Cuadro 2. Densidad de población en arvenses observadas en lotes experimentales de tres especies de maguey (Tratamiento 2).

Nombre común	Nombre científico	Familia	Plantas ha ⁻¹
Zacate llorón	<i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem.) Link	Poaceae	106,667
Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae	53,333
Zacate temprano	<i>Setaria adhaerens</i> (Forssk.) Chiov.	Poaceae	213,333
Zacate agrarista	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae	53,333
Lechuguilla	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	Asteraceae	53,333
		Total	479,999

Cuadro 3. Densidad de población en arvenses observadas en lotes experimentales de tres especies de maguey (Testigo, sin aplicación).

Nombre común	Nombre científico	Familia	Plantas ha ⁻¹
Zacate llorón	<i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem.) Link	Poaceae	42,667
Quelite	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Amaranthaceae	64,000
Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae	149,333
Zacate temprano	<i>Setaria adhaerens</i> (Forssk.) Chiov.	Poaceae	288,000
Artemisia perenne	<i>Ambrosia psilostachya</i> DC.	Asteraceae	96,000
Quelite cenizo	<i>Chenopodium album</i> L.	Amaranthaceae	32,000
Zacate agrarista	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae	85,333
Lechuguilla	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill.	Asteraceae	101,333
Zacate pinto	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link.	Poaceae	10,667
Cola de caballo	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronq.	Asteraceae	42,667
Malva	<i>Malva parviflora</i> L.	Malvaceae	32,000
		Total	944,000

La aplicación temprana de herbicida favoreció el control eficiente de las especies (Figura 1) de la familia Poaceae, por lo que únicamente se observaron poblaciones altas de *Setaria adhaerens* en la aplicación tardía y en el tratamiento sin aplicación. Otra especie presente en un número alto de puntos de muestreo, de los tratamientos 2 y 3, fue *Eragrostis mexicana* (zacate llorón), que es reconocida como una maleza importante en cultivos agrícolas en Durango. El resto de las especies mostraron incidencia baja, debido principalmente al control manual, retraso de las lluvias y a las temperaturas altas que afectaron el crecimiento de especies que se reproducen por estolón, como es el caso del zacate agrarista (*Cynodon dactylon*). En el caso de las arvenses de hoja ancha, se observó presencia de *Pyrropappus pauciflorus* en maguey cenizo, con aplicación temprana, debido principalmente a la protección brindada por las hojas anchas y abundantes de esta especie. Las especies con incidencia alta fueron *Sonchus asper* (cerraja) y *Portulaca oleracea* (verdolaga).

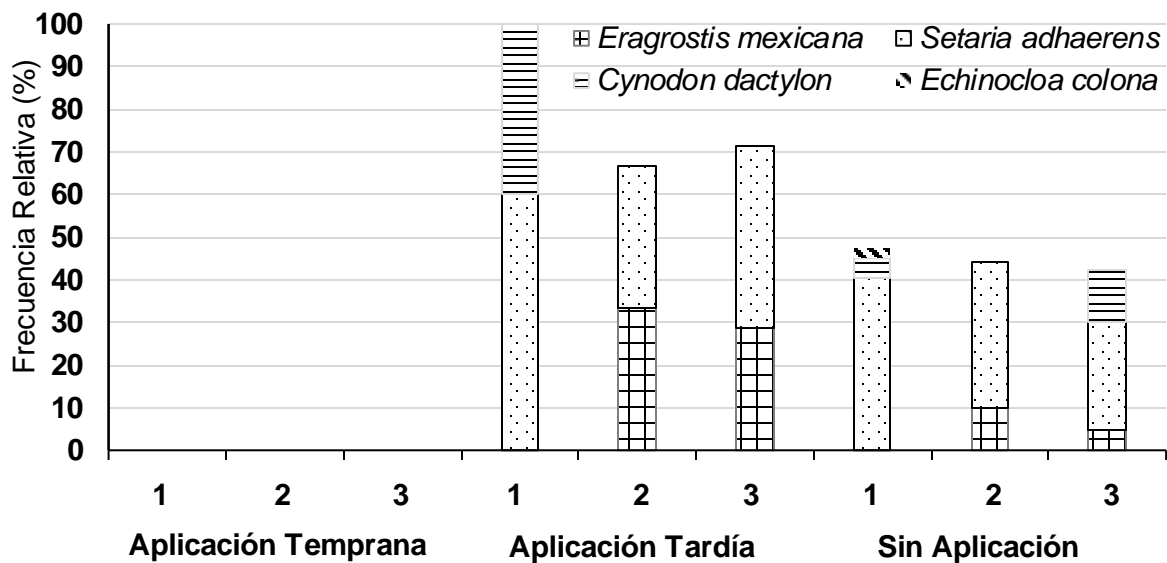


Figura 1. Población de arvenses de hoja delgada observadas en lotes experimentales de tres especies de maguey (1= Cenizo, 2= Tepemete y 3= Verde).

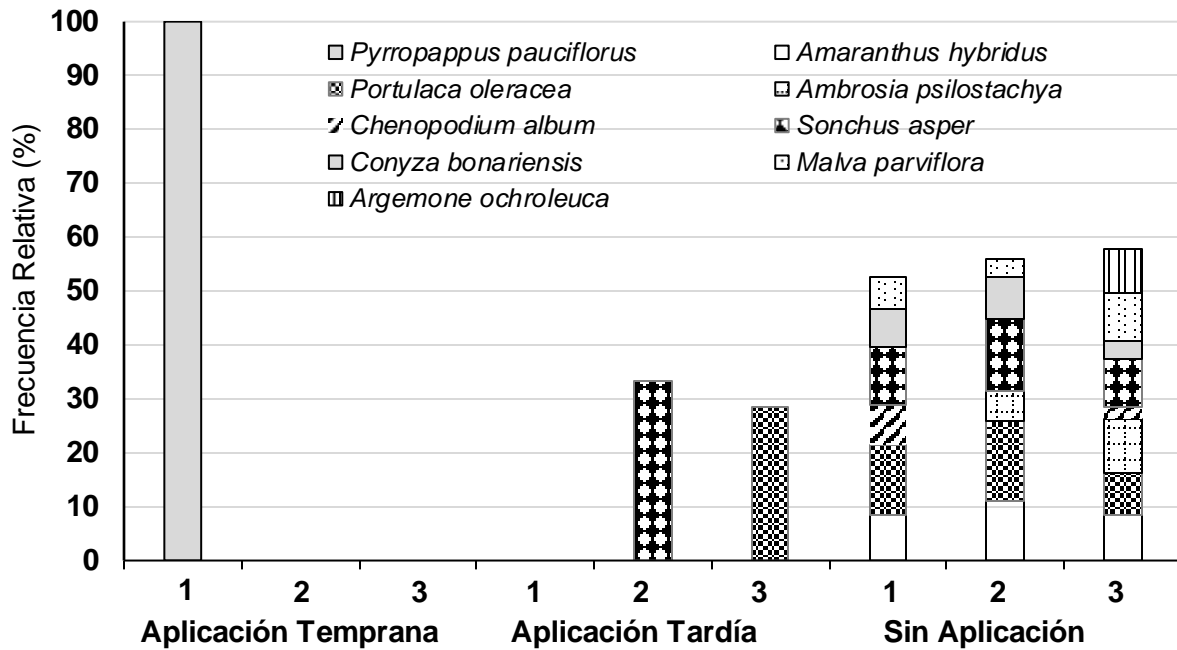


Figura 2. Población de arvenses de hoja ancha observadas en lotes experimentales de tres especies de maguey (1= Cenizo, 2= Tepemete y 3= Verde).

CONCLUSIONES

El uso de herbicidas a base de Bromacil + Diurón (Krovar®), mostró eficiencia para el control pre-emergente de maleza de hoja delgada y ancha asociada al cultivo de maguey. Es importante combinar el control químico, con el control manual, para eliminar plantas de la maleza que emergen y crecen debajo del dosel de la planta de maguey. El uso de herbicida químico debe realizarse con base a las recomendaciones técnicas del producto, considerando en todo momento la conservación del ambiente.

REFERENCIAS

- Esqueda E., V. A., X. Rosas G., y E. N. Becerra L. 2010. Evaluación de herbicidas residuales para el control de malezas en guanábana (*Annona muricata* L.). Revista Chapingo. Serie Horticultura 16(1): 5-12.
- 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.
- INTAGRI. 2022. Control de malezas en *Agave* azul. Serie Fitosanidad, Núm. 139. Artículos técnicos de INTAGRI. México. 4 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.
- Rubio C., R. 2019. Control de maleza en el cultivo del *Agave*. Consultado en línea 29/07/2022. <https://www.casasauza.com/procesos-tequila-sauza/control-maleza-cultivo-agave>
- Rzedowski, G. C. de. 1997. Compositae. Tribu Lactuceae. In: Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski (eds.). Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 54. Instituto

de Ecología-Centro Regional del Bajío. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México. 55 p.

Salamanca C., M. y S. Medina O. 2007. Manejo de la maleza en plantaciones de *Agave tequilero*. In: Pérez D., J. F. y J. I. del Real L. (eds.). Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de *Agave tequilana* Weber en la zona de denominación de origen del tequila. Libro Técnico Núm. 4. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jal., México. p. 117-134.

PRODUCTIVIDAD DE BIOMASA EN MARALFALFA COSECHADA EN VARIAS FECHAS Y DOS ESTRATOS DE CORTE

Julio César Ríos Saucedo¹, Rigoberto Rosales Serna^{1*}, Jhessica Abigail Martínez Galindo², Artemio Carrillo Parra³ y Pablo Alfredo Domínguez Martínez¹

¹INIFAP - Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango - El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. ²Facultad de Ciencias Forestales. Río Papaloapan y Blvd. Durango S/N. Col. Valle del Sur. Durango, Dgo., México. C. P. 34120. ³Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera (ISIMA), Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), Boulevard del Guadiana Núm. 501, Colonia Torre de Institutos, Durango, Dgo., México. C. P. 34120. *e-mail: rosales.rigoberto@inifap.gob.mx

RESUMEN

La industria de los biocombustibles requiere biomasa lignocelulósica obtenida de forma eficiente y sostenible. El objetivo fue evaluar la productividad de biomasa con maralfalfa (*Pennisetum* sp.) cosechada en varias fechas y dos estratos de corte. El estudio se realizó durante 2021, en un suelo franco-arcilloso, clima templado - semiárido [BS₁ Kw (w) (e)] y temperatura media anual de 17.4 °C. Se utilizó maralfalfa establecida en 2017, con un corte de uniformidad realizado el 29 de julio de 2021. La parcela experimental fue de seis surcos de 76 m de longitud y 0.81 m de separación; mientras que, la parcela útil consistió en dos surcos de 2 m (3.24 m²). Se aplicó la dosis de fertilización 180-80-50 (nitrógeno N, fósforo P₂O₅ y potasio K₂O). Entre julio y diciembre de 2021, se realizaron cuatro muestreos (28, 60, 90 y 140 días después del corte de uniformidad; DCU) para determinar la acumulación de biomasa a nivel de estrato (basal y apical) y órgano (tallo, vaina y limbo); así como, la relación de esta variable con la altura de planta. Se consideró como estrato basal por debajo del cuarto nudo del tallo principal y apical por encima de éste. Los órganos de cada estrato se colocaron en bolsas de papel y se pesaron para obtener el peso fresco. Después, se introdujeron en una estufa de secado a 60 °C hasta registrar peso constante (seco). Los datos se utilizaron para estimar el rendimiento de biomasa fresca y seca por hectárea (t/ha), para su uso en el análisis de varianza (ANOVA) con un diseño completamente aleatorio, arreglo factorial y tres repeticiones. Cuando se observaron diferencias significativas se aplicó la prueba de Tukey (p ≤ 0.05) para la comparación múltiple de medias. En el estrato apical de la planta se observó acumulación baja de biomasa (fresca y seca) en los tallos y fueron superados por las hojas en las dos primeras fechas de corte. A partir del tercer muestreo, la biomasa (fresca y seca) en tallos apicales se incrementó significativamente, por lo que superó a la de las láminas y vainas foliares. El valor más alto del peso fresco de tallos del estrato apical se registró 90 DCU (38,771 kg/ha), para luego descender a 29,167 kg/ha (140 DCU), aunque el peso seco continuó su incremento (5,452 kg/ha).

Palabras clave. *Pennisetum*, adaptación, rendimiento, cultivos energéticos, sostenibilidad.

ABSTRACT

The biofuel industry requires inputs such as lignocellulosic biomass obtained by using efficient and sustainable production systems. The objective was to evaluate biomass productivity with maralfalfa (*Pennisetum* sp.) harvested at various cutting dates and two plant strata. The study was conducted during 2021, in a clay-loam soil, temperate - semi-arid climate [BS₁ Kw (w) (e)] and a mean annual temperature of 17.4 °C. A maralfalfa plot established in 2017 was used, with a uniformity cut performed on July 29th, 2021. The experimental plot consisted of six rows 76 m long and 0.81 m apart, while the sampling plot was two rows of 2 m in length (3.24 m²). The fertilization dose 180-80-50 (for nitrogen N, phosphorus P₂O₅ and potassium K₂O) was applied. Between July and December 2021, four sampling dates were carried out (28, 60, 90 and 140 days after the uniformity cutting; DUC) to determine biomass accumulation at the stratum (basal and apical) and organ (stem and leaf blade and sheath) levels; as well as its relationship with the plant height. The basal stratum was considered below the fourth node of the main stem and the apical above this point. The organs of each stratum were placed in paper bags and weighed to obtain fresh weight. Afterwards, they were placed in a drying oven at 60 °C until the constant (dry) weight was registered. The data was used to estimate the fresh and dry biomass yield per hectare (t/ha), to be included in the analysis of variance (ANOVA) under a completely randomized design with factorial arrangement and three replications. When significant differences were observed the Tukey test ($p \leq 0.05$) was applied for the multiple mean comparison. In the apical stratum of the plant low accumulation of biomass (fresh and dry) was observed in stems and was surpassed by the leaves during the first two sampling dates. After the third sampling date, the biomass (fresh and dry) in apical stems was increased significantly, exceeding leaf blades and sheaths. The highest value for fresh weight in apical stems was recorded at 90 DUC (38,771 kg/ha), to later drop to 29,167 kg/ha (140 DUC), although increments were observed for the dry weight (5,452 kg/ha).

Key words. *Pennisetum*, adaptation, yield, energy crops, sustainability.

INTRODUCCIÓN

En México, existen estimaciones sobre las tasas de deforestación nacional que se sitúan entre 0.75 y 1.98 millones de ha/año (CD, 2017). Los ecosistemas de bosque y matorral en Durango muestran daño considerable, debido a la presión ejercida por el requerimiento constante de madera, astilla, leña y biomasa en general; así como, por la disponibilidad baja de biocombustibles de alternativa (Aguilar, 2017). Por ello, se observa una proporción alta de superficie perturbada (2.2 millones de ha) en los bosques y matorrales de esta entidad (SEMARNAT, 2014). Lo anterior, hace necesaria la identificación de fuentes de alternativa para producir, de forma sostenible, biomasa que sustituya la leña, biocombustibles, abonos e insumos industriales que actualmente provienen de las masas forestales.

Se requieren especies que muestren productividad alta de biomasa en periodos cortos de tiempo y que ésta, pueda utilizarse como sustituto de la madera, astilla y en la producción de tablero; así como, para abastecer la elaboración de biocombustibles de calidad aceptable para la industria y el hogar. Con ello, se obtendrán cantidades altas de insumos en superficies pequeñas y la biomasa producida podrá ser utilizada en la elaboración de productos bioenergéticos, industriales y abonos orgánicos. Lo anterior, contribuirá al fortalecimiento de diversas actividades económicas en Durango, donde se ha observado que diferentes procesos muestran ineficiencia debido a la disponibilidad baja de combustibles con poder calorífico alto, combustión eficiente y nivel bajo de producción de ceniza. Además, es necesaria la producción industrial de biocombustibles que reduzcan la emisión de gases de efecto invernadero y que puedan complementar el uso de los carburantes de origen fósil. México es un país megadiverso, donde se encuentran especies vegetales, endémicas y exóticas, útiles en la producción de biocombustibles (Reveles *et al.*, 2010). En Durango, se ha avanzado en estudios sistemáticos de fuentes de alternativa para la producción de la biomasa que será utilizada en la elaboración de biocombustibles sólidos, obtenidos a partir de especies vegetales de crecimiento rápido. La maralfalfa es una de las especies de crecimiento rápido introducidas en Durango para la producción de biomasa que tiene usos diversos (Rosales *et al.*, 2017; Ventura *et al.*, 2017). La biomasa proveniente de maralfalfa se ha propuesto como insumo para la elaboración de pélets, los cuales son utilizados como biocombustible a nivel residencial e industrial (Ríos *et al.*, 2021). Este biocombustible ha mostrado producción aceptable de ceniza, lo cual es considerado como un atributo favorable para su utilización como carburante comercial (Ríos *et al.*, 2021). A pesar de lo anterior, en algunos estudios con maralfalfa se han registrado valores altos de ceniza (> 6%) e inferiores para el poder calorífico superior (16.6 MJ kg⁻¹), en comparación con pino joven (19.5 MJ kg⁻¹) (Ríos *et al.*, 2021).

Se considera que la fecha de corte de maralfalfa tiene influencia directa sobre los atributos de los biocombustibles y sustitutos de madera obtenidos a partir de esta gramínea. Además, el estrato de producción de la biomasa en la planta influye en sus características como biocombustible, principalmente por el nivel alto de lignificación en la parte basal y dominancia foliar en la parte apical. El conocimiento de la calidad energética de la biomasa, obtenida de diferentes estratos y órganos de la planta de maralfalfa, favorecerá el uso diferenciado y eficiente de esta especie en la producción de biocombustibles sólidos (pélets) y sustitutos de la madera (madera de ingeniería). Al mismo tiempo, el uso de maralfalfa permitirá la obtención de insumos de alternativa, sostenibles y con costo de producción bajo. Con ello, se avanzará hacia la recuperación paulatina del bosque (templado y mixto), matorral y otros ecosistemas de Durango, debido a que disminuirá la extracción de biomasa útil como madera y combustibles para uso industrial y residencial. El objetivo de este estudio fue evaluar la

productividad y calidad de la biomasa de maralfalfa obtenida en diferentes fechas de corte y estratos de la planta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del área de estudio. El estudio se realizó en un sitio ubicado en las coordenadas 23° 59' 21" N, 104° 37' 33" O y 1,880 m. El suelo predominante en el área es franco-arenoso y arcilloso (Kastañozem), el cual tiene capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 2%, pH 7.9 y es pobre en contenido de materia orgánica, fósforo y nitrógeno. El clima de la región es templado, semiárido, con régimen de lluvias en verano [BS₁ Kw (w) (e)] y la temperatura media anual es 17.4 °C, con variaciones fuertes a lo largo del año (García, 2004).

Manejo agronómico. La biomasa de maralfalfa se obtuvo de un área de plantación establecida en 2017, donde se realizó un corte de uniformidad en 12 surcos de 76 m de longitud, para tener control de la edad fenológica del pasto. Dicho corte se realizó el día 29 de julio de 2021 y se consideró como parcela experimental los seis surcos centrales, con 76 m de longitud y una separación de 0.81 m. Luego del corte de uniformidad se aplicó la dosis de fertilización 180-80-50 (nitrógeno N, fósforo P₂O₅ y potasio K₂O). Durante el periodo julio a diciembre se evaluó mensualmente la acumulación de biomasa a nivel de estrato (basal y apical) y órgano (tallo, vaina y hoja); así como, el incremento en la altura de la planta.

Método de muestreo. Se realizaron cuatro muestreos sistemáticos de biomasa a los 28, 60, 90 y 140 días después del corte de uniformidad (DCU). Cada una de las muestras se obtuvieron en sitios sin corte previo, en los que la población mostró competencia completa entre plantas. Cada planta de la muestra se dividió con base en el cuarto nudo de los tallos más desarrollados, para establecer el estrato apical por encima del cuarto nudo y el basal basal, por debajo de éste. Después, en cada estrato se separaron los tallos y hojas, estas últimas separadas en lámina (limbo) y vaina foliar. Para la obtención de cada muestra, se cortaron todas las plantas (6 a 7) de la parcela útil, que consistió en dos surcos de 2 m de longitud y una separación de 0.81 m (3.24 m²). Las muestras de cada estrato y órgano se colocaron en bolsas de papel y se pesaron en una báscula digital, para obtener el peso fresco. Después, se introdujeron en una estufa de secado a 60 °C donde se dejaron por varios días hasta que mostraron peso constante (peso seco). Los datos fueron utilizados para estimar el rendimiento de biomasa fresca y seca por hectárea (t/ha).

Análisis estadístico. Los datos obtenidos se usaron para el análisis de varianza (ANOVA) en un diseño completamente aleatorio con arreglo factorial (estratos y órganos) y tres repeticiones. Cuando se observaron diferencias significativas entre estratos y órganos, se aplicó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para la comparación múltiple de medias. En la realización del ANOVA y la comparación de medias se utilizó el paquete estadístico SAS® v. 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Biomasa en estrato apical. En el estrato apical de la planta se observó acumulación baja de biomasa en los tallos al inicio del periodo de muestreo y fueron superados por las hojas en las dos primeras fecha de corte. En dichas fechas, los tallos mostraron valores similares a los obtenidos en las vainas de la hoja, de las cuales fue difícil su separación (Figura 1a). A partir del tercer muestreo, la biomasa en tallos se incrementó significativamente, por lo que superó a las hojas y vainas. El valor más alto del peso fresco de tallos se registró 90 días después del corte de uniformidad (39,000 kg/ha), para luego descender a 29,000 kg/ha, en el cuarto muestreo, realizado 140 DCU.

La acumulación de biomasa seca en los tallos apicales fue baja al inicio del periodo de muestreo, siendo superado por las hojas y vainas en las dos primeras fecha de corte (Figura 1b). En el tercer muestreo el peso fue similar (5,215 kg/ha) entre tallos y hojas, los cuales superaron significativamente a las vainas foliares (1,944 kg/ha). En el cuarto muestreo (140 DCU) la biomasa seca alcanzó el valor máximo en tallos (5,451 kg/ha), aunque fue estadísticamente igual a las hojas (4,362 kg/ha) y ambos superaron a las vainas foliares (1,461 kg/ha), debido a la senescencia y caída de éstos órganos durante el otoño. El valor más alto del peso seco de tallos se registró al final del periodo de muestreo, debido a la acumulación de los fotoasimilados que se removilizaron de las hojas y vainas senescentes.

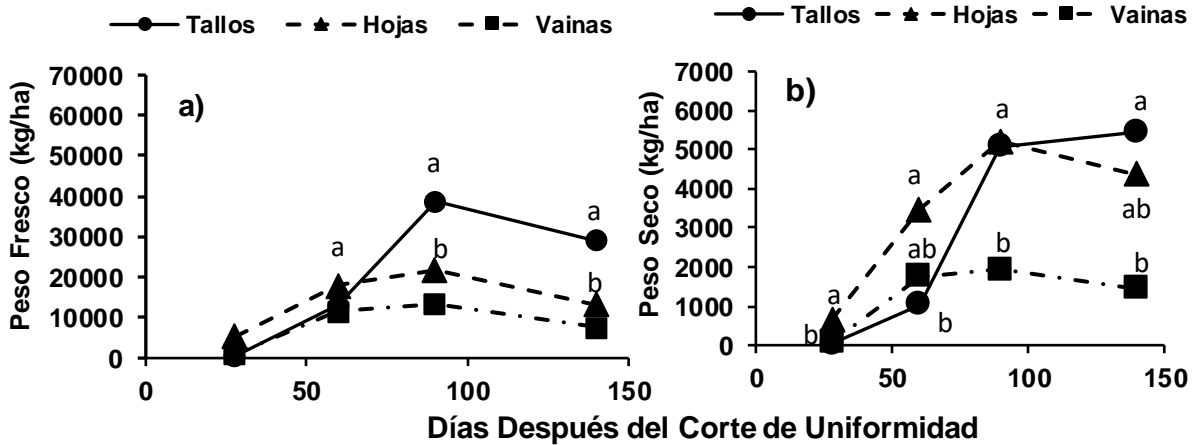


Figura 1. Acumulación de biomasa fresca (a) y seca (b) en diferentes órganos del estrato apical de plantas de maralfalfa cosechada en diferentes fechas de corte. Letras en cada muestreo (^{a-b}) denotan diferencias significativas entre órganos (Tukey; p ≤ 0.05).

Biomasa en estrato basal. La biomasa fresca en los tallos basales fue significativamente superior desde 60 DCU, en comparación con láminas y vainas foliares (Figura 2a). El rendimiento más alto de biomasa fresca en tallos se obtuvo 90 DCU (41,362 kg/ha), cuando se observaron niveles decrecientes para vainas y hojas, debido a la senescencia y pérdida de éstos órganos a medida que avanzó el desarrollo de las plantas de maralfalfa. Se observó

respuesta similar en el caso de la biomasa seca en tallos basales (6,331 kg/ha), los cuales, a partir de segundo muestreo superaron significativamente la materia seca presente en hojas y vainas de la parte basal de la planta. Los resultados mostraron que la biomasa seca presentó un nivel creciente en los tallos de maralfalfa, aunque la biomasa fresca mostró un declive en el tercer y cuarto muestreo, por efecto del estrés hídrico y removilización de fotoasimilados hacia el tallo que experimentó la planta al final del ciclo de cultivo.

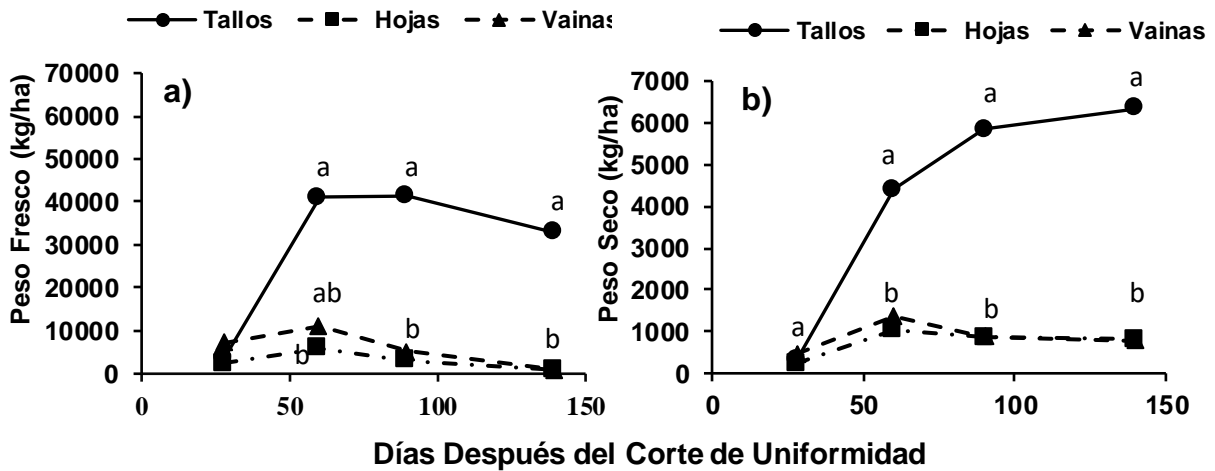


Figura 2. Acumulación de biomasa fresca (a) y seca (b) en diferentes órganos del estrato basal de plantas de maralfalfa cosechada en diferentes fechas de corte. Letras en cada muestreo (^{a-b}) denotan diferencias significativas entre órganos (Tukey; $p \leq 0.05$).

Biomasa total. Los valores para la acumulación de biomasa total fresca fueron más altos 90 DCU, cuando alcanzó 123,379 kg/ha (Figura 3), debido a la senescencia natural de las hojas y vainas basales. Dichos órganos redujeron su contenido hídrico, por efecto del sombreado, edad y estrés registrado al final del ciclo, por lo que se desprendieron de la planta y causaron reducción en la biomasa total a los 140 DCU. De igual forma, la biomasa total seca mostró un valor alto al tercer muestro (90 DCU), el cual se incrementó ligeramente al final del periodo de muestreo, por la acumulación de fotoasimilados que fueron removilizados desde las hojas y vainas senescentes. Lo anterior, difiere de lo observado en otros estudios realizados en el trópico húmedo de México, en los cuales se recomendó el corte de la maralfalfa después de 180 días, para obtener valores altos de rendimiento de biomasa, poder calorífico y etanol (Ventura *et al.*, 2017). La altura de la planta de maralfalfa, mostró relación con la acumulación de biomasa seca ($r = 0.95$), por lo que se demostró que es posible predecir el rendimiento total y con grado diferente de precisión a nivel de estrato y órgano. La altura de la planta recomendada para el corte de maralfalfa es 200 cm, con lo cual se obtiene productividad alta y calidad aceptable de la biomasa cosechada en Durango.

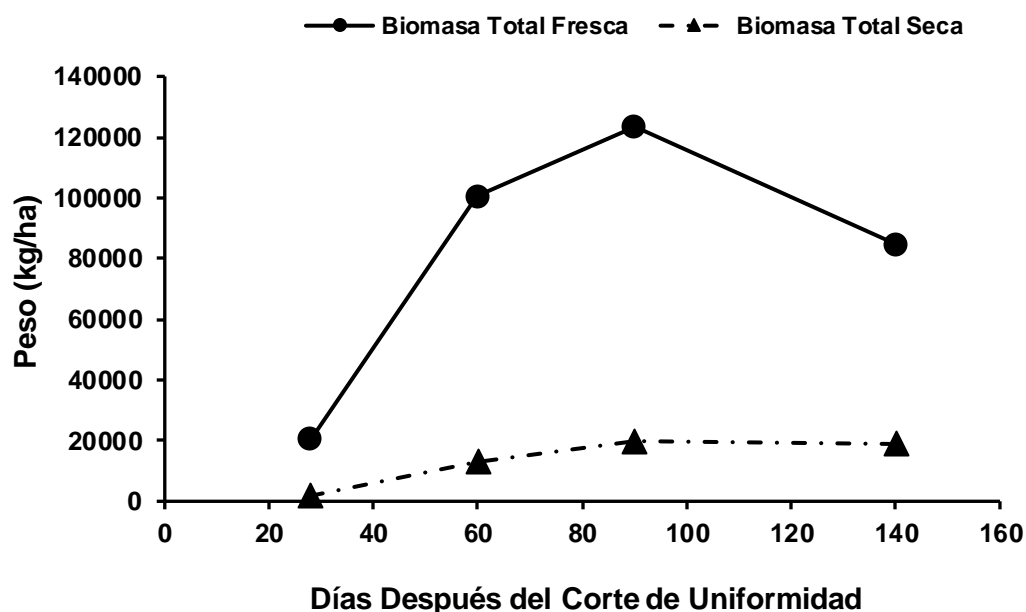


Figura 3. Acumulación de biomasa total, fresca y seca, en diferentes estratos y órganos de plantas de maralfalfa cosechada en diferentes fechas de corte.

CONCLUSIONES

Es recomendable realizar el corte de maralfalfa 90 días después del corte de uniformidad, para lograr productividad alta de biomasa y una proporción mayor de tallos, en los estratos apical y basal de la planta, con la finalidad de favorecer su uso como biocombustible. Los tallos representan el componente más importante de la biomasa en maralfalfa, seguidos de las hojas y vainas foliares. La altura de la planta de maralfalfa puede utilizarse para estimar la biomasa total acumulada, en cada estrato del dosel y con precisión menor a nivel de órgano.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar C., J. A. 2017. Optimización productiva de especies con potencial para la obtención sostenible de biomasa dendroenergética en Durango. Memoria de Estadía. Universidad Politécnica de Poanas. Villa Unión, Poanas, Dgo. 61 p.
- CD (Cámara de Diputados LXIII Legislatura). 2017. Deforestación en México. Carpeta Informativa. Carpeta Núm. 77. CDMX, México. 99 p.
- García, E. 2004 Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Libro No. 6. 5a Edición. Instituto de Geografía UNAM. 90 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. Ríos et al., 2021
- Ríos S., J. C., R. Rosales S., R. Jiménez O., P. A. Domínguez M., A. Carrillo P., L. M. Valenzuela N. 2021. Calidad de pélets a partir de biomasa de ocho especies dendroenergéticas de crecimiento rápido. Agrociencia 55(6): 557-568.
- 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, Durango, México. pp. 653-659.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2014. Actualización del programa de ordenamiento ecológico estatal. Análisis de cambios de uso de suelo y vegetación. Gobierno del Estado de Durango. Durango, México. 42 p. Consultado en línea 17/12/2018.
http://seigsrnyma.durango.gob.mx/docs/Analisis_Vegetacion_2002_2012.pdf.
- Ventura R., J., J. A. Honorato S., A. Hernández G., J. A. Aburto A., H. Vaquera H., y J. F. Enríquez Q. 2017. Composición química y rendimiento de maralfalfa para producción de bioetanol de segunda generación. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 8(1): 215-221.

POTENCIAL PRODUCTIVO DE MAÍCES EXPERIMENTALES EN EL NORTE DE TAMAULIPAS

Rosendo Hernández Martínez^{1*}, César Augusto Reyes Méndez¹, José Luis Ramírez Díaz²

¹INIFAP-Campo Experimental Río Bravo, Carretera Matamoros-Reynosa, km 61. CP 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México. ²INIFAP, Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, Avenida Biodiversidad #2470, A.P. 56. Municipio Tepatitlán de Morelos, Jalisco.

*hernandez.rosendo@inifap.gob.mx

RESUMEN

El mejoramiento genético de maíz por hibridación es una alternativa viable para identificar y liberar genotipos con atributos agronómicos favorables. El objetivo del estudio fue evaluar el potencial productivo de híbridos de maíces de grano blanco (B) y amarillo (A) en la región norte de Tamaulipas. El trabajo se realizó en el INIFAP, Campo Experimental Río Bravo. En el ciclo agrícola O-I del 2021/2022 se evaluaron 22 genotipos de maíz, 11 de grano blanco y 11 de grano amarillo, bajo condiciones de riego, con un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones. El tamaño de la unidad experimental fue de un surco de cinco metros de largo, al momento de la cosecha la parcela útil fue de 20 plantas con competencia completa. Los parámetros evaluados fueron rendimiento de grano (REND) en t ha⁻¹, floración masculina (FM) y femenina (FF) en días, altura de planta (ALPL) y de mazorca (ALMZ) en metros. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza y comparación de medias, mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). El análisis estadístico demostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$ y 0.01) en las variables REND, FM, FF, ALPL y ALMZ. Los híbridos 1344 x 1345 (B), 1252 x 1253 (A), 1280 x 1281 (A), 1366 x 1367 (B) y 1392 x 1393 (B), mostraron rendimientos superiores a 8.1 t ha⁻¹. En forma preliminar en esta evaluación los híbridos sobresalientes son candidatos para ser liberados en la región norte de Tamaulipas.

Palabras claves: maíz, rendimiento, híbridos.

ABSTRACT

Maize breeding by hybridization is a viable alternative to identify and release genotypes with favorable agronomic attributes. The objective of the study was to evaluate the productive potential of white (B) and yellow (A) grain corn hybrids in the northern region of Tamaulipas. The work was carried out at INIFAP, Río Bravo Experimental Field. In the 2021/2022 O-I agricultural cycle, 22 corn genotypes, 11 white grain and 11 yellow grain, were evaluated under irrigated conditions, with a randomized complete block design with two replications. The size of the experimental unit was a five meter long furrow, at harvest time the useful plot was 20 plants with complete competition. The parameters evaluated were grain yield (Yield) in t ha⁻¹, male (FM) and female (FF) flowering in days, plant height (ALPL) and ear height (ALMZ) in

meters. Data were analyzed by analysis of variance and comparison of means, using Tukey's test ($P \leq 0.05$). Statistical analysis showed significant differences ($P \leq 0.05$ and 0.01) in the variables REND, FM, FF, ALPL and ALMZ. Hybrids 1344 x 1345 (B), 1252 x 1253 (A), 1280 x 1281 (A), 1366 x 1367 (B) and 1392 x 1393 (B), showed yields higher than 8.1 t ha^{-1} . Preliminarily in this evaluation, the outstanding hybrids are candidates for release in the northern region of Tamaulipas.

Key words: corn, yield, hybrids.

INTRODUCCIÓN

La generación y liberación de nuevos híbridos en maíz es indispensable para subsanar las importaciones de grano en México. Un sistema importante para la obtención de genotipos sobresalientes ha sido por hibridación, considerado como un método de mejoramiento genético que tiene como objetivo principal el aprovechar la generación de F_1 provenientes de la cruce entre dos poblaciones, las cuales pueden ser líneas endogámicas, variedades de polinización libre, sintéticas o poblaciones F_1 en el caso de cruces dobles (Márquez, 1988). Para la generación de híbridos, la cruce debe darse entre progenitores contrastantes que generen una expresión genética superior (Dzib *et al.*, 2011) y con buena aptitud combinatoria, siendo la base para la formación de los híbridos comerciales (Borel *et al.*, 2013). Una de las zonas más importantes en la producción de maíz en el noreste de México se encuentra en la región norte de Tamaulipas, en el año 2021 se sembraron 86 mil ha^{-1} con un rendimiento promedio de 5.4 t ha^{-1} bajo condiciones de riego (SIAP, 2022). En esta región la producción se basa casi en su totalidad en semillas de híbridos mejorados; la liberación de estos híbridos proviene de empresas privadas e instituciones públicas mexicanas; sin embargo, no compiten con los híbridos comerciales de empresas transnacionales, pues los recursos invertidos por las primeras es mayor, lo que les confiere capacidades de exploración de germoplasma más amplia, lo cual se refleja en una mayor capacidad de estas compañías para liberar nuevos materiales en un periodo corto de tiempo y con rendimientos superiores a los materiales generados por empresas nacionales. En este sentido, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuaria (INIFAP), Campo Experimental Río Bravo (CERIB) en cooperación con otros campos del INIFAP, está llevando a cabo esfuerzos para la generación de nuevos genotipos que puedan competir con aquellos ya colocados en el mercado nacional; por lo anterior, el presente estudio se planteó con el objetivo de evaluar el potencial productivo de maíces experimentales de grano blanco y amarillo en el norte de Tamaulipas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el INIFAP - Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas, perteneciente al Centro de Investigación Regional Noreste (CIRNE). Se evaluaron en un solo ensayo maíces de grano blanco (B) y amarillo (A) ya que el color del grano es independiente

de su potencial productivo como lo demuestran algunos investigadores (Aguiluz, 1998; Valadez *et al.*, 2016). La siembra se estableció el 21 de febrero del 2022 en condiciones de riego; así mismo, el experimento consistió en un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones. Se evaluaron 22 genotipos de maíz, 11 de grano blanco y 11 de grano amarillo, de los cuales, 12 son híbridos experimentales formados en el Campo Experimental Centro-Alto de Jalisco, localizado en Tepatlán, Jalisco y 10 híbridos ya liberados comercialmente, que se usaron como testigos. El tamaño de las parcelas fue de un surco de cinco metros de largo y una separación entre surco de 0.80 m, con una densidad de población aproximada de 65,000 plantas por hectárea. La parcela útil al momento de la cosecha (11 de julio del 2022) fue de 20 plantas con competencia completa. El manejo agronómico del ensayo fue de acuerdo con el paquete tecnológico para maíz recomendado por el INIFAP-CERIB (INIFAP, 2017). Las variables de respuesta fueron: rendimiento de grano (REND) ajustado al 14 % de humedad en $t\ ha^{-1}$, floración masculina (FM) y femenina (FF) en días después de la siembra al 50 % de la antesis y emergencia de los estigmas, altura de planta (ALPL) y de mazorca (ALMZ) en m. Los datos se analizaron con el programa estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2011), mediante un análisis de varianza y comparación de pruebas de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Cuadro 1 se observan diferencias significativas ($P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$) en la fuente de variación de genotipos en todas las variables en estudio. Lo anterior, indica que los híbridos se comportaron de manera distinta en REND, FM, FF, ALPL y ALMZ, debido a su amplia base genética de sus parentales. Los resultados encontrados concuerdan por Hernández *et al.* (2021) al encontrar contrastes significativos ($P \leq 0.01$) en los parámetros de rendimiento en híbridos simples de maíces amarillos. El rendimiento promedio del ensayo fue de $7.7\ t\ ha^{-1}$, superior al rendimiento promedio de Tamaulipas con $5.4\ t\ ha^{-1}$ en el 2021 (SIAP, 2022). Los resultados indican que existen genotipos experimentales tanto de grano blanco y amarillo competentes en rendimiento y características agronómicas para ser candidatos en ser liberados en la región norte de Tamaulipas. Los coeficientes de variación para este estudio fueron bajos en un intervalo de 1.0 a 23.9 %, por lo que los datos obtenidos son confiables.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística del análisis de varianza en 22 genotipos de maíz blanco y amarillo en Río Bravo, Tamaulipas, O-I 2021/2022 en condiciones de riego.

F. V.	G.L	REND $t\ ha^{-1}$	FM (días)	FF (días)	ALPL (m)	ALMZ (m)
Genotipos	21	3.119*	3.168**	3.935**	0.017**	0.025**
Bloques	1	14.976	3.272	0.818	0.009	0.007
Error	21	1.667	0.891	0.580	0.010	0.038
C.V. (%)		16.5	1.2	1.0	4.7	23.9

Media	7.7	75.8	76.0	2.1	0.8
-------	-----	------	------	-----	-----

*, **: Significativo a 0.05 y 0.01, respectivamente. FV: fuentes de variación, GL: grados de libertad, REND: rendimiento de grano en t ha⁻¹, FM: floración masculina en días, FF: floración femenina en días, ALPL: altura de planta en m, ALMZ: altura de mazorca en m, C.V.: Coeficiente de variación.

En el Cuadro 2 se presentan las medias de los híbridos experimentales, se observa que el testigo 3 (B) fue superior estadísticamente a todos los genotipos evaluados con 11.9 t ha⁻¹, seguido de la cruce experimental 1344 x 1345 (B) con 9.1 t ha⁻¹. En cuanto a genotipos de color amarillo los más sobresalientes son los híbridos 1252 x 1253 (A) y 1280 x 1281 (A) con rendimiento de 8.8 y 8.4 t ha⁻¹; lo anterior, indica que fueron competitivos con el testigo 4 (A) utilizado en este experimento. Estos resultados son distintos a lo reportado por Reyes *et al.* (2009), al encontrar 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 tuvieron una producción de 6.8, 6.9 y 7.3 t ha⁻¹, respectivamente. Así mismo, en un estudio realizado por Hernández *et al.* (2021) encontraron al H-443A con rendimientos de 7.3 t ha⁻¹, lo cual nos indica que los híbridos experimentales en este estudio podrían ser candidatos para ser liberados comercialmente en la región norte de Tamaulipas. En cuanto a FM y FF, el testigo 2 (A) fue el más precoz, por otro lado, las cruces de ciclo tardío fueron testigo 1 (B), 1402 x 1403 (B) y 1400 x 1401 (B). Con respecto a la variable ALPL osciló entre 1.95 y 2.31 m, que fue para las cruces H-391 (B) y testigo 3 (B); así mismo, en ALMZ fue de 0.50 a 0.99 m en los genotipos utilizado como testigo 4 (A) y H-382 A, respectivamente. El presente experimento demostró que existe amplia base genética en los híbridos experimentales tanto de grano blanco y amarillo para la región norte de Tamaulipas, lo que permitió la adaptación y expresión favorable de las características de los parámetros de rendimiento y agronómicos.

Cuadro 2. Medias de 22 genotipos de maíz blanco y amarillo para rendimiento y características agronómicas en Río Bravo, Tamaulipas, O-I 2021/2022 en condiciones de riego.

Genotipos	REND en t ha ⁻¹ 1	FM (días)	FF (días)	ALPL (m)	ALMZ (m)
Testigo 3 (B)	11.9 a	76.0 a	76.0 abc	2.31 a	0.55 bc
1344 x 1345 (B)	9.1 b	76.0 a	76.5 abc	2.21 abcd	0.85 abc
Testigo 4 (A)	8.8 bc	73.5 b	75.0 c	2.21 abcd	0.50 c
1252 x 1253 (A)	8.5 bcd	75.5 a	76.0 abc	2.27 ab	0.90 abc
1280 x 1281 (A)	8.4 bcd	75.5 a	76.0 abc	2.06 cdef	0.85 abc
1366 x 1367 (B)	8.2 bcd	75.5 a	76.0 abc	2.14 abcdef	0.80 abc
1392 x 1393 (B)	8.1 bcd	75.5 a	76.0 abc	2.12 abcdef	0.87 abc
H-386 A	8.0 bcd	76.0 a	76.5 abc	2.22 abc	0.91 ab
H-382 A	7.8 bcd	77.0 a	76.5 abc	2.15 abcdef	0.99 a
Testigo 2 (A)	7.8 bcd	71.5 c	70.5 d	2.06 cdef	0.86 abc

H-392 (B)	7.7 bcd	75.5 a	76.0 abc	2.01 def	0.87 abc
1208 x 1209 (A)	7.6 bcd	77.0 a	76.5 abc	1.97 e	0.86 abc
1274 x 1275 (A)	7.5 bcd	76.5 a	77.0 ab	2.10 bcdef	0.73 abc
1282 x 1283 (A)	7.4 bcd	75.5a	75.5 bc	2.13 abcdef	0.85 abc
H-391 (B)	7.3 bcd	76.5 a	77.0 ab	1.95 f	0.85 abc
Testigo 1 (B)	7.2 bcd	77.0 a	77.5 a	2.05 cdef	0.84 abc
1675 x 1674 (A)	7.1 bcd	76.5 a	76.0 abc	2.11 abcdef	0.80 abc
1402 x 1403 (B)	7.0 bcd	77.0 a	77.5 a	2.13 abcdef	0.75 abc
REMACO-48 (B)	6.7 bcd	75.5 a	76.0 abc	2.16 abcde	0.95 ab
1254 x 1255 (A)	6.3 cd	76.0 a	76.5 abc	2.21 abcd	0.90 abc
1400 x 1401 (B)	6.1 cd	77.0 a	77.5 a	2.05 cdef	0.79 abc
H-383 (B)	5.9 d	76.0 a	76.0 abc	2.22 abc	0.77 abc
DHS (0.05) de DMS	2.6	1.9	1.5	0.2	0.4

REND: rendimiento de grano en t ha⁻¹, FM: floración masculina en días, FF: floración femenina en días, ALPL: altura de planta en m, ALMZ: altura de mazorca en m. Medias con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, P ≤ 0.05).

CONCLUSIONES

Existen híbridos experimentales con alto potencial productivo en los parámetros de rendimientos. Las cruzas 1344 x 1345 (B), 1252 x 1253 (A), 1280 x 1281 (A), 1366 x 1367 (B) y 1392 x 1393 (B), con rendimientos superiores a 8.1 t ha⁻¹, son candidatos para ser seleccionados para su liberación y uso comercial en la región norte de Tamaulipas.

REFERENCIAS

- Aguiluz A. (1998). Evaluación de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) de grano blanco y amarillo en ambientes de Centroamérica, Panamá y el Caribe en 1996. *Agronomía Mesoamericana* 9(1): 28-37.
- Borel, J. C., M. A. P. Romalho, V. R. F. de Carvalho and A. de F. B. Abreu. (2013). Genetic and phenotypic parameters in common bean segregant populations from intra and inter-gene pool crosses of elite lines. *Euphytica* 193(1):39-47, <https://doi.org/10.1007/s10681-013-0907-1>
- Dzib-A. L. A., Segura-C. J. C., Ortega-P. R., y Latournerie-M. L. (2011). Cruzas dialélicas entre poblaciones nativas de maíz de Yucatán y poblaciones mejoradas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14:119-127.
- Hernández, M. R., Santacruz, V. A., Reyes, M. C. A., Aranda, L. U., Alfaro, M. L. G. (2021). Desempeño de mestizos de maíz de grano amarillo en rendimiento y caracteres agronómicos. Semana Internacional de Agronomía XXXIII. Facultad de Agricultura y Zootecnia Universidad Juárez del Estado de Durango, Venecia, Gómez Palacio, Durango, México. 380-385 p.
- INIFAP. (2017). Agenda Técnica Agrícola Tamaulipas. Pág. 329-331. En: https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/_media/_agendas/4145_4842_Agenda_T%c3%a9cnica_Tamaulipas_2017.pdf. Consultado el 23 de julio de 2022.

- Márquez, S. F. (1988). Genotécnica Vegetal. Métodos Teoría Resultados. Tomo II, A.G.T. Editor. México, D.F. 665 p.
- SAS Institute (2011). SAS/STAT® 9.4 User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 8640 p.
- SIAP, Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2022). 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/> (julio 2022).
- 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(4):331-333, <https://doi.org/10.35196/rfm.2009.4.331>.
- Valadez, R. M., Sánchez R. H.A., Sandoval C. E.; Hernández S. J. H. y Torres F. R. (2016). Evaluación agronómica de 22 híbridos de maíz (*Zea mays*) en la región de valles altos del estado de Puebla. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/675834/5_Seminario_Cartel_Evaluacion_Agronomica_de_22_hibridos_de_maiz.pdf. Consultado el 23 de julio de 2022.

RESPUESTA DEL MAÍZ FORRAJERO A ALTAS TEMPERATURAS Y RIEGO POR GOTEO EN LA COMARCA LAGUNERA

RESPONSE OF FORAGE CORN TO HIGH TEMPERATURES AND DRIP IRRIGATION IN THE COMARCA LAGUNERA

Arturo Reyes González^{1§}, David Guadalupe Reta Sánchez², Ramón Trucios Caciano³, Juan Isidro Sánchez Duarte¹ y Yasmin Ileana Chew Madinaveitia¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental La Laguna. Matamoros, Coahuila.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Delicias. Delicias, Chihuahua

³Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta y Atmosfera. Gomez Palacio, Durango.

§Autor para correspondencia: reyes.arturo@inifap.gob.mx

RESUMEN

El calentamiento global afecta directamente a los productores de maíz forrajero debido a que cuando la temperatura ambiente es superior a los 35°C, el maíz presenta estrés. El objetivo de esta investigación fue conocer la respuesta del maíz forrajero a las altas temperaturas y riego por goteo en la Comarca Lagunera. El estudio se realizó en el INIFAP de Matamoros, Coahuila, durante tres ciclos. 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). Con el uso del riego por goteo subsuperficial, los rendimientos de forraje seco se incrementaron hasta un 15%, y la eficiencia en el uso del agua se incrementó en un 34% respecto al riego por inundación o gravedad. Las altas temperaturas impactaron el rendimiento de forraje seco hasta en un 20%. Por lo tanto, es importante señalar que el manejo del cultivo con riego por goteo subterráneo y la aplicación adecuada de la lámina de riego, disminuyen el efecto de la temperatura en el rendimiento de maíz forrajero.

ABSTRACT

Global warming directly affects forage corn producers because when the ambient temperature is above 35°C, corn is stressed. The aim of this research was to know the response of forage maize to high temperatures and drip irrigation in the Comarca Lagunera. The study was carried out at the INIFAP in Matamoros, Coahuila, during three growing seasons. Three corn hybrids (H-431, H-383 and SB-302) and three irrigation treatments were used, which were subsurface drip irrigation (SDI) applying 60, 80 and 100% of evapotranspiration (ET) and flood irrigation (control). With the use of subsurface drip irrigation, dry forage yields increased by up to 15%, and water use efficiency increased by 34% compared to flood or gravity irrigation. High

temperatures impacted dry forage yield by up to 20%. Therefore, it is important to point out that the management of the crop with subsurface drip irrigation and the adequate application of the irrigation volume reduce the effect of temperature on the yield of forage corn.

INTRODUCCION

En los últimos 60 años las actividades del ser humano han transformado el planeta. Uno de los cambios más preocupantes es el calentamiento global (IPCC, 2018). Este calentamiento afecta directamente a los productores de maíz forrajero debido a que cuando la temperatura ambiente es superior a los 35°C, el maíz presenta estrés, esto es que aumenta su requerimiento de agua, disminuye la fotosíntesis (que es la vía por la cual el cultivo genera energía para su desarrollo) y se aceleran las etapas de desarrollo del cultivo (también se conocen como etapas fenológicas) (Lawlor, 2005).

Al igual que en el mundo en la Comarca Lagunera las temperaturas máximas han tenido un ligero incremento, especialmente en los meses de mayo a agosto. Por otro lado, La Comarca Lagunera es la principal cuenca lechera del país con un inventario de ganado bovino lechero de 465 mil cabezas (SADER, 2021). La principal fuente de alimentación para el ganado lechero son los forrajes (maíz, alfalfa, sorgo y avena), los cuales ocupan más del 70% de la superficie cultivada. El maíz forrajero ocupa la mayor superficie cultivada en la región con 48,793 ha bajo riego por gravedad (13,834 ha) y bombeo (34,595 ha) (SADER, 2021).

Actualmente la agricultura se enfrenta a la escasez de agua. Una de las posibles soluciones para mejorar la eficiencia en el uso del agua es la utilización de técnicas de riego más eficientes (Reyes *et al.*, 2020). El sistema de riego por goteo subsuperficial (RGS) es un sistema que mejora la eficiencia en el uso de agua y logra disminuir hasta un 44% el volumen de agua aplicada respecto al sistema de riego por gravedad (Gutiérrez *et al.*, 2017). Esto se debe a que con el RGS se aplica el agua en forma directa al sistema radicular de la planta y se minimizan las pérdidas por evaporación (Sandhu *et al.*, 2019).

De acuerdo con lo anterior, el objetivo de esta investigación fue conocer la respuesta del maíz forrajero a las altas temperaturas y riego por goteo en la Comarca Lagunera. Por lo anterior, es importante que los técnicos y productores conozcan el efecto de las altas temperaturas en la producción de maíz y las opciones de manejo que pueden emplear para disminuir su efecto negativo.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en el Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de Matamoros, Coahuila, México. El campo está ubicado a 25° 32' N y 103° 14' O, con altitud de 1100 msnm. El clima de la región se clasifica como muy seco semicalido (Bwh), con temperatura promedio anual de 22.6

°C, precipitación media de 215.5 mm y evaporación media anual de 2000 mm (Villa *et al.*, 2005).

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 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 multiplica por un coeficiente de cultivo (K_c).

Para la instalación del RGS 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 con el peso de la biomasa de tres metros lineales en los dos surcos centrales de cada tratamiento. Para determinar materia seca (MS), se tomó una muestra de aproximadamente 500 g y se secó en una estufa de aire forzado a una temperatura de 65 °C durante 72 horas. Con la producción de forraje verde y la MS se estimó la producción de forraje seco. La eficiencia en el uso del agua (EUA) se obtuvo al dividir el rendimiento de forraje seco cosechado (kg) entre el volumen total de agua utilizada (m³) en cada tratamiento (Reyes *et al.*, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperaturas máximas en los tres ciclos

La Figura 1 muestra las temperaturas máximas durante los tres ciclos de cultivo. La línea punteada indica los 35°C, que es la temperatura en la que el maíz deja de crecer y desarrollarse. Existen investigaciones que señalan que las plantas de maíz sometidas a temperaturas superiores a 35°C, por más de ocho días durante el desarrollo reproductivo, tienen una reducción del 74% en su rendimiento (Chaves y Gutiérrez, 2017).

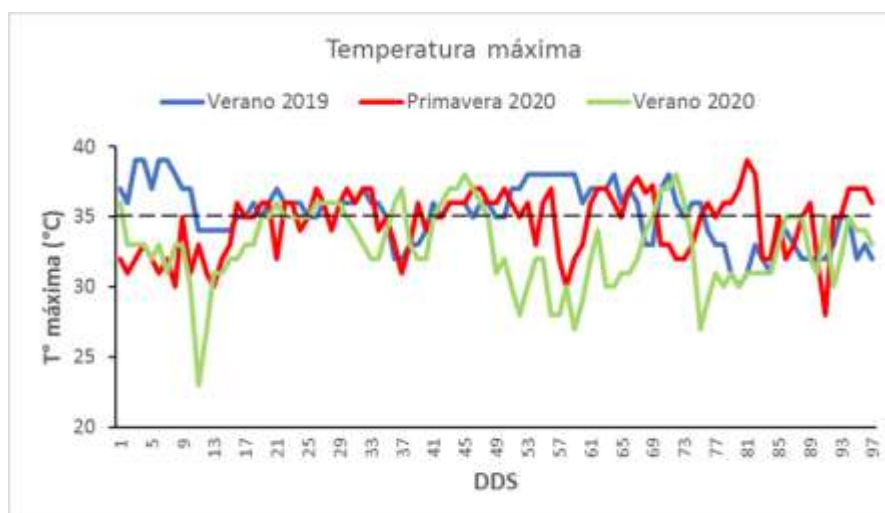


Figura 1. Temperatura máxima durante tres ciclos de cultivo de maíz forrajero.

Días con temperaturas por arriba de 35°C

La Figura 2 muestra los días con temperaturas superiores a los 35°C para cada ciclo de cultivo. Para el ciclo de verano 2019 se registraron 40 días, para el ciclo de primavera 2020 43 días, y para el ciclo de verano 2020 sólo 17 días. Este último ciclo presentó el valor más bajo de días con temperatura por arriba de 35°C, siendo el ciclo con condiciones agroclimatológicas adecuadas para la producción de maíz forrajero en la Laguna.

Cabe señalar que, en el ciclo de verano del 2019, aunque se registraron 40 días con temperaturas mayores a 35°C, el rendimiento no tuvo un decremento tan marcado como en la primavera 2020, ya que en el verano 2019, el 25% de estas temperaturas ocurrieron en la etapa inicial el cultivo (Figura 1).



Figura 2. Días con temperatura arriba de 35°C para los diferentes ciclos de cultivo de maíz forrajero.

Rendimiento de forraje seco en tres ciclos

Las altas temperaturas afectan la tasa de desarrollo de los cultivos y controlan en gran medida la fenología de las plantas (Chaves y Gutiérrez, 2017). Además, la respuesta varía según la etapa fenológica del cultivo en la que se presenten dichas temperaturas, así como de la variedad o híbrido de maíz. En muchos climas el exceso de radiación y las altas temperaturas son factores que frecuentemente afectan el crecimiento y el rendimiento de los cultivos (Lawlor, 2005).

En los tres ciclos de cultivo, los mayores rendimientos se presentaron en los tratamientos de 80% y 100% de ETo o necesidad hídrica del cultivo y los más bajos en el tratamiento de 60% y riego por inundación. En el tratamiento del 100% de ETo el mayor rendimiento de forraje seco (21.37 t ha⁻¹) se presentó en el ciclo agrícola verano del 2020, cuando se registraron 17 días con temperaturas por encima de los 35°C, mientras que el menor rendimiento (16.55 t ha⁻¹) se presentó en el ciclo de primavera 2020, con 43 días con temperaturas por encima de los 35°C. El rendimiento de forraje seco en el ciclo de primavera 2020 disminuyó un 20% con respecto al ciclo verano 2020 (Figura 3). Cabe mencionar que, en el verano del 2019, los rendimientos fueron favorables ya que un 25% de las temperaturas altas (35°C) ocurrieron en la etapa inicial del cultivo como anteriormente se discutió.

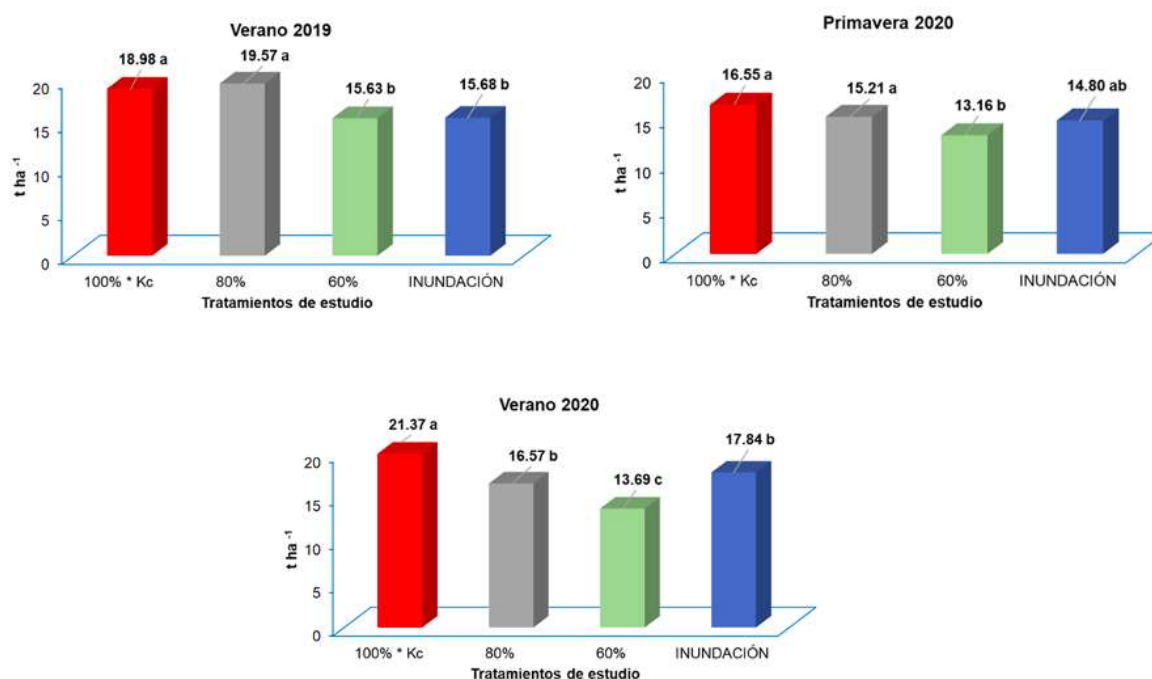


Figura 3. Rendimiento de forraje seco de los diferentes tratamientos de riego durante tres ciclos de cultivo de maíz forrajero.

Eficiencia en el uso del agua

La Figura 4 indica la eficiencia en el uso del agua (EUA) de tres ciclos de maíz con diferentes tratamientos de riego. El mejor tratamiento fue el de (100% * Kc) con una EUA promedio de 3.52 kg de fs m⁻³ y el más bajo fue con inundación con una EUA promedio de 2.30 kg de fs m⁻³.

³. Con el uso del riego por goteo la EUA se puede incrementar en un 34% con respecto a riego por gravedad.

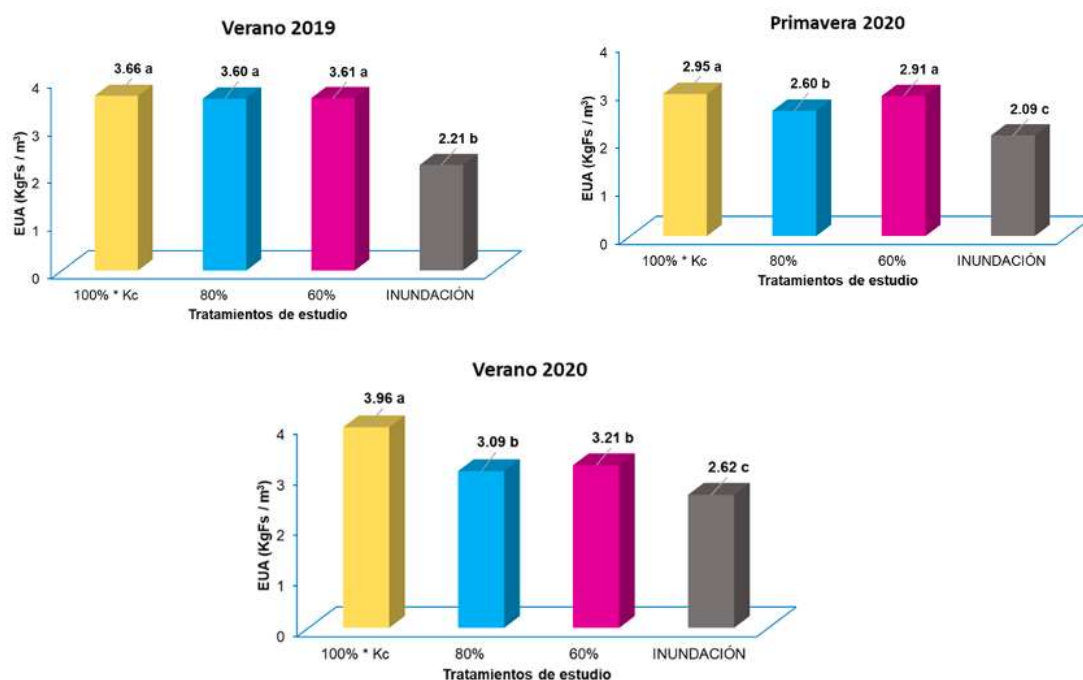


Figura 4. Eficiencia en el uso del agua (EUA) para los tres ciclos de cultivo de maíz forrajero.

CONCLUSIONES

Con el uso del riego por goteo subsuperficial, los rendimientos de forraje seco se incrementarán hasta un 15%, y la eficiencia en el uso del agua se incrementará en un 34% respecto al riego por inundación o gravedad.

Las altas temperaturas impactan el rendimiento de forraje seco hasta en un 20%, por lo tanto, es importante considerar lo siguiente: a) sembrar en la fecha óptima y en caso de regar por inundación, emplear variedades de ciclo intermedio y tardío y b) tecnificar con riego por goteo subterráneo, monitoreando los requerimientos hídricos del cultivo y aplicar entre 80 y 100% de la evapotranspiración de referencia (ET_o).

Es importante señalar que el manejo del cultivo con riego por goteo subterráneo y la aplicación adecuada de la lámina de riego, disminuyen el efecto de la temperatura en el rendimiento de maíz forrajero.

REFERENCIAS

- Chaves, B. N. F y Gutiérrez, S. M. V. 2017. Respuesta al estrés por calor en los cultivos. II. Tolerancia y tratamiento agronómico. *Agronomía Mesoamericana*, 28 (1): 255-271.
- IPCC, 2018. Informe especial sobre el calentamiento global de 1,5°C. *Bulletin*, vol 67, núm. 2.
- Gutiérrez, R. A. S.; Palestina, M. S.; Bañuelos, H. G. y Pérez, A. S. 2017. Eficiencia en el uso del agua de variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con sistema de riego subsuperficial. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 8(4): 429–435.

- Lawlor, D. W. 2005. Plant responses to climate change: impacts and adaptation. *In*: Omasa, I. Nouchi, and L. J. DeKok. (eds). *Plant Responses to Air Pollution and Global Change*. K. Springer-Verlag. Tokio. pp: 81-88.
- Reyes, G. A.; Anaya, S.A.; Sánchez, D. J. I.; Isidro, R. L.M.; Torres, H. D. y Martínez, R. J. G. 2018. Efecto del riego por goteo y estiércol en la productividad del agua en maíz forrajero. *Agrofaz*. Edición especial: 101-108.
- Reyes, G. A.; Reta, S. D. G.; Sánchez, D. J. I.; Franco, G. I; Hernández, L. E. H. y Hernández, R. K. 2020. Rendimiento y productividad del agua en maíz (*Zea mays* L.) forrajero con riego por goteo subsuperficial. *Agrofaz*. 2 (1): 3-13.
- SADER. 2021. Delegación en la Región Lagunera, Sector Agropecuario, 2021. *El Siglo de Torreón*. Suplemento especial. Diciembre 31/1/2021. 24.
- Sandhu, O. S.; Gupta, R. K.; Thind, H. S.; Jat, M. L.; Sidhu, H. S. and Yadvinder-Singh. 2019. Drip irrigation and nitrogen management for improving crop yields, nitrogen use efficiency and water productivity of maize-wheat system on permanent beds in north-west India. *Agricultural Water Management*, 219 (1), 19–26.
- Villa, C. M. M.; Catalán, V. E. A. y M. A. Inzunza. 2005. Análisis de la información climática para usos agrícolas. *Agrofaz*. 5(1): 717-724.

RESULTADOS PRELIMINARES DE INOCULACIÓN DE CEPAS EN CHILE MIRASOL

¹Cid-Ríos J. A.; ²Salas-Muñoz S.; ¹Herrera M. D. y ¹Reveles-Torres L. R.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas. Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera, Zac., México. Tel 01 800 088 22 22 Extensión 82320. ²CONACYT-INIFAP, Km. 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo CP 98500. Correo: cid.angel@inifap.gob.mx.

RESUMEN

En la actualidad los productores de chile para secado en el estado de Zacatecas, se enfrentan a una diversidad de patógenos como *Phytophthora capsici*, *Rizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum*, los cuales limitan la producción del cultivo. Por lo que, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la inoculación de cepas antagonistas de estas enfermedades aplicadas en el sistema radicular, sobre el número de flores, número de frutos, altura y cobertura de planta de chile mirasol en un lote comercial. Se estableció un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, donde se evaluaron tres cepas antagonistas de enfermedades más el testigo comercial sin inoculación. En los resultados del análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas para las variables de crecimiento. Sin embargo, en la comparación de medias se pudo observar un efecto positivo en la inoculación de la plántula para las variables de crecimiento, donde la Cepa 2 y Cepa 3 superan al testigo en promedio en un diez por ciento en las variables de crecimiento evaluadas en el cultivo, por lo que pueden ser consideradas en futuras investigaciones como cepas antagonistas para enfermedades en el cultivo de chile.

Palabras clave: Cepas, antagonismo, enfermedades, chile

ABSTRACT

Currently, chili producers for drying in the state of Zacatecas face a variety of pathogens such as *Phytophthora capsici*, *Rizoctonia solani*, and *Fusarium oxysporum*, which limit crop production. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effect of the inoculation of antagonistic strains of these diseases applied in the root system, on the number of flowers, number of fruits, height and coverage of the mirasol pepper plant in a commercial lot. A randomized block design with four repetitions was established, where three antagonistic strains of diseases plus the commercial control without inoculation were evaluated. In the results of the analysis of variance, no significant differences were found for the growth variables. However, in the comparison of means, a positive effect could be observed in the inoculation of the seedling for the growth variables, where strain 2 and 3 exceed the control on average by ten percent in the growth variables evaluated in culture, so they can be considered in future research as antagonistic strains for diseases in chili crops.

Key words: Strains, antagonism, diseases, chili

INTRODUCCIÓN

En México, la superficie establecida del cultivo de chile en el 2019 fue de 152, 772.55 ha⁻¹, de esta superficie el 23.20 % se produce en el estado de Zacatecas, en segundo lugar, se encuentra el estado de Chihuahua con 18.21 %, el estado de San Luis Potosí con 15.87 %, seguido del estado de Sinaloa con 10.91 %, el 31 .81 % se establecen en el resto de los estados en pequeñas superficies. En el estado de Zacatecas, se establecen 35,445.5 ha⁻¹, de diferentes tipos de chile, entre los más comunes que establecen los productores por demanda comercial son; mirasol 37.23 %, verde poblano 19.06 %, seco guajillo 7.72 %, puya 6.77 %, y el 29. 22 % se establecen otros tipos de chile en menor superficie (SIAP, 2019).

Los patógenos que se presentan en el cultivo de chile, es uno de los factores a los que se enfrentan los productores, el uso de productos químicos genera resistencia, toxicidad al ambiente y al ser humano. Por lo que urge utilizar otras opciones para el control de las enfermedades. La utilización de cepas aplicadas en el sistema radicular de la plántula de chile puede inhibir significativamente el efecto de la actividad infectiva de los patógenos como; *Phytophthora capsici*, *Rizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum*, mismos que son los agentes causales de marchitez en la planta de chile (Hernández-Castillo *et al.*, 2014).

La utilización de microorganismos y biofertilizantes aplicados en el cultivo de chile, contribuye a identificar cepas con mayor capacidad de adaptación y multiplicación en el suelo, el efecto de las cepas varía desde los 10 a 20 días después del trasplante, donde es notorio el incremento de altura de la planta (López-Gómez *et al.*, 2014). Los hongos micorrizicos que están presentes en el suelo, donde podemos encontrar *Glomus sp.*, sin embargo, de acuerdo al tamaño de la población, depende la efectividad y el incremento en el suelo y la adaptación, por lo que se pueden encontrar colonizaciones de estos hongos desde el 70 a 73 % en el sistema radicular, por lo que, el incremento de altura de las plantas es notorio, esto nos puede ayudar a disminuir el uso de fertilizantes químicos (Yildiz, 2010). El uso de micronutrientes es utilizado para hacer eficiente la aplicación de nutrientes, anqué el efecto entre diferentes cultivos varia, es notorio el incremento de altura, adelanto en floración, también es utilizada para compensar deficiencias de fertilización de cultivos (Ortas *et al.*, 2011). En las primeras semanas de aplicación de la cepa no hay evidencias significativas con respecto al testigo donde no se aplican las cepas, sin embargo, el efecto es notorio después de las seis semanas después de la aplicación. El efecto depende de la colonización de la cepa, la temperatura, luz, la humedad disponible en el sistema radicular (Rubio *et al.*, 1997). La utilización de cepas inhibe el desarrollo de los micelios de los patógenos, así mismo, reduce la severidad de la virulencia en plantas infectadas con marchitez causada por *Fusarium ssp.*, en chile (Mejía-Bautista *et al.*, 2016). El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la inoculación de cepas

aplicadas en el sistema radicular, sobre el número de flores, número de frutos, altura y cobertura de planta de chile mirasol.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dentro de las instalaciones del Campo Experimental Zacatecas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Ubicado en el kilómetro 24.5 de la carretera Zacatecas-Fresnillo, en el Municipio de Calera de Víctor Rosales, del estado de Zacatecas cuyas coordenadas son 22° 54' 18.61" N y 102° 39' 45.22" O.

Se evaluó la inoculación de tres cepas en el cultivo de chile, donde se utilizó semilla de chile cabañas, (material criollo). La producción de plántula fue desarrollada dentro del invernadero del Campo Experimental, donde se utilizaron charolas de 200 cavidades. Cuando la plántula obtuvo una altura de 12 cm y con cuatro hojas verdaderas se procedió al trasplante el 22 de abril del 2020, donde al mismo tiempo se realizó la inoculación en el sistema radicular de tres cepas; a) Cepa 1 *Fusarium* sp., b) Cepa 2 *Fusarium* sp., c) Cepa 3 *Fusarium* sp. y el testigo (sin aplicación de cepa), los cuales fueron establecidos bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Para visualizar el efecto de las cepas no se aplicó fertilización química en el trasplante, tampoco en el desarrollo del cultivo. La distancia entre plantas fue de 30 cm y 0.76 m entre surcos, se utilizó cintilla calibre 5000 de alto flujo con distanciamiento entre emisor de 20 cm. Se realizaron tres escardas al cultivo.

A los 61 días después del trasplante, dentro de cada repetición se seleccionó una planta con competencia completa, donde se midió la altura de planta, cobertura, y se contabilizó el número de flores y número de frutos por planta en cada tratamiento y repetición. A los datos obtenidos se les realizaron un análisis de varianza y comparación de medias usando el paquete SAS, 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

La precipitación acumulada desde el trasplante y durante el desarrollo del cultivo hasta el 4 de julio fue de 336.1 mm, de los cuales 245.5 se presentaron en el mes de julio en la etapa de floración del cultivo.

Al realizar el análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para altura de planta ($P = 0.392$), sin embargo, en la comparación de medias por el método de Tukey con $\alpha = 0.05$, se observó que la cepa 1 mostró la mayor altura de planta con 54.5 cm, seguida de la cepa 3 con 53.75 cm, el testigo fue el que reflejó la menor altura 50.0 cm (Cuadro 1). Este comportamiento concuerda con lo reportado por (Yildiz, 2010; López-Gómez *et al.*, 2014), donde señalan que la aplicación de las cepas muestra un efecto positivo favoreciendo la altura de planta. Así mismo, aunque en el análisis de varianza para

cobertura de planta no se encontraron diferencias significativas ($P = 0.877$) entre cepas, en la comparación de medias se pudo observar una tendencia positiva por efecto de la inoculación, donde la cepa 3 muestra mayor cobertura de planta con 46.62 cm, seguida de la cepa 1, la cepa 2 fue el de menor cobertura con 38.1 cm. También, se encontró un efecto positivo para diámetro del tallo de la planta por efecto de la aplicación de las cepas superando al testigo, aunque en el análisis de varianza para el diámetro de tallo no se encontraron diferencias significativas ($P = 0.611$) entre cepas, en la comparación de medias muestra que la cepa 2 es la que presenta mayor diámetro 13.82 mm, en segundo lugar, se encuentra la cepa 3, el testigo fue el tratamiento de menor diámetro de tallo con 11.79 mm.

Para el número de flores y número de frutos por planta el comportamiento de los tratamientos concuerdan con los reportados por (Ortas *et al.*, 2011), quienes señalan que la aplicación de cepas favorece el desarrollo de flores y número de frutos por planta. La utilización de las cepas de antagonistas de *Fusarium* pudo contribuir a reducir el desarrollo de la enfermedad de marchitez en los tratamientos de Chile.

Cuadro 1. Comparación de medias para las variables altura, cobertura, diámetro de tallo, número de frutos por planta y número de flores por planta en chiles inoculados por cepas en el ciclo primavera en Calera, Zacatecas.

Cepa	Altura de planta (cm)	Cobertura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Número de flores	Número de frutos
Cepa 1 <i>Fusarium</i> sp.	54.5a	40.87a	12.43a	18.0a	5.6a
Cepa 2 <i>Fusarium</i> sp.	53.42a	38.14a	13.82a	13.14a	7.5a
Cepa 3 <i>Fusarium</i> sp.	53.75a	43.62a	13.64a	19.62a	6.5a
Testigo (sin fertilización)	50.0a	38.62a	11.79a	14.75a	5.5a

Nota: Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Aunque la expresión de las cepas en los diferentes tratamientos pudiera atribuirse a la capacidad de adaptación y colonización de las mismas, sin embargo, también pudieron ser favorecidas por la presencia de la humedad durante el desarrollo del cultivo, reflejando una tendencia positiva respecto al testigo. Lo cual puede contribuir a reducir la utilización de productos químicos. Y se pudiera considerarse el comportamiento de las cepas para la identificación de cepas antagonistas de patógenos en futuras investigaciones.

CONCLUSIONES

La inoculación de las cepas mostró un efecto positivo en la adaptación e incremento en suelo, lo cual se reflejó en el desarrollo fisiológico de la planta. Las cepas más sobresalientes para las variables evaluadas fueron; Cepa 2 de *Fusarium* sp. y Cepa 3 de *Fusarium* sp.

REFERENCIAS

- Hernández- Castillo F. D.; Lira-Saldívar G.; Gallegos-Morales G.; Hernández-Suárez M. y Solís-Gaona S. 2014. Biocontrol de la marchitez de chile con tres especies de *Bacillus* y su efecto en el crecimiento y rendimiento. *Revista Internacional de Botánica Experimental*. 83:49-55
- López-Gómez B. F.; Alarcón A.; Quintero-Lizaola R. y Lara-Herrera A. 2014. Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares en dos sistemas de producción de chile. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6: 1203-1214
- Mejía-Bautista M. A.; Reyes-Ramírez A.; Cristobal-Alejo J.; Tun-Suarez J. M. y Borges-Gomez L. del C. 2016. *Bacillus* ssp. en el control de la marchitez causada por *fusarium* ssp. en *capsicum chinense*. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 208-222
- Ortas, L.; Sari, N.; Akpınar, C. and Yestisir, H. 2011. Screening mycorrhiza species for plant growth, P and Zn uptake in pepper seedling grow under greenhouse conditions. *Sci, Hortic*. 128: 92-98
- Rubio, H. R.; Cepeda, P. M.; Borie, B. F. y Contreras, N. A. 1997. Efecto de hongos micorrizógenos arbusculares sobre el crecimiento de algunas hortalizas en almácigo y posterior trasplante. *Agric. Téc. Chile*. 57:161-168.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2019. Anuario estadístico de la producción agrícola. <http://siap.gob.mx>
- Yildiz, A. 2010. A native *glomus* sp. from fields in aydin province and effects of native and comercial mycorrhizal funge inoculants on the growth of some vegetables. *Turk J. Biol*. 34: 447-452

IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS DE FRIJOL NEGRO OPACO SUPERIORES EN RENDIMIENTO BAJO TEMPORAL

IDENTIFICATION OF SUPERIOR OPAQUE BLACK BEAN LINES IN YIELD UNDER TEMPORARY

¹Cid- Ríos J. A.; ²Velazquez-Valle R.; ¹Figueroa-Gonzalez J. J. ¹Reveles-Hernández M.; y ¹Ramírez-Cabral N. Y. Z.

¹Campo 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. ²Campo Experimental Pabellón de Arteaga INIFAP, km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20671.

Autor para correspondencia: cid.angel@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue la identificación de líneas de frijol negro opaco sobresalientes en rendimiento por hectárea bajo condiciones de temporal para el estado de Zacatecas. Se evaluaron bajo condiciones de temporal 21 líneas de frijol negro opaco provenientes de un vivero de observación, las cuales fueron establecidas bajo un diseño látice 7 x 3, con tres repeticiones. En los resultados de no se encontraron diferencias significativas entre líneas, sin embargo, en la comparación de medias la línea 138 fue la de mayor rendimiento mostrando 2,044.0 kg ha⁻¹, así como las líneas 194, 137, 141 y 170, las cuales superan en rendimiento entre 6.4 y 7.62 por ciento más respecto al testigo Negro San Luis. Se considera que la variación del rendimiento que mostraron las líneas sobresalientes es atribuida a que poseen mayor resistencia a sequía, y a la adaptación de las líneas a la poca precipitación en floración y llenado de grano. Las cinco líneas sobresalientes pueden considerarse en el programa de mejoramiento para la generación de materiales con mayor resistencia a sequía y adaptación en las zonas de temporal en Zacatecas.

Palabras clave: Sequia, adaptación, línea y frijol.

ABSTRACT

The objective of this work was the identification of outstanding opaque black bean lines in yield per hectare under rainfed conditions for the state of Zacatecas. Twenty-one opaque black bean lines from an observation nursery were evaluated under rainfed conditions, which were established under a 7 x 3 lattice design, with three replications. In the results of no significant differences were found between lines, however, in the

comparison of means, line 138 was the one with the highest yield, showing 2,044.0 kg ha⁻¹, as well as lines 194, 137, 141 and 170, which surpassed in yield between 6.4 and 7.62 percent more than the control Negro San Luis. It is considered that the yield variation shown by the outstanding lines is attributed to the fact that they have greater resistance to drought, and to the adaptation of the lines to the low rainfall during flowering and grain filling. The five outstanding lines can be considered in the improvement program for the generation of materials with greater resistance to drought and adaptation in rainfed areas in Zacatecas.

Key words: Drought, adaptation, line and bean.

INTRODUCCIÓN

El frijol es una de las principales fuentes proteínicas, y propiedades nutritivas para los mexicanos. En el 2021, en México se establecieron 1,690,246.99 hectáreas de frijol, de las cuales el 87.93 por ciento se establecieron bajo condiciones de temporal y el 12.07 bajo condiciones de riego (SIAP, 2021). Además, se tiene conocimiento que dentro de las causas que provocan tener bajos rendimientos de frijol a nivel nacional bajo condiciones de temporal son principalmente la escasa y errática precipitación, la cual en ocasiones no satisface las necesidades del cultivo, así como la utilización de materiales no adaptados a las condiciones climáticas de la región. Por lo que en la selección de genotipos de frijol se debe considerar la adaptación, estabilidad y rendimiento por hectárea, tolerancia a enfermedades locales, que muestran en diversos ambientes, así mismo, se recomienda utilizar la media geométrica como otro criterio de selección (Villar *et al.*, 2003). Además, en la selección de líneas de frijol bajo condiciones de sequía es necesario que se seleccionen los materiales más sobresalientes en rendimiento y, adicional a esto se debe considerar la tolerancia de las enfermedades presentes en la región donde se pretende liberar la nueva variedad (Frahm *et al.*, 2003). Sin embargo, desde 1980 hasta la fecha, la selección de germoplasma de frijol bajo condiciones de temporal es la adaptación biológica y la disponibilidad de humedad durante el ciclo de cultivo, la rápida transición de fase vegetativa a la reproductiva, sin embargo, para poder seleccionar líneas de alta tolerancia sequía se debe considerar en los programas de mejoramiento genético la evaluación de germoplasma en sitios de baja precipitación para la identificación del acervo genético disponible para esas condiciones climáticas (Acosta *et al.*, 1999).

Además, cuando se desarrolla un nuevo germoplasma de frijol a base de alta tolerancia a sequía es recomendable que en generaciones tempranas se evalué el comportamiento en comparación de los progenitores, para identificación de individuos superiores (Beebe *et al.*, 2008). La falta de humedad en el cultivo de frijol en la etapa de floración bajo condiciones de temporal afecta considerablemente el número de vainas y granos por vaina, por consecuente la selección de germoplasma bajo este sistema de producción es el rendimiento por hectárea (Ramírez y Kelly, 1998). El objetivo de este trabajo fue la identificación de líneas de frijol negro opaco sobresalientes en rendimiento bajo condiciones de temporal para el estado de Zacatecas.

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 realizó la evaluación de 21 líneas de frijol negro opaco provenientes de un vivero de observación del Campo Experimental Zacatecas, las cuales fueron establecidos bajo un diseño de bloques incompletos látice rectangular 7 x 3 incluido el testigo regional Negro Zacatecas en tres repeticiones bajo condiciones de temporal, donde la unidad experimental consto de cinco metros lineales, con 10 cm entre plantas y 0.76 m entre surcos. Previo al establecimiento del experimento se presentaron 82.8 mm de precipitación en los primeros 10 días del mes de julio, mismos que se aprovecharon para el establecimiento del experimento. A los 113 días después de la siembra se realizó la cosecha de cada una de las líneas. Las muestras se desgranaron manualmente y se determinó el rendimiento por hectárea. Los resultados obtenidos se analizaron mediante el programa estadístico SAS 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el ciclo de cultivo se presentaron 343.8 mm, de los cuales el 58.23 por ciento de presento en la etapa de vegetativa, el 29.95 en la etapa de floración y el 11.80 en la etapa de llenado de grano. Al realizar el análisis de varianza para rendimiento por hectárea no se encontraron diferencias significativas entre líneas ($P=0.324$), sin

embargo, en la comparación de medias por el método Duncan al nivel de significancia del 0.05, se observó que la línea 138 fue el de mayor rendimiento, mostrando 2,044.0 kg ha⁻¹, así como las líneas 194, 137, 141 y 170 presentaron mayor rendimiento respecto al testigo. La línea de menor rendimiento fue 156 con 1,049.0 kg ha⁻¹ (Cuadro 1). El comportamiento de las líneas se puede atribuir a lo señalado por Beebe y colaboradores (2008), donde señalan que el germoplasma de mayor tolerancia a sequía produce mayor rendimiento por hectárea. Acosta y colaboradores (1999), señalan que para la selección de germoplasma además del rendimiento se debe tomar en cuenta la calidad comercial de grano, caracteres de mediana y alta heredabilidad tales como; tamaño de grano, color, brillo y tolerancia a plagas y enfermedades de la región.

Cuadro 1. Comparación de medias por el método de Duncan, para rendimiento por de grano por hectárea de 21 líneas de frijol negro opaco, bajo condiciones de temporal en primavera-verano 2021, en Calera Zacatecas.

Línea	Media(kg ha ⁻¹)	Línea	Media(kg ha ⁻¹)	Línea	Media(kg ha ⁻¹)
138	2.044	a 6	1.657	a 156	1.049
194	1.918	a 122	1.616	a	
137	1.909	a 90	1.601	a	
141	1.902	a 187	1.551	a	
170	1.894	a 54	1.524	a	
*NZAC	1.772	a 44	1.471	a	
29	1.741	a 149	1.381	a	
86	1.712	a 132	1.291	a	
168	1.710	a 104	1.241	a	
184	1.667	a 57	1.090	a	

Nota: Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. *=Testigo
C.V. 32.58 Negro Zacatecas

CONCLUSIONES

Se identificaron cinco líneas superiores en rendimiento de grano por hectárea comparadas con el material testigo, las cuales se pueden considerar en el programa de mejoramiento genético, para la generación de nuevas variedades de frijol negro opaco para el estado de Zacatecas bajo condiciones de temporal. Sin embargo, es necesario la evaluación en diferentes ambientes con diferentes niveles de humedad para la correcta identificación de germoplasma con tolerancia a sequía.

REFERENCIAS

- Acosta J. A.; Acosta E.; Padilla S.; Goytia Ma. A.; Rosales R. y López E. 1999. Mejoramiento de la resistencia a la sequía del frijol común en México. *Agronomía Mesoamericana*. 10: 83-90
- Beebe S. E.; Rao I. M.; Cajiao C. and Grajales M. 2008. Selection for drought resistance in common bean also improves yield in phosphorus limited and favorable environments. *Crop Science*. 48: 582-592
- Frahm, M.; Rosas, J. C.; Mayek, N.; López, E.; Acosta, J. A.; Kelly, J. D. 2003. Resistencia a sequía terminal en frijol negro tropical Comportamiento de variedades de maíz normal y con alta calidad de proteína para la región Golfo de México. *Agronomía Mesoamericana*. 14:143-150
- Ramírez V. P. y Kelly J. D. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica*. 99: 127-136
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2016. Anuario estadístico de la producción agrícola. <http://siap.gob.mx>
- Villar S., B.; López S., E. y Acosta G., J. A. 2003. Selección de genotipos de frijol por rendimiento y resistencia al mosaico dorado y suelos ácidos. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 26: 109-114

CALIDAD GALLETERA Y NUTRIMENTAL DE GALLETAS DE HARINA DE AMARANTO Y YUCA LIBRES DE GLUTEN

Martínez Cruz Eliel^{1*}, Espitia-Rangel Eduardo¹, Vargas-Galindo Guadalupe Idai², Robles-Granillo Gareli² y Morales-Guzmán Víctor²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX). Km.13.5 de la Carretera los Reyes-Textcoco, Coatlinchán, Textcoco, Estado de México, 56250, México, ²Universidad Tecnológica de Xicoteppec de Juárez. Av. Universidad Tecnológica No. 1000, Tierra Negra, 73080 Xicoteppec de Juárez, Puebla. *Autor para correspondencia: martinez.eliel@inifap.gob.mx

RESUMEN

Debido a la calidad nutricional del grano de amaranto y a la ausencia de gluten en la harina de yuca y amaranto, ambas harinas pueden sustituir a la harina refinada de trigo en la elaboración de productos de galletería y ser una opción saludable para el consumidor intolerante al gluten, sin embargo, es necesario evaluar el comportamiento de la mezcla de las harinas sobre la calidad galletera y nutricional. Por lo que el objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad galletera y nutricional de mezclas de harina integral de amaranto (HA) y harina de yuca (HY) y compararlas con galletas de harina refinada de trigo (HT). Se elaboraron galletas con 100 % HT, HY y HA, así como las mezclas: 25% HY/75 % HA, 50% HY/50 % HA, 75% HY/25 % HA. De manera general se observó que al incrementar en la mezcla el porcentaje de harina de amaranto disminuyó el factor galletero, pero se observaron valores altos de fibra y proteína. Mientras que las mezclas con mayor porcentaje de yuca superaron al factor galletero del tratamiento con 100 % de HT, pero disminuyeron su porcentaje de fibra y proteína. Se identificó la mezcla de 50 % de harina de amaranto y 50 % de harina de yuca que presentó valores similares de factor galletero respecto a la harina refinada de trigo, pero mayores concentraciones de fibra. Con base en lo anterior mediante el uso de mezclas de harina de amaranto integral y harina de yuca es posible mantener el rendimiento galletero, similar a la harina refinada de trigo y favorecer el aporte de mayor cantidad de fibra. Adicionalmente la utilización de harinas de amaranto y yuca en productos de galletería pueden estimular la siembra de estos cultivos, asimismo el consumidor podría disponer de una galleta de mejor calidad nutricional e inofensiva para la población intolerante al gluten.

Palabras Clave: Calidad galletera, calidad nutrimental, harina de amaranto y yuca.

ABSTRACT

Due to the nutritional quality of grain amaranth and the absence of gluten in cassava and amaranth flour, both flours can replace refined flour wheat in the preparation of biscuit products and be a healthy option for the gluten-intolerant consumer, however, it is necessary to evaluate

the behavior of the mixture of flours on the cookie and nutritional quality. Therefore, the objective of this research was to evaluate the biscuit and nutritional quality of mixtures of whole amaranth flour (HA) and cassava flour (HY) and compare them with refined wheat flour (HT) cookies. Biscuits were made with 100% HT, HY and HA, as well as mixtures: 25% HY/75% HA, 50% HY/50% HA, 75% HY/25% HA. In general, it was observed that when the percentage of amaranth flour increased in the mixture, the biscuit factor decreased, but high values of fiber and protein were observed. The mixture of 50% amaranth flour and 50% cassava flour showed similar values of biscuit factor with respect to refined wheat flour, but higher fiber concentrations. Based on the above, through the use of mixtures of whole amaranth flour and cassava flour, it is possible to maintain the cookie yield, similar to refined wheat flour and favor the contribution of more fiber. Additionally, the use of amaranth and cassava flours in biscuit products can stimulate the planting surface of these crops, and the consumer could also have a better nutritional quality cookie and harmless for the gluten-intolerant population.

Keywords: Biscuit quality, nutritional quality, flour amaranth and cassava.

INTRODUCCIÓN

En nuestro país el consumo per cápita de galletas es 5.9 kg siendo la principal materia prima en la elaboración de estos productos la harina refinada de trigo (CANIMOLT, 2016). Una de las causas de la obesidad en infantes y adultos en México se debe la pérdida de balance entre la ingestión de energía y el gasto debido al consumo de alimentos ricos en energía como lo son las harinas refinadas. Por otro lado, Aguilar-Olivos *et al.* (2016) encontraron que la prevalencia a la enfermedad celiaca (padecimiento por intolerancia al gluten, que se manifiesta principalmente por diarrea, malabsorción y pérdida de peso) en la ciudad de México fue de 2.1 %, dicho valor duplica al valor mundial reportado. El gluten se define como una red polimérica visco-elástica conformada por las proteínas gluteninas y gliadinas presentes en la harina de trigo (Biesiekierski, 2017); mientras que los granos de pseudocereales como el amaranto y quinoa así tubérculos como la papa son catalogados libres de gluten (Xu *et al.*, 2020). Para ayudar a contrarrestar los efectos de esta problemática de salud una opción es la utilización de harinas libres de gluten en la elaboración de productos de galletería.

Existen numerosos estudios en donde se refiere que los granos de amaranto (*Amaranthus* spp.), pueden ser utilizados en productos de galletería (Bhat *et al.*, 2015). Los beneficios nutricionales por el uso del amaranto se deben a su mayor cantidad y calidad nutricional de sus proteínas debido a la mayor concentración de aminoácidos esenciales como lisina, metionina y treonina (Joshi *et al.*, 2018). Por otro lado, el consumo de fibra dietética favorece el tránsito intestinal, actúa como prebiótico y ejerce efectos biológicos sobre los sistemas cardiovascular e inmune (Ötles y Ozgoz, 2014). Por estas características el grano de amaranto es reconocido como nutraceutico, es decir, que su consumo tiene un efecto favorable sobre

la nutrición y salud del consumidor (Joshi *et al.*, 2018). A pesar de lo antes expuesto, en México no existe un interés por el cultivo y se refleja en su bajo consumo per cápita el cual fue de 43 g para el año 2019 (SIAP, 2020). El amaranto reventado en forma de “alegría” es el modo de consumo más frecuente en México.

Por otro lado, el tubérculo de la yuca (*Manihot esculenta*) es rica en carbohidratos, (almidón), vitaminas C, B₂ y B₆; y minerales como magnesio y potasio (Montaldo, 1985). Y su cultivo tiene la ventaja potencial de generar calorías a menor costo, en suelos improductivos. Además, su extracción y utilización como harina del tubérculo diversifica su uso, de tal manera que se ha utilizado harina de yuca en mezclas con harina de trigo en la elaboración de panes y galletas (Colina *et al.*, 2016).

Con base a lo anterior la sustitución de harinas del grano de amaranto y yuca en la elaboración de productos de galletería pueden diversificar su uso y favorecer su consumo, así como pueden ser una opción saludable para el consumidor. Por lo que el objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad galletera y nutricional de mezclas de harina de amaranto y yuca en comparación con las galletas de harina refinada de trigo.

MATERIALES Y METODOS

Como testigo se utilizó la harina refinada de trigo (HT) de la variedad Urbina S2007 que es de masa débil-extensible apropiada para la industria de la galletería en México. La harina refinada de trigo se obtuvo en el laboratorio de calidad de trigo del INIFAP. Se utilizaron las harinas comerciales de yuca y amaranto de la marca Cerepak® (HY) y Al calor del sol® (HA), respectivamente. Se elaboraron las galletas con 100 % de HT, HY y HA, así como las mezclas: 25% HY/75 % HA, 50% HY/50 % HA, 75% HY/25 % HA. La calidad galletera estimada como factor galletero se realizó mediante el método 10-54 (AACC, 2005). La masa se laminó a 0.9 cm de grosor y moldeó con un diámetro de 5.5 cm posteriormente se horneó durante 25 min a 220°C. El factor galletero se determinó utilizando 5 galletas homogéneas en cuanto a tamaño y forma, se midió el diámetro de cada una y su altura con un vernier. El factor galletero se calculó mediante la fórmula W/L donde: W = suma de los promedios de cinco diámetros y L = altura de las cinco galletas una sobre la otra. Los resultados se clasificaron con base en: factor galletero excelente de 5.0 - 6.0, muy bueno de 4.5 - 4.9, bueno de 4.0 - 4.4, regular de 3.5 - 3.9 y no apto < 3.4. Dicha variable de manera comercial se expresa en la obtención de mayor número de galletas por cantidad de harina utilizada en su elaboración. La determinación del contenido de fibra cruda se realizó con base a la Norma Oficial Mexicana, NMX-F613-NORMEX-2017 (NMX, 2017), mientras que el contenido de proteína cruda se calculó con base en el método de Kjeldahl y la Norma Oficial Mexicana, NMX-F608-NORMEX-2011 (NMX, 2011). Con la variable factor galletero se efectuó un análisis de varianza con el

paquete estadístico SAS y se utilizó la prueba de Tukey ≤ 0.05 para indicar las diferencias entre los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de factor galletero variaron de 3.7 a 7.2, por lo que se clasificaron de regular a excelente. El valor más alto de factor galletero (7.2, excelente) lo presentó el tratamiento con 75 % de harina de yuca y 25 % de harina de amaranto, seguida por el de 100 % de harina de yuca que se clasificó como muy buena, Cuadro 1. Ambos tratamientos con los porcentajes más altos de yuca superaron al tratamiento testigo de 100 % de harina refinada de trigo de la variedad Urbina S2007. Un valor más alto de factor galletero indica que se incrementó el diámetro de la galleta lo que aumentó el rendimiento galletero lo que se traduce de manera comercial como mayor cantidad de galletas por cantidad de harina utilizada. Por otro lado, se observó que al acrecentar en la mezcla el porcentaje de harina de amaranto disminuyó el factor galletero. De tal manera que las combinaciones con 75 % y 100 % de harina de amaranto presentaron factores galleteros menores a 4.0 los cuales se clasificaron como regulares, lo anterior concuerda con Sindhuja *et al.* (2005) quienes reportaron reducciones 10 – 20% en el diámetro de la galleta cuando se sustituyó de 10 a 35 % de harina de amaranto en mezclas con harina de trigo.

Cuadro 1. Comparación de medias del factor galletero por tratamiento de mezclas de harina de yuca y amaranto.

Tratamiento	Factor galletero	Calidad galletera
75% HY/25% HA	7.2 a*	Excelente
100% HY	4.5 b	Muy buena
100% HT	4.1 b	Buena
50% HA /50% HY	4.1 b	Buena
100% HA	3.9 b	Regular
75% HA/25% HY	3.7 b	Regular
DMS	2.2	

HY= harina de yuca; HA = harina de amaranto; HT = harina de trigo; DMS = diferencia mínima significativa. * valores con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales.

Las concentraciones de fibra variaron de 1.7 a 4.9 % y de proteína 1.8 a 8.0. Siendo las galletas con 100 % de harina de amaranto las que presentaron los valores más altos de fibra y proteína. La concentración de fibra se duplicó de la galleta de amaranto respecto a la de harina de trigo refinada, Cuadro 2. Las combinaciones con los contenidos de 50 y 75 % de harina de amaranto superaron en fibra a las galletas elaboradas con harina refinada de trigo, lo anterior se debe al uso de harina de amaranto integral, lo cual favorece la presencia de fibra. Lo anterior concuerda con Aderibigbe *et al.* (2022) quienes reiteran la mayor cantidad de fibra y proteína que contiene el grano de amaranto respecto al del trigo y maíz. Para el caso de las galletas elaboradas con los porcentajes más altos (75 y 100) de yuca presentaron

valores bajos de fibra y proteína. De tal manera que la combinación de 75 % de harina de yuca y 25 % de harina de amaranto que favoreció el rendimiento galletero, presentó valores bajos de fibra y proteína respecto a la harina refinada de trigo. Comportamiento inverso presentó la combinación de 75 % de harina de amaranto y 25 % de harina de yuca. Sin embargo, se identificó la mezcla de 50 % harina de amaranto y 50 % de harina de yuca que presentó valores similares de factor galletero a la harina refinada de trigo, pero valores mayores de fibra. Dicha combinación puede ser una opción que mantenga el rendimiento galletero y un contenido mayor de fibra, por otro lado, es una opción como una galleta libre de gluten. Es importante indicar que las galletas elaboradas con 100 % de amaranto fueron clasificadas como regulares, por su factor galletero, lo que disminuye ligeramente su rendimiento galletero respecto a la harina de trigo, sin embargo, es importante considerar su mayor aporte nutricional de fibra y proteína.

Cuadro 2. Valores promedio de variables bioquímicas por tratamiento de mezclas de harina de yuca y amaranto.

	FC (%)	PG (%)
100 % HA	4.9	8.0
75 % HA/25 % HY	4.0	6.3
50 % HA/50 % HY	3.0	4.7
100 % HT	2.4	6.7
75 % HY/25 % HA	2.2	3.0
100% HY	1.7	1.2

HY= harina de yuca; HA = harina de amaranto; HT = harina de trigo; FC = contenido de fibra cruda; PG = contenido de proteína cruda.

CONCLUSIONES

Es posible mediante el uso de mezclas de harina de amaranto integral y harina de yuca mantener el rendimiento galletero, similar a la harina refinada de trigo y favorecer el aporte de mayor cantidad de fibra. El uso de la harina de amaranto y yuca en la elaboración de productos de galletería puede estimular la producción nacional de estos cultivos y el consumidor intolerante al gluten puede disponer de una galleta inofensiva para su consumo.

REFERENCIAS

- AACC (American Association of Cereal Chemists). 2005. Approved Methods of the AACC. (9th ed.). American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, USA.
- Aderibigbe, O. R., Ezekiel, O. O., Owolade, S. O., Korese, J. K., Sturm, B., and Hensel, O. 2022. Exploring the potentials of underutilized grain amaranth (*Amaranthus* spp.) along the value chain for food and nutrition security: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(3), 656-669.
- Aguilar-Olivos, N. E., Motola-Kuba, M., Toapanta-Yanchapaxi, L., Lavenant-Borja, I., Uribe, M., y Lizardi-Cervera, J. 2016. Prevalencia de la enfermedad celíaca en una población mexicana. *Médica Sur*, 22(2), 64-69.

- Bhat, A., Satpathy, G. and Gupta, R. K. 2015. Evaluation of Nutraceutical properties of *Amaranthus hypochondriacus* L. grains and formulation of value added cookies. *J. Pharmacogn. Phytochem.* 3(5): 51-54.
- Biesiekierski, J. R. 2017. What is gluten?. *Journal of gastroenterology and hepatology*, 32, 78-81.
- CANIMOLT, Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo. 2016. Reporte Estadístico 2015 con datos del 2016. https://issuu.com/canimolt/docs/reporte_estadi_stico_2015_2016
- Colina, R., Laguado, N., Faneite, A., Romero, A. B., y de Oro, S. G. 2016. Evaluación de galletas dulces preparadas con harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) deshidratada al sol como sustituto del trigo. *Revista de la Facultad de Agronomía* 33: 358-374.
- Joshi, D. C. Sood, S. Hosahatti, R. Kant, L. Pattanayak, A. Kumar, A.; Yadav, D. and Stetter, M. G. 2018. From zero to hero: the past, present and future of grain amaranth breeding. *Theor. Appl. Genet.*, 131(9): 1807-1823.
- Montaldo, A. (1985). La yuca o mandioca: cultivo, industrialización, aspectos económicos, empleo en la alimentación animal, mejoramiento (Vol. 38). Editorial IICA. San José, Costa Rica. 321 p.
- NMX-F613-NORMEX-2017. Norma Oficial Mexicana. ALIMENTOS-DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA EN ALIMENTOS-MÉTODO DE PRUEBA. Diario Oficial de la Federación, 5 de junio de 2018.
- NMX-F608-NORMEX-2011. Norma Oficial Mexicana. ALIMENTOS-DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS EN ALIMENTOS-MÉTODO DE ENSAYO (PRUEBA). Diario Oficial de la Federación, 21 de agosto de 2014.
- Ötles, S. and Ozgoz, S. 2014. Health effects of dietary fiber. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 13(2), 191-202.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Panorama Agroalimentario 2020. <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2020/11/Atlas-Agroalimentario-2020.pdf>
- Sindhuja, A., Sudha, M. L., and Rahim, A. 2005. Effect of incorporation of amaranth flour on the quality of cookies. *European Food Research and Technology*, 221(5): 597-601.
- Xu, J., Zhang, Y., Wang, W., and Li, Y. 2020. Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends in food science & technology*, 103: 200-213.

RENDIMIENTO DE GRANO E ÍNDICE DE COSECHA DE POBLACIONES NATIVAS E HÍBRIDOS DE MAÍZ EN EL CENTRO DE TAMAULIPAS

Zoila Reséndiz Ramirez^{1*}, Cesar A. Reyes Méndez¹, José Alberto López Santillán², Benigno Estrada Drouaillet²,

¹INIFAP-Campo Experimental Río Bravo, Carretera Matamoros-Reynosa, km 61. C.P. 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México. ²Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Adolfo López Mateos, C.P. 87000, Cd. Victoria, Tamaulipas, México. * resendiz.zoila@inifap.gob.mx

RESUMEN

Cultivares de maíz de alto potencial de rendimiento con índice de cosecha alto, presentan adaptación a condiciones ambientales restringidas, como alta temperatura y competencia entre plantas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el índice de cosecha y rendimiento de grano de cultivares de maíz híbridos y nativos en diferentes densidades de población. El trabajo se realizó en la Universidad Autónoma de Tamaulipas, en el municipio de Güémez, Tamaulipas; se evaluó el rendimiento de grano por planta y por hectárea, biomasa total de planta e índice de cosecha de los cultivares H-440, H-439, CAM, VCII y VHA en tres densidades de población (25, 50 y 75 mil plantas ha⁻¹); en un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas. Se observó una alta interacción entre los cultivares y las densidades de población establecidas; asimismo, el híbrido H-439 sobresalió con mayor rendimiento de grano y mayor aptitud competitiva, por otro lado, el cultivar nativo VHA obtuvo un alto índice de cosecha estable a través de las densidades de población lo cual le permitió mantener un alto rendimiento de grano en altas densidades de población. Se concluye que los cultivares con índices de cosecha y potencial de rendimiento alto, presentan mayor rendimiento de grano en condiciones de alta competencia entre plantas; el índice de cosecha puede ser un criterio de selección y evaluación para cultivares de maíz en altas densidades de población. La población nativa VHA es un cultivar adaptado a alta competencia entre plantas.

Palabras claves: rendimiento de grano, biomasa total, maíz.

ABSTRACT

Maize cultivars with high yield potential and high harvest index, show adaptation to restricted environmental conditions, such as high temperature and competition between plants. The objective of this study was to evaluate the harvest index and grain yield of hybrid and native maize cultivars at different population densities. This work was carried out at the Universidad Autónoma de Tamaulipas, in Güémez, Tamaulipas; grain yield per plant and per hectare, total plant biomass and harvest index of cultivars H-440, H-439, Cam, VCII and VHA were evaluated

at three population densities (25, 50 and 75 thousand plants ha⁻¹); in a randomized complete block design with an array of split-plot. There was interaction between cultivars and established population densities; similarly, the hybrid H-439 stood out with a higher grain yield and greater competitive aptitude, secondly, the native cultivar VHA with a high stable harvest index through population densities, which allowed it to maintain a high grain yield in high population densities. It concludes that cultivars with high harvest indices and yield potential have higher grain yields under conditions of high competition between plants; the harvest index can be a selection and evaluation criterion for maize cultivars at high population densities. The native population VHA is a cultivar adapted to high competition between plants.

Key words: grain yield, total biomass, harvest index.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz en Tamaulipas se establece en 40 de los 43 municipios del Estado; con una superficie superior a las 150 mil hectáreas anuales, principalmente para la producción de grano (SIAP, 2022). En el Centro y Sur del Estado de Tamaulipas, bajo condiciones de temporal o riego restringido y altas temperaturas se establecen variedades, generaciones avanzadas o poblaciones nativas de maíz, sin embargo, en muchos de los casos estos cultivares presentan rendimiento de grano bajo y poca adaptación a las condiciones particulares de cada región (Pecina *et al.*, 2011; Castro *et al.*, 2013). Así mismo, bajo estas condiciones la utilización de híbridos comerciales con alto potencial de rendimiento de grano es inviable, debido principalmente al costo que presenta la semilla de este tipo de cultivares, lo cual no es rentable debido a los bajos rendimientos de grano que se obtienen (Reséndiz *et al.*, 2014). En esta región muchos agricultores resguardan germoplasma de maíz nativo con características agronómicas sobresalientes (Pecina *et al.*, 2011); sin embargo, debido a múltiples razones su utilización es restringida; lo que a su vez permite un aumento del riesgo de pérdida o degradación de este recurso fitogenético; la limitada utilización de este germoplasma es debida en parte al desconocimiento de su amplio potencial; por otra parte, debido a las condiciones agroecológicas restringidas en las que se establece el maíz en estas regiones, se requiere cultivares adaptados a las condiciones específicas del Centro de Tamaulipas con alta eficiencia en la producción de grano, lo que permite establecerlos con densidades de población superiores a las normalmente utilizadas (López *et al.*, 2004). Una opción viable para subsanar la problemática que se presentan en esta región es el uso de cultivares nativos; de manera general, se considera que cultivares de maíz de alto potencial de rendimiento con índice de cosecha alto, presentaran adaptación a condiciones ambientales restringidas, como alta temperatura, es decir, temperaturas máximas superiores a 38°C y alta competencia entre plantas; por lo anterior, el presente trabajo se estableció con el objetivo de

evaluar el índice de cosecha y rendimiento de grano de cultivares nativos e híbridos de maíz con diferentes densidades de población.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en la Posta Zootécnica Ing. Herminio García González, perteneciente a la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, ubicada en el km 22.5 de la carretera Cd. Victoria-Monterrey, en el municipio de Güémez, Tam. Se establecieron ocho fechas de siembra, cuatro durante el ciclo otoño-invierno 2018-2019 y cuatro en el ciclo primavera-verano 2019; se evaluaron dos híbridos comerciales de maíz, H-440 y H-439 provenientes del INIFAP – Campo Experimental Río Bravo (CERIB) y tres poblaciones nativas del Centro y Sur de Tamaulipas, CAM, VCII y VHA en tres densidades de población (25, 50 y 75 mil plantas ha⁻¹). En Cada fecha de siembra se estableció en un diseño de bloques completos al azar con un arreglo de parcelas divididas donde la parcela grande fue la densidad de población y la parcela chica los cultivares, con tres repeticiones. El tamaño de la unidad experimental fue un surco con 5 m de longitud y una separación entre surco de 0.80 m, bajo condiciones de riego. El manejo agronómico se estableció acorde a las recomendaciones del INIFAP-CERIB para la producción de maíz en el Centro y Sur de Tamaulipas (Reyes, 2017a; Reyes, 2017b). Se evaluó el rendimiento de grano por planta (RGP, en g) y por hectárea (RGHa, en kg ha⁻¹) al 14 % de humedad, biomasa total de la planta (BTP, en g) e índice de cosecha (IC, en %). Con la finalidad de evaluar el efecto de la densidad de población sobre los cultivares se promediaron los datos obtenidos de las ocho fechas de siembra y se analizaron con el programa estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2011), mediante un análisis de varianza y se realizó una comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron efectos estadísticos significativos ($P \leq 0.01$) entre cultivares y entre densidades de población en todas las variables evaluadas y significancia estadística ($P \leq 0.05$) para la interacción cultivar por densidad de población para el RGP, RGHa y BTP; mientras que esta interacción no fue significativa ($P \geq 0.05$) para el IC (Cuadro 1). Lo anterior, indica que existen diferencias en la aptitud competitiva entre los cultivares de maíz evaluados y muestra que el efecto de la densidad de población es diferente en cada cultivar (López *et al.*, 2004); por lo cual se procedió a analizar el comportamiento de los cultivares en cada una de estas variables dentro de cada densidad de población y el efecto de la densidad de población dentro de cada cultivar. Lo anterior demuestra la necesidad de establecer recomendaciones de manejo agronómico como la densidad de población para cada cultivar en específico.

Cuadro 1. Resultados del análisis de varianza para rendimiento de grano, biomasa total de planta e índice de cosecha de cultivares de maíz en diferentes densidades de población, Güemez, Tamaulipas, O-I y PV 2019 en diferentes densidades de población.

Fuente	GL	SC	CM	Pr > F
RGP				
Cultivar	4	10581.7	2645.4	<.0001
Densidad de población	2	1727.8	863.9	<.0001
Cultivar × DP	8	517.8	64.7	0.0222
RGHa				
Cultivar	4	39965514.8	9991378.7	<.0001
Densidad de población	2	74409125.9	37204562.9	<.0001
Cultivar × DP	8	6155509.1	769438.6	<.0001
BTP				
Cultivar	4	305084.9	76271.2	<.0001
Densidad de población	2	108741.1	54370.5	<.0001
Cultivar × DP	8	38209.5	4776.2	<.0001
ÍC				
Cultivar	4	905.2	226.3	<.0001
Densidad de población	2	196.3	98.2	<.0001
Cultivar × DP	8	15.1	1.9	0.5577

GL = Grados de Libertad; SC = Suma de cuadrados; CM = Cuadrados medios; DP = Densidad de población; RGP = Rendimiento de grano por planta; RGHa = Rendimiento de grano por hectárea; BTP = Biomasa total de la planta; IC= índice de Cosecha.

En la tres densidades de población establecidas, el híbrido H-439 mostró un mayor rendimiento de grano por hectárea y por planta en comparación al resto de los cultivares evaluados, solamente fue igualado en estas variables por el cultivar VCII en la densidad de población de 25 mil plantas ha⁻¹ (Cuadro 2); los cultivares evaluados aumentaron el rendimiento de grano por hectárea conforme se aumentó la densidad de población, sin embargo, sobresalen los cultivares VCII, VHA y H-439 con un aumento superior al 100 % el RGHa, cuando se aumentó la densidad de población de 50 mil a 75 mil plantas ha⁻¹; dentro de estos, el híbrido H-439 sobresale por tener un alto potencial de rendimiento de grano (Reyes y Cantú, 2005). De manera general el mayor RGHa en la densidad de población de 75 mil plantas ha⁻¹ de los cultivares VHA y H-439, este último superó estadísticamente al VHA, con un rendimiento de y 8,404 kg ha⁻¹ mientras VHA tuvo 5,629 kg ha⁻¹. El rendimiento de ambas poblaciones se debió a un mantenimiento estable del rendimiento de grano por planta entre las diferentes densidades (Cuadro 2), lo que demuestra la mayor aptitud competitiva de estos cultivares (López *et al.*, 2004).

Cuadro 2. Rendimiento de grano por hectárea y por planta de poblaciones nativas e híbridos de maíz en diferentes densidades de población.

Cultiva r	RGHa (kg ha ⁻¹)			RGP (g)		
	25	50	75	25	50	75
VCII	3,473 a C	4,883 b B	5,817 c A	112 a A	101 b A	87 b B
VHA	2,556 b C	4,382 bc B	6,529 b A	90 b A	87 c A	86 b A
CAM	2,068 b C	3,891 c B	4,605 d A	88 b A	79 c AB	72 c B
H-440	2,606 b C	4,040 c B	5,056 d A	89 b A	77 c AB	67 c B
H-439	4,002 a C	6,380 a B	8,404 a A	123 a A	118 A A	116 a A

RGHa = Rendimiento de grano por hectárea; 25, 50 y 75 = Densidades de población (mil plantas ha⁻¹); a, b Promedios con distinta literal en minúscula por columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$); A, B Promedios con distinta literal en mayúscula por hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, ≤ 0.05).

Para la producción de biomasa total por planta los cultivares VCII y H-439 presentaron promedios superiores al resto de los cultivares evaluados en las tres densidades de población evaluadas; el cultivar VCII presentó una mayor reducción en esta variable conforme se aumentó la densidad de población, lo anterior, en conjunto con una reducción del rendimiento de grano por efecto de una mayor competencia entre plantas y el más bajo índice de cosecha (Cuadro 3), muestran que es un cultivar con baja eficiencia en la partición de la biomasa en los órganos de interés económico (grano). Por otra parte, el híbrido H-439, redujo en menor medida la producción de biomasa total por planta por efecto del aumento de la densidad de población y esto aunado a un mayor índice de cosecha 31.1 %, permitió una mejor adaptación a condiciones de alta competencia entre plantas (Reyes y Cantú, 2005). De manera contraria, el cultivar VHA mostró una menor biomasa total de planta en las tres densidades de población, sin embargo, obtuvo el mayor índice de cosecha en comparación al resto de los cultivares evaluados; lo cual demuestra una mayor eficiencia en la producción de grano (Cuadro 3).

Cuadro 3. Biomasa total de planta de poblaciones nativas e híbridos de maíz en diferentes densidades de población e índice de cosecha.

Cultivar	BTP (g)			IC (%)
	25	50	75	
VCII	580 a A	416 a B	340 a B	23 D
VHA	259 d A	234 b A	231 b A	36 a
CAM	362 c A	273 b B	234 b B	28 c

H-440	294 d A	227 b A	190 b B	33 b
H-439	435 b A	366 a AB	352 a B	31 b

BTP= Biomasa total de planta; IC = Índice de cosecha; 25, 50 y 75 = Densidades de población (mil plantas ha⁻¹); ^{a, b} Promedios con distinta literal en minúscula por columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$); ^{A, B} Promedios con distinta literal en mayúscula por hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

El índice de cosecha se mantuvo estadísticamente similar entre las densidades de población de 50 y 75 mil plantas ha⁻¹ 31.3 y 32.4 % respectivamente, estadísticamente superior al índice de cosecha de la densidad de población de 25 mil plantas ha⁻¹ con 27.5 % (Datos no presentados); esto demuestra que la reducción de competencia permite un mayor desarrollo de los órganos vegetativos lo cual provocó una reducción en la eficiencia en la producción de grano en la densidad de 25 mil plantas ha⁻¹.

CONCLUSIONES

Cultivares con índices de cosecha y potencial de rendimiento alto, presentan mayor rendimiento de grano en condiciones de alta competencia entre plantas; el índice de cosecha puede ser un criterio de selección y evaluación para cultivares de maíz en altas densidades de población. Todos los cultivares incrementaron el rendimiento por hectárea a medida que se incrementó la densidad de siembra; el H-439 fue el que tuvo mayor rendimiento y superó a los demás cultivares en rendimiento de grano por planta. La población nativa VHA es un cultivar adaptado a alta competencia entre plantas.

REFERENCIAS

- Castro, N. S., J. A. López S., J. A. Pecina M., M. C. Mendoza C. y C. A. Reyes M. (2013). Exploración de germoplasma nativo de maíz en el centro y sur de Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 4:645-653.
- López, S., J. A., C. A. Reyes M., S. Castro N. y F. Briones E. (2004). Componentes del crecimiento de grano de cultivares prolíficos de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 27:23-26.
- Pecina, M., J. A. M. C. Mendoza C., J. A. López S., F. Castillo G., M. Mendoza R. y J. Ortiz C. (2011) Rendimiento de grano y sus componentes en maíces nativos de Tamaulipas evaluados en ambientes contrastantes. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 34:85-92.
- Reséndiz, R., Z., J. A. López S., F. Briones E., M. C. Mendoza C. y S. E. Varela F. (2014). Situación actual de los sistemas de producción de grano de maíz en Tamaulipas, México. *Investigación y Ciencia*. 22:69-75.
- Reyes, M., C. A. (2017a). Maíz de riego para el norte y centro de Tamaulipas, ciclo P-V. INIFAP-SAGARPA-COFUPRO. *Agenda Técnica Agrícola, Tamaulipas*. pp:266-268.
- Reyes, M., C. A. (2017b). Maíz de riego para el norte y centro de Tamaulipas, ciclo O-I. INIFAP-SAGARPA-COFUPRO. *Agenda Técnica Agrícola, Tamaulipas*. pp:329-331.

- Reyes, M., C. A. y M. A. Cantú A. (2005). H-439, nuevo híbrido trilineal de maíz para áreas de riego en el subtrópico de México. *Agricultura Técnica en México*. 31:97-100
- SAS Institute (2011). SAS/STAT® 9.3 User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 8640 p.
- SIAP, Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2022). 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/> (julio 2022).

PRÁCTICAS DE MANEJO PARA PREPARAR LAS CAMAS DE SIEMBRA PARA EL ZACATE BUFFEL (*Cenchrus ciliaris* L.) EN EL SURESTE DE COAHUILA

¹Ramón Gutiérrez Luna, ²Francisco Castillo Reyes y ²David Castillo Quiroz

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Zacatecas. ²INIFAP Campo Experimental Saltillo
Correo: gutierrez.ramon@inifap.gob.mx

RESUMEN

El deterioro de los recursos naturales la capacidad productiva de los sistemas de producción pecuaria. En las tierras de pastizales nativos del sureste de Coahuila presentan altos niveles de deterioro y una alternativa para mejorar su productividad es mediante la resiembra, por lo anterior es necesario evaluar diferentes prácticas de manejo de suelo y la siembra de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) para rehabilitar la capacidad productiva de los pastizales de las zonas semiáridas. El objetivo de esta investigación fue determinar el impacto de cinco prácticas de manejo de suelo en el establecimiento de praderas inducidas con zacate buffel y su productividad bajo condiciones de temporal. Los tratamientos evaluados fueron: 1) Barbecho 2) Barbecho-subsoleo, 3) Subsoleo, 4) Rastra, 5) Testigo, sembrados con zacate Buffel a una densidad de 10 kg ha⁻¹ (exceptuando el testigo el cual no fue sembrado) aplicados a un área de 400 m² por tratamiento, con cuatro repeticiones. Para determinar producción de materia seca se utilizó un cuadrante de 1.0 x 1.0 m por tratamiento y repetición.

Palabras clave: *Cenchrus ciliaris*, pastizales, materia seca, zonas áridas

ABSTRACT

The deterioration of natural resources limits the productive capacity of livestock production systems. In the native rangelands of southeastern Coahuila, they present high levels of deterioration and an alternative to improve their productivity is through replanting, therefore it is necessary to evaluate different soil management practices and the planting of buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) to rehabilitate the productive capacity of grasslands in semi-arid zones. The objective of this research was to determine the impact of five soil management practices on the establishment of buffel grass-induced meadows and their productivity in cattle feeding under rainfed conditions. The treatments evaluated were: 1) Fallow 2) Fallow-subsoil, 3) Subsoil, 4) Harrow, 5) Control. Buffel at a density of 10 kg ha⁻¹ (except the control which was not seeded) applied to an area of 400 m² per treatment, with four repetitions. To determine dry matter production, a 1.0 x 1.0 m quadrant was used per treatment and repetition.

Key words: *Cenchrus ciliaris*, rangeland, forage production, arid zones.

INTRODUCCION

El proceso del deterioro de las tierras de pastizal en las zonas áridas y semiáridas del sureste de Coahuila, aunado al cambio climático, obliga a la conservación y mejoramiento de la condición de salud de los recursos naturales del pastizal. Frente a este escenario se deben buscar estrategias y/o prácticas de manejo de los pastizales que resulten viables para la rehabilitación de ecosistemas degradados desde el punto de vista económico y ecológico (Krogh *et al.*, 2002).

Ante períodos de sequía extrema típico de los pastizales de ecosistemas áridos y semiáridos aunado a las actividades de ganadería existen acciones de rehabilitación de estas áreas a través de resiembras, que consiste en establecer la siembra artificial utilizando pastos

adaptados a la región y camas de siembra apropiadas con el uso de prácticas culturales de manejo al suelo.

Antes de inicio de las resiembras, se debe considerar prácticas al suelo mediante métodos mecánicos (Echavarría *et al.*, 2006) para la rehabilitación de las tierras de pastizal como: bordos a nivel, surcado en contorno o curvas a nivel, subsoleo, barbecho, entre otras (SADER, 2019; Velásquez *et al.*, 2012; Castillo *et al.*, 2012; Andrade *et al.*, 2009); y con el uso implementos agrícolas para la preparación de las camas de siembra como; arado de discos, rastras con discos, arado de discos, arado subsoleador, etc. (SADER, 2016).

Las prácticas de labranza bien ejecutadas proveen las condiciones adecuadas para la germinación de las semillas; por otro lado, protege la estructura del suelo la cual es indispensable para la actividad del suelo, dado que controla la infiltración del agua, incrementa la porosidad del suelo, ayudan al intercambio de gases, siendo esto último, de gran importancia dado que influyen en el proceso de absorción de agua y nutrientes, paralelamente repercute en una excelente germinación de plantas, con un fuerte sistema radical permitiendo que sus raíces penetren fácilmente al suelo en la búsqueda de agua y nutrientes; además se incrementa la densidad de las especies forrajeras y la disponibilidad de forraje para la dieta del ganado (Jurado *et al.*, 2021) Torres-Guerrero *et al.*, 2013; Angers y Caron, 1998).

El objetivo de este estudio fue determinar el impacto de cinco prácticas de manejo de suelo en el establecimiento de praderas inducidas con zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) y su productividad en la alimentación de ganado bajo condiciones de temporal.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio. La presente investigación se estableció en el ejido Cosme del municipio de Ramos Arizpe, Coahuila en las siguientes coordenadas geográficas 25° 52' 08.9" Latitud Norte (LN) y 101° 18' 18.1" Longitud Oeste (LO), con clima seco semicálido y templado (BwK), con una temperatura media anual de 18.5°C y con una precipitación de 198.7 mm anuales (García, 1933) y una altitud de 1100 m.s.n.m. con suelos Xerosol y Litosol, con 2% de pendiente. Suelo altamente compactado con muy baja cobertura vegetal cercana al 4%. El tipo de vegetación en el área es un matorral desértico micrófilo (Rsedowski, 1978) con una condición pobre del agostadero, caracterizado por la presencia de especies arbustivas indeseables para el ganado, como: *Larrea tridentata* (DC.) Coville, *Opuntia imbricata* (Haw.) DC, *Flourensia cernua* DC, entre otras.

El experimento se estableció en el mes de mayo 2020, antes del periodo de las de lluvias de verano y bajo condiciones de temporal. Los tratamientos consistieron en la evaluación de cinco prácticas de manejo de suelo: 1) Barbecho, 2) Barbecho + subsoleo, 3) Subsoleo, 4) Rastra y 5) Sin labranza (Testigo) y sin siembra. Cada una de las prácticas de labranza, se utilizó un tractor y el implemento agrícola apropiado (arado de discos o arado de subsuelo). En primer término, se delimitó cada área bajo tratamiento y la distribución de las parcelas fue al azar. Para el barbecho se usó un arado de discos para cortar, romper y voltear el suelo a una profundidad de 30 cm, para subsoleo un arado subsoleador de tres picos para trabajar a 80 cm y para el rastreo se utilizó una rastra de discos dentados trabajando el suelo a una profundidad de 25 cm de profundidad. Al final, en cada tratamiento y repetición se realizó la siembra en forma manual, con una densidad de 10 kg ha⁻¹ de zacate buffel, al final de la siembra se hizo un pasó de rastra con ramas para cubrir la semilla. Los tamaños de las parcelas fueron de 20 m x 20 m (400 m²) y la toma de datos se realizó en septiembre de 2021, después del periodo de lluvias de verano.

Se evaluó la producción de materia seca (MS) expresado en kg ha⁻¹, para lo cual en cada parcela se realizó el corte del crecimiento de la parte aérea del pastizal, en una superficie de 1.0 m². El corte se realizó a ras de suelo utilizando una rozadera, posteriormente cada una de las muestras de cada tratamiento con sus respectivas repeticiones se llevaron al laboratorio

para su secado con la ayuda de una estufa a 55°C por 72 h y/o hasta alcanzar peso constante con una precisión de 0.001 g y por último se determinó la producción de MS por tratamiento y repetición. El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques al azar con cinco tratamientos distribuidos al azar con cuatro repeticiones. Los datos se analizaron bajo un diseño estadístico de bloques al azar empleando el software estadístico R Core Team (RCT, 2014).

Resultados y Discusión

La producción de materia seca (forraje) en cada uno de los tratamientos de manejo de suelo fue favorecida en contraste al testigo (sin manejo de suelo ni siembra). Los resultados a 12 meses del establecimiento del experimento, la producción MS en función del tratamiento fue la siguiente: T1= 21, 026.45 kg ha⁻¹, T2= 15,221.1 kg ha⁻¹, T3= 10,4245 kg ha⁻¹, T4= 7,203 kg ha⁻¹ y T5= 12.5 kg ha⁻¹, donde el mejor tratamiento resultó el T1= Barbecho (21, 026.45 MS kg ha⁻¹) comparado con el testigo que presentó tan solo una producción de 12.5 kg. ha (Figura 1), sin embargo, cualquier práctica de manejo fue superior en el establecimiento y producción de MS.

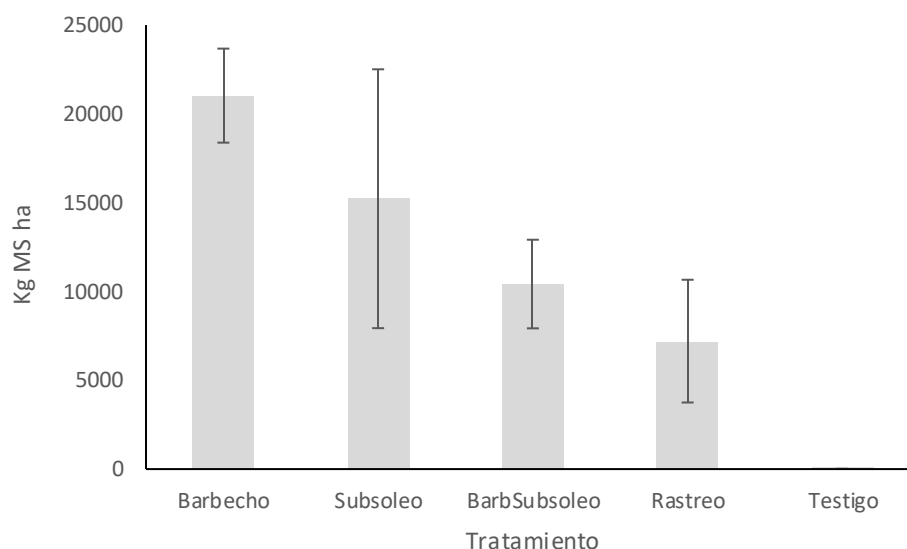


Figura 1. Producción de materia seca de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) bajo diferentes prácticas de manejo de suelo para establecimiento de praderas bajo condiciones de zonas áridas en el ejido Cosme, municipio de Ramos Arizpe, Coahuila.

Los resultados en este estudio muestran que las prácticas de manejo en las camas de siembra presentaron efectos positivos en todos los tratamientos a excepción del Testigo, dado que incrementaron la producción de MS del zacate buffel de hasta 21, 026.45 MS kg ha⁻¹; por lo anterior se puede considerar que las prácticas de manejo en las camas de siembra, favorece la aireación y facilita la infiltración del agua en el suelo, y dichos cambios, favorecen el crecimiento radicular y facilita la absorción de agua y nutrientes y por ende el desarrollo óptimo de las plantas (FAO, 2022) por lo tanto, hay una relación importante entre la estructura del suelo y el crecimiento de las plantas (Torres-Guerrero *et al.*, 2013). Con los resultados obtenidos en este estudio con respecto a la producción de MS este tipo de áreas podrían ser más rentables comparadas en donde no se utiliza este tipo de prácticas.

En estudios realizados por Castillo *et al.*, 2012 en la rehabilitación de área agrícolas abandonadas para región sur de Coahuila con el barbecho y la siembra de zacate buffel var. molopo obtuvieron una producción de MS 2,422 kg de ha año⁻¹ casi un 90% menor a los

resultados obtenidos en este estudio. En estudios realizados para el norte de Tamaulipas en la rehabilitación tierras de pastizal con el rodillo aereador con la siembra de zacate buffel lograron una producción de forraje 3,150 kg ha⁻¹ en tanto, el testigo (1, 650 kg ha⁻¹). Estudios realizados en zonas las zonas semiáridas de San Luis Potosí (Loredo-Osti *et al.*, 2005) obtuvieron una producción de MS de 4000 kg ha⁻¹, con siembras de zacate buffel establecidas en microcuencas con una relación área-siembra-escurrimiento 1:4. Todos estos estudios estuvieron muy por debajo de los resultados obtenidos en este estudio.

CONCLUSIONES

Las prácticas de manejo para el acondicionamiento de las camas de siembra de zacate buffel benefician de manera positiva, el establecimiento, desarrollo y la producción de esta especie,

Las prácticas de manejo en las camas y la siembra artificial de zacate buffel en zonas áridas y semiáridas es una buena alternativa ya que permite aumentar la producción de forraje y, por ende, tener aprovechamientos más productivos y sustentables.

El barbecho fue la práctica más adecuada para la rehabilitación de tierras de pastizal y donde se obtuvieron los mejores resultados en la producción de materia seca por unidad de superficie.

REFERENCIAS

- Andrade L. E., Espinosa R. M., Garza C. R., Verdoljak J.J. 2009. Rehabilitación de praderas con el uso del rodillo aereador. VI Simposio Internacional de Pastizales.
- Angers, D. A. and J. Caron. 1998. Plant-induced changes in soil structure: processes and feedbacks. *Biogeochemistry* 42: 55-72.
<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1005944025343>
- Castillo Q.D., Narcia V.M., y Berlanga R.C.A. 2012. Tecnología para la implantación de praderas con gramíneas y arbustivas en áreas agrícolas abandonadas al cultivo en la región sureste de Coahuila. Folleto Técnico 49. CIRNE INIFAP. Campo Experimental Saltillo, Saltillo, Coah. 37 p.
- Echavarría Ch. F.G., A. Serna P., F. A. Rubio A., A. F. Rumayor R., H. Salinas G. 2009. Productividad del chamizo *Atriplex canescens* con fines de reconversión: dos casos de estudio. *Técnica Pecuaria en México*. 2009 47(1):93-106.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2782320>
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). 2022. Portal de Suelos de la FAO. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/es/>
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, Segunda Edición. Instituto de Geografía. UNAM. 146 p.
- Jurado G.P., M.M. Velásquez, R.A.G. Sánchez, H.A. Álvarez, M.P.A. Domínguez, R.L. Gutiérrez, C.R.D. Garza, M.L. Luna, M.G.R. Chavéz. 2021. Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* Vol. 12 supl.3. Mérida nov. 2021 Epub 24-Ene-2022.
- Krogh, S.N., M.S. Zeisset, E. Jackson and W.G. Whitford. 2002. Presence/absence of a keystone species as an indicator of rangeland health. *Journal of Arid Environments*. 50, 513-519.
<https://doi.org/10.1006/jare.2001.0900>
- Loredo-Osti, C., Beltrán L. S., Villanueva D.J. y Urrutia M.J. 2005. Establecimiento de pasto buffel para el control de la erosión. Folleto Técnico No. 26 INIFAP-CIRNE. Campo Experimental San Luis. San Luis Potosí, S.L.P. México. 32 p.
- Rsedowski, J. 1978. La vegetación de México. Editorial Limusa. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. México D.F. 432 p.
- R Development Core Team (2014) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. URL <http://www.R-project.org/>.

- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 2016. Conoce las técnicas para rehabilitación de agostaderos.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).2019. Rehabilitación de agostaderos, práctica sustentable y productiva.
<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/rehabilitacion-de-agostaderos-practica-sustentable-y-productiva>
- Torres-Guerrero, C.A., Etchevers, B. J.D., Fuentes-Ponce. M.H., Bram Govaerts, De León-González, F., Herrera, J.M. 2013. Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo. Terra Latinoamericana Vol.31 No.1 Chapingo 71-84.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v31n1/2395-8030-tl-31-01-00071.pdf>
- Velásquez, V. M. A., A. A. de Alba, R. L. Gutiérrez y E. G. F. Gerardo. 2012. Prácticas de restauración de suelos para la conservación del agua. Folleto Técnico Núm. 46. INIFAP-CIRNOC.CEZAC. 97 p.

A photograph of several cows in a white wooden fence. The cows are of various colors, including brown and white, and black and white. They are standing in a grassy field, and the scene is lit with warm, golden light, suggesting late afternoon or early morning. The text "PRODUCCIÓN ANIMAL" is overlaid in the center of the image, flanked by two horizontal white lines.

PRODUCCIÓN ANIMAL

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE BAGAZOS DE AGAVE Y MEMBRILLO GENERADOS POR LA PRODUCCIÓN DE MEZCAL Y LICOR, PARA DETERMINAR SU POTENCIAL EN ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES

Revelés-Saucedo, Fanny Olivia^{1*}; Calleros-Cabada, Luis Leonardo¹; Guerrero-Cervantes, Maribel¹; Gallegos-De La Hoya, Mayela Patricia¹; Vázquez-Fernández, Abraham²

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Durango-El Mezquital km 11.5. Tel. (618)818-9932.

²Instituto Tecnológico Superior De Los Llanos. Calle Tecnológico No. 200 Oriente, Cd. Guadalupe Victoria, Dgo. C.P. 34700. Tel. (676)8823712.

*fannyors@yahoo.com.mx

RESUMEN

Se caracterizaron químicamente residuos agroindustriales de la producción del mezcal de agave y licor de membrillo. Las muestras utilizadas fueron bagazo de agave (BA), bagazo de membrillo (BM) y sus fracciones dura (FDBM) y blanda (FBBM). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones por muestra. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza mediante el comando PROC GLM. La comparación de medias se realizó usando la diferencia mínima de cuadrados de Fischer. Se encontraron diferencias altamente significativas entre las muestras para todas las variables evaluadas. La FBBM presentó el contenido de PC más alto (5.55%), valor similar ($p < 0.01$) al 4.89% y 4.71% del BA y BM, respectivamente. El BA tuvo los mayores y diferentes ($p < 0.01$) contenidos de fibra (30.57%) y MI (10.58%) así como el menor y diferente ($p < 0.01$) contenido lipídico (0.47%). El BM, FDBM y FBBM presentaron los valores mayores de carbohidratos solubles (75.02%, 75.76%, 75.69% respectivamente), similares entre sí, pero diferentes ($p < 0.01$) al BA (53.48%). El bagazo de agave y bagazo de membrillo no tuvieron valores altos de PC, sin embargo, sí presentan potencial para usarse en la alimentación de rumiantes por su alto contenido de fibra y carbohidratos solubles.

Palabras Clave bagazo, agave, membrillo

ABSTRACT

Were chemically characterized agri-industrial wastes from the local production of agave mezcal and quince liqueur. The samples used were agave bagasse (BA), quince bagasse (BM) and its hard (FDBM) and soft (FBBM) fractions. Analysis of variance was obtained using a Complete Randomized Design and means comparison by the Fischer's LSD. Highly significant differences were observed between wastes for all the evaluated variables. The FBBM had the higher value of CP (5.55%), not statistically different ($p < 0.01$) to 4.89% and 4.71% from BA and BM, respectively. BA had the highest and significant values of fiber (30.57%) and inorganic matter (10.58%), although the least ($p < 0.01$) lipid contents (0.47%). BM, FDBM and FBBM had the highest but similar values of soluble carbohydrates (75.02%, 75.76%, 75.69% respectively), but different ($p < 0.01$) to BA (53.48%). BA and BM did not have high value of CP, however, did have potential to use for ruminants feed by their fiber and soluble carbohydrates components.

Key words waste, bagasse, agave, quince

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento de la producción ganadera requiere, entre otros aspectos, aprovechar racionalmente recursos alimenticios existentes. Entre estos recursos, los subproductos agroindustriales presentan potencial en la alimentación de rumiantes, cuya disponibilidad y precio genera interés en su uso, especialmente en zonas donde los forrajes naturales y disponibilidad de insumos proteínico-energéticos son insuficientes y costosos (Gasa y Castrillo, 1992). El Estado de Durango genera una gran cantidad de residuos agroindustriales.

Estos residuos o subproductos orgánicos pueden ser inocuos para la salud humana y animal y por ende ser aprovechados para obtener productos de valor agregado al transformarse en proteína animal (Vargas y Pérez, 2018).

El agave y el membrillo son utilizados para la producción del mezcal y licor respectivamente. Estas bebidas están teniendo un creciente auge y promoción desde las instancias gubernamentales para incrementar su producción y colocarlas como productos de origen, no solo para el Mercado Regional, si no también Nacional e Internacional. Los procesos agroindustriales para la elaboración del mezcal y licor, generan gran cantidad de bagazo de agave y de membrillo respectivamente. Se subestima el uso de estos residuos ya que en pocas ocasiones se utilizan para alimentación de rumiantes. Lo anterior debido en parte, al desconocimiento de la idoneidad química y nutricional que éstos podrían presentar como ingredientes dietarios para grandes y pequeños rumiantes. De ahí, la importancia del conocimiento de la composición química y valor nutricional de los mismos, lo que permitiría no solo predecir, sino también contar con un indicador del potencial de estos ingredientes en la alimentación de rumiantes productores de carne y leche (Reveles, 2013). Por ello, el objetivo del presente estudio fue caracterizar químicamente bagazos de agave y membrillo generados en la producción del mezcal y licor en la Región.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), localizada en el kilómetro 11.5 de la Carretera Durango-Mezquital, ubicada en los 24° 10' 00'' N y 104° 40' 00'' O a una altitud de 1890 msnm (INEGI, 1995).

Las muestras utilizadas fueron bagazo de agave (BA), bagazo de membrillo (BM) y su fracción dura (FDBM) y blanda (FBBM). Los bagazos se obtuvieron de La Vinata el Malpaís ubicada en el poblado Veinte de Noviembre (La Fábrica) del Municipio de Nombre de Dios, Dgo. México, encontrada en las coordenadas GPS: Longitud (dec): -104.265833; Latitud (dec): 23.9161. La localidad se encuentra a una mediana altura de 1760 metros sobre el nivel del mar.

Con la finalidad de evaluar el bagazo de agave para la alimentación de rumiantes, se tomaron diferentes muestras representativas de las camas de almacenamiento (con diferentes tamaños desde 0.5 a 8 cm aproximadamente), después del proceso de industrialización del agave. Proceso donde la planta fue cortada (cosechada), cocida, molida, fermentada, destilada y desechada en camas para su posterior traslado de la industria. El bagazo de membrillo se recolectó tomando diferentes muestras de las camas de almacenamiento, con diferentes tamaños desde 0.2 a 2 cm de membrillo, después de haberse sometido la fruta al proceso de industrialización, en este caso extracción del jugo al exprimir mecánicamente el membrillo. Este bagazo estaba comprendido por una parte dura a la molienda, conocida comúnmente como el hueso del membrillo (fracción dura). Esta fracción dura, a su vez, se encontraba rodeada de la pulpa residual (fracción blanda). Ambas partes conformaban al bagazo de membrillo y se obtuvieron por diferencia de tamizado.

Las muestras se deshidrataron en un Horno FE-291D FELISA a 55 °C durante 5 días hasta peso constante. Posteriormente se molieron en el Molino THOMAS-WILLEY Laboratory Mill Modelo 4, hasta obtener la muestra con un tamaño de partícula de 1 mm de diámetro. La determinación del contenido de Materia seca Total (MS), Materia Húmeda Total (MH), Proteína Cruda (PC), Grasa Cruda (GC), Fibra Cruda (FC) y Cenizas (Materia Inorgánica: MI), se realizaron siguiendo los protocolos descritos por la AOAC (2000). El contenido de Extracto Libre de Nitrógeno se determinó restando los porcentajes de todos los componentes anteriores a 100 (Shimada, 1983).

Las variables evaluadas fueron los porcentajes en base seca de PC, GC, FC, ELN, MI. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones por muestra. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza mediante el comando PROC GLM del programa estadístico NCSS (2000). La comparación de medias se realizó usando la diferencia mínima de cuadrados de Fischer.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre las especies para las variables consideradas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición química de las muestras evaluadas (% en base seca).

Muestras	Materia a Seca	Materia Húmeda	Proteína Cruda	Grasa Cruda	Fibra Cruda	MI	ELN
Bagazo de Agave	89.90 ^a	10.10 ^b	4.89 ^a	0.47 ^d	30.57 ^a	10.58 ^a	53.48 ^b
Bagazo de Membrillo	86.06 ^b	13.94 ^a	4.71 ^a	1.98 ^b	15.72 ^c	2.56 ^b	75.02 ^a
Bagazo de Membrillo (fracción dura)	86.79 ^b	13.21 ^a	2.64 ^b	0.97 ^c	17.79 ^b	2.85 ^b	75.76 ^a
Bagazo de Membrillo (fracción blanda)	88.57 ^{ab}	11.43 ^{ab}	5.55 ^a	2.62 ^a	12.74 ^d	3.40 ^b	75.69 ^a

MI= materia inorgánica (cenizas); ELN= extracto libre de nitrógeno (carbohidratos solubles). ^{a-d} Literales diferentes en la misma columna expresan diferencias significativas ($p < 0.05$).

El contenido de proteína más alto lo presentó la FBBM (5.55%), valor similar ($p < 0.01$) al BA (4.89%) y BM (4.71%). La fracción dura del bagazo de membrillo tuvo el menor y diferente contenido de proteína (2.64%). Estos resultados colocan a los bagazos en ingredientes no proteicos, similares a los ingredientes para rumiantes como son las pajas y las granzas obtenidas principalmente del cultivo de cereales de trigo, cegada, centeno, arroz, avena, sorgo, pastos, entre otros. Estos insumos se caracterizan por contener poca proteína digerible, mucha fibra y, usualmente lignina (Church *et al.*, 2004). De acuerdo al National Research Council (NRC, 1982) la paja del trigo de invierno presenta en promedio un 3.2%, valor menor al reportado por los bagazos en este estudio. De acuerdo a la información del NRC (1982), la paja de trigo presenta en promedio un 40.4% de fibra cruda en BS, valor mayor al encontrado por los bagazos de agave y membrillo.

Las muestras evaluadas tuvieron contenidos de fibra cruda estadísticamente diferentes entre sí ($p < 0.01$), siendo el bagazo de agave la que presentó el mayor contenido fibroso (30.57%) mientras que el menor valor correspondió a la fracción blanda del bagazo de membrillo (12.74%). El bagazo de agave también presentó el mayor y diferente ($p < 0.01$) contenido de materia inorgánica (10.58%) así como el menor y diferente ($p < 0.01$) contenido lipídico (0.47%). El bagazo de membrillo y sus fracciones dura y blanda presentaron los valores más altos de carbohidratos solubles representados por el ELN 75.02%, 75.76%, 75.69% respectivamente, valores similares entre sí, pero diferentes ($p < 0.01$) al obtenido por el bagazo de agave (53.48%). La importancia de insumos fibrosos, como los bagazos de este estudio, los henos y las granzas en general, radica principalmente en que pueden ser almacenados

en forma seca y ser suministrados como alimento para rumiantes domésticos durante la época del año en que no es posible el pastoreo o en instalaciones de confinamiento (Church *et al.*, 2004).

CONCLUSIONES

El bagazo de agave y bagazo de membrillo no presentaron valores altos de proteína cruda, sin embargo, sí presentan potencial para usarse en la alimentación de rumiantes por su alto contenido de fibra y carbohidratos solubles.

REFERENCIAS

- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis, Association of AOAC International. 17th Ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, USA.
- Church, D.C., Pond, W.G., Pond, K.R. 2004. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Parte 1. Introducción. Segunda Edición. Editorial LIMUSA WILEY. Pp: 36, 41-42, 323-357.
- Gasa, J. y Castrillo, C. (1992). Criterios De Utilización De Subproductos Agroindustriales En La Alimentación De Rumiantes pp. 2-5. [http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/subproductos_de_agroindustria_\(espa%C3%B1a\)_www.pdf](http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/subproductos_de_agroindustria_(espa%C3%B1a)_www.pdf). Consultado el 22 de noviembre del 2021.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1995. Anuario estadístico del Estado de Durango. Edición 1995. México. Consultado el 4 de Octubre de 2021.
- National Research Council. UNITED States-Canadian Tables of Feed Composition, 3rd revision. National Academy of Sciences, Wahington, D.C.
- NCSS. Statistical System for Windows. User's Guide -1. 2000. Publicado por Numbr Cruncher Statistical Systems, Dr. Hintze K JL., Utah USA.
- Reveles, S.F.O. 2013. Comportamiento productivo de toretes alimentados con residuos de la producción de etanol y biodiesel. Tesis para la obtención del grado de Doctor en Ciencias Agropecuarias y Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango.
- Shimada, A.S. 1983. Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa. Editor Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México.
- Vargas, C.Y.A. y Pérez, P.L.I. 2018. Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. Revista de la Facultad de Ciencias Básicas. ISSN-e 1900-4699. Vol. 14. Num. 1. Pp:3. Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente - Dialnet (unirioja.es). Consultado el 2 de octubre del 2021.

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE DESECHOS EN LA PRODUCCIÓN DE NUEZ PECANERA, COMO INDICADOR DE SU POTENCIAL EN ALIMENTACION DE GANADO CAPRINO

Martínez-Valdéz, Ulises Manuel²; Reveles-Saucedo, Fanny Olivia^{1*}; Herrera-Torres, Esperanza¹; Guerrero-Cervantes, Maribel¹; Gallegos-De La Hoya, Mayela Patricia¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Durango-El Mezquital km 11.5. Tel. (618)818-9932.

²Instituto Tecnológico Superior De Los Llanos. Calle Tecnológico No. 200 Oriente, Cd. Guadalupe Victoria, Dgo. C.P. 34700. Tel. (676)8823712.

*fannyors@yahoo.com.mx

RESUMEN

Nuez pecanera de rechazo fue caracterizada químicamente como indicador de su potencial como alimento para cabras. Las muestras fueron cáscara de nuez (CN) y nuez de rechazo sin cáscara (NRSC). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones por muestra. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza mediante el comando PROC GLM. La comparación de medias se realizó usando la diferencia significativa honesta (DSH) de Tukey. Se encontraron diferencias altamente significativas entre las muestras para todas las variables evaluadas. NRSC presentó los valores mayores y diferentes ($p < 0.01$) de lípidos (45.57%) y proteína (12.71%). CN tuvo mayor contenido de carbohidratos estructurales (50.25%) y solubles (44.78%). MI fue similar ($p < 0.01$) entre ambas fracciones. El uso potencial de la CN como ingrediente dietario en cabras, radicaría por su contenido de carbohidratos estructurales y solubles. El posterior análisis de fracción de fibras y digestibilidad permitirán establecer su nivel de utilidad. NRSC presentó un contenido proteico y lipídico de interés como ingrediente dietario para ganado caprino.

Palabras Clave nuez, cáscara de nuez, pecanera

ABSTRACT

Rejected pecan nut was chemically characterized as an indicator of its potential use for feeding goats. The samples were nutshell (CN) and shelled rejected nut (NRSC). Analysis of variance was performed using a Complete Randomized Design and means comparison by the Honest Significant Difference of Tukey. Highly significant differences were observed between samples for all the evaluated variables. NRSC had the highest and different ($p < 0.01$) lipid (45.57%) and protein (12.71%) fractions. CN had the higher values of fiber (50.25%) and soluble carbohydrates (44.78%) than NRSC. There was not difference ($p < 0.01$) among the samples over the ash compound. The potential use of CN like feed stuff for goats is based on its fiber and soluble carbohydrates compounds. The next analysis of fiber fractions and digestibility will allow knowing its usefulness. NRSC had good protein and lipid values to be able used in the goats feeding.

Key words nut, nutshell, pecan

INTRODUCCIÓN

La limitada disponibilidad y elevados costos de los ingredientes dietarios en la alimentación animal, ha incentivado la búsqueda de ingredientes alternativos para mejorar la productividad pecuaria. Los residuos y desechos de los procesos agroindustriales generan gran interés para utilizarse con tal fin. Entre estos procesos económicos, la producción de nuez pecanera está tomando auge en más regiones. México, en años recientes, se ha colocado como el quinto productor mundial de nuez pecanera. La producción nacional se concentra en el norte del país, en Estados como Chihuahua, Sonora, Coahuila, Durango, Nuevo León, Hidalgo, Puebla, San Luis Potosí, Aguascalientes y Oaxaca. Por ejemplo, en el año de 2018 se produjeron 159,535 ton de nuez Pecanera, correspondiendo a una superficie sembrada en México para este fin, del 8.2% de la producción mundial que se destina a su cultivo (SIAP, 2018). La

producción de nuez se dirige a la venta de nuez con cáscara sin embargo, tiene gran mercado la nuez descascarada. Desde el cultivo hasta la venta del producto, se genera gran cantidad de desechos: hojarasca, vaina, cáscara con residuos de nuez, nuez dañada, así como nuez sin cáscara entera o troceada con características no aptas para su venta.

La acumulación de cáscara de nuez, de alguna manera puede ser problemático por falta de un uso posterior. Aunque en algunas regiones se utiliza como relleno de caminos y abrasivo para metales, se calcula que del 45–50 % del peso total del fruto es cáscara, la cual queda expuesta a cielo abierto resultando en un contaminante potencial (SAGARPA, 2012). Se considera que este desecho tiene un alto contenido de compuestos bioactivos con valor en el mercado para fines alimentarios, cosméticos o farmacéuticos, pero falta darle una aplicación (Moncayo *et al.*, 2018). La cáscara de nuez, así como los residuos considerados también como desechos, pueden tener potencial como ingredientes dietarios en rumiantes, especialmente en ganado caprino, donde se ha observado empíricamente un gusto por este tipo de especie vegetal. No obstante, en la Región no se cuenta con estadísticas acerca de la cantidad de desechos generada, ni mucho menos de la composición química y nutricional que presentan. En base a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la composición química de fracciones de nuez pecanera de desecho, como indicativo de su potencial en alimentación de ganado caprino.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), localizada en el kilómetro 11.5 de la Carretera Durango-Mezquital, ubicada en los 24° 10' 00'' N y 104° 40' 00'' O a una altitud de 1890 msnm (INEGI, 1995).

Las muestras de nuez (Figura 1) se recolectaron en diversas nogaleras distribuidas en el Municipio de Durango, Dgo. Para fines de este trabajo de investigación, se analizaron fracciones de nuez de desecho: cáscara de nuez (CN) y su fruto la nuez sin cáscara (NRSC). Las muestras se llevaron al laboratorio para ser deshidratadas en un Horno FE-291D FELISA a 55 °C durante 5 días hasta peso constante. Posteriormente se molieron en el Molino THOMAS- Wiley Laboratory Mill Modelo 4, hasta obtener la muestra aproximadamente con un tamaño de partícula de 1 mm diámetro (Figura 2).



Figura 1. Nuez Entera de desecho



Figura 2. Cáscara de nuez molida.

La determinación del contenido de Materia seca Total (MS), Materia Húmeda Total (MH), Proteína Cruda (PC), Grasa Cruda (GC), Fibra Cruda (FC) y Cenizas (Materia Inorgánica: MI), se realizaron siguiendo los protocolos descritos por la AOAC (2000). El contenido de Extracto Libre de Nitrógeno se determinó restando los porcentajes de todos los componentes anteriores a 100 (Shimada, 1983).

Las variables evaluadas fueron los porcentajes en base seca de PC, GC, FC, ELN, MI. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones por muestra. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza mediante el comando PROC GLM del

programa estadístico Minitab (2019). La comparación de medias se realizó usando la Diferencia Significativa Honesta (DSH) de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre las fracciones para las variables consideradas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición química de las muestras evaluadas (% en base seca).

Muestras	Materia Seca	Humedad	Cenizas	Proteína Cruda	Grasa Cruda	Fibra Cruda	*ELN
Cáscara de Nuez	90.23 ^b ± 0.51	9.77 ^a ± 0.51	1.87 ^a ± 0.42	2.37 ^b ± 0.15	0.72 ^b ± 0.16	50.25 ^a ± 3.9	44.78 ^a ± 4.09
Nuez sin Cáscara	98.77 ^a ± 0.03	1.23 ^b ± 0.03	1.63 ^a ± 0.04	12.71 ^a ± 0.75	45.57 ^a ± 1.1	23.27 ^b ± 0.6	16.82 ^b ± 1.21

*ELN= extracto libre de nitrógeno (carbohidratos solubles). ^{a-b} Literales diferentes en la misma columna expresan diferencias significativas ($p < 0.05$).

El contenido mayor y diferente ($p < 0.01$) de proteína lo presentó la NRSC (12.71%), valor muy superior al presentado por la CN (2.37%). También la CN tuvo el menor contenido de lípidos (0.72%), significativamente ($p < 0.01$) menor al encontrado en la NRSC (45.57%).

En cuanto al contenido de carbohidratos, la cáscara de nuez presentó el valor mayor y diferente ($p < 0.01$) de fibra cruda (50.25%) y carbohidratos solubles (44.78%). Respecto a la nuez sin cáscara, ésta presentó un contenido de FC (23.27%), valor que es correspondiente a ingredientes fibrosos, aunado a un menor contenido de glúcidos simples (16.82%). No se observó diferencia estadística ($p < 0.05$) entre las muestras respecto al contenido de materia inorgánica, donde la CN presentó 1.87% y la NRSC 1.63%.

En estudios similares, Flores y colaboradores (2016) reportaron un contenido de cenizas y proteína para la nuez sin cáscara del 1.28% y 8.04%, respectivamente; valor similar y menor al encontrado en el presente estudio. Así mismo, Flores y colaboradores (2016) reportaron 64.11% de contenido de grasa, valor mayor al obtenido en este trabajo (45.57%). En el caso del contenido de grasa cruda de la cáscara de nuez, los resultados de este estudio fueron similares (0.72%) al reportado por estos autores (0.34%), ambos resultados fueron menores a una unidad porcentual. En cuanto al contenido de fibra cruda, en ambos estudios se encontraron valores mayores al 50%, donde Flores y colaboradores (2016) reportaron 58.90%. El contenido de carbohidratos solubles de la cáscara de nuez del presente estudio, fue mayor al 28.89% reportado por Flores y colaboradores (2016). No obstante, estos autores reportaron similar contenido de este componente químico (17.17%) para la nuez sin cáscara, en comparación del encontrado en este estudio (16.82%).

CONCLUSIONES

Los resultados encontrados en este estudio, sugieren que el potencial de uso de la cáscara de nuez como ingrediente dietario en rumiantes radicaría principalmente por su contenido de carbohidratos estructurales (50.25%) y solubles (44.78%). Aunque no es un material biológico proteínico, si presenta un valor mínimo. El posterior análisis de fracción de fibras y

digestibilidad permitirán establecer su utilidad como ingrediente dietario. Con respecto a la nuez sin cáscara, ésta presentó un valor alto en lípidos (45.57%) y proteína (12.71%) por lo que presenta potencial para su uso en la alimentación de cabras.

REFERENCIAS

- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis, Association of AOAC International. 17th Ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, USA.
- Flores, C.M.A., Berzoza, V.P., Sánchez, C.E., Solís, J.I.S., Guerrero, M.S., Hernández, C.J. 2016. Composición fisicoquímica y capacidad antioxidante del fruto del pecanero en condiciones de año de elevada producción ("on") y de año de baja producción ("off"). *ITEA Información Técnica Económica Agraria*, 112(3), 255–270. <https://doi.org/10.12706/itea.2016.016>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1995. Anuario estadístico del Estado de Durango. Edición 1995. México. Consultado el 4 de Octubre de 2021.
- Moncayo, L. M. del R., Reyes, M.A., Carrillo, I.M.L. 2018. Aprovechamiento De Subproductos Agronómicos. *Revista Académica de Investigación TLATEMOANI*, 29, 115–127. <http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/index.html>
- SAGARPA. 2012. *México, entre los líderes en producción de cítricos a nivel mundial*. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/558/3474>
- Shimada, A.S. 1983. Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa. Editor Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Informe del sistema producto nuez. 2018. Informe del sistema producto nuez. Pp 187.

COMPOSICIÓN MORFOESTRUCTURAL EN FUNCIÓN DEL COLOR DE CAPA, SEXO Y EDAD EN CABRITOS LOCALES DEL NORTE DE MÉXICO

Lorenzo Danilo Granados-Rivera^{1*}, Abril Ramírez-Zarate², Jorge Alonso Maldonado-Jáquez³, Gabriela Castillo-Hernández², Pablo Arenas-Baéz⁴

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental General Terán. Nuevo León, México. 67400. ²Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Estado de México. 54714. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna. Matamoros, Coahuila, México. 27440 ⁴Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Bermejillo, Durango, México. 35230.

Autor para correspondencia: granados.danilo@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto del color de capa, sexo y edad sobre la composición corporal en cabritos locales del norte de México. Se eligieron 83 cabritos locales con una edad entre 1 y 30 días de edad. Se asignaron a dos grupos de acuerdo al color de capa (oscuro y claro) y sexo (42 machos y 41 hembras), además de tres grupos según edad (1=1 a 10; 2=11 a 20 y 3=21 a 30 días). Se evaluó la pigmentación de piel, pezuñas, mucosas, características morfoestructurales, peso vivo y 14 medidas zoométricas. Se encontró un fenotipo predominante de animales sin mamelas, barba, sin pigmento en la piel y pezuñas, con cuernos, orejas horizontales y mucosas pigmentadas. Se encontraron los mayores valores ($p < 0.05$) en cabritos oscuros para 5 variables zoométricas, mientras que para cabritos claros el mayor valor ($p < 0.05$) se encontró solo en 1 variable. Al considerar el sexo, los mayores valores ($p < 0.05$) se encontraron en machos para 9 variables, para edad, los mayores valores se encontraron en todas las variables en favor del grupo 3 y algunas variables del grupo 2. Se concluye que el color de capa, sexo y edad influyen significativamente en la composición corporal de cabritos locales del norte de México.

Palabras clave:

Mejoramiento genético, caprinos criollos, desarrollo sustentable.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of coat color, sex and age on body composition in local kids from northern Mexico. Eighty-three local kids between 1 and 30 days of age were selected. They were assigned to two groups according to coat color (dark and light) and sex (42 males and 41 females), in addition to three groups according to age (1=1 to 10; 2=11 to 20 and 3=21 to 30 days). Pigmentation of skin, hooves, mucous membranes, morphostructural characteristics, live weight and 14 zoomometric measurements were evaluated. A predominant phenotype of animals without mammals, beard, without pigment in skin and hooves, with horns, horizontal ears and pigmented mucous membranes was found. The highest values ($p < 0.05$) were found in dark kids for 5 zoomometric variables, while for light kids the highest value ($p < 0.05$) was found only in 1 variable. When considering sex, the highest values ($p < 0.05$) were found in males for 9 variables, for age, the highest values were found in all variables in favor of group 3 and some variables of group 2. It is concluded that coat color, sex and age significantly influence body composition of local kids from northern Mexico.

Key words:

Genetic improvement, Creole goats, sustainable development.

INTRODUCCION

En países en desarrollo es común que la producción de caprinos se realice a través de sistemas de producción de subsistencia, en áreas rurales con baja productividad y ligados al aprovechamiento de poblaciones de cabras locales. Dichas poblaciones son un importante reservorio de diversidad genética; por lo que es necesario su conservación a través de programas de desarrollo y manejo que incremente la productividad en forma sustentable de estas cabras. Sin embargo, la falta de información sobre las características de la población puede llevar a la subutilización y pérdida del recurso genético. Al respecto, en los últimos años se ha incrementado el interés por estudiar estas razas adaptadas a sistemas de bajos ingresos, sobre todo en sus características biométricas y fanerópticas. Algunos esfuerzos se enfocan en seleccionar animales en base al color de capa, pues es un carácter fácilmente reconocible y tiene un efecto sobre el comportamiento productivo. Sin embargo, en caprinos locales, la información disponible en este tópico es escasa, debido a que esta característica no puede medirse en base a una escala, aunque la evidencia sugiere que se relaciona de manera directa con la eficiencia productiva. Por lo anterior, el objetivo fue evaluar el efecto del color de capa y sexo sobre la composición corporal, así como la magnitud de los cambios en el desarrollo corporal cuando se considera la edad en cabritos locales del norte de México.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en la región lagunera. Esta área se ubica entre las coordenadas 24°22' Latitud Norte, y 102° 22' de Longitud Oeste, con una altura media de 1139 msnm y clima desértico, semicálido con invierno fresco y precipitación media de 240 mm.

Se eligieron 83 cabritos locales (42 machos y 41 hembras) nacidos entre los meses de enero y febrero de 2022, con una edad entre 1 y 30 días provenientes de un núcleo de 205 vientres caprinos manejados bajo un esquema de pastoreo extensivo. Los cabritos fueron asignados a dos grupos de acuerdo al color de capa y sexo (oscuro [n=33; cuando más del 50% de la capa fuera de color oscuro-negro, café, chamoisse]; claro [n= 50; cuando más del 50% de la capa fuera de color claro-blanco, crema, gris]) y a tres grupos según edad (1: de 1 a 10; 2: 11 a 20 y 3: 21 a 30 días de edad).

Se consideró la pigmentación de piel, pezuñas y mucosas y características morfoestructurales como orientación de orejas, presencia de mamas, barba y cuernos, además de peso vivo (PV) y 14 mediciones zoométricas. Todas las medidas se registraron con cinta métrica suave (Selanusa, México). PV fue tomado en ayunas con una báscula electrónica colgante con capacidad de 45 kg±5 g (Metrology, Nuevo León, México). Las medidas zoométricas consideradas fueron: longitud de cara (L_{Ca}), ancho de cara (A_{Ca}), longitud de orejas (L_O), ancho de orejas (A_O), longitud de cuello (L_{Cu}), ancho de cuello (A_{cu}), longitud corporal (L_{Co}),

altura a la cruz (ACruz), circunferencia de pecho (CPe), circunferencia de barril (CBa), profundidad de flanco (PFI), altura sacro-lumbar (ASL), Longitud de pierna (LPi), perímetro de caña (PCn).

El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete estadístico SAS v.9.4. Se obtuvieron estadísticas descriptivas e inferenciales para los rasgos cualitativos. Para los rasgos cuantitativos, se utilizó un modelo de efectos fijos, con un diseño completamente al azar, con el procedimiento GLM.

RESULTADOS Y DISCUSION

El cuadro 1 muestra las frecuencias absolutas y relativas para características morfoestructurales cualitativas. Se encontró un fenotipo predominante de animales sin mamelas, barba, sin pigmento en la piel y pezuñas, con cuernos, orejas horizontales y mucosas pigmentadas. Al respecto, otros estudios (Sheriff et al., 2021) indican características morfoestructurales en cabritos Arab y Oromo similares a las encontradas en nuestro estudio. Por otra parte, la diversidad observada coincide con lo que la literatura describe como "Mosaico Lagunero". El cual, no tiene un fenotipo definido hacia determinada raza, propio de los animales cruzados.

Cuadro 1. Frecuencias absolutas (AF) y relativas (RF) de características fanerópticas y morfoestructurales en cabritos locales del norte de México.

Variable	FA	FR	Variable	AF	RF	Variable	AF	RF
Mamelas			Barba			Cuernos		
Presencia	25	0.30	Presencia	0	0.00	Presencia	71	0.86
Ausencia	58	0.70	Ausencia	83	100.00	Ausencia	12	0.14
Pigmento en piel			Pigmento en pezuñas			Pigmento en mucosas		
Presencia	30	0.36	Presencia	33	0.40	Presencia	50	0.60
Ausencia	53	0.64	Ausencia	50	0.60	Ausencia	33	0.40
Orientación orejas								
Horizontal	39	0.47						
Colgantes	19	0.23						
Erectas	25	0.30						

Respecto a la morfoestructura en función del color de la capa (cuadro 2), los mayores valores ($p < 0.05$) se encontraron en cabritos oscuros para las variables PV, longitud y ancho de cuello, circunferencia de pecho y profundidad de flanco. Mientras que para cabritos claros solo se encontraron diferencias ($p < 0.05$) en longitud de oreja, lo cual podría ser indicativo de origen europeo de estos animales (Lanari et al., 2019). El resto de las variables consideradas no mostraron diferencias debidas al color de la capa ($p > 0.05$). Al respecto, nuestros resultados coinciden con los reportes de Mia et al. (2018), quienes señalan que animales oscuros son

significativamente más grandes que el resto de los animales en cabras negras Bengalíes. Así mismo, Daramola y Adeloje (2008) concluyen que animales oscuros crecen más rápido y presentan mayores ganancias de peso en comparación con los animales de colores claros. Esta información es interesante pues a partir de esto se pueden diseñar criterios de selección específicos, tal como se ha encontrado en otras especies, y donde la selección se rige por el color de capa, debido a que se ha observado un efecto de jerarquía en colores oscuros (Iglesias-Pastrana et al., 2021).

Cuadro 2. Media \pm error estándar para características zoométricas, según color de capa en cabritos locales del norte de México.

Variable (cm)	Oscuros	Claros	Valor de p	R ²	C.V.
Peso vivo (kg)	5.598 \pm 0.26 ^a	5.185 \pm 0.24 ^b	<0.0001	0.78	15.40
Longitud de cara	10.75 \pm 0.23	10.71 \pm 0.28	0.5801	0.49	12.37
Ancho de cara	6.97 \pm 0.17	6.87 \pm 0.24	0.8189	0.18	20.17
Longitud de oreja	10.14 \pm 0.31 ^b	11.04 \pm 0.24 ^a	0.0005	0.39	14.02
Ancho de oreja	4.91 \pm 0.09	5.04 \pm 0.09	0.3382	0.25	10.82
Longitud de cuello	20.29 \pm 0.43 ^a	19.23 \pm 0.46 ^b	0.0159	0.64	9.79
Ancho de cuello	19.83 \pm 0.33 ^a	18.79 \pm 0.31 ^b	0.0477	0.64	7.23
Longitud corporal	38.58 \pm 0.78	38.00 \pm 0.80	0.5086	0.56	9.66
Altura a la cruz	40.11 \pm 0.59	38.01 \pm 0.87	0.5569	0.20	13.13
Circunferencia de pecho	39.12 \pm 0.70 ^a	37.26 \pm 0.73 ^b	0.0461	0.78	6.36
Circunferencia de barril	38.56 \pm 0.87	37.53 \pm 0.82	0.9966	0.56	10.36
Profundidad de flanco	15.09 \pm 0.49 ^a	13.86 \pm 0.37 ^b	0.0457	0.45	15.16
Altura Sacro-Lumbar	39.94 \pm 0.55	38.88 \pm 0.60	0.8954	0.49	7.45
Longitud de pierna	17.43 \pm 0.29	16.83 \pm 0.33	0.3954	0.63	7.95
Perímetro de caña	6.36 \pm 0.07	6.28 \pm 0.10	0.7700	0.44	7.46

Por otra parte, al considerar el sexo de los cabritos (cuadro 3), los mayores valores ($p < 0.05$) se encontraron en machos para las variables PV, longitud y ancho de cuello, longitud corporal, circunferencia de pecho y barril, longitud de pierna y perímetro de caña y sin diferencias ($p > 0.05$) para el resto de las variables consideradas. Estos resultados, se pueden explicar por el hecho de que la hormona del crecimiento influye para un mayor desarrollo en machos. Tal como lo demuestran Baenyi et al. (2020) reportan diferencias entre géneros y donde los machos presentan un mejor desarrollo en comparación con las hembras.

Respecto a la edad de los cabritos, los resultados coincidieron con la expectativa de que a mayor edad se observarían mayores valores morfoestructurales (cuadro 4). Al respecto, los mayores valores ($p < 0.05$) se encontraron en el grupo 3 y algunas variables para el grupo 2, mientras que los menores valores se observaron en todas las variables para el grupo 1. Al respecto, Akbar et al. (2021), encontraron que todas las medidas corporales tienen una

correlación alta y positiva en todos los grupos de edad. Del mismo modo, Akpa et al. (2013), encontraron que la edad influye significativamente el peso corporal y la conformación corporal. Por lo anterior, se ha sugerido que la investigación se centre en evaluar la relación entre el peso y las medidas corporales a diferentes edades (Assan, 2015), con la finalidad de identificar puntos críticos de atención en el desarrollo de los animales y en los cuales se puede optimizar el margen de ganancia y gran parte del éxito de la empresa, al minimizar pérdidas y hacer eficiente el sistema productivo sin incrementar los costos.

Cuadro 3. Media \pm error estándar para características zoométricas, según sexo en cabritos locales del norte de México.

Variable (cm)	Machos	Hembras	p-Valor	R2	C.V.
Peso vivo (kg)	5.773 \pm 0.23 ^a	4.916 \pm 0.25 ^b	0.0095	0.78	15.40
Longitud de cara	10.74 \pm 0.19	10.72 \pm 0.33	0.6751	0.49	12.37
Ancho de cara	6.89 \pm 0.13	6.92 \pm 0.20	0.9576	0.18	20.17
Longitud de oreja	10.67 \pm 0.24	10.70 \pm 0.31	0.7087	0.39	14.02
Anchos de oreja	4.91 \pm 0.07	5.06 \pm 0.11	0.0560	0.25	10.82
Longitud de cuello	20.21 \pm 0.45 ^a	18.97 \pm 0.46 ^b	0.0443	0.64	9.79
Ancho de cuello	19.96 \pm 0.31 ^a	18.43 \pm 0.31 ^b	0.0488	0.64	7.23
Longitud corporal	39.23 \pm 0.78 ^a	37.21 \pm 0.81 ^b	0.0369	0.56	9.66
Altura a la cruz	39.25 \pm 1.03	38.43 \pm 0.54	0.5805	0.20	13.13
Circunferencia de pecho	38.84 \pm 0.78 ^a	37.14 \pm 0.70 ^b	0.0405	0.78	6.36
Circunferencia de barril	39.07 \pm 0.90 ^a	36.79 \pm 0.78 ^b	0.5831	0.56	10.36
Profundidad de flanco	14.69 \pm 0.42	13.99 \pm 0.43	0.5043	0.45	15.16
Altura Sacro-Lumbar	39.94 \pm 0.60	38.88 \pm 0.57	0.3330	0.49	7.45
Longitud de pierna	17.49 \pm 0.3 ^a	16.64 \pm 0.33 ^b	0.0450	0.63	7.95
Perímetro de caña	6.54 \pm 0.09 ^a	6.11 \pm 0.08 ^b	0.1014	0.44	7.46

Por otra parte, la magnitud del cambio en el desarrollo corporal para cada una de las medidas morfoestructurales es mayor (superior al 10%) durante los primeros 20 días para las variables PV, longitud de cara, longitud de cuello, longitud corporal. Mientras que después de los 20 días de edad, la magnitud del desarrollo disminuye y el mayor desarrollo se observa en variables como PV, Longitud de oreja, ancho de cuello, circunferencia de pecho y de barril, profundidad de flanco, altura sacro-lumbar y longitud de pierna. Además, durante los primeros 20 días de edad, la magnitud del cambio en las medidas corporales en términos generales se encuentra en el rango del 11 al 13%, mientras que al pasar de los 20 días y hasta los 30 días de edad esta magnitud disminuye de 9.5 a 10.5%, y donde se hace más evidente en el peso corporal ya que disminuye de 41% al 26%. Esta información coincide parcialmente con el reporte de Aktas et al. (2015), quienes describen que las mayores tasas de crecimiento en cabritos Turkos indígenas de pelo y Honamli se encuentran entre los 20-40 y 60-60 días y donde mantienen tasas de desarrollo similares en otros periodos. Estos hallazgos son sumamente interesantes, pues a partir de la identificación de periodos de crecimiento superior

se pueden desarrollar e implementar estrategias de manejo alimenticio que optimicen la productividad.

Cuadro 4. Media \pm error estándar y magnitud del desarrollo (%) entre grupos de edad para características zoométricas, según grupo de edad en cabritos locales del norte de México.

Variable	Grupo de edad			Magnitud (%)	Magnitud (%)	p-Valor
	1	2	3			
Peso vivo (kg)	2.802 \pm 0.13 ^c	40.8	4.730 \pm 0.13 ^b	25.5	6.346 \pm 0.13 ^a	<0.001
Longitud de cara	8.55 \pm 0.23 ^b	18.6	10.51 \pm 0.24 ^a	8.4	11.48 \pm 0.21 ^a	<0.0001
Ancho de cara	6.00 \pm 0.15 ^b	8.8	6.58 \pm 0.13 ^{ab}	9.9	7.30 \pm 0.23 ^a	0.0154
Longitud de oreja	9.31 \pm 0.46 ^b	6.8	9.99 \pm 0.28 ^b	11.8	11.33 \pm 0.23 ^a	<0.0001
Anchos de oreja	4.57 \pm 0.16 ^b	7.1	4.92 \pm 0.10 ^{ab}	4.5	5.15 \pm 0.08 ^a	0.0018
Longitud de cuello	15.06 \pm 0.33 ^b	23.7	19.74 \pm 0.44 ^a	6.3	21.06 \pm 0.30 ^a	<0.0001
Ancho de cuello	16.71 \pm 0.51 ^c	7.3	18.02 \pm 0.28 ^b	11.5	20.36 \pm 0.20 ^a	<0.0001
Longitud corporal	30.98 \pm 0.69 ^b	18.8	38.13 \pm 0.70 ^a	5.9	40.53 \pm 0.58 ^a	<0.0001
Altura a la cruz	34.66 \pm 0.62 ^b	10.2	38.60 \pm 0.47 ^a	4.1	40.23 \pm 0.84 ^a	0.0056
Circunferencia de pecho	30.38 \pm 0.78 ^c	16.6	36.41 \pm 0.46 ^b	10.9	40.88 \pm 0.35 ^a	<0.0001
Circunferencia de barril	31.66 \pm 0.82 ^c	9.7	35.08 \pm 0.55 ^b	14.0	40.81 \pm 0.60 ^a	<0.0001
Profundidad de flanco	11.56 \pm 0.26 ^b	11.3	13.04 \pm 0.39 ^b	16.6	15.63 \pm 0.35 ^a	<0.0001
Altura Sacro-Lumbar	35.40 \pm 0.61 ^b	3.6	36.73 \pm 0.14 ^b	11.2	41.34 \pm 0.44 ^a	<0.0001
Longitud de pierna	14.13 \pm 0.24 ^c	13.6	16.36 \pm 0.13 ^b	10.2	18.22 \pm 0.20 ^a	<0.0001
Perímetro de caña	5.99 \pm 0.13 ^b	0.2	6.00 \pm 0.21 ^b	8.3	6.54 \pm 0.07 ^a	0.0003

CONCLUSIONES

Se encontró un importante efecto del color de capa, sexo y edad en la composición corporal, el cual puede estar relacionado con un mejor desarrollo corporal. Por lo que esta información podría utilizarse como base para la implementación de esquemas de selección de reemplazos, para establecer esquemas de manejo alimenticio para optimizar la producción de cabrito, o bien para investigar estrategias de mejora genética a edades tempranas.

REFERENCIAS

- Akbar MA, Javed K, Faraz, Waheed A. (2021). Principal component analysis of morphometric traits explains the morphological structure of Thalli sheep. *Pakistan Journal of Zoology*. 54(1): 207:1212. <https://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/20200220060257>
- Akpa GN, Ambali AI, Suleiman IO. (2013). Body conformation, testicular and semen characteristics as influenced by age, hair type, and body condition of Red Sokoto goat. *New York Science Journal*. 6(7): 44-58.
- Aktas AH, Gök B, Ates S, Tekin ME, Halici I, Bas H, Erduran H, Kassam S. (2015). Fattening performance and carcass characteristics of Turkish indigenous Hair and Honamli goat male kids. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 39: 643-653. <https://dx.doi.org/10.3906/vet-1505-84>
- Assan N. (2015). Prospects for utilization of the relationship between zoometrical measurements and performance traits for poultry and livestock genetic improvement in developing countries. *Scientific Journal of Animal Science*. 4(11): 124-132. <https://doi.org/10.14196/SJAS.V4I11.2020>

Baenyi Sp, Birindwa AB, Mutwedu VB, Mugumaarhahama Y, Munga A, Mitima B, Kamgang VW, Ayagiwe RB. (2020). Effects of coat color pattern and sex on physiological traits and heat tolerance of indigenous goats exposed to solar radiation. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 8:142-151. <http://dx.doi.org/10.31893/jabb.20017>

Daramola JO, Adeloye AA. (2008). Physiological adaptation to the humid tropics with special reference to the West African Dwarf (WAD) goat. *Tropical Animal Health and Production*. 41:1005-1016. <https://doi.org/10.1007/s11250-008-9267-6>

Iglesias-Pastrana C, Navas-González FJ, Ciani E, Arbulu AA, Delgado-Bermejo JV. (2021). The youngest, the heaviest and/or the darkest? Selection potentialities and determinants of leadership in Canarian Dromedary camels. *Animals*. 11: 2886. <https://doi.org/10.3390/ani11102886>

Lanari MR, Giovannini N, Maizon DO, Bedotti DO, de la Rosa-Carbajal SA, Vera TA, Ricarte RA, Mezzadra CA. (2019). Diversidad de razas caprinas criollas en Argentina. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 13: 28-40.

Mia MM, Mondal AK, Chowdhury MSR, Mia MM. (2018). A study on productive and reproductive performance of Black Bengal goat in relation to coat colors. *Journal of Sylhet Agricultural University*. 5(2): 121-125.

Sheriff O, Alemayehu K, Haile A. (2021). Morphological characterization of Arab and Oromo goats in northwestern Ethiopia. *Agriculture and Food Security*. 10:49. <https://doi.org/10.1186/s40066-021-00322-9>

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE LA EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE CANNABIS SATIVA L.

^{1*} Araiza-Rosales Elia Esther, ²Carrete-Carreón Francisco Oscar, ²Sánchez-Arroyo Juan Fernando, ³ Reyes-Jáquez Damián, ⁴ Gómez-Sánchez Daniel

¹ CONACYT-Universidad Juárez del Estado de Durango, Durango, Dgo., México.

² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango, carretera Durango-Mezquital, Km 11.5, Durango, Dgo., México. CP. 34307.

³ Instituto Tecnológico de Durango-Tecnológico Nacional de México, Durango, México.

⁴ Instituto de Investigación en el Aprovechamiento de la Cannabis A.C.

*Autor de correspondencia: e_araiza2002@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la composición química y compuestos fenólicos de residuos agroindustriales de *Cannabis Sativa* L. La flor de *Cannabis sativa* fue sometida a dos procesos de extracción de los cannabinoides: extracción por prensado en frío y extracción alcohólica, los residuos obtenidos después de las extracciones se compararon con la flor cruda como control utilizando un diseño completamente al azar. Los tratamientos quedaron de la siguiente manera: T1= flor de la planta sin extracción (testigo), T2= residuo de la flor después de la extracción con etanol y T3= residuo de la flor después de la extracción por presión. Se cuantificó el contenido de proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), cenizas (Cen), carbohidratos no estructurales (CNE), fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA), lignina, celulosa, hemicelulosa, así como el contenido de compuestos fenólicos: fenoles totales (FT) y taninos condensados (TC). Los resultados muestran que los procesos de extracción disminuyeron EE. Por lo contrario, el contenido de fibras y CNE, así como la digestibilidad, aumentaron después de los procesos extractivos en T2 y T3. En conclusión, los residuos agroindustriales de *Cannabis sativa* L. obtenidos luego de los procesos de extracción analizados, pueden ser utilizados como una fuente potencial de forraje en la alimentación de rumiantes.

Palabras clave: esquilmos, proceso de extracción, cannabinoides, compuestos fenólicos, digestibilidad.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the chemical composition and phenolic compounds of agro-industrial residues of *Cannabis Sativa* L. The flower of *Cannabis Sativa* underwent two extractions processes of cannabinoids: extraction through the cold press and alcoholic extraction; the residues obtained after the extractions were compared against the raw flower as control using a completely random design. The treatments were: T1= flower without extraction (witness), T2= flower residue after extraction with ethanol, and T3= flower residue after press extraction. Crude protein (PC), ethereal extract (EE), ashes (Cen), non-structural carbohydrates (CNE), neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA), lignin, cellulose, hemicellulose, and phenolic compounds: total phenols (FT) and condensed tannins (TC) were quantified. The results showed that the processes of extraction diminished EE. On the other hand, the content of fibers and CNE, as well as digestibility increased after the extractive processes in T2 and T3. In conclusion, the agro-industrial residues of *Cannabis Sativa* L. obtained after the analyzed extraction processes might be used as a potential source of forage in ruminant feed.

Key words: skimming, extraction process, cannabinoids, phenolic compounds, digestibility.

INTRODUCCION

En Durango, la crianza de ganado bovino productor de carne es una de las principales actividades económicas. En regiones áridas y semiáridas del estado, las pajas de cereales son usadas comúnmente en la alimentación animal; desafortunadamente, estos ingredientes alimenticios proveen una nutrición pobre, debido a las grandes cantidades de materiales lignocelulósicos (Al-Masri and Zarkawi, 1994.).

En la actualidad, la búsqueda hacia la utilización de alimentos no convencionales como alternativas alimenticias para los animales se ha enfocado al uso de plantas locales que no son empleadas normalmente como alimentos y esto puede ser beneficioso para zonas áridas en donde existe limitada disponibilidad de forraje, aunado a que no representan competencia por alimentos entre humanos y la actividad ganadera (Pámanes-Carrasco *et al.*, 2019).

La especie *Cannabis sativa* L., también conocida como cáñamo o marihuana, es considerada como una de las plantas más importantes del reino vegetal, debido a sus características botánicas y químicas; así como a su utilidad para el tratamiento de algunas enfermedades. Es una planta herbácea, cuyo interés farmacológico reside en los cannabinoides, presentes en las sumidades floridas y en la resina de las plantas.

De la planta de Cannabis, la parte más importante o apetecida en el mercado global es la flor, debido a su alto contenido de cannabinoides, como THC y CBD; sin embargo, otras partes de la planta de no menos importancia cuentan con compuestos que también pueden presentar un potencial cosmético y terapéutico y que pueden ser obtenidos por diversos métodos de extracción (EISOhly, 2007). Como resultado adicional a las actividades principales de las empresas que conforman el sector agroindustrial, se generan subproductos o residuos agroindustriales que representan cantidades significativas y son considerados un problema ambiental (Restrepo *et al.*, 2011).

Los residuos agroindustriales han sido considerados un problema ambiental, y su uso ha sido incipiente, en parte, porque su valor es aún desconocido. En la actualidad la protección del medio ambiente se ha convertido en un tema prioritario por lo que es de suma importancia generar alternativas que permitan aprovechar eficientemente dichos residuos en el marco del desarrollo de nuevos productos con valor agregado y de sostenibilidad. El aprovechamiento racional de los materiales residuales puede brindar rendimientos económicos que pueden contribuir a minimizar los gastos que supone la gestión de residuos. Por tal razón, es fundamental emplear estrategias para el aprovechamiento de residuos que los convierta en materia prima de una nueva cadena de valor con la finalidad de aprovechar estos recursos naturales agroalimentarios.

El cannabis, se está evaluando en los últimos años en salud humana, pero en animales ha sido investigada en menor grado. La obtención de esta información posibilitará generar tecnologías y, como consecuencia, transferirlas a los diferentes sistemas productivos del estado y la región como alternativas reales en la alimentación de ganado bovino. Es por ello, que el objetivo del presente estudio fue evaluar la composición química de esquilmos de *Cannabis sativa* L., como fuente potencial de forraje en la alimentación de bovinos de carne.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio. El estudio se desarrolló en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, ubicada en carretera Durango-Mezquital km. 11.5. Latitud norte 24° 10' 00", longitud oeste 104° 40' 00" a una altitud de 1890 msnm, con un clima tipo BS1 (w)(e), templado seco con lluvias en verano y una precipitación media anual de 450 mm y temperatura promedio de 17.5°C.

Materia prima. Residuos del proceso de la extracción de cannabinoides, los cuales fueron donados por el Instituto de Investigación en el Aprovechamiento de la *Cannabis* A.C. en Durango, Dgo.

Las muestras evaluadas fueron: T1= flor de la planta sin extracción (testigo), T2= residuo de la flor después de la extracción con etanol y T3= residuo de la flor después de la extracción por presión.

Para la conservación de las muestras y su posterior análisis de laboratorio se procedió a realizar el secado de las mismas en una estufa de aire forzado a 55 °C durante 48 h, y enseguida se molieron en un molino de cuchillas (Thomas Wiley Miller Lab, Model 4) con malla de 1 mm. El material obtenido de la molienda se colocó en recipientes de plástico, totalmente aislados del calor y la humedad.

Composición química

Se llevaron a cabo análisis del contenido de materia seca (MS, #930.15), extracto etéreo (EE, #920.23), cenizas (Cen, #924.05) y proteína cruda (PC, #990.03), de acuerdo con procedimientos estandarizados por la AOAC (2019). Los componentes de la pared celular (fibra detergente neutra, FDN; fibra detergente ácida, FDA; Hemicelulosa, Celulosa y Lignina en detergente ácido, LAD) se determinaron con el equipo ANKOM Fiber Analyzer (ANKOM Technologies, USA) y de acuerdo a los cálculos propuestos por Van Soest *et al.* (1991); los carbohidratos no estructurales totales (CNE) se determinaron por diferencia con la ecuación $CNE = [100 - (PC + EE + Cen + FDN)]$.

Digestibilidad

La digestibilidad verdadera *in vitro* (DIVMS) se determinó, por incubación de las muestras, durante 48 h a $39.2 \pm 0.5^\circ\text{C}$, con líquido ruminal y saliva artificial, en un incubador Daisy II (Ankom Technology Corp., Macedon, Ny) siguiendo la técnica sugerida por el fabricante (ANKOM, 2008).

Compuestos fenólicos

La obtención de los extractos se llevó a cabo en cada muestra de manera separada por el método de Gebert (1984). En donde, 0.5 g de muestra se disolvió con 45 mL de la solución acuosa de etanol-H₂O al 70% a temperatura ambiente por 24h en agitación. Los extractos fueron filtrados y evaporados al vacío a 40°C hasta la remoción del etanol. El extracto concentrado de la solución acuosa fue secado a temperatura ambiente. Se calcularon los rendimientos basados en la planta seca.

Taninos condensados. Para la evaluación de los taninos condensados se empleó catequina como estándar. Brevemente, a una muestra diluida (50 µL) se le agregaron las siguientes sustancias: 3.0 mL de una solución al 4% (v/v) de vainillina (MeOH) y 1.5 mL de HCl concentrado. Se permitió que la mezcla reposara (15 min) y se midió la absorbancia a 500 nm comparado con vainillina como blanco. Al mismo tiempo se construyó una curva de calibración con catequina, en un rango de 100 ppm a 1000 ppm (Heimler *et al.*, 2007). Los resultados fueron expresados como mg de catequina equivalente por g de extracto (mg CEQ/g). Este resultado fue multiplicado por el rendimiento de sólidos para obtener un porcentaje de taninos condensados basados en las plantas secas.

Fenoles totales. Se utilizó el método de Folin-Ciocalteu adaptado por Dewanto *et al.* (2002) con ácido gálico como estándar. A una muestra diluida del extracto (50 µl), se le añadieron 3.0 mL de agua desionizada y 0.25 mL de reactivo Folin-Ciocalteu. Se permitió que la mezcla

reposara (6 min) y se agregaron 0.75 mL de Na₂CO₃ (20% w/v). El volumen final fue ajustado a 5 mL con agua desionizada. Se permitió que la mezcla reposara (120 min) y se midió la absorbancia a 760 nm comparado con un blanco preparado similarmente, pero conteniendo agua destilada en lugar del extracto. Los resultados fueron expresados como mg de ácido gálico equivalente por g de extracto (mg GAE/g). Este resultado fue multiplicado por el rendimiento de sólidos para obtener un porcentaje de fenoles basado en las plantas secas.

Análisis estadístico. Los datos obtenidos se analizaron mediante un diseño completamente al azar, con tres repeticiones por cada tratamiento. Para detectar diferencias entre medias se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey (P<0.05).

RESULTADOS Y DISCUSION

La composición química, compuestos fenólicos y digestibilidad de la materia seca de los tratamientos se muestran en el Cuadro 1. El método utilizado para la extracción de cannabinoides afectó principalmente a los contenidos de Cen, EEFDN y FDA.

Los cannabinoides se separan de la flor en una fase orgánica, que se elimina dentro de la fracción de EE. Como consecuencia, hay una reducción en EE del 95% y 40% para T2 y T3 después de la extracción, respectivamente (P<0.05). Por el contrario, el contenido de Cen aumentó 17 y 8 % en T2 y T3, respectivamente, en comparación con el T1 (P<0.05). Estos aumentos se asocian positivamente con una redistribución de los componentes químicos después del proceso de extracción; la proporción de los nutrientes remanentes es mayor una vez extraído el EE. Por otro lado, el contenido de fibra en T2 se mantiene similar al control (P>0.05). La extracción por prensado en frío eliminó más fracciones de fibra en comparación con la técnica de extracción alcohólica. La prensa en frío es uno de los métodos más utilizados para la extracción de aceite; este método requiere menos energía que otros y se considera un proceso ecológico. Sin embargo, la fuerza mecánica aplicada en el proceso puede eliminar fracciones de fibra más altas que cualquier otro proceso. Hessle *et al.* (2008) presentaron contenidos similares de fibra en su estudio. Asimismo, el contenido de PC fue similar entre tratamientos (P>0.05). No obstante, ya que se elimina una pequeña fracción de proteína soluble en el proceso de extracción; la proteína restante puede ser menor en cantidad, pero similar en proporción después de la redistribución de nutrientes después de la extracción.

Los metabolitos secundarios como son los fenoles totales y taninos condensados se extraen en soluciones alcohólicas (Heimler *et al.*, 2007). Los metabolitos secundarios juegan un papel muy importante en la mitigación del metano en rumiantes. Así, se observan diferentes mecanismos de acción directa o indirectamente en la fermentación de los rumiantes o en los microorganismos de los rumiantes en función de las concentraciones de determinados metabolitos (saponinas, taninos condensados, compuestos fenólicos, etc., Ku-Vera *et al.*, 2020). De ahí la importancia en la evaluación de las concentraciones de FT y TC. Las fracciones de fibra (FDN y FDA) aumentaron después del proceso de extracción alcohólica en T2 (P<0.05).

En lo que respecta a la DIVMS, se observa un aumento de 34 y 24 puntos porcentuales en T2 y T3, respectivamente, en comparación con T1 (P<0.05). Esta diferencia se atribuye principalmente a la presencia de cannabinoides, ya que estos tienen una actividad antimicrobiana que pueden afectar directamente la digestibilidad (Novak *et al.*, 2001).

Cuadro 1. Composición química (bMS) y digestibilidad *in vitro* de tres diferentes esquilmos de *Cannabis sativa* L.

Variable	T1	T2	T3	EEM
Cen (%)	11.5±0.25b	13.5±0.25a	12.5±0.04ab	1.33
PC (%)	21.2±0.25a	20.9±0.29a	20.2±0.0.28a	0.12
EE (%)	12.3±0.06a	0.5±0.04b	7.5±0.0b	0.08
FDN (%)	27.9±0.39b	32.2±0.33a	28.0±0.86b	0.58
FDA (%)	16.5±0.02b	18.9±0.69a	15.5±0.19b	1.47
LDA (%)	2.2±0.15b	2.5±0.08a	2.3±0.006ab	0.07
HEM (%)	11.5±0.31b	13.3±2.23a	12.4±0.28a	1.06
CEL (%)	14.4±0.14a	16.4±0.36a	13.1±0.11a	1.24
CNE (%)	26.5± 0.16b	32.7± 0.82a	31.1± 1.0a	0.77
FT (mg/g MS)	15.7±0.10a	14.8±0.08b	15.4±0.05b	0.06
TC (mg/g MS)	6.7±0.09a	4.6±0.16c	5.4±0.05b	0.09
DIVMS (%)	23.9±1.11c	57.9±1.58a	47.2±2.74b	1.58

^{abc}Medias con letras distintas en la misma fila son estadísticamente diferentes (Tukey, P<0.05); EEM= error estándar de la media; Cen= cenizas; PC= proteína cruda; EE= extracto etéreo; FDN= fibra detergente neutra; FDA= fibra detergente ácida; LDA= lignina detergente ácida; HEM= hemicelulosa; CEL= celulosa; CNE= carbohidratos no estructurales; FT= fenoles totales; TC= taninos condensados; DIVMS= digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

CONCLUSIONES

Ambos residuos agroindustriales de *Cannabis sativa* L. luego de los procesos de extracción analizados, ofrecen propiedades nutricionales aceptables y pueden ser utilizados como una fuente potencial de forraje en la alimentación de rumiantes.

REFERENCIAS

- Al-Masri, M.R. and Zarkawi, M. 1994. Effects of gamma irradiation on chemical composition of some agricultural residues. *Radiat Phys Chem*; 43: 257-260
- ANKOM. *In vitro* true digestibility using the DAYS1 incubator. ANFOM Technology-08/05.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). *Official Methods of Analysis*. 2019, (21).

- Dewanto V., Wu X., Adom K.K. and Liu R.A. 2002. Thermal Processing Enhances the nutritional Value of Tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem*; 42: 3010-301.
- EISohly, M. 2007. *Marijuana and the Cannabinoids*. Londres: Humana Press.
- Gebert, A. 1984. Study of extracts of *Pinus Insigne* bark for the preparation of cold-setting adhesives Degree work Conception.
- Heimler D., Isolani L., Vignolini P., Tombelli S. and Romani A. 2007. Polyphenol content and antioxidative activity in some species of freshly consumed salads. *J Agric Food Chem*; 55:1724-1729.
- Hessle A., Eriksson M., Nadeau E., Turner T. and Johansson B. 2008. Cold-pressed hempseed cake as a protein feed for growing cattle. *Acta Agric Scand Anim Sci*; 58:136-45.
- Ku-Vera J.C., Jiménez-Ocampo R., Valencia-Salazar S.S., Montoya-Flores M.D., Molina-Botero I.C., Arango J., Gómez-Bravo C.A., Aguilar-Pérez C.F. and Solorio-Sánchez F.J. 2020. Role of secondary plant metabolites on enteric methane mitigation in ruminants. *Front Vet Sci*; 7:1-14.
- Novak J., Zitterl-Eglseer K., Deans S.G. and Franz C.M. 2001. Essential oils of different cultivars of *Cannabis sativa* L. and their antimicrobial activity. *Flavour Fragr J*; 16:259-62.
- Pámanes-Carrasco, G., Herrera-Torres, E., Murillo-Ortiz, M. and Reyes-Jáquez, D. 2019. Climate change mitigation in livestock production: nonconventional feedstuffs and alternative additives. In: Abubakar M, *Livestock health and farming*. London, UK: IntechOpen publishers.
- Restrepo, A., Rodríguez, E. y Manjarrés, K. 2011. Cortezas de naranja comestibles: una aproximación al desarrollo de productos con valor agregado a partir de residuos agroindustriales. *Revista Producción + Limpia*; 6(2):47-57
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. and Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci*; 74(10): 3583-3597.

CONSUMO DE CONCENTRADO A BASE DE RESIDUOS DE PANADERÍA SOBRE EL CAMBIO DE PESO Y PRODUCCIÓN DE LECHE EN CABRAS

Juan M. Vázquez-García¹, María F. Gutiérrez-Corpus¹, Luisa E. Hernández-Arteaga¹, Venancio Cuevas-Reyes², Marco A. Rivas-Jacobo¹, Dulce M. Villareal Rostro¹, César A. Rosales-Nieto^{1*}

¹Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma San Luis Potosí, San Luis Potosí, 78321, México

*Correspondencia: César A. Rosales-Nieto (cesar.rosales@uaslp.mx)

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México, 56250, Texcoco, Ciudad de México, México

RESUMEN

La producción nacional anual de carne y leche de caprinos no alcanza a cubrir la demanda y los costos de producción se elevan continuamente. Es necesario desarrollar estrategias simples de bajo costo que permita a los criadores de cabras incrementar la productividad de sus animales y reducir costos de operación. Se utilizaron 42 cabras adultas (30 Alpinas y 12 Saanen) de la Unidad Caprina de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP. Durante la lactación tardía, las hembras fueron separadas en dos tratamientos. T-BP (15 Alpinas y 6 Saanen) al momento del ordeño recibieron 300 gr de concentrado basado en residuos de panadería o T-CTL (15 Alpinas y 6 Saanen) recibieron 300 gr de concentrado comercial (Nu3®). Adicionalmente, las cabras fueron alimentadas con heno de avena, alfalfa y ensilado de maíz. El peso vivo al inicio del experimento no difirió entre tratamientos ($P > 0.05$). Al transcurrir el experimento, las hembras del T-CTL ganaron más peso que las hembras del T-BP ($P < 0.01$). Sin embargo, el peso fue similar entre tratamientos al final del experimento ($P > 0.05$). El cambio de peso diario durante el experimento no difirió entre tratamientos ($P > 0.05$). La producción de leche fue en decremento a razón de 9% por semana a lo largo del experimento en ambos tratamientos. Se concluye que la inclusión de un concentrado a base de residuos de panadería durante la lactación tardía no afecta negativamente la ganancia de peso diaria ni la producción de leche. Más estudios son necesarios para determinar el impacto del consumo de concentrado a base de residuos de panadería sobre el metabolismo del animal, la composición de la leche, eficiencia reproductiva, desarrollo de progenie y análisis económico.

ABSTRACT

The annual national production of meat and milk from goats does not cover the demand and production costs are continually rising. It is necessary to develop simple and low-cost strategies that allow goat farmers to increase the productivity of their animals and reduce operating costs. Forty-two adult goats (30 Alpine and 12 Saanen) from the Goat Unit of the Faculty of Agronomy and Veterinary Medicine of the UASLP were used. During late lactation, females were separated into two treatments. T-BP (15 Alpinas and 6 Saanen) that received 300 g of concentrate based on bakery waste at the time of milking or T-CTL (15 Alpinas and 6 Saanen) that received 300 g of commercial concentrate (Nu3®). Additionally, the goats were fed oat and alfalfa hay, sorghum and corn silage. The weight at the beginning of the experiment did not differ between treatments ($P > 0.05$). Over the course of the experiment, T-CTL females gained more weight than T-BP females ($P < 0.01$). However, weight was similar between treatments at the end of the experiment ($P > 0.05$). Daily weight change during the experiment did not differ between treatments ($P > 0.05$). Milk production decreased at a rate of 9% per week throughout the experiment in both treatments. It is concluded that the inclusion of a concentrate based on bakery waste during late lactation does not negatively affect daily weight gain or milk production. More studies are necessary to determine the impact of the consumption of concentrate based on bakery residues on the metabolism of the animal, the composition of the milk, reproductive efficiency, development of progeny and economic analysis.

INTRODUCCIÓN

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 (Miller y Lu, 2019). En México existen más de 8.8 millones de cabras, en su mayoría de cruce 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 (Mellado et al., 2020; 2022). 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, la producción registrada no alcanza a cubrir la demanda nacional e internacional.

Durante la lactación, la demanda de glucosa, aminoácidos y ácidos grasos va incrementando; lo que conlleva a que la hembra tenga un estado de alta demanda energética debido al homeostasis materna y lactogénesis ocasionando un estado catabólico (Samuelson et al., 2001; Milošević-Stanković et al., 2020; Zamuner et al., 2020). El estado catabólico dará como resultado que la hembra no pueda aumentar el peso corporal; lo cual puede repercutir negativamente en la producción de leche y próximo empadre al reducir la eficiencia reproductiva (Mellado et al., 2006; Flores-Najera et al., 2021). Es probable que el gasto energético sea genotipo-dependiente y que genotipos con mayor eficiencia no pierdan tanto peso. Aunado a esto, los costos de producción en los últimos años han ido incrementando, lo que hace menos rentable la producción láctea. Considerando esta situación, es necesario desarrollar estrategias simples y de bajo costo que permita a los criadores de cabras incrementar la productividad de sus animales.

Los productos de panadería pueden ser una alternativa de bajo costo y pueden incrementar los parámetros productivos; dado que tienen un aporte de energía importante que pudieran servir para enriquecer la dieta de los animales. La información sobre el uso de residuos de panadería sobre los parámetros productivos en animales es muy limitada. Recientemente se reportó en bovino Simmental lactante que la inclusión de residuos de panadería tuvo un efecto positivo en la ingesta diaria, producción de leche y contenido de proteína y grasa en leche; pero afectando el metabolismo (Kaltenegger et al., 2020). Sin embargo, no hay información disponible sobre el uso de concentrados a base de residuos de panadería en el cambio de peso y producción de leche durante la lactación tardía en cabras adultas. 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. De tal manera que el objetivo de este trabajo es determinar el impacto de la suplementación con residuos de panadería sobre el cambio de peso vivo y producción de leche en cabras.

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 (Kilkenny 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 42 hembras multíparas (Alpina francesa: n = 30 y Saanen: n = 12) durante la lactación temprana. Las hembras fueron divididas en dos tratamientos: T-BP: 300 g diarios al momento de la ordeña de concentrado en base a residuos de panadería (49.6±1.1 kg; 15 Alpinas y 6 Saanen) y T-CTL: 300 g de concentrado comercial Nu3® (50.4±1.4 kg; 15 Alpinas

y 6 Saanen). Los animales de cada tratamiento fueron alojados en corrales de 60 m². El diseño experimental fue completamente al azar con dos tratamientos y 21 repeticiones cada uno.

Alimentación

La alimentación durante la lactación tardía se refleja en el cuadro 1. La dosis diaria de la dieta fue dividida y ofrecida en la mañana y en la tarde en varios comederos que ayudan a disminuir la competencia y la dominancia social. Al momento de la ordeña, las cabras recibieron 300 gr de un concentrado basado en residuos de panadería (T-BP; Cuadro 2) y comercial (T-CTL; Nu3® Lechero; Cuadro 2). Las hembras tuvieron acceso a agua *ad libitum* y piedra mineral (17% P, 3% Mg, 5% Ca, and 75% NaCl).

Cuadro 1. Aporte nutricional de la dieta materna ofrecida durante el experimento a cabras multíparas Alpina francesa y Saanen durante la lactación tardía.

Dieta	Parámetro / Aporte	
	Proteína cruda (%)	Energía metabolizable (Mcal/kg)
Ingredientes (en dieta)		
Heno de Alfalfa	13.5	1.79
Heno de avena	2.01	8.5
Ensilado de maíz	2.1	0.67

Cuadro 2. Aporte nutricional del concentrado basado en residuos de panadería y comercial (Nu3®) ofrecidos durante el experimento a cabras multíparas Alpina francesa y Saanen durante la lactación tardía.

Concentrado a Base de Residuos de Panadería				Nu3®	
Composición	%	Análisis Calculado		Análisis Reportado	
Maíz molido	10.0	Proteína	12%	Proteína	18%
Desperdicio de panadería	35.1	Grasa	6.0%	Grasa	2%
Cascarilla de maíz	22.8	Fibra	17%	Fibra	15%
Pasta de soya	10.0	Humedad	14.5%	Humedad	12%
Grano seco de destilería	10.0	Cenizas	36%	Cenizas	11.5%
Semilla de algodón	5.0				
Melaza	5.0				
Premezcla mineral	2.0				

Cambio de Peso y Producción de Leche

Las hembras se pesaron semanalmente por cinco semanas consecutivas durante la lactación tardía. La información sirvió para determinar el cambio de peso diario (Figura 1). Adicionalmente al momento del ordeño se determinó la producción total de leche una vez a la semana por tratamiento. La información al ser una sola observación por fecha no se analiza estadísticamente y solo se reporta en porcentaje de cambio (Figura 2).

Análisis Estadísticos

La información se analizó con el paquete estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute Inc, Cary, NC, EE.UU.). El peso semanal y cambio de peso diario se analizaron mediante modelos mixtos y técnica de estimación de máxima verosimilitud restringida (PROC MIXED). El efecto fijo fue el tratamiento y genotipo. Adicionalmente, la información fue analizada con medidas repetidas (PROC MIXED). El cambio de peso se determinará para cada hembra utilizando

una regresión de coeficientes aleatorios incluyendo una línea cúbica por el tiempo, que se considera apropiado cuando la respuesta es lineal (TRANSREG).

RESULTADOS

Cambio de Peso

El peso al inicio del experimento no difirió entre tratamientos ($P > 0.05$; Figura 1). Al transcurrir el experimento, las hembras del T-CTL ganaron más peso que las hembras del T-BP ($P < 0.01$; Figura 1). Sin embargo, el peso fue similar entre tratamientos al final del experimento ($P > 0.05$; Figura 1). El cambio de peso diario durante el experimento no difirió entre tratamientos ($P > 0.05$).

Las hembras Saanen fueron más pesadas que las Alpinas durante todo el experimento ($P < 0.001$). La interacción tratamiento – genotipo fue significativa para cada fecha de muestreo ($P < 0.05$).

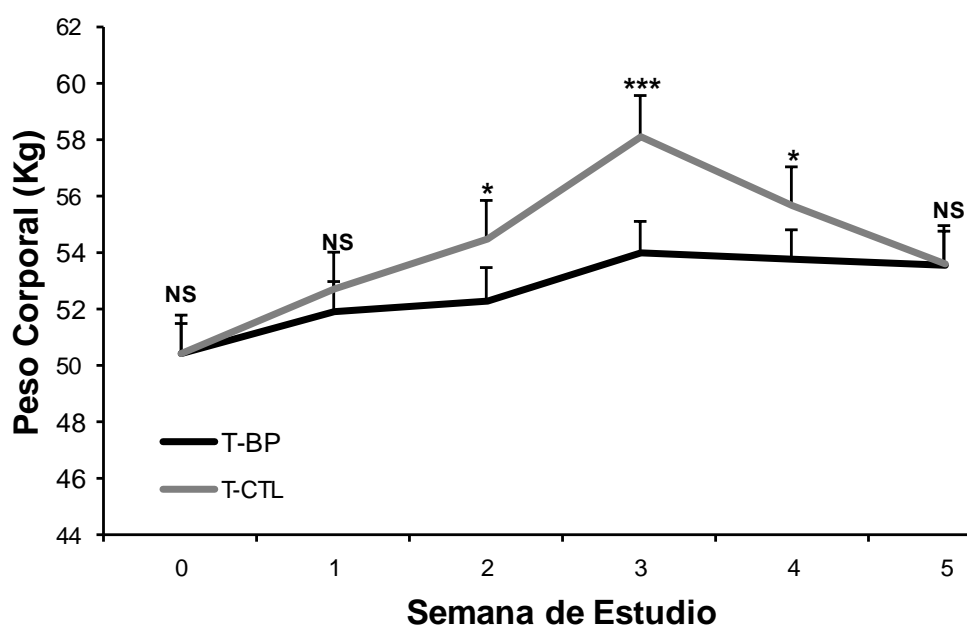


Figura 1.
Efecto de la

suplementación de concentrado basado en residuos de panadería (T-BP) o concentrado comercial (Nu3®; CTL) sobre el peso corporal de cabras multíparas Alpina francesa y Saanen durante la lactación tardía. La información combina genotipo en el análisis. NS: No significativo; *: $P < 0.05$; ***: $P < 0.001$.

Producción de Leche

La producción de leche se muestra en la Figura 2. La producción de leche fue en decremento a razón de 9% por semana a lo largo del experimento en ambos tratamientos.

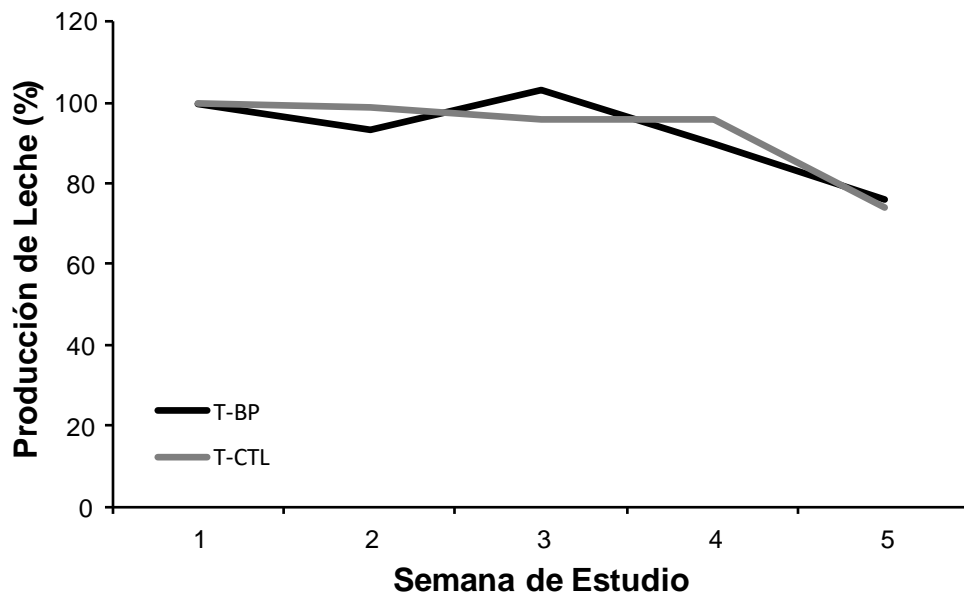


Figura 2. Efecto de la suplementación de concentrado basado en residuos de panadería (T-BP) y concentrado comercial (Nu3®; T-CTL) sobre la producción de leche semanal de cabras multíparas Alpina francesa y Saanen durante la lactación tardía. La información combina genotipo en el análisis.

DISCUSIÓN

El objetivo del presente trabajo fue determinar el impacto de la inclusión de un concentrado a base de residuos de panadería durante la lactación tardía sobre el cambio de peso y la producción de leche en cabras multíparas Alpina francesa y Saanen. Los resultados son interesantes dado que demuestran que el concentrado a base de residuos de panadería no afecta negativamente el cambio de peso o la producción de leche. Esto abre la oportunidad para incluir la suplementación del concentrado desde la lactación temprana.

Al momento, los autores no tienen conocimiento de información publicada sobre el uso de un concentrado a base de residuos de panadería en parámetros productivos y reproductivos en cabras. Nuestros resultados indican que, a pesar de la producción láctea, las hembras de ambos tratamientos tuvieron cambios de peso positivos. La lactación ocasiona un estado catabólico en las hembras, por lo que hubiéramos esperado cambio de pesos negativos (Samuelson et al., 2001; Milošević-Stanković et al., 2020; Zamuner et al., 2020). Es probable que la dieta ofertada haya sobrepasado los requerimientos para la lactación tardía ocasionando un estado metabólico positivo que influyera la circulación de las hormonas metabólicas y la producción de triglicéridos y glucógeno (Scaramuzzi et al., 2006; Rosales Nieto et al., 2014).

En contraparte, observamos de manera similar una reducción en la producción de leche en ambos tratamientos. Esto es posible, como lo estipulamos anteriormente, las hembras se encontraban en la lactación tardía. Interesante es que la producción de leche entre ambos tratamientos fue similar; ambos tratamientos tuvieron una reducción de 9% semanal en la producción de leche. Esto indica, que el consumo del concentrado a base de residuos de panadería no repercutió negativamente la producción de leche. El concentrado a base de residuos de panadería contiene una mayor cantidad de grasa en comparación con el concentrado comercial, por lo que es posible que el concentrado a base de residuos de panadería haya incrementado la glucosa circulante y tenido un efecto en el metabolismo de las hembras que resultó en ganancia de peso y sin afectar negativamente la lactancia. Es necesario llevar a cabo más estudios en donde se determine si existe algún impacto en el

metabolismo, composición de leche, eficiencia reproductiva y desarrollo postnatal de las crías. Adicionalmente es necesario realizar un análisis económico dado que el concentrado basado en residuos de panadería es 37% más económico que el concentrado comercial (Nu3®).

CONCLUSIÓN

Se concluye que el suplementar a cabras durante la lactación tardía con un concentrado basado en residuos de panadería no afecta negativamente la ganancia de peso diaria y la producción de leche. Más estudios son necesarios para determinar el impacto del consumo de concentrado a base de residuos de panadería sobre el metabolismo del animal, la composición de la leche, el cambio de peso, eficiencia reproductiva, desarrollo de progenie y análisis económico.

REFERENCIAS

- 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.
- Kaltenegger, A., Humer, E., Stauder, A., Zebeli, Q., 2020. Feeding of bakery by-products in the replacement of grains enhanced milk performance, modulated blood metabolic profile, and lowered the risk of rumen acidosis in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 103, 10122-10135.
- 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., Valdéz, R., García, J.E., López, R., Rodríguez, A., 2006. Factors affecting the reproductive performance of goats under intensive conditions in a hot arid environment. *Small Ruminant Research* 63, 110-118.
- 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.
- Mellado, M., Véliz, F.G., Macías-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., García, J.E., Rosales-Nieto, C.A., 2022. Effect of breed and management practices on reproductive and milking performance of rangeland goats. *Tropical Animal Health and Production* 54, 193.
- 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.
- Milošević-Stanković I., Hristov S., Maksimović N., Popović B., Davidović V., Mekić C., Dimitrijević B., Cincović M., Stanković B. 2020. Energy metabolism indicators and body condition in peripartal period of Alpine goats. *Large Animal Review*, 26, 1, 13-18.
- Panorama-Agroalimentario. Secretaría 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., Thompson, A.N., Macleay, C.A., Briegel, J.R., Hedger, M.P., Ferguson, M.B., Martin, G.B., 2014. Relationships among body composition, circulating concentrations of leptin and follistatin, and the onset of puberty and fertility in young female sheep. *Animal Reproduction Science* 151, 148-156.
- Samuelson, D.J., Denise, S.K., Roffler, R., Ax, R.L., Armstrong, D.V., Romagnolo, D.F., 2001. Response of Holstein and Brown Swiss Cows Fed Alfalfa Hay-Based Diets to Supplemental Methionine at Two Stages of Lactation. *Journal of Dairy Science* 84, 917-928.
- SAS Institute. 2010. SAS/Stat User's guide, Version 9.3. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Scaramuzzi, R.J., Campbell, B.K., Downing, J.A., Kendall, N.R., Khalid, M., Muñoz-Gutiérrez, M., Somchit, A., 2006. A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reprod. Nutr. Dev.* 46, 339-354.
- Zamuner, F., DiGiacomo, K., Cameron, A.W.N., Leury, B.J., 2020. Endocrine and metabolic status of commercial dairy goats during the transition period. *Journal of Dairy Science* 103, 5616-5628.

AGRADECIMIENTOS

A Forrajes Montenegro en San Luis Potosí por la donación de los bultos de alimento. 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.

CONSUMO DE Mcal EN BECERRAS HOLSTEIN ALIMENTADAS CON LECHE Y ALIMENTO INICIADOR SUPLEMENTADAS CON *Bacillus subtilis* PB6

Mcal INTAKE IN HOLSTEIN CALVES FEEDED WITH MILK AND STARTER SUPPLEMENTED WITH *Bacillus subtilis* PB6

Macias-Ortiz Edgar Jesus^{1*}; Ramírez-Uranga Karla-Quetzalli²; Peña-Revuelta Blanca²; González-Avalos Ramiro²

^{1*}Estudiante del Posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México. ² Profesor Investigador – Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, carretera a Santa Fe y Periférico, Torreón, Coahuila, México. *Autor de correspondencia e-mail: maciasotz@gmail.com

RESUMEN

La crianza de reemplazos es un área fundamental en los sistemas de producción pecuarios. El establecimiento de microbios benéficos en el sistema digestivo es de gran importancia para la salud y producción de las becerras. Los probióticos exhiben beneficios potenciales al mejorar el equilibrio microbiano intestinal. El presente estudio evaluó el efecto de suplementar *Bacillus subtilis* PB6 en la leche administrada a becerras Holstein sobre el crecimiento y consumo de alimento. Se utilizaron 30 animales recién nacidos, de manera aleatoria se incluyeron a 1 de 2 tratamientos. Conformados de la siguiente manera: grupo experimento (10 g de *Bacillus subtilis* PB6 /becerra/día) y grupo testigo. En todos los tratamientos se suministraron 410 L de leche entera pasteurizada dividida en dos tomas/día 08:00 y 15:00 h respectivamente, durante 60 días, la adición del *Bacillus subtilis* PB6 se realizó en la tina de la leche al momento de la alimentación. Las variables evaluadas fueron peso, altura, consumo de alimento y consumo de megacalorías (Mcal). En las variables evaluadas no se presentó alguna diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos.

Palabras clave: alimentación, destete, rumen.

ABSTRACT

Replacement breeding is a fundamental area in livestock production systems. The establishment of beneficial microbes in the digestive system is of great importance to calf health and production. Probiotics exhibit potential benefits by improving intestinal microbial balance. The present study evaluated the effect of supplementing *Bacillus subtilis* PB6 in milk administered to Holstein calves on the growth and feed intake. Thirty newborn animals were randomly included in 1 of 2 treatments. They consisted of the following: experimental group (10 g of *Bacillus subtilis* PB6 /calve/day) and control group. In all treatments, 410 L of pasteurized whole milk divided into two intakes/day at 08:00 and 15:00 h respectively, for 60 days, the addition of *Bacillus subtilis* PB6 was carried out in the milk bucket at the time of feeding. The variables evaluated were weight, height, feed intake and consumption of Mcal. There was no significant statistical difference in the variables evaluated ($P < 0.05$) between

treatments. In relation to the animals supplemented with *Bacillus subtilis* PB6 a higher intake of starter was observed.

Key words: feeding, weaning ,rumen.

INTRODUCCIÓN

Las becerras neonatales son elementos fundamentales en los sistemas de producción bovino y deben criarse de una manera que mantengan la salud y la capacidad de expresar todo su potencial genético. Al inicio de su vida las becerras atraviesan por semanas críticas, durante este periodo cualquier afectación en la salud tendrá repercusiones en la producción de por vida, incluido el desarrollo y la eficiencia productiva (Castro, 2002; Canguiano *et al.*, 2020). Por lo cual en la actualidad se buscan diferentes estrategias de manejo para alcanzar el máximo rendimiento. Una de este tipo de estrategias es el uso de probióticos, estos son microorganismos viables y beneficiosos que ayudan a mantener una simbiosis en el microbioma del tracto gastro intestinal, además de promover el desarrollo del rumen. El uso de estos en la producción animal se basa en las propiedades que se le atribuyen como promotores de crecimiento, mejorar la conversión alimenticia y contribuir a mantener las funciones fisiológicas normales del huésped (Rosminini *et al.*, 2004; Guo *et al.*, 2017). Los probióticos de origen bacteriano comúnmente utilizados en la alimentación de becerras neonatales son *Lactobacillus* spp., *Enterococcus* spp., y *Bacillus* spp. (Uyeno *et al.*, 2015). La adición de probióticos en la alimentación de las becerras en el periodo pre-destete puede facilitar el desarrollo de comunidades bacterianas en el rumen y ayuda a realizar una transición de alimento líquido a alimento seco y forraje (Krehbiel *et al.*, 2003; Hong *et al.*, 2005). Los resultados favorables de las suplementaciones de *Bacillus subtilis* PB6 en animales son prometedores pero la cantidad de informes de la utilización de *Bacillus subtilis* PB6 en becerras neonatos es limitada y se desconoce cuál sea el mejor método de administración en la dieta. El objetivo del presente estudio es evaluar los efectos de suplementar *Bacillus subtilis* PB6 en la dieta líquida durante el período previo al destete.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante el periodo de crianza (60 días) de cada animal seleccionado, este se realizó de febrero a abril del año 2020 en un establo del municipio de Matamoros Coahuila, se encuentra localizado en la región semi-desértica del norte de México a una altura de 1170 msnm, entre los paralelos 28° 11' y 28° 11' de latitud norte y los meridianos 105° 28' y 105° 28' de longitud oeste (INEGI, 2009). Para evaluar el efecto de la suplementación de *Bacillus subtilis* PB6, se seleccionaron 30 becerras divididas en dos grupos de manera aleatoria, las cuales fueron separadas de la madre al nacimiento y alojadas individualmente en jaulas de metal previamente lavadas y desinfectadas. La primera ingesta de calostro se realizó dentro de la primera hora de vida (3 L por toma, con una calidad de > 50 mg / mL de

inmunoglobulina G) y 6 h después de la primera toma se suministró una segunda con las mismas características. Los tratamientos quedaron de la siguiente manera: grupo experimento (10g/becerra/día de *B. subtilis* PB6 en calostro y leche entera) y grupo testigo (sin suplementación), cada tratamiento consto de 15 animales. En ambos tratamientos se suministraron 410 L de leche entera pasteurizada distribuida de la siguiente manera: 2 - 15 d 6 L, 16 – 20 d 8 L, 21 – 40 d 10 L y de 41 - 60 d 4 L, esta se suministró en dos tomas/día 08:00 y 15:00 h respectivamente; la adición de *B. subtilis* PB6 se realizó en una tina de metal previo su desinfección al momento de la alimentación en la primera toma. Se ofreció agua a acceso libre durante todo el estudio. El peso de las crías fue medido en una báscula electrónica digital (PG-2000 Torrey®), el pesaje se realizó cada 10 días, desde el nacimiento al destete, de igual manera la altura de los animales mediante una cinta de medir (Uline Accu-Lock H-1766), tomando como referencia la altura a la cruz del animal. Para determinar el consumo de alimento iniciador se utilizó una báscula electrónica digital (L-EQ 5 Torrey®), el consumo del alimento se midió a partir del día 2 de vida de las becerras. Para realizar el cálculo de consumo de energía se consideró que un litro de leche aporta 0.585 Mcal y el alimento iniciador 2.83 Mcal por kilogramo de materia seca. El análisis estadístico para estimar el crecimiento de las becerras, consumo de alimento iniciador y de Mcal se realizó mediante un análisis de varianza y la comparación de medias a través de una prueba de Tukey. Cada tratamiento constó de 15 repeticiones considerando a cada becerro como una unidad experimental. Se utilizó el valor de $P < 0.05$ para considerar diferencia estadística significativa. Los análisis se ejecutarán utilizando el paquete estadístico IBM-SPSS Statistics.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ganancia de peso y altura

No se observa alguna diferencia estadística en cuanto a las mediciones que se realizaron para evaluar el peso y la altura a la altura ($P < 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 1). Al inicio de sus vidas las becerras recién nacidas atraviesan semanas críticas (Castro, 2002), debido principalmente a enfermedades de origen digestivo (Urie *et al.*, 2018; Scott *et al.*, 2019). Este tipo de problemas en la salud representa un gran desafío para las becerras al momento de aprovechar los nutrientes de la dieta. Se ha descrito que le *B. subtilis* mejora la absorción y digestión de los nutrientes (Reis *et al.*, 2017; Park *et al.*, 2017).

Cuadro 1. Crecimiento de beceras Holstein con o sin suplementación de probiótico *Bacillus subtilis* PB6.

Grupo	Experimento	Testigo
Altura al nacimiento (cm)	76.6 ^a	76.9 ^a
Altura al destete (cm)	87.4 ^a	87.6 ^a
Peso al nacimiento (kg)	37.1 ^a	36.5 ^a
Peso al destete (kg)	61.9 ^a	61.6 ^a
Ganancia diaria promedio (kg)	0.407 ^a	0.417 ^a

Diferente literal indica diferencia estadística entre tratamientos $P < 0.05$.

Consumo de alimento iniciador

Los resultados obtenidos en la variable de consumo de alimento iniciador (Figura 1) no mostraron diferencia estadística ($P < 0.05$). En general, la ingesta de alimento iniciador fue mejor en el grupo experimento durante el mayor tiempo de estudio. Después de la disminución en la cantidad de leche administrada ambos grupos tuvieron un aumento en su consumo de iniciador siendo el grupo experimento el que mostro un mejor comportamiento en esta variable obteniendo un consumo de 2 kg más en comparación con el grupo testigo. Los resultados que se obtuvieron en el consumo de alimento iniciador del grupo experimento durante los últimos 5 días fueron de .740 g/d en promedio, mientras que el grupo testigo tuvo un consumo de .632 g/d. Molinar (2019) reporta un consumo de .602 g/d en promedio durante los últimos 5 días con un sistema de alimentación similar al presente estudio. El principal componente digestible en el alimento iniciador es el almidón, este fermenta rápidamente en el rumen y genera una gran cantidad de ácidos grasos volátiles, en especial el ácido butírico y propiónico (Klevenhusen *et al.*, 2017). Los experimentos in vitro sugieren que el butirato mejora la función de la barrera intestinal a través del aumento de la expresión de genes relacionados con proteínas de unión estrecha (Wang *et al.*, 2012), por lo cual un mayor consumo de este alimento se puede tomar como un indicativo de un mejor funcionamiento del tracto gastro intestinal. Además, el alimento iniciador promueve una mayor diversidad de taxones bacterianos que utilizan con facilidad los carbohidratos (Días *et al.*, 2017).

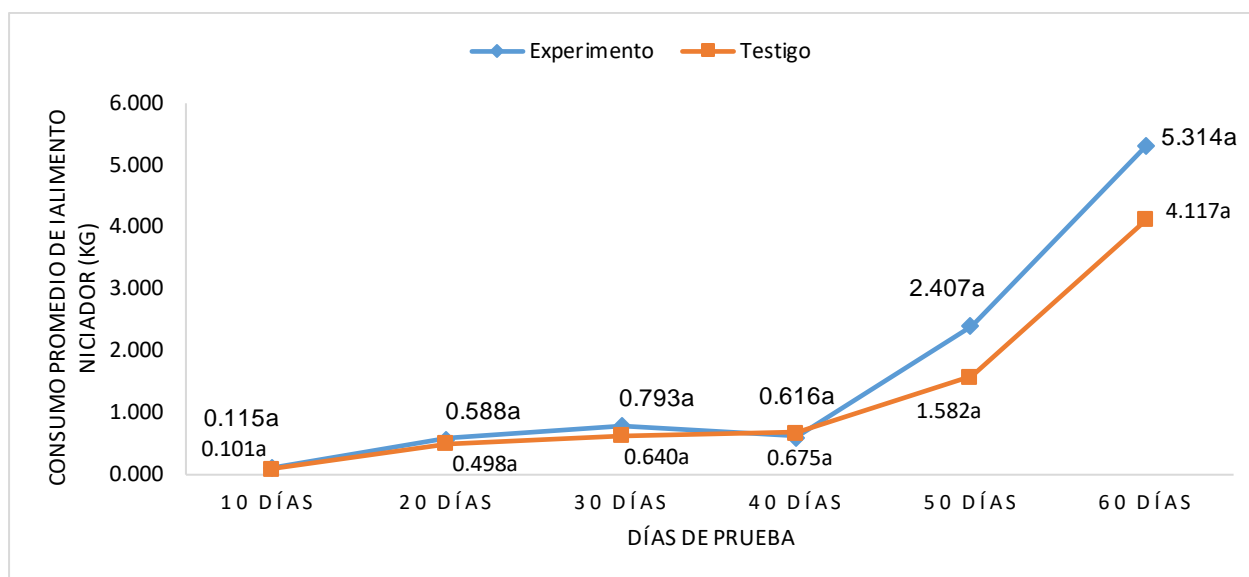


Figura 1. Consumo promedio cada 10 días de alimento iniciador de becerras con o sin suplementación de probiótico *Bacillus subtilis* PB6 (Diferente literal indica diferencia estadística $P < 0.05$).

Consumo de Mcal

No se observa alguna diferencia estadística en cuanto al consumo de Mcal ($p < 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 2). El periodo en el que se presentó un mayor consumo de Mcal fue el del día 21 al 40, esto principalmente debido a la cantidad de leche administrada en esta etapa, posterior a este fue el periodo del día 1 al 20 y por ultimo el periodo del día 41 al 60. En este último periodo la cantidad de consumo de alimento iniciador se vio reflejado en la cantidad de consumo de Mcal total, siendo el grupo experimento el que tuvo un mayor aporte de energía y por consecuente mayor ganancia de peso corporal. El aprovechamiento de la alimentación de las becerras en los inicios de su vida es crucial para el desempeño, productividad y sobre todo la supervivencia, además de estar en íntima relación con la capacidad de producción de la becerro una vez que esta se integra a la cadena productiva de leche (Heinrichs y Coleen, 2002; Soberon *et al.*, 2012).

Cuadro 2. Promedios de consumo de Mcal y ganancia de peso corporal en becerras Holstein con o sin suplementación de probiótico *Bacillus subtilis* PB6.

Periodo	Alimentos (Mcal)		Total (Mcal)	Ganancia de peso (Kg)
	Leche	Iniciador		
Experimento	76.05	1.91	77.96	3.2 ^a
Día 1-20	117	3.99	120.9	12.76 ^a
Día 21-40	46.8	21.85	68.6	8.46 ^a
Día 41-60			267.46	24.4 ^a

Total				
Testigo				
Día 1-20	76.05	1.69	77.74	4.8 ^a
Día 21-40	117	3.72	120.7	12.73 ^a
Día 41-60	46.8	16.13	62.9	7.53 ^a
Total			261.34	25 ^a

Diferente literal indica diferencia estadística entre tratamientos $P < 0.05$.

CONCLUSIONES

Respecto a los resultados obtenidos en la presente investigación, se concluye que en las variables evaluadas no se observó diferencia estadística significativa ($P < 0.05$). Debido al incremento de consumo de alimento iniciador que se observó en el grupo experimento durante la última etapa del estudio se requiere de investigaciones que le den seguimiento al desarrollo de las becerras en el periodo pos-destete y realizar pruebas complementarias que ayuden a comprender los efectos de *Bacillus subtilis* PB6 en la microbiota gastrointestinal.

REFERENCIAS

- Cangiano, L.R., Yohe, T.T., Steele, M.A., Renaud, D.L. 2020. Invited Review: Strategic use of microbial-based probiotics and prebiotics in dairy calf rearing *Applied Animal Science* 36:630–651.
- Castro, R. A. 2002. Ganadería de Leche. Enfoque empresarial. Producción bovina. Tomo I. Edit. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. pp. 285.
- Dias, J., Marcondes, M.I., Noronha, M.F., Resende, R.T., Machado, F.S., Mantovani, H.C., Dill-McFarland, K.A., Suen, G. 2017. Effect of Pre-weaning Diet on the Ruminal Archaeal, Bacterial, and Fungal Communities of Dairy Calves. *Front Microbiol* 8:1553.
- Guo, J.R., Dong, X.F., Liu, S. Tong, J.M. 2017. Effects of long-term *Bacillus subtilis* CGMCC 1.921 supplementation on performance, egg quality, and fecal and cecal microbiota of laying hens *Poultry science*. 96: 1280-1289.
- Heinrichs, A. J. and Coleen, M. J. 2002. Feeding the newborn dairy calf. Special Circular 311. Penn State. College of Agricultural Sciences, Cooperative Extension. Pennsylvania State University.
- Hong, H.A., Duc, L.H., Cutting, S.M. 2005. The use of bacterial spore formers as probiotics. *FEMS Microbiol. Rev.* 29, 813–835.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Torreón, Coahuila de Zaragoza. Clave geoestadística 05035.
- Klevenhusen, F., Petri, R.M., Kleefisch, M.T., Khiaosa-Ard, R., Metzler-Zebeli, B.U., Zebeli, Q. 2017. Changes in fibre-adherent and fluid-associated microbial communities and fermentation profiles in the rumen of cattle fed diets differing in hay quality and concentrate amount. *FEMS Microbiol Ecol* 93(9).

- Krehbiel, C.R., Rust, S.R., Zhang, G., Gilliland, S.E. 2003. Bacterial direct-fed microbials in ruminant diets: Performance response and mode of action. *J. Anim. Sci.* 81, 120–132.
- Molinar, B.D. 2019. Consumo de alimento en becerras Holstein lactantes suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México.
- Park, J. H., Yun, H. M., Kim, I. H. 2017. The effect of dietary *Bacillus subtilis* supplementation on the growth performance, blood profile, nutrient retention, and caecal microflora in broiler chickens. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 868–872.
- Reis, M. P., Fassani, E. J., Júnior, A. A. P. G., Rodrigues, P. B., Bertechini, A. G., Barrett, N., Schmidt, C. J. 2017. Effect of *Bacillus subtilis* (DSM 17299) on performance, digestibility, intestine morphology, and pH in broiler chickens. *The Journal of Applied Poultry Research*, 26(4), 573–583.
- Rosmini, M., Sequeira, G., Guerrero, I., Martí, L., Dalla, R., Frizzo, L., Bonazza, J. 2004. Producción de probióticos para animales de abasto: importancia del uso de la microbiota intestinal. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 3:181-191.
- Scott, K., Kelton, D.F., Duffield, T.F., Renaud Risk, D.L. 2019. Factors identified on arrival associated with morbidity and mortality at a grain-fed veal facility: A prospective, single cohort study. *J. Dairy Sci.*, 102, pp. 9224-9235.
- Soberon, F., E. Raffrenato, R. W. Everett and M. E. Van Amburgh. 2012. Prewaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 95:783-793.
- Urie, N. J., Lombard, J. E., Shivley, C. B., Koprál, C. A., Adams, A. E., Earleywine, T. J., Garry, F. B. 2018. Prewaned heifer management on US dairy operations: Part V. Factors associated with morbidity and mortality in preweaned dairy heifer calves. *Journal of Dairy Science*.
- Uyeno, Y., Shigemori, S., Shimosato, T. 2015. Effect of Probiotics/Prebiotics on Cattle Health and Productivity. *Microbes and Environments*, 30(2), 126–132.
- Wang, H.B., Wang, P.Y., Wang, X., Wan, Y.L., Liu, Y.C. 2012. Butyrate enhances intestinal epithelial barrier function via up-regulation of tight junction protein Claudin-1 transcription. *Dig Dis Sci* 57(12):3126–3135.

EFFECTO DE UN EMPADRE CORTO O LARGO, SOBRE LA RESPUESTA REPRODUCTIVA DE OVEJAS PELIBUEY MANTENIDAS BAJO CONDICIONES DE CLIMA TEMPLADO

Mario Alfredo Espinosa Martínez^{1*}, Luis Javier Montiel Olguín¹, María Denisse Montoya Flores¹, Fernando Villaseñor González², Juan Carlos Garrido Castillo³

¹INIFAP-CENID Fisiología y Mejoramiento Animal; ²INIFAP-C.E. Centro Altos de Jalisco; ³UAM-Xochimilco. Km 1 Carr. Ajuchitlán-Colón. Ajuchitlán, Colón, Qro.
correo-e: espinosa.mario@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar si la duración del empadre afecta indicadores reproductivos de ovejas Pelibuey bajo condiciones templadas. Durante los meses de junio-julio, 35 ovejas se seleccionaron al azar para ser asignadas a dos grupos de empadre: corto (n=18), con una duración de 26 días, o largo (n=17), con una duración de 34 días. Durante dichos periodos, las hembras se mantuvieron todo el tiempo con un semental de la misma raza. Los datos de concepción fueron analizados mediante prueba exacta de Fisher, mientras que el número de crías se analizó mediante la prueba *t* de Student, empleando el paquete estadístico SAS. El porcentaje de concepción fue similar ($P>0.05$) entre grupos, 94.4% (17/18) para el grupo corto y 94.1% (16/17) para el grupo largo. Del mismo modo, el número de crías tendió a ser diferente ($P=0.0511$) entre grupos, 1.58 ± 0.15 crías para el grupo corto y 2.00 ± 0.15 crías para el grupo largo. Se concluye que el periodo de empadre para ovejas Pelibuey bajo condiciones de clima templado puede ser de sólo 26 días sin afectar su respuesta reproductiva, en comparación a un periodo de empadre de mayor duración.

Palabras clave: ovinos, reproducción, concepción.

ABSTRACT

The objective was to determine if a short or long mating season has an effect on reproductive parameters of Pelibuey ewes in temperate climate conditions. During the months of June and July, 35 ewes were random selected and assigned to two groups: short mating length (n=18), with a duration of 26 days, or long mating length (n=17), with a duration of 34 days. In such periods, ewes were maintained with a ram of the same breed all the time. Conception results were analyzed with an exact Fisher test, while the number of lambs were analyzed through Student t-test, using SAS statistical software. Conception rate was similar ($P>0.05$) among both groups, 94.4% (17/18) for short group and 94.1% (16/17) for long group. Also, number of lambs tended to be different ($P=0.0511$) between groups, 1.58 ± 0.15 lambs for short group, and 2.00 ± 0.15 lambs for long group. In conclusion, the mating length for Pelibuey ewes under temperate climate condition can be of only 26 days without adverse effects of their reproductive response, compared with a mating length of 34 days.

Key words: ewes, reproduction, conception.

INTRODUCCIÓN

La oveja Pelibuey es una raza de pelo de origen tropical, que se ha extendido a diversas regiones del país, incluyendo aquellas con un clima templado. Algunas características de esta raza es su baja o nula estacionalidad, prolificidad y rusticidad (Arroyo *et al.*, 2007; García-Chávez *et al.*, 2020). En esta especie, una práctica común es realizar los servicios reproductivos a través de periodos de empadre, donde un grupo de ovejas se mantienen durante un cierto número de días con el semental. Al respecto, se ha recomendado en general que para la especie ovina la duración del empadre sea de 34 días al menos (Kenyon *et al.*, 2004), e incluso hasta de 40 y 60 días en ovejas primerizas y en ovejas Pelibuey, aunque generalmente sin mayor sustento, más que basado en la duración del ciclo estral de la oveja. Sin embargo, las características reproductivas de la raza permiten sugerir que el periodo de empadre puede reducirse, sin afectar su respuesta, lo que ha sido escasamente explorado.

Por lo tanto, este trabajo tuvo como finalidad, determinar si la respuesta reproductiva de ovejas Pelibuey mantenidas en condiciones templadas, se ve afectada por la duración del empadre.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado durante la parte inicial del verano (finales de junio-principios de julio) en el municipio de Colón, en el estado de Querétaro (20°42'N, 100°01'O). En esta región el clima que predomina es templado semiseco, con una temperatura promedio anual de 17.4°C. Se utilizaron 35 ovejas de la raza Pelibuey de una unidad de producción, con un peso corporal promedio de 45.2±1.3 kg y una condición corporal promedio de 3.42 al inicio del empadre. Para obtener el peso, se empleó una báscula electrónica, mientras que, para estimar la condición corporal, se utilizó el método descrito por Romero (2015), que utiliza una escala de 1 a 5.

Las ovejas se asignaron aleatoriamente a uno de dos empadres de diferente duración. El periodo corto tuvo una duración de 26 días (1.5 ciclos estrales), mientras que el empadre largo, tuvo una duración de 34 días (2 ciclos estrales). Las ovejas fueron mantenidas durante todo el periodo de empadre con un semental diferente, con peso (76.1±0.3 kg) y condición corporal similar (3.75) y que rutinariamente eran empleados en la unidad productiva para brindar los servicios reproductivos de las ovejas. Transcurridos 35 días del término de los periodos de empadre, se llevó a cabo el diagnóstico de gestación mediante ultrasonografía transrectal y al presentarse el parto de cada oveja, se registró el número de crías para cada una de ellas. Durante el estudio, las ovejas cubrieron sus requerimientos nutricionales establecidos por el NRC (2007) y se ofreció agua a libre acceso.

Para el análisis estadístico, la tasa de concepción se analizó mediante la prueba exacta de Fisher, mientras que para la condición corporal y peso de las ovejas, así como el número de crías, se analizaron mediante prueba *t* de Student. Los valores de condición corporal se transformaron previamente mediante la opción logaritmo natural y la prolificidad (número de crías/oveja) mediante la opción raíz cuadrada de $x+0.5$, para su análisis estadístico. Los análisis se realizaron empleando el paquete estadístico SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se observa en el Cuadro 1, al iniciar el empadre, el peso corporal fue similar ($P>0.05$) entre ambos grupos de ovejas. De manera similar, la condición corporal al inicio del estudio no mostró diferencias ($P>0.05$) entre grupos. Así, los indicadores de desarrollo corporal de las hembras (al igual que de los sementales) al inicio del estudio presentaron una situación deseable, lo que permite sugerir que estos indicadores no tuvieron alguna repercusión en las respuestas reproductivas observadas, como si se ha visto en otros estudios (Guzmán *et al.*, 2021).

La tasa de concepción fue superior al 94% en ambos grupos de empadre, sin observarse diferencias entre ellos ($P>0.05$). La tasa de concepción alcanzada en ambos grupos de estudio fue superior al valor de 69-75% descrito por González-Garduño *et al.* (2010) en la misma raza, con empadre con una duración de 35 días, aunque similar a lo visto por Martínez-Rojero *et al.* (2011) pero con empadres de 60 días. Adicionalmente, en este estudio, la tasa de concepción no se modificó por la duración del empadre, similar a lo observado por Mireles *et al.* (2011), con empadre de 25 o 52 d, lo que permite sugerir el uso de un empadre corto en la raza Pelibuey. Aunque otros estudios emplean empadres en ovinos con una duración larga (Kenyon *et al.*, 2004; Mireles *et al.*, 2011; Quintero *et al.*, 2018) con buenos resultados, una duración corta del mismo permite reducir costos de mantenimiento y menor desgaste físico del semental, por la búsqueda de hembras en estro. Los resultados parecen sugerir que la presentación de estros posterior al inicio del empadre se presentaban de manera regular y con condiciones para permitir la concepción y que esta se mantuviera, en ambos grupos. Esto también sugiere que las hembras se gestan en su primer estro o que al menos la mayoría lo hace así. Al respecto, algunos autores (Mireles *et al.*, 2011) han mencionado que sólo aproximadamente el 10% de ovejas no se gestan en el primer ciclo estral (repiten estro), aunque las montas pueden concentrarse en un periodo que puede ser diferente entre periodos de empadre, lo cual no se ha determinado en ovejas Pelibuey.

Cuadro 1. Indicadores de desarrollo y reproductivos de ovejas Pelibuey sometidas a dos diferentes periodos de empadre.

Indicador	Duración del empadre	
	Corto (26 d)	Largo (34 d)
Peso corporal al empadre (kg)	44.95 \pm 1.86	45.49 \pm 1.86
Condición corporal al empadre	3.36 \pm 0.14	3.48 \pm 0.14
Tasa de concepción, %	94.44	94.12
Prolificidad	1.59 \pm 0.15 ^a	2.00 \pm 0.16 ^b

^{ab}P=0.0511

Por otro lado, la prolificidad tendió a ser diferente ($P=0.0511$) entre grupos, con 1.59 y 2 crías por oveja para los grupos de empadre corto y largo, respectivamente. En general, existió una mayor prolificidad en comparación a lo descrito en otros estudios (García-Chávez *et al.*, 2020; Martínez-Rojero *et al.*, 2011). La menor prolificidad con un empadre corto, es lo mismo que fue observado en otro estudio con empadres de 36 vs 45 días (Kenyon *et al.*, 2011). Es probable que, en el grupo de ovejas con empadre largo, la aleatorización al inicio del estudio hubiera mantenido un mayor porcentaje de ovejas de un mayor número de partos. Se ha descrito que las ovejas múltiparas presentan un mayor número de crías, en comparación a ovejas primíparas o jóvenes (de Lucas *et al.*, 2009; García-Chávez *et al.*, 2020). Por otro lado, es probable que la parte genética haya jugado un papel en la prolificidad observada, ya que los grupos de ovejas fueron mantenidas con sementales diferentes. Como se comentó previamente, la condición corporal de las ovejas fue similar al iniciar el empadre, por lo que este factor puede descartarse como causa de menor prolificidad.

CONCLUSIONES

Periodos de empadre cortos (26 días) pueden ser empleados en ovejas Pelibuey bajo condiciones de regiones templadas. La tasa de concepción es similar a lo observado con empadres de mayor duración. La menor duración del empadre mostró una tendencia a disminuir la prolificidad, lo que pudo ser debido a razones de un mayor número de partos de las borregas o causas genéticas. Sin embargo, este último resultado deberá ser confirmado en estudios posteriores.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Resultados generados a través de las actividades programadas en la Unidad Pecuaria Ovina, financiada mediante recursos fiscales del INIFAP.

REFERENCIAS

- Arroyo** LJ, Gallegos-Sánchez J, Villa-Godoy A, Berruecos JM, Perera G, Valencia J. Reproductive activity of Pelibuey and Suffolk ewes at 19° north latitude. *Animal Reproduction Science* 2007; 102: 24-30.
- De Lucas** TJ, Zarco QLA, González PE, Tórtora PJ, Vásquez PC. Evaluación biológica de dos sistemas de apareamiento en ovinos de raza Columbia en producción intensiva. *Vet Mex* 2009; 40(2): 105-122.
- García-Chávez** CA, Luna-Palomera C, Macías-Cruz U, Segura-Correa JC, Ojeda-Robertos NF, Peralta-Torres JA, Chay-Canúl AJ. Crecimiento de corderos y productividad en ovejas Pelibuey mantenidas bajo condiciones tropicales de producción. *Rev Mex Cienc Pecu* 2020; 11(3): 884-893.
- González-Garduño** R, Torres-Hernández G, Arece-García J. Comportamiento productivo y reproductivo de ovinos Pelibuey en un sistema de pariciones aceleradas con tres épocas de empadre al año. *Zootecnia Trop* 2010; 28(1): 51-56.
- Guzmán** MV, Castillo LEB, Hinojosa CJA, Oliva HJ. Peso vivo de la oveja primala al primer empadre y productividad en sus dos primeros partos. *Nova Scientia* 2022; 14(28): 1-16.

- Kenyon PR**, Pinchbeck GL, Perkins NR, Morris ST, West DM. Identifying factors which maximise the lambing performance of hoggets: a cross sectional study. *New Zeal Vet J* 2004; 52(6): 371-377.
- Martínez-Rojero RD**, Santamaría LR, Torres HG, Mastache LAA, Michel AAC. Evaluación de la fertilidad y prolificidad en ciclos reproductivos de ocho meses durante tres estaciones en ovejas Pelibuey en el trópico seco mexicano. *Revista Científica* 2011; 21(5): 383-387.
- Mireles M**, Esteban J, Rojas HS, Valencia AMT, Gutiérrez SI, Olivares PJ. Empadre controlado, distribución de partos y prolificidad en ovejas de pelo en el trópico seco de Guerrero, México. *Revista Electrónica de Veterinaria* 2011; 12(11): 1-13.
- Quintero-Elisea JA**, Olguín-Arredondo HA, Janacua-Vidales H, Rivas-Cáceres RR, Ponce-Covarrubias JL, Valencia-Franco E, Velázquez-Morales JV. Duración de empadres controlados con monta natural en ovejas de pelo. Congreso Internacional de Ovinocultura. 24-26 octubre de 2018. Pachuca, Hgo. 46-50.
- Romero O**. Evaluación de la condición corporal y edad de los ovinos. Herramientas de manejo animal. Informativo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Ministerio de Agricultura 2015. Temuco Chile. No. 79.

EVENTOS REPRODUCTIVOS EN DIFERENTES ÉPOCAS DEL AÑO, EN UNIDADES BOVINAS DE LECHERÍA FAMILIAR SEMITECNIFICADA DE LOS ALTOS DE JALISCO

Mario Alfredo Espinosa Martínez¹, Fernando Villaseñor González², Alejandra Vélez Izquierdo¹, Luis Javier Montiel Olguín¹, Juan Carlos Garrido Castillo³
¹INIFAP-CENID Fisiología y Mejoramiento Animal; ²INIFAP-CE Centro Altos de Jalisco; ³UAM-Xochimilco. Correo-e: marespinosa71@yahoo.com

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar algunos eventos reproductivos que se llevan a cabo en unidades familiares de producción de leche bovina y el efecto que tiene sobre ellos la época del año. Para lo anterior, se colectó información de tres unidades de producción de la región de Los Altos de Jalisco Sur durante un periodo de ocho meses. La información obtenida fue el número de partos, inseminaciones, diagnósticos de gestación, animales entrando a su periodo seco y desechos. Los datos se agruparon en tres épocas del año: primavera, otoño e invierno y se sometieron a análisis descriptivos y de varianza, para determinar con ello probables diferencias en los eventos registrados asociados a las épocas del año estudiadas. El número de inseminaciones realizadas (471) y los diagnósticos de gestación (254), fueron los dos eventos que se realizaron en mayor número, principalmente en la época de invierno y en menor número en primavera. Adicionalmente, el número de inseminaciones/día fue mayor ($P=0.003$) en las épocas de otoño y de invierno (2.02 ± 0.21 y 2.30 ± 0.22 , respectivamente), en comparación a la primavera (1.28 ± 0.26). El número de vacas que iniciaron su periodo seco/día mostró una tendencia a ser mayor ($P=0.065$) en la época de otoño (0.49 ± 0.10), en comparación al invierno (0.27 ± 0.11). En general, las actividades se realizaron en mayor cantidad y promedio durante las épocas de otoño e invierno, en comparación a la primavera. Una mayor temperatura ambiental podría estar asociada a efectos adversos observados en los eventos reproductivos de la primavera.

Palabras clave: Reproducción, Bovinos, Épocas.

ABSTRACT

The objective was to determine the number of some activities associated to reproduction in small-scale dairy farms and to evaluate the effect of season of the year on these activities. Information was collected from three dairy herds located in the region of Los Altos de Jalisco Sur, during an eight month-period. Results collected were the number of calving, inseminations, pregnancy diagnosis, cows beginning their dry period and culling. Results were grouped in three seasons: spring, fall and winter. Descriptive analysis and ANOVA were made, to determine the potential differences in the events collected due to season of the year. Number of inseminations (471) and pregnancy diagnosis (254) were the main events registered, with higher values in winter and lower in spring. Also, number of inseminations/day were higher ($P=0.003$) in fall and winter season (2.02 ± 0.21 and 2.30 ± 0.22), compared to spring season (1.28 ± 0.26). The number of cows in dry period/day tended to be higher ($P=0.065$) in fall season vs winter season (0.49 ± 0.10 vs 0.27 ± 0.11 , respectively). In general, activities in bovine reproduction were higher number and mean value/day during fall-winter, compared to spring. A higher temperature could be associated to adverse effects on the reproductive events occurring during the spring season.

Key words: Reproduction, Bovine, Season.

INTRODUCCIÓN

En México se producen poco menos de 13 mil millones de litros de leche bovina (SIAP, 2022), de la cual, un porcentaje considerable proviene de unidades de producción semitecnificada o lechería familiar que presentan características como predominar la mano de obra de la familia, así como tener deficiencias en diferentes procesos (Vera *et al.*, 2009; Montiel-Olguín *et al.*, 2019). De ellos, el proceso reproductivo tiene un fuerte impacto en la dinámica de la unidad

de producción, ya que de él depende en buena parte, mantener una producción de leche de manera constante y con mayor rentabilidad. Un factor que puede afectar de manera importante los diferentes procesos y en especial el reproductivo, es la época del año (De Rensis *et al.*, 2017; Roelofs *et al.*, 2010). Esto es ampliamente conocido en sistemas intensivos de producción; sin embargo, menos se conoce de efectos de la época del año, sobre este tipo de eventos en unidades de producción de leche de tipo familiar, en las cuales los productores llevan a cabo diversas actividades, incluyendo algunas no pecuarias. Conocer la cantidad de eventos que se llevan a cabo y las repercusiones que sobre ellos tiene la época del año, podría mejorar la planeación y anticipar actividades, gastos, etc., y así, tomar decisiones que permitan mejorar las condiciones de producción. Por ello, el objetivo de este trabajo es determinar la cantidad de algunos eventos reproductivos realizados y el efecto que sobre ellos tiene la época del año, en unidades bovinas de producción de leche familiar semitecnificada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se obtuvo información de tres unidades bovinas de producción de leche, con un número de vientres promedio de 96 vacas (rango 47-142), con características del sistema de producción familiar semitecnificado en la región en estudio (Montiel-Olguín *et al.*, 2019). La ubicación de dichas unidades de producción es en el municipio de Tepatitlán de Morelos en el estado de Jalisco, de la región Altos de Jalisco Sur (20°52'N). La región tiene un clima templado subhúmedo, con una temperatura promedio anual de 17.8 °C y una precipitación anual promedio de 817 mm (IIEG 2019).

Durante un periodo de 8 meses, se obtuvo información asociada a eventos reproductivos: partos, inseminaciones, diagnósticos de gestación, animales entrando a su periodo seco y desechos, así como la causa de los mismos. Los datos se agruparon en tres épocas, primavera (abril y mayo), otoño (octubre, noviembre y diciembre) e invierno (enero, febrero y marzo). Inicialmente, los resultados se sometieron a análisis descriptivos y posteriormente, dado que la época de primavera sólo considero dos meses de observaciones, se obtuvieron los promedios por día de los eventos registrados durante el estudio, para poder realizar comparaciones entre grupos (épocas). Los datos de los eventos diarios fueron transformados, mediante la opción raíz cuadrada+0.5. Los promedios para cada variable de interés, fueron sometidos a análisis de varianza, con la finalidad de determinar posibles diferencias entre los grupos (épocas) formados. Cuando se observaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) o tendencias ($P < 0.10$), las diferencias de medias se analizaron mediante la opción LSmeans de SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron un total de 205 partos, de los cuales el promedio por unidad de producción fue desde 14 en la primavera, hasta 29.7 en otoño. Sin embargo, la variabilidad fue alta, ya que en uno de los meses, una de las unidades de producción sólo registró un parto (Cuadro 1), lo que sugiere un flujo que no es constante y que podría tener consecuencias en la producción de leche, con una menor oferta de producto en algunos periodos del año. La inseminación fue la actividad registrada en mayor número, lo que en consecuencia, demanda buena parte del tiempo del productor o encargado de la unidad de producción. El total de inseminaciones fue de 471, con el mayor número y promedio/unidad, ubicado en la época de invierno. Nuevamente, una unidad de producción sólo tuvo en algún mes, una inseminación. Se realizaron 254 diagnósticos de gestación en total, con el mayor número y promedio/unidad registrado nuevamente en la época de invierno y representando la segunda mayor actividad reproductiva observada durante el estudio. Adicionalmente, un total de 87 animales iniciaron su periodo seco, principalmente agrupados durante el otoño y con el menor número y promedio en primavera. Finalmente, se registraron 61 animales desechados, la mayoría de los cuales se desecharon durante el invierno y con el menor número y promedio/unidad durante la primavera. Estos menores valores y promedios/unidad registrados en la época de primavera, pueden deberse en buena parte a que sólo se consideraron dos meses de

observaciones para dicho periodo, en comparación con el otoño e invierno, que consideraron tres meses.

Cuadro 1. Eventos reproductivos (total y promedio/unidad de producción) en unidades bovinas de producción de leche, en tres épocas del año

	Primavera	Otoño	Invierno	Mínimo*	Máximo*
Partos	42 (14)	89 (29.7)	74 (24.7)	1	35
Inseminaciones	78 (26)	186 (62)	207 (69)	1	81
Diagnósticos de gestación	46 (15.3)	88 (29.3)	120 (40)	18	51
Secas	18 (6)	45 (15)	24 (8)	3	20
Desechos	5 (1.7)	11 (3.7)	45 (15)	1	36

*Indica el valor menor o mayor, observado durante una época para cualquiera de las unidades de producción.

De los desechos, en primavera se asociaron en primer lugar a una lesión (40%), seguido por problemas reproductivos (20%), problemas estructurales (20%) y por otro motivo (20%). Sin embargo, durante el otoño, el 45.5% de los desechos se asoció a problemas reproductivos, tal como se ha observado en estudios en el sistema intensivo de producción de leche (Ansari-Lari *et al.*, 2012; Viela *et al.*, 2004). Además, el 27.3% a enfermedades, y los problemas estructurales, lesiones y problemas de la ubre contibuyeron cada uno con el 9.1% del total. Finalmente, en invierno, la principal causa de desecho fue por venta (66.7%), seguido por enfermedades (15.6%), problemas reproductivos (11.1%), los problemas de patas (4.4%) y los problemas digestivos (2.2%). Es probable que el alto porcentaje de desechos por venta de animales en invierno, se deba al deseo de reducir el tamaño de alguno de los hatos. Por otro lado, las enfermedades también han sido registradas como la tercera en importancia en el mismo sistema de producción, quizá con motivo de problemas fuertes de salud (Espinosa *et al.*, 2021).

Debido a que la primavera, sólo consideró dos meses de observaciones, los valores promedio de los indicadores por día, podrían brindar una comparación más apropiada asociada a los efectos de la época del año. En el cuadro 2, se puede observar que el número de partos promedio/día, sólo se acercó a presentar una tendencia a ser diferente entre las diferentes épocas del año ($P=0.12$). Las inseminaciones y los diagnósticos de gestación podrían ser las dos principales actividades demandantes de tiempo para el productor; durante el otoño y el invierno, existió una mayor cantidad de inseminaciones promedio ($P=0.003$), en comparación a la época de primavera. Durante el invierno y el otoño, se registraron más de dos inseminaciones promedio/día, mientras que en la primavera sólo se registraron 1.28 inseminaciones diarias. Esto podría indicar problemas para poder llevar a cabo un mayor número de inseminaciones durante la época de mayor temperatura ambiental, lo que podría ser reflejo de menor cantidad de animales que entran o son detectados en estro. Al respecto, se ha observado que la expresión puede ser afectado por la época, además de otros factores mediambientales como la nutrición, el alojamiento, el tamaño del hato, etc. (Roelofs *et al.*, 2010). Efectos adversos de épocas más cálidas se han observado sobre la fertilidad, el comportamiento reproductivo de la vaca y se compromete la calidad de los ovocitos, los embriones y el cuerpo lúteo (De Rensis *et al.*, 2017).

Durante el otoño existió una tendencia ($P=0.065$) a secar un mayor número de animales en promedio, en comparación a la época de invierno. Ni el promedio de partos, de diagnósticos de gestación realizados y de desechos, fueron diferentes ($P>0.05$) entre las épocas evaluadas. A pesar de que los indicadores iniciales fueron menores en la época de primavera y como mencionamos, pudo deberse en parte a que en dicha época sólo se consideraron dos meses de evaluación, las inseminaciones promedio y parcialmente el promedio de animales que entraban a su periodo seco mostraron algo similar, lo que sugiere que la época en realidad está teniendo un efecto adverso sobre dichos indicadores durante la primavera. Algunos de

los esfuerzos de los productores deberían enfocarse a evitar estos menores valores observados durante la primavera, con la finalidad de mantener constante las actividades reproductivas y en consecuencia, la producción de leche durante todo el año.

Cuadro 2. Eventos reproductivos (promedio/día \pm ee) en unidades bovinas de producción de leche

	Primavera	Otoño	Invierno
Partos*	0.69 \pm 0.11	0.96 \pm 0.09	0.81 \pm 0.09
Inseminaciones***	1.28 \pm 0.26 ^a	2.02 \pm 0.21 ^b	2.30 \pm 0.22 ^b
Diagnósticos gestación	0.75 \pm 0.32	0.96 \pm 0.25	1.33 \pm 0.26
Secas**	0.29 \pm 0.13 ^{ab}	0.49 \pm 0.10 ^b	0.27 \pm 0.11 ^a
Desechos	0.08 \pm 0.26	0.12 \pm 0.21	0.50 \pm 0.21

*P=0.12. **P=0.065. ***P=0.003

CONCLUSIONES

La carga de trabajo para productores del sistema familiar semitecnificado de producción de leche en unidades de la región evaluada, medido como eventos reproductivos totales y promedios/día, parece ser mayor durante el periodo de invierno, en comparación a lo registrado en primavera. Es probable que los efectos adversos, ocurren en respuesta a las condiciones climáticas de mayor temperatura durante la primavera. Estos resultados pueden ser tomados en cuenta para planeación y programación apropiada de actividades durante el año y con ello mantener de manera constante la oferta de producto.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Resultados generados a través del proyecto con recursos fiscales del INIFAP titulado: Desarrollo de una estrategia integral sustentable para incrementar la disponibilidad de reemplazos Holstein de buena calidad en el sistema familiar de producción de leche en México. SIGI 15352034772.

REFERENCIAS

- De Rensis F Lopez-Gatius F, García-Ispierto I, Morini G, Scaramuzzi RJ. Causes of declining fertility in dairy cows during the warm season. *Theriogenology* 2017; 91: 145-153.
- Espinosa MMA, Villaseñor GF, Montiel OLJ, Vélez IA, Ruíz LFJ. Causas de desecho de vacas en unidades semitecnificadas de producción de leche de Los Altos de Jalisco. LVI Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Memoria 2021. Ciudad de México 10-12 de noviembre. 97-99.
- IIEG. Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco. Altos Sur Diagnóstico de la Región Agosto 2019. Gobierno de Jalisco. 2019.
- Montiel-Olguín LJ, Estrada-Cortés E, Espinosa-Martínez MA, Mellado BM, Hernández-Vélez JO, Martínez-Trejo G. Risk factors associated with reproductive performance in small-scale dairy farms in Mexico. *Trop Anim Health Prod* 2019; 51(1): 229-236.
- Montiel-Olguín LJ, Ruíz-López FJ, Mellado M, Estrada-Cortés E, Gómez-Rosales S, Elton-Puente JE, Vera-Ávila HR. Body condition score and milk production on conception rate of cows under a small-scale dairy system. *Anima* 2019; 9(10): 800.
- Roelofs J, López-Gatius F, Hunter RHF, van Eerdenburg FJCM, Hanzen Ch. When a cow in estrus?. *Theriogenology* 2010; 74(3): 327-344.
- Vera AHR, Hernández AL, Espinosa GJA, Ortega RL, Díaz AE, Román PH. Producción de leche de bovino en el sistema familiar. Libro Técnico. 1ª ed. México, INIFAP CIRGOC; 2009.

EFFECTO DE UNA GRASA DE SOBREPASO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN CABRAS EN UN SISTEMA INTENSIVO

Jorge A. Bustamante-Andrade¹, Amaury Esquivel-Romo¹, Ulises N. Gutierrez-Guzman¹, Apolinar González-Mancilla¹ y María E. Ríos-Vega¹.

¹ Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, Venecia 35111, Durango, México.

jorge.bustamante@ujed.mx

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de una grasa de sobrepaso sobre la producción de leche en cabras manejadas bajo un sistema intensivo; el estudio se llevó a cabo en la Comarca Lagunera. El periodo experimental tuvo una duración de 30 días. De un hato de 70 cabras de la raza Saanen se seleccionaron 30, en base a su peso vivo y condición corporal (48.6 ± 5.7 kg de peso y 2.3 ± 0.28). La variable de producción de leche: se determinó mediante la pesada de la producción de los dos medios de la cabra a los 10, 20, y 30 días después del parto. Durante los 3 muestreos no existió diferencia estadística entre el grupo Control y los dos grupos experimentales ($P > 0.05$). Sin embargo la producción global se observa diferencia entre grupos. Se aprecia un incremento en la producción lechera para el grupo Control con respecto a los dos grupos experimentales HP 95 y LM 45, fisiológicamente este comportamiento se debió a que el periodo de suplementación al primer muestreo fue muy corto por lo cual no se ve un efecto directo sobre esta variable, aunado a que el proceso fisiológico de producción de leche recién iniciaba; en este mismo sentido podemos agregar que el total de las cabras utilizadas en este estudio se encontraba en muy buena condición corporal. Concluimos que para este tipo estudios el periodo experimental debe de ser más prolongado, por lo que sugerimos extender el periodo experimental en futuros proyectos de investigación, para ver el efecto de la grasa de sobrepaso.

Palabras clave: Caprinos, producción láctea, ácido palmítico.

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the effect of a bypass fat on milk production in goats managed under an intensive system; the study was carried out in the Comarca Lagunera. The experimental period lasted 30 days. From a herd of 70 goats of the Saanen breed, 30 were selected based on their live weight and body condition (48.6 ± 5.7 kg of weight and 2.3 ± 0.28). The milk production variable: will be prolonged by weighing the production of the two means of the goat at 10, 20 and 30 days after delivery. During the 3 samplings there was no statistical difference between the Control group and the two experimental groups ($P > 0.05$). However, the overall production shows a difference between groups. An increase in milk production can be seen for the Control group with respect to the two experimental groups HP 95 and LM 45, physiologically this behavior is due to the fact that the period of supplementation to the first demonstrated was very short, for which a difference is not seen. direct effect on this variable, coupled with the fact that the physiological process of milk production had just begun; In this same we can add that the total of the goats used in this study felt in very good body condition. We conclude that for this type of study the experimental period should be longer, so we suggest extending the experimental period in future research projects, to see the effect of bypass fat.

Key words: Goats, dairy production, palmitic acid.

INTRODUCCIÓN

La caprinocultura es una actividad pecuaria de suma importancia ya que ha permitido el desarrollo ganadero desde el inicio de la humanidad hasta la actualidad (Castel *et al.*, 2010); hoy en día esta actividad permite obtener ingresos que sirve de sustento a la población rural principalmente; tal como ocurre en la Comarca Lagunera región agroecológica ubicada en el norte árido de México que destaca en la producción caprina a nivel nacional, y posee un inventario cercano a las 400 mil cabezas (SIAP 2020) esta región ocupa el primer lugar en producción de leche de cabra a nivel nacional (Escareño *et al.*, 2013; Isidro-Requejo *et al.*, 2019; Navarrete-Molina *et al.*, 2020); tanto en ecosistemas templados como subtropicales, los caprinos son clasificados reproductivamente como poliéstricos estacionales; dicha reproducción estacional genera a su vez una estacionalidad en la producción de cabrito, carne, leche y sus derivados (Álvarez y Zarco, 2001) lo cual representa una limitante para los caprinocultores de la región por heterogeneidad en percepción de ingresos económicos por la variabilidad en la calidad de la leche a lo largo del año; que es el producto más importante del cual obtienen un ingreso. El contenido de grasa es el componente más importante en la producción de leche en la región por lo cual es importante cubrir las necesidades nutricionales debido a que son mayores en las etapas de crecimiento, final de gestación y principio de lactación donde es necesaria la suplementación (Gioffredo y Petryna 2010). El contenido de lípidos de las dietas comunes de los rumiantes (2 a 5%, de acuerdo con Doreau y Ferlay 1994) puede elevarse para aumentar la concentración energética de la dieta, reducir el riesgo de acidosis ruminal y la caída de la grasa láctea, o modificar los ácidos grasos absorbidos en el intestino delgado y depositados en sus productos (Demeyer y Doreau 1999). El incremento del contenido graso de la dieta requiere la adición de materias primas especialmente ricas en lípidos o fuentes de grasa. La adición de fuentes de grasa protegidas mediante procedimientos físicos o químicos a la dieta de los rumiantes permite incrementar la cantidad de ácidos grasos disponibles para la absorción intestinal a la par que se reducen los efectos negativos sobre la población microbiana ruminal (Jenkins y Bridges 2007).

Por el contrario, la inclusión de lípidos no protegidos (semillas oleaginosas, aceites y grasas) en la dieta puede afectar negativamente a la población microbiana del rumen (Yang *et al.*, 2009). Tomando en cuenta estos antecedentes establecemos la siguiente hipótesis: la utilización de una grasa de sobrepeso en lactación incrementará la producción de leche; en cabras manejadas bajo un sistema intensivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y localización del área experimental

El presente estudio se llevó a cabo en una explotación caprina en condiciones intensivas ubicada en el Ejido Colon del Municipio de Francisco I. Madero Coahuila (Latitud 25° 50' 57.72" N, Longitud 103° 16' 03.52" O). Esta localidad se encuentra ubicada en la Comarca Lagunera a una altitud de 1109 m.s.n.m., la precipitación pluvial se presenta de junio a septiembre y es en promedio de 266 mm/año (rango 163 a 540 mm/año). Además, esta región posee un clima seco con una temperatura promedio anual de 21°C variando de 37°C (Mayo-Agosto) a 6°C (Noviembre-Enero) (INEGI, 2017).

Animales y su manejo

El periodo experimental inicio en el mes de enero del 2016 y culmino en febrero del mismo año, con una duración de 30 días. De un hato de 70 cabras de la raza Saanen manejadas bajo un sistema de producción intensivo, se seleccionaron 30, en base a su peso vivo y condición corporal (48.6 ± 5.7 kg de peso y 2.3 ± 0.28 respectivamente; escala 1 a 4, donde 1: flaca y 4: obesa). Las cabras se identificaron con arete para su mejor manejo durante el periodo experimental. De las cabras seleccionadas (n=30) se formaron tres grupos: 1) al primer grupo se les proporcionó una dieta a base de heno de alfalfa (18 % PC); ensilaje de maíz, (1.3 Mcal); cáscara de algodón (0.8 Mcal) National Research Council (NRC), 2007; más

100 gr de grasa de sobrepaso (HP 95; con 95 % de ácido palmítico); 2) el segundo grupo recibió la misma dieta base más 100 gr grasa de sobrepaso (LactoMil 45, con 45% de ácido palmítico); 3) y el grupo control recibió solamente la dieta base como grupo testigo; para asegurar el consumo de los suplementos a base de aceite de palma, se les agregó 100 gr de melaza diluida en agua para mejorar la palatabilidad de la ración, la melaza se agregó a las raciones de los tres grupos para homogenizar las condiciones, la grasa de sobrepaso se ofreció de manera individual a las cabras, a las 07:00 h una vez por día. Todas las cabras fueron desparasitadas, con ivermectina (Zeuz, 1% LA) de manera subcutánea; vitaminadas con vitaminas A, D, E (Vigantol: ADE 100ml + Selenio 250ml) de forma subcutánea un mes antes del inicio del estudio. El agua y los minerales se proporcionaron a libre acceso.

Cuadro 1. Ingredientes y composición química de los suplementos (grasa de sobrepaso) y dieta base ofrecidos a cabras (n=30 Alpina) manejadas en un sistema de producción intensivo en la región de la Comarca Lagunera (Enero, Latitud 26° N).

INGREDIENTES	LactoMil HP 95	LactoMil 45
Ácido Palmítico	95 % (C:16)	45 % (C:16)
COMPOSICIÓN QUÍMICA		
Otros ácidos grasos de palma	4.0% Max.	5% Max
Humedad	1.0 % Max.	3.5 % Max
Proteína	0%	0%
Ácidos Grasos Totales	99 %	83.5 %
Dosis recomendada	100 gr	100 gr

DIETA BASE¹

Heno de alfalfa (18 % PC)

Ensilaje de sorgo (1.3 Mcal/ kg)

Maíz rolado (0.8 Mcal/kg)

¹ La dieta base se ofreció durante todo el periodo experimental a los tres grupos, para homogenizar las condiciones al grupo control se le ofreció melaza, para simular las condiciones con respecto a los grupos experimentales.

Variables evaluadas

Producción de leche: esta variable se determinó mediante la pesada de la producción de los dos medios de la cabra a los 10, 20, y 30 días después del parto, las crías se separaron la tarde anterior al muestreo para evitar errores en la pesada e leche por amamantamiento de las crías, se utilizó una báscula electrónica digital de la marca Torrey con una capacidad de 40 kg y una precisión de 5 g. (110 V/220 V). Una vez que se pesó la producción de leche se tomó una sub muestra para el posterior análisis de calidad de la misma. Las muestras se refrigeraron en ese momento y posteriormente se congelaron a -20°C para su posterior análisis.

Análisis estadístico

La variable de producción de leche fue analizada a tarves de un ANOVA, posteriormente se realizó una prueba post-hoc utilizando la prueba de Tukey. El nivel de significancia estadística aceptada fue de $P \leq 0.05$. Para el análisis de estas variables se utilizó el paquete estadístico SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, no soportan nuestra hipótesis de trabajo, la cual establece que con el uso de grasa de sobrepaso se incrementaría la producción de leche en cabras bajo manejo extensivo. En lo referente a la variable de producción de leche durante los 3 muestreos no existió diferencia estadística entre el grupo Control y los dos grupos experimentales ($P > 0.05$, Figura 1). Se observa un incremento en la producción lechera para el grupo Control con respecto a los dos grupos experimentales HP 95 y LM 45, fisiológicamente podemos explicar este comportamiento a que el periodo de suplementación al primer muestreo fue muy corto por lo cual no se ve un efecto directo sobre esta variable de respuesta, aunado a que el proceso fisiológico de producción de leche recién iniciaba ya que fue de 10 días post parto; en este mismo sentido podemos agregar que el total de las cabras utilizadas en este estudio se encontraba en muy buena condición corporal y peso corporal, ya que estaban sobrealimentadas.

Estudios realizados previamente en bovinos muestran que al suplementar con grasa de sobrepaso con altos niveles de ácidos grasos polinsaturados se puede generar respuesta favorable en cuanto a la producción lechera, (Angulo *et al.*, 2005) composición de la misma y mejora el perfil de ácidos grasos que la componen, particularmente los niveles de ácidos linoleico conjugado.

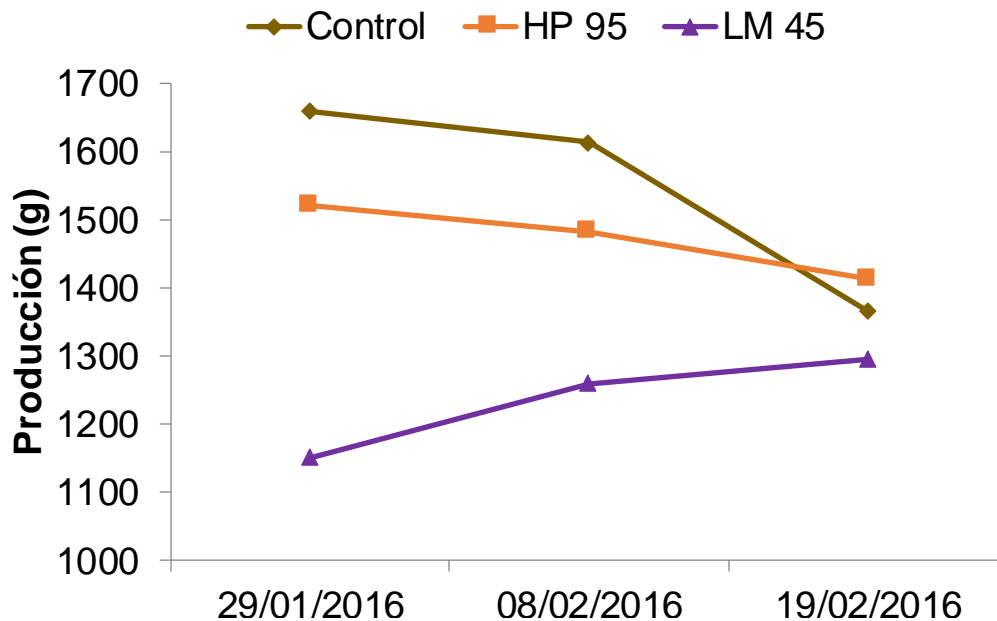


Figura 1. Producción promedio de leche de cabras suplementadas con grasa de sobrepaso; (n=30 Alpina) manejadas en un sistema de producción intensivo en la región de la Comarca Lagunera (Enero, Latitud 26° N).

Sin embargo en la producción global de leche podemos observar en la Figura 2 que existió diferencia estadística entre el grupo experimental HP 95 y grupo Control ($P < 0.05$) con respecto al grupo LM 45. Esto probablemente debido a que el grupo Control al inicio del periodo experimental se encontraba con una condición corporal muy buena; además es importante mencionar que el tiempo del periodo experimental resulto insuficiente para ver el efecto de la grasa de sobrepaso en un periodo de tiempo más prolongado.

Estudios realizados por Schroeder *et al.*, 2004 en un trabajo donde se recolectaron y analizaron resultados de 18 ensayos con suplementación de grasa de sobrepaso y encontraron que el 80 % presento una mayor producción de leche pero solo el 40 % encontraron diferencias significativas este estudio realizado en bovino lechero.

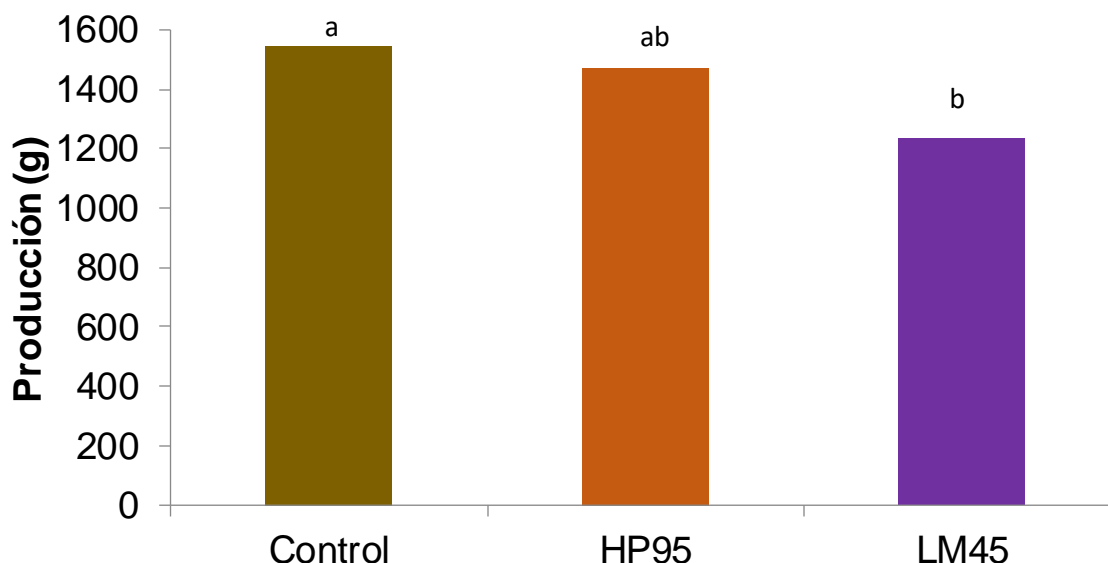


Figura 2. Producción global de leche de cabras suplementadas con grasa de sobrepaso; (n=30 Alpina) manejadas en un sistema de producción intensivo en la región de la Comarca Lagunera (Enero, Latitud 26° N).

CONCLUSIONES

En base a los resultados encontrados en la variable de producción de leche podemos concluir que:

Las cabras utilizadas en este estudio tenían un buen peso corporal y condición corporal, razón por la cual mostraron buena producción de leche, durante los 3 muestreos realizados, estaban sobrealimentadas por lo cual no se vio el efecto de la grasa de sobrepaso en un principio.

Además concluimos que para este tipo de estudios donde se evalúa el efecto de una suplementación con grasa de sobrepaso el periodo experimental debe de ser tres meses mínimo según lo reportado por otros autores, por lo que sugerimos extender el periodo experimental en futuros proyectos de investigación, para ver el efecto de la grasa de sobrepaso, aunado a utilizarlo en cabras bajo un sistema de producción diferente.

REFERENCIAS

- Álvarez, L.; Zarco, L. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Vet Méx.* 2001, 32, 117–129.
- Angulo, J., Machecha, L., Giraldo, C. y Olivera M. 2005. Prostaglandinas y grasa de la leche: síntesis a partir de ácidos polinsaturados, en bovinos en: M. Pabon y J. Osesa (Eds). *Bioquímica, Nutrición y Alimentación de la vaca.* Fondo editorial biogénesis. pp. 111-135. Medellín Colombia.
- Castel, J.M.; Ruiz, F.A.; Mena, Y.; Sánchez-Rodríguez, M. Present situation and future perspectives for goat production systems in Spain. *Small Rumin. Res.* 2010, 89, 207–210.
- Demeyer D, Doreau M (1999) Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. *Proc. Nutr. Soc.* 58: 593-607.
- Doreau M, Ferlay A (1994) Digestion and utilisation of fatty acids by ruminants. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 45: 379-396.

- Escareño, L.; Wurzinger, M.; Iñiguez, L.; Soelkner, J.; Salinas, H.; Meza-Herrera, C.A. Dairy goat production systems in dry areas: Status-quo, perspectives and challenges. *Trop. Anim. Health Prod.* 2013, 45, 17–34.
- Gioffredo J.J. y Petryna A. 2010. Caprinos generalidades, nutrición reproducción e instalaciones.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Información Nacional por Entidad Federativa y Municipios. Available online: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx> (accessed on 19 February 2015).
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). Boletín técnico. Coeficientes de agostadero de la República Mexicana: Estados de Baja California, Sonora, Chihuahua, Zacatecas, Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León, Durango y San Luis Potosí. 2: 13-78 SAG. México. Available online: <http://www.gob.mx/inifap/archivo/documentos/coeficientesdeagostader> (accessed on 1 March 2010).
- Isidro-Requejo, L.M.; Meza-Herrera, C.; Pastor-López, F.J.; Maldonado, J.A.; Salinas-Gonzalez, H. Physicochemical characterization of goat milk produced in the Comarca Lagunera, Mexico. *Anim. Sci. J.* 2019, 90, 563–573.
- Jenkins TC, Bridges WCJr (2007) Protection of fatty acids against ruminal biohydrogenation un cattle. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109: 778-789.
- National Research Council (NRC). Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids; National Academies Press: Washington, DC, USA, 2007.
- Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C.; Herrera-Machuca, M.; Macias-Cruz, U.; Veliz-Deras, F. Not all ruminants were created equal: Environmental and socio-economic sustainability of goats under a marginalextensive production system. *J. Clean. Prod.* 2020, 255, 120237.
- Schroeder, P., Meschy, F., Tessier, J. y Sauvant D. (2002) *J. Dairy Sci.* 85: 2299-2307.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). Resumen Nacional. Población Ganadera, Avícola y Apícola. SAGARPA. 2021. Disponible en línea: www.siap.gob.mx/ganaderia (Acceso el 30 de Abril de 2022).
- Yang, S. L., Bu, D. P., Wang, J. Q., Hu, Z. Y., Li, D., Wei, H. Y., Zhou, L. Y., & Looor, J. J. (2009). Soybean oil and linseed oil supplementation affect profiles of ruminal microorganisms in dairy cows. *Animal*, 3(11), 1562-1569.

UNA MAYOR CONDICIÓN CORPORAL DE LAS HEMBRAS MEJORA LA LUTEOGÉNESIS Y EL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO EN CAPRINOS EN EL NORESTE ÁRIDO DE MÉXICO

De Santiago-Miramontes M.A.¹; Santos-Alvarado A.¹; Mellado-Bosque M.³; Véliz-Deras F.G.⁴; y Bustamante-Andrade J.A.^{2*}

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Postgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria, Torreón Coahuila México

²Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, Ej. Venecia Durango, México*

jorge.bustamante@ujed.mx

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue comparar la respuesta ovulatoria, luteogénesis, y el desempeño reproductivo de dos grupos de cabras multirraciales de un mismo hato, en baja y alta condición corporal expuestas a machos sexualmente activos en el periodo de transición a la estación sexual en el noreste árido de México. El estudio se realizó en la Comarca Lagunera, de un rebaño de cabras multirraciales (n=153) se seleccionaron 48 hembras multíparas con los dos extremos de condición corporal (CC). El primer grupo (HBCG; más alta condición corporal; 2.5 ± 0.9 n=22 y el segundo grupo LBCG; más baja condición corporal; 1.0 ± 0.2 n=26. La alta CC (HBCG) influyó favorablemente en la proporción de hembras que ovularon, el número de cuerpos lúteos, la tasa ovulatoria y el diámetro de los cuerpos lúteos. ($P < 0.05$) de manera similar las variables de tasa de gestación al d 45: cabras de parieron, y número de crías nacidas vivas se registró diferencia estadística ($P < 0.05$) favorable al grupo HBGC. Concluimos que la condición corporal repercute en la respuesta ovulatoria, la luteogénesis y el desempeño reproductivo de las cabras, lo cual confirma hallazgos anteriormente reportados.

Palabras clave: Cabras, reproducción, nutrición.

ABSTRACT

The objective of the present study was to compare the ovulatory response, luteogenesis, and reproductive performance of two groups of multiracial goats from the same herd, in low and high body condition exposed to sexually active males in the period of transition to the sexual season in the arid northeast of Mexico. The study was carried out in the Comarca Lagunera, from a herd of multiracial goats (n=153), 48 multiparous females with the two extremes of body condition (BC) were selected. The first group (HBCG; higher body condition score; 2.5 ± 0.9 n=22 and the second group LBCG; lower body condition score; 1.0 ± 0.2 n=26. High body condition (HBCG) favorably influenced the proportion of females that ovulated, the number of corpora lutea, the ovulatory rate and the diameter of the corpora lutea ($P < 0.05$) in a similar way the variables of gestation rate at d 45: goats gave birth, and number of kids born alive if a difference was recorded statistical ($P < 0.05$) favorable to the HBGC group. We conclude that body condition affects the ovulatory response, luteogenesis and reproductive performance of goats, which confirms previously reported findings.

Key words: Goats, reproduction, nutrition.

INTRODUCCIÓN

La Comarca Lagunera (26° N) es una región geográfica y agroecológica en el Norte árido de México que cuenta con un inventario superior a las 390 mil cabezas de caprinos (SIAP 2021) derivado de una mezcla de razas lecheras, principalmente Saanen, Alpina, Toggenburg y Nubia y ocupa el primer lugar en producción de leche de esta especie a nivel nacional (Navarrete-Molina et al., 2020). El sistema de producción es semi-extensivo, con pastoreo diurno y confinamiento nocturno y debido a la inestabilidad en la disponibilidad de vegetación nativa y residuos de cosecha a lo largo del año, se observan importantes fluctuaciones en el peso y condición corporal (CC). Aunado a lo anterior, la especie caprina muestra una estacionalidad reproductiva y productiva debido a las notorias variaciones del fotoperiodo, que rige un ritmo circanual endógeno a través de la hormona melatonina que promueve la actividad pulsátil de la Hormona Liberadora de Gonadotropinas (GnRH) (Chemineau et al., 2010). Sin embargo, existen otros factores que actúan como moduladores, entre ellos la raza, las relaciones socio-sexuales (efecto macho y efecto hembra) y la nutrición. Las hembras experimentan un periodo de anestro profundo de marzo a mayo y una estación sexual que inicia en agosto y termina en febrero; con una etapa de transición reproductiva de junio a julio (Alvarado-Espino et al., 2016). Con el objetivo de contrarrestar este efecto se han empleado diversas estrategias para romper el anestro estacional, induciendo y sincronizando el estro y la ovulación de las hembras, mediante la introducción repentina de un macho sexualmente activo (efecto macho; Véliz et al., 2006). Sin embargo, la fertilidad de los caprinos en esta latitud se ve afectada por su estado nutricional al momento del empadre (De Santiago-Miramontes et al., 2008). No obstante, Mellado, (2008) argumenta que las cabras con condición corporal deficiente “responden” al estímulo de los machos cabríos, aunque esta respuesta se retrasa y es inferior en porcentaje a la observada en cabras con una condición corporal apropiada. Asimismo, existen reportes en los cuales se ha registrado una mayor tasa de implantación embrionaria en cabras y ovejas con alimentación y CC favorables (Fitz-Rodríguez et al., 2009; Sejian et al. 2009). Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue comparar la respuesta ovulatoria, luteogénesis, y el desempeño reproductivo de dos grupos de cabras multirraciales de un mismo ható, en baja y alta condición corporal expuestas a machos sexualmente activos en el periodo de transición a la estación sexual en el noreste árido de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Comarca Lagunera, en el Norte árido de México (25° 47' LN, 103° 21' N, altitud= 1111 msnm). La precipitación pluvial promedio es de 266 mm/año (rango 163 a 540 mm/año). Todas las cabras se alimentaban bajo el sistema de pastoreo semi-extensivo sedentario predominante en la región, consumiendo la vegetación nativa: Dos meses antes del estudio todos los animales fueron desparasitados por vía subcutánea (Ivermectina al 1%, Baymec, Bayer®, CDMX, México) y se les administraron: vitaminas A, (500,000 UI) D3, (75,000) E (50 mg) (Vigantol: ADE + Selenio®, Zapopan Jalisco México).

Animales y su manejo

De un rebaño de cabras multirraciales (n=153) se seleccionaron 48 hembras multíparas, en sistema de producción semi-extensivo, no gestantes, ambos grupos fueron alimentados en pastoreo con la vegetación nativa de 10:00 a 20:00 h, y resguardadas por la noche en corrales parcialmente techados con suministro de agua y sales minerales a libre acceso.

Tratamientos

Se formaron 2 grupos, considerando una escala (Walkden-Brown et al., 1997) de 1 (emaciada) a 4 (obesa), el primer grupo (HBCG; más alta condición corporal; 2.5 ± 0.9 n=22 y el segundo grupo LBCG; más baja condición corporal; 1.0 ± 0.2 n=26). Se utilizaron 2 machos cabríos adultos de la misma casta racial, sanos, con condición corporal de 2.5. Los machos fueron tratados hormonalmente mediante la administración de testosterona por vía intramuscular a

dosis de 50 mg (Testosterone 50, Lab. Brovel®, CDMX, México) cada tercer día durante los 21 días previos al empadre (Valle-Moysén *et al.*, 2018). A cada hembra de ambos grupos se le administraron 20 mg de progesterona por vía intramuscular (Progestelas “E”, Lab Aranda, CDMX, México) para reducir la presentación de ciclos cortos.

Variables de respuesta:

Respuesta estral, escaneo de cuerpos lúteos, actividad ovulatoria

Mediante la introducción rotativa de los machos (A.M. y P.M.) en cada corral de hembras, se registró la proporción de hembras que presentaron estro, la latencia al mismo, duración del estro (h), la latencia estro-ovulación y proporción de ciclos cortos. Ocho días después del celo, se determinó la ocurrencia de ovulación y contabilización de cuerpos lúteos (para obtener la tasa ovulatoria). El diámetro de cada cuerpo lúteo fue determinado a través de la siguiente fórmula: $d = r(2)$, en donde $r = (L/2 + A/2)/2$, en donde L= Largo, y A= Ancho.

Gestación, partos y prolificidad

El diagnóstico de gestación se realizó a los 45 días post-ovulación por medio de ultrasonografía transrectal, se utilizó el mismo equipo empleado para determinar la anovulación. Así mismo, se tomó nota del número de cabras que parieron, y la cantidad de crías nacidas vivas con la cual se determinó la prolificidad, y la pérdida fetal.

Análisis estadístico

El diámetro de los cuerpos lúteos, el intervalo en horas entre la introducción de los machos al inicio del estro y de éste a la ovulación, la duración de estro, la ocurrencia de la ovulación con respecto al inicio del estro, la tasa ovulatoria, número de crías nacidas vivas y la prolificidad fueron analizados con un ANOVA y posteriormente se realizó una prueba de Tukey. El número de cuerpos lúteos y su diámetro se evaluaron con una t apareada. La proporción de hembras que presentó estro, que ovularon, hembras gestantes al d 45, tasa de pérdida fetal y cabras que parieron se compararon con χ^2 . Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico (SPSS ver. 24).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respuesta estral y ovulatoria

Las variables: hembras que presentaron estro (%), latencia al estro, duración del estro, latencia del estro a la ovulación y proporción de ciclos cortos no registraron diferencia estadística ($p > 0.05$) entre ambos grupos experimentales. No obstante, la alta CC (HBCG) influyó favorablemente en la proporción de hembras que ovularon, el número de cuerpos lúteos, la tasa ovulatoria y el diámetro de los cuerpos lúteos. ($P < 0.05$; cuadro 1).

Cuadro 1. Medias de mínimos cuadrados \pm error estándar de la media para la respuesta estral y la luteogénesis en cabras multirraciales manejadas bajo un sistema de producción semi-extensivo en el noreste de México (25° LN).

Variables	HBCG (n= 22)	LBCG (n=26)	P
Hembras que presentaron estro n (%)	16/22 (72.7)	15/26 (57.6)	0.08
Latencia al estro (h)	245.2 \pm 30	284.1 \pm 25	0.23
Duración del estro (h)	21.3 \pm 3.8	20.5 \pm 4	0.48
Latencia estro-ovulación (h)	33 \pm 4.1	44 \pm 2.9	0.76
Hembras con ciclos cortos n (%)	6/22 (27)	7/26 (27)	0.58
Hembras que ovularon n, (%)	18/22 ^a (81.8)	11/26 ^b (42.3)	0.02
Numero de cuerpos lúteos	36 ^a \pm 0.1	17 ^b \pm 0.1	0.03
Tasa ovulatoria (unidades)	1.61 ^a \pm 0.2	0.58 ^b \pm 0.2	0.04
Diámetro de los cuerpos lúteos(mm)	11.77 ^a \pm 1.1	5.0 ^b \pm 1.3	0.01

^{a, b} Las variables de respuesta con diferentes superíndices dentro de las líneas difieren ($p \leq 0,05$).

Gestación

En lo correspondiente a la proporción de cabras gestantes, no existió diferencia en las variables de tasa de pérdida fetal y prolificidad ($p > 0.05$) entre ambos grupos, (Cuadro 2), sin embargo, para las variables de tasa de gestación al d 45: cabras de parieron, y número de crías nacidas vivas si se registró diferencia estadística ($p < 0.05$) favorable al grupo HBGC.

Cuadro 2. Medias de mínimos cuadrados \pm error estándar de la media de gestación en cabras multirraciales manejadas bajo un sistema de producción semi-extensivo en el noreste de México (25° LN).

Variables	HBCG (n= 22)	LBCG (n=26)	P
Hembras gestantes al d 45 (n, %)	18/22 ^a (81.8)	11/26 ^b (42.3)	0.05
Tasa de pérdida fetal n (%)	2/18 ^a (11.1)	3/11 ^a (27.3)	0.26
Cabras que parieron n, (%)	16/22 ^a (72.7)	8/26 ^b (30.8)	0.03
N° de crías nacidas vivas	29 ^a \pm 0.1	13 ^b \pm 0.2	0.01
Prolificidad	1.8 ^a	1.6 ^a	0.69

a, b Las variables de respuesta con diferentes superíndices dentro de las líneas difieren ($p \leq 0,05$).

Los resultados obtenidos indican que una mayor condición corporal en las cabras mejora la luteogénesis y el desempeño reproductivo de las hembras. Efectivamente, el HBCG mostró una mayor proporción de hembras que ovularon, tasa ovulatoria y diámetro de cuerpos lúteos. Asimismo, se registró un mayor número de cabras gestantes, cabras que parieron y un mayor número de crías nacidas. Kenyon *et al.*, 2014, refieren que estudios individuales han examinado la relación entre condición corporal y la infertilidad, la fertilidad, la tasa de gestación o la tasa de parto y, efectivamente, nuestros resultados, en cuanto a proporción de hembras gestantes son coherentes con los referidos por Molina *et al.* 1994, en razas Manchega, por Atti *et al.* 2001 en Barbarine, así como en ovejas Merino por Kleemann & Walker 2005. En cuanto a la actividad estral, nuestros resultados refieren una tendencia estadística ($p=0.08$) en la proporción de hembras que presentaron estro en el HBCG. Mellado *et al.*, 2008 menciona que la especie caprina tiene un umbral de rusticidad tal que aun cuando las hembras tienen una baja condición corporal responden al estímulo de las conductas sexuales del macho presentando estro y ovulación.

En nuestro estudio los resultados de las variables relacionadas con la luteogénesis fueron a favor del grupo con mayor condición corporal (HBCG) por lo cual inferimos que las reservas de energía influyen directamente en dicho proceso lo cual está alineado con reportes en los cuales las hembras con mayor condición corporal y la tasa de ovulación es mayor que en aquellas con una menor (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2009). Mellado *et al.* (1996), sostiene que las tasas de parto de las cabras que tienen condición corporal de 3 (rango 1-7) fueron alrededor de un 20% inferiores a las tasas de parto de las cabras con condición corporal de 4 o mayor. Una mayor condición corporal puede propiciar una mayor tasa ovulatoria y diámetro de los cuerpos lúteos, y esto, favorecer una mayor producción de progesterona y coadyuvar al mantenimiento de la gestación y un mayor número de crías nacidas vivas (Morales *et al.*, 2003).

CONCLUSIONES

Nuestros resultados nos permiten concluir que la condición corporal repercute en la respuesta ovulatoria, la luteogénesis y el desempeño reproductivo de las cabras, lo cual confirma hallazgos anteriormente reportados. Podemos afirmar que en esta latitud y en las condiciones de los caprinos estudiados es trascendental mantener una condición corporal en el umbral necesario para apoyar su éxito reproductivo.

REFERENCIAS

- Alvarado-Espino, A.S.; Meza-Herrera, C.A.; Carrillo, E.; González-Álvarez, V.H.; Guillen-Muñoz, J.M.; Ángel-García, O.; Mellado, M.; Véliz-Deras, F.G. Reproductive outcomes of Alpine goats primed with progesterone and treated with human chorionic gonadotropin during the anestrus-to-estrus transition season. *Anim. Reprod. Sci.* 2016, 167, 133–138.
- Atti, N., Thériez, M., and Abdennebi, L. (2001). Relationship between ewe body condition at mating and reproductive performance in the fat-tailed Barbarine breed. *Animal Research*, 50(2), 135-144.
- Chemineau, P., Bodin, L., Migaud, M., Thiéry, J. C., & Malpaux, B. (2010). Neuroendocrine and genetic control of seasonal reproduction in sheep and goats. *Reproduction in Domestic Animals*, 45(SUPPL. 3), 42–49.
- De Santiago-Miramontes, M.A., Malpaux, B., Delgadillo, J.A., 2009. Body condition is associated with a shorter breeding season and reduced ovulation rate in subtropical goats. *Animal Reproduction Science*, 114, 175–182.
- De Santiago-Miramontes, M.A., Rivas-Muñoz, R., Muñoz-Gutiérrez, M., Malpaux, B., Scaramuzzi, R.J., Delgadillo, J.A., 2008. The ovulation rate in anoestrous female goats managed under grazing conditions and exposed to male effect is increased by nutritional supplementation. *Anim. Reprod. Sci.* 105: 409-416.
- Fitz-Rodríguez, G., De Santiago-Miramontes, M.A., Scaramuzzi, R.J., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. (2009). Nutritional supplementation improves ovulation and pregnancy rates in female goats managed under natural grazing conditions and exposed to the male effect. *Animal Reproduction Science*. 116:85-94.
- Kenyon, P.R., Maloney, S.K. and Blache, D. (2014). Review of sheep body condition score in relation to production characteristics, *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 57:1, 38-64.
- Kleemann, D. O., and Walker, S. K. (2005). Fertility in South Australian commercial Merino flocks: sources of reproductive wastage. *Theriogenology*, 63(8), 2075-2088.
- Mellado, M. (2008). Técnicas para el manejo reproductivo de las cabras en agostadero (Goat reproductive management under rangeland conditions). *Tropical and subtropical agroecosystems*.9:47-63.
- Mellado, M., Cantú, L., and Suárez, J. E. (1996). Effects of body condition, length of breeding period, buck: doe ratio, and month of breeding on kidding rates in goats under extensive conditions in arid zones of Mexico. *Small Ruminant Research*, 23(1), 29-35.
- Molina A, Gallego L, Torres A, Vergara H 1994. Effect of mating season and level of body reserves on fertility and prolificacy of Manchega ewes. *Small Ruminant Research* 14: 209–217.
- Morales, J. U., Vázquez, H. G. G., & Andrade, B. M. R. (2003). Influencia del pastoreo restringido en el efecto macho en cabras en baja condición corporal durante la estación de anestro. *Técnica Pecuaria en México*, 41(3), 251-260.
- Navarrete-Molina, C.; Meza-Herrera, C.; Herrera-Machuca, M.; Macias-Cruz, U.; Veliz-Deras, F. Not all ruminants were created equal: Environmental and socio-economic sustainability of goats under a marginal extensive production system. *J. Clean. Prod.* 2020, 255, 120237.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). Resumen Nacional. Población Ganadera, Avícola y Apícola. SAGARPA. 2021. Disponible en línea: www.siap.gob.mx/ganaderia (Acceso el 30 de Abril de 2022).
- Sejian, V., Maurya, V.P., Naqvi, S.M.K., Kumar D. and Joshi, A. (2009). Effect of induced body condition score differences on physiological response, productive and reproductive performance of Malpura ewes kept in a hot, semi-arid environment, *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 94, 154–161
- Valle-Moysen, E. D., Vélez-Monroy, L. I., Ángel-García, Ó., Gaytán-Alemán, L. R., & De Santiago, M. D. L. Á. (2018). Influencia de la condición corporal sobre la respuesta reproductiva de machos cabríos tratados con testosterona en el norte de México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 17(1), 15-25.
- Véliz, F. G., Poindron, P., Malpaux, B., & Delgadillo, J. A. (2006). Maintaining contact with bucks does not induce refractoriness to the male effect in seasonally anoestrous female goats. *Animal Reproduction Science*, 92(3–4), 300–309.
- Walkden-Brown, S.; Restall, B.; Scaramuzzi, R.; Martin, G.; Blackberry, M. Seasonality in male Australian cashmere goats: Long term effects of castration and testosterone or oestradiol treatment on changes in LH, FSH and prolactin concentrations, and body growth. *Small Rumin. Res.* 1997, 26, 239–252.

EFFECTO DE LA ADMINISTRACIÓN DE DOS FORMAS DE CALCIO SOBRE LOS DÍAS ABIERTOS Y PREÑEZ EN VACAS ALTAS PRODUCTORAS.

Elco Humberto García-Bolivar^{1*}, Oscar Ángel-García², Francisco Gerardo Véliz-Deras²,
Guadalupe Calderón-Leyva², Julieta Ziomara Ordoñez-Morales.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug. km. 12. Cajeme, Obregón, Sonora, México.

²Programa de Posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Torreón 27054, Mexico

[*elco_bolivar@hotmail.com](mailto:elco_bolivar@hotmail.com)

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la administración de dos formas de calcio sobre los días abiertos y preñez en vacas altas productoras durante el período de transición (BEN). Se utilizaron 350 vacas de la raza Holstein con un promedio de 3.2 ± 1.2 lactancias, con una condición corporal de 3.3 ± 0.5 puntos (escala 1-5). Un primer grupo recibió 86 g en cloruro de calcio y sulfato de calcio (CaCl_2 71% y CaSO_4 29%) mediante bolos (G-Bo, n = 171) utilizando una sonda esofágica. Un segundo grupo (G-Ca, n = 179) recibió 150 g de carbonato cálcico granulado (CaCO_3 96% y H_2O 2%) en la dieta. Los parámetros reproductivos se realizaron visualmente dos veces al día y las vacas fueron inseminadas según la regla AM-PM. Todas las vacas fueron examinadas para el diagnóstico de preñez por medio de ultrasonido vía transrectal a los 45 ± 3 días después de la inseminación artificial (IA). El resultado con diferencia significativa se presentó en los días abiertos con 113.49 para el grupo G-BO y 94.84 para el G-Ca. En conclusión, la suplementación con carbonato de Ca mejora las concentraciones de Ca en sangre en vacas suplementadas durante el período de transición. Se realizó el análisis estadístico por medio de una comparación de medias tukey $p < 0.05$ por medio del paquete estadístico SAS 9.4 (2013).

Palabras clave: *calcio, cetosis, vacas en transición.*

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of the administration of two forms of calcium on days open and pregnancy in high-producing cows during the transition period. 350 Holstein cows with an average of 3.2 ± 1.2 lactations, with a body condition score of 3.3 ± 0.5 points (scale 1-5) were used. A first group received 86 g of calcium chloride and calcium sulfate (CaCl_2 71% and CaSO_4 29%) by bolus (G-Bo, n = 171) using an esophageal tube. A second group (G-Ca, n = 179) received 150 g of granular calcium carbonate (CaCO_3 96% and H_2O 2%) in the diet. Reproductive parameters were performed visually twice a day and the cows were inseminated according to the AM rule. -PM All cows were examined for pregnancy diagnosis by transrectal ultrasound at 45 ± 3 days after artificial insemination (AI) The result with significant difference was presented in open days with 113.49 for the group G-BO and 94.84 for G-Ca. In conclusion, Ca carbonate supplementation improves blood Ca concentrations in supplemented cows during the transition period. Statistical analysis was

performed by means of a comparison of means tukey $p < 0.05$ through the statistical package SAS 9.4 (2013).

KEY WORD: Calcium, ketosis, cows in transition.

INTRODUCCION

Los Trastornos reproductivos en vacas altas productoras están asociados a las deficiencias de calcio, que a su vez presentan enfermedades metabólicas por bajos niveles de calcio, por lo que las vacas altas productoras frecuentemente se encuentran en un balance energético negativo (BEN), (Duffield T., 2000) y un pobre consumo de materia seca puede terminar en cetosis subclínica, con ausencia de signos clínicos y cetosis clínica, se puede diagnosticar mediante la determinación de los cuerpos cetónicos en la orina (acetoacetato), la leche (BHB), el suero (BHB), el plasma (BHB) y la sangre (BHB). (Melendez et al., 2018) a su vez el ganado puede presentar hipocalcemia clínica e hipocalcemia subclínica en las primeras 48 horas posparto (Schallenberger et al., 2015). El 73% de los animales experimentan HSC durante los primeros 3 días de producción láctea sin desarrollar signos clínicos (Caixeta et al., 2017). incluyendo una respuesta inmune innata reducida, disponibilidad de energía escasa, más la secreción de calostro, el cual contiene 2.3 g de calcio/kg, tenemos que una vaca de alta producción en las primeras 24 h después del parto produce de 10 a 20 kg de calostro, secreta a través de éste, entre 23 y 46 g de calcio, cantidad ocho veces mayor que la del plasma (Salgado et al., 2009) (Martínez et al., 2014), en el postparto de la vaca lechera se asocia a una reducción en los pulsos de GnRH y LH, afectando el crecimiento, maduración y ovulación del folículo. Si bien se sabe que en lugares como Chile, Argentina o Estados Unidos, las vacas altas productoras se presenta que tienen un mayor flujo sanguíneo y un metabolismo hepático más acelerado, que determina una desaparición más rápida de las hormonas reproductivas, afectando la calidad del ovocito y desarrollo del embrión. Además, la reducción en los niveles de estradiol deprimen la expresión del celo y los de progesterona (P4) se asocian a mayor mortalidad embrionaria (Melendez P. & Bartolome J., 2017), otros trastornos o deficiencias reproductivas que se encuentran son; metritis, retención de placenta, desplazamiento de abomaso que se presentan en el BEN están asociados a una reducción de tasa de concepción, la ciclicidad del estro, la preñez a primer servicio, la producción láctea en la lactación temprana y los días para quedar preñada aumentan en las explotaciones de vacas altas productoras de México (Mellado et al., 2018). En la actualidad el reto al que se enfrentan las vacas altas productoras en el BEN y altos costos a los productores sigue siendo un gran área de investigación que con aplicación de tecnología e información recolectada dará resultados positivos para minimizar el impacto en las explotaciones de vacas altas productoras con los gastos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la administración de dos formas de calcio sobre los días abiertos y preñez en vacas altas productoras durante el período de transición del BEN. Se realizó el análisis estadístico por medio de una comparación de medias tukey $p < 0.05$ por medio del paquete estadístico SAS 9.4 (2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo durante los meses de junio a septiembre del 2019, en un establo lechero perteneciente a la Comarca Lagunera. El estudio se desarrolló en un establo bajo condiciones comerciales, con un inventario de 3000 vacas Holstein-Friesian, las cuales se manejan en forma intensiva en corrales abiertos, alimentadas tres veces al día con una ración totalmente mezclada de acuerdo a sus requerimientos nutricionales según el RNC, 2001. Las

vacas se dividieron en dos grupos homogéneos respecto al número de lactancias previas (3.2 ± 1.2) y una condición corporal (3.3 ± 0.5 ; escala de 1-5). Un primer grupo, (G-bolo, $n=171$) recibieron 83 g en bolos de cloruro cálcico (CaCl_2 71% y CaSO_4 29%) mediante sonda esofágica. Mientras que un segundo grupo (G-Ca, $n=179$) recibieron 150 g de carbonato de calcio granulado (CaCO_3 96% y H_2O 2%), mezclado homogéneamente por el carro revolador en la dieta durante 14 d. Además, todas las vacas de ambos grupos al momento del parto se les administró una toma vía oral (Drench) mediante sonda esofágica (propilenglicol, electrolitos y colina), como parte del manejo del establo para disminuir la deficiencia de glucosa y aumentar los niveles séricos de calcio. El periodo de espera voluntaria se fijó en 50 después del parto. Se realizó la Detección de celo por medio de la observación dos veces al día y las vacas fueron inseminadas según la regla AM-PM. Todas las vacas fueron examinadas para la confirmación de preñez por ultrasonido via transrectal a los 45 ± 3 días después de la inseminación artificial (IA). Las vacas que no concibieron al primer servicio fueron sometidas al protocolo de inseminación para su 2do servicio y después su confirmación de preñez. La determinación de los días al primer celo fue por medio de la observación y registro en la base de datos del sistema operativo del establo. Se realizó el análisis estadístico por medio de una comparación de medias tukey $p < 0.05$ por medio del paquete estadístico SAS 9.4 (2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente estudio nos muestra que las vacas del grupo GCA acertaron los días abiertos con 94.84^B en comparación al grupo GBO con 113.49^A esto se le puede adjudicar al hecho de que la toma del grupo GBO es única como también sucedió en trabajos de Salgado et al., 2009, al momento del parto a diferencia del grupo GCA que se aplicó durante todo el postparto siendo constante y cubriendo las necesidades de calcio, en las otras variables como lo son los días abiertos ($d1^\circ c$) el grupo GBO tuvo en promedio 47.57 días mientras que el grupo GCA a los 49.38 para retornar al celo sin presentar diferencia estadística al igual que las variables días al primer servicio con $83.98^A\%$ en el grupo GBO y $81.21^A\%$ para el grupo GCA, con un número de servicios promedio de 2.40 para el GBO y 2.63 para GCA como se muestran en la Cuadro 1.

Cuadro 1.- Comparación de las variables reproductivas de los grupos GBO Y GCA.

VARIABLES	GBO	GCA	DMS
DA	113.49 A	94.84B	9.76
D1°C	47.57 A	49.38 ^a	4.86
D1°S	83.98 A	81.21 ^a	4.92
NS	2.40 A	2.63 ^a	0.40

días abiertos (DA) días al primer celo (D1°C) días al primer servicio (D1°S) número de servicios (NS), DMS = Diferencia mínima significativa.

En el Cuadro 2 se muestran los resultados de los porcentajes de vacas preñadas y tipo de parto, donde las vacas del grupo GBO presentaron el 87.15% de preñez y un 3.35% tuvieron partos distócicos en contra del grupo GCA que presentó un 60.82 % de preñez y un 5.26% de partos distócicos. Se obtuvieron datos de vacas altas

productivas bien suplementadas de calcio y buen manejo ya que eso nos ayudó sobre la musculatura lisa y estriada es fundamental para un adecuado proceso de transición como lo menciona (Meléndez P. & Bartolomé J., 2017) en otras condiciones de manejo se pudiera observar un rezago más considerable entre grupos, el cual no fue el caso. Esto va en relación que si los niveles de calcio son bajos afectan la contractibilidad del endometrio y la actividad fagocitaria y bactericida de los neutrófilos, con un mayor riesgo de desarrollarse retención de membranas fetales y metritis puerperal evitando un correcto retorno al celo, partos distócicos y falta de preñez.

Cuadro 2.- Porcentajes de vacas preñadas y tipo de parto.

VARIABLES	GBO		GCA	
	Preñez	Vacía	Preñez	Vacía
Estado ginecológico	87.15%	12.29%	60.82%	33.33%
Tipo de parto	Normal	Distócico	Normal	Distócico
	96.65%	3.35%	93.57%	5.26%

CONCLUSIÓN

En conclusión, la suplementación con carbonato de Ca mejora las concentraciones de Ca en sangre en vacas suplementadas durante el período de transición. El carbonato de calcio granulado es fácil de aplicar e incluir en la dieta, pero su porcentaje de preñez baja considerablemente. En cambio, el grupo GBO que recibió los bolos de cloruro cálcico implican más costo y manejo de personal, pero su porcentaje de preñez fue más alto.

REFERENCIAS

- Caixeta, L. S., Ospina, P. A., Capel, M. B., & Nydam, D. V. (2017). Association between subclinical hypocalcemia in the first 3 days of lactation and reproductive performance of dairy cows. *Theriogenology*, 94, 1-7.
- DeGaris, P. J., & Lean, I. J. (2008). Milk fever in dairy cows: A review of pathophysiology and control principles. *The Veterinary Journal*, 176(1), 58-69.
- Duffield, T. (2000). Subclinical ketosis in lactating dairy cattle. *Veterinary clinics of north america: Food animal practice*, 16(2), 231-253.
- Lucy, M. C., Butler, S. T., & Garverick, H. A. (2014). Endocrine and metabolic mechanisms linking postpartum glucose with early embryonic and foetal development in dairy cows. *Animal*, 8(s1), 82-90.
- Martinez, N., C. A., Sinedino, L., Bisinotto, L., Daetz, R., Risco, F., Galvão, K. Thatcher W. (2016). Effects of oral calcium supplementation on productive

- and reproductive performance in Holstein cows. *Journal of Dairy Science* Vol. 99 No. 10
- McArt, J. A., Nydam, D. V., Oetzel, G. R., Overton, T. R., & Ospina, P. A. (2013). Elevated non-esterified fatty acids and β -hydroxybutyrate and their association with transition dairy cow performance. *The Veterinary Journal*, 198(3), 560-570.
- McArt, J.A., Nydam, D.V., Oetzel, G.R. 2013a. Dry period and parturient predictors of early lactation hyperketonemia in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 96, 198–209.
- Meléndez, P., & Bartolomé, J. (2017). Avances sobre nutrición y fertilidad en ganado lechero: Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 8(4), 407-417
- Melendez, P., Arévalos, A., Duchens, M., & Pinedo, P. (2019). Efecto de monensina intraruminal sobre el β -hidroxibutirato, enfermedades del periparto, producción de leche y sus componentes en ganado Holstein. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 10(1), 84-103.
- Melendez, P., Donovan, A., Risco, C. A., Hall, M. B., Littell, Y. R., & Goff, J. (2002). Metabolic responses of transition Holstein cows fed anionic salts and supplemented at calving with calcium and energy. *Journal of dairy science*, 85(5), 1085-1092.
- Mellado, M., Dávila, A., Gaytán, L., Macías Cruz., Avendaño-Reyes, L., & García, E. (2018) Risk factors for clinical ketosis and association with milk production and reproduction variables in dairy cows in a hot environment. *Tropical Animal Health and Production*.
- Ospina, P. A., Nydam, D. V., Stokol, T., & Overton, T. R. (2010). Evaluation of nonesterified fatty acids and β -hydroxybutyrate in transition dairy cattle in the northeastern United States: Critical thresholds for prediction of clinical diseases. *Journal of dairy science*, 93(2), 546-554.
- Ospina, P. A., Nydam, D. V., Stokol, T., & Overton, T. R. (2010). Evaluation of nonesterified fatty acids and β -hydroxybutyrate in transition dairy cattle in the northeastern United States: Critical thresholds for prediction of clinical diseases. *Journal of dairy science*, 93(2), 546-554.
- Risco, C. A., J. P. Reynolds, and D. Hird. (1984). Uterine prolapse and hypocalcemia in dairy cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 185:1517–1519.
- Salgado Hernández, E., & Bouda, J., Ávila García, J., Navarro Hernández, J. (2009). Effect of postpartum administration of calcium salts and glucose precursors on serum calcium and ketone bodies in dairy cows. *Veterinaria México*, 40 (1), 17-26.
- Schallenberger Gonçalves, R., Cardoso, F., de Souza Guagnini, F., Reyes Castañeda, L. J., & Gonzalez, F. (2015). Administration of early post-partum orlan drench in dairy cows: effect on metabolic profile. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 62(3), 10-17.

EFFECT OF orange essential oil on enteric methane emissions of heifers-fed TROPICAL hay

Rafael Jiménez-Ocampo ^{1*}, María D. Montoya-Flores ², Gerardo Pamanes-Carrasco ³,
Jacobó Arango ⁴, Juan C. Ku-Vera ⁵

¹INIFAP, Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango – El Mezquital km 4.5. C. P. 34170. Durango, Dgo., México. ²CENID FyMA Km. 1, Carretera a Colón, Col. Ajuchitlán Colón, C.P. 76280. Querétaro, México. ³ISIMA UJED – CONACYT Boulevard 501, Ciudad Universitaria, C.P. 34120. Durango, Dgo., México. ⁴CIAT Recta Cali-Palmira km 17, Palmira C.P. 763537 Valle del Cauca, Colombia ⁵FMVZ-UADY Carretera Merida-Xmatkuil km 15.5. C.P. 97100, Merida, Yucatan, Mexico. *e-mail: jimenez.rafael@inifap.gob.mx

ABSTRACT

In this study, the effects of orange essential oil (OEO) on the rumen fermentation, nutrient utilization, and methane (CH₄) emissions of beef heifers fed a diet of bermudagrass (*Cynodon dactylon*) were examined. In the study, six crossbred beef heifers (*Bos indicus* × *Bos taurus*) fitted with rumen cannulas, were assigned to three different treatments: no additive (CTL), 0.25% OEO (OEO1), and 0.5% OEO (OEO2) in a replicated 3 × 3 Latin square (21-day periods). Heifers were fed at 2.8% body weight. CH₄ production was measured in open-circuit respiration chambers. Reductions in gross energy consumption, apparent total tract digestibility, and rumen valerate concentration were observed for OEO2 compared to the control (P < 0.05). Additionally, decreases in CH₄ emissions (g/d; P < 0.05) and CH₄ (MJ gross energy intake/d; P < 0.05) were observed in response to supplementation of 0.5% OEO compared with the CTL treatment. Thus, supplementation of 0.5% OEO reduced CH₄ emissions (g/d) by 12% without impacting the DM intake of heifers fed bermudagrass hay as a basal ration.

Key words. Cattle, enteric methane, essential oil, feed additive, plant secondary metabolites.

RESUMEN

En este estudio, se examinaron los efectos del aceite esencial de naranja (AEN) sobre la fermentación del rumen, la utilización de nutrientes y las emisiones de metano (CH₄) de novillas alimentadas con una dieta de pasto bermuda (*Cynodon dactylon*). En el estudio, seis novillas de carne cruzadas (*Bos indicus* × *Bos taurus*) equipadas con cánulas ruminales, fueron asignadas a tres tratamientos diferentes: sin aditivo (CTL), 0.25% AEN (AEN1) y 0.5% AEN (AEN2) en un cuadrado latino de 3 × 3 replicado (períodos de 21 días). Las novillas se alimentaron al 2,8% del peso corporal. La producción de CH₄ se midió en cámaras de respiración de circuito abierto. Se observaron reducciones en el consumo bruto de energía, la digestibilidad total aparente del tracto y la concentración de valerato en el rumen para AEN2 en comparación con el control (P < 0,05). Además, se observaron disminuciones en las emisiones de CH₄ (g/d; P < 0,05) y CH₄ (MJ de consumo bruto de energía/d; P < 0,05) en respuesta a la suplementación con AEN al 0,5 % en comparación con el tratamiento con CTL. Por lo tanto, la suplementación con AEN al 0,5 % redujo las emisiones de CH₄ (g/d) en un 12 % sin afectar el consumo de MS de las vaquillas alimentadas con heno de pasto bermuda como ración basal.

Palabras clave. Ganado, metano entérico, aceite esencial, aditivos, metabolitos secundarios de plantas.

INTRODUCTION

Greenhouse gas (GHG) emissions from livestock production account for 10–12% of global GHG emissions and are expected to increase by 40% by 2050 (IPCC 2019). Methane (CH₄) emitted by ruminants is a substantial GHG source. Given that CH₄ is a short-lived GHG, reducing its emissions is important for mitigating the adverse effects of climate change (Min et al. 2022). Over 200,000 secondary plant metabolites have been identified as potential modulators of the rumen microbiome, and some of these metabolites can potentially enhance

animal production efficiency and reduce energy losses in the form of enteric CH₄ (Ku-Vera et al. 2020). Essential oils (EO) are complex mixtures of volatile or aromatic chemicals, and their main constituents are terpenoids. Essential oils are present in various parts of plants—such as the roots, peels, seeds, buds, fruit, leaves, twigs, wood, and bark—and are frequently extracted through steam distillation. Essential oils are generally recognized as safe for mammals and exhibit antimicrobial, antiparasitic, and antifungal activity (Horky et al. 2019). Furthermore, some EO possess antioxidant properties and can induce changes of the rumen microbiome, resulting in a reduction in CH₄, and increases in propionate or rumen bypass protein (Lin et al. 2013). Although numerous EO have been studied *in vitro*, only few EO have been studied *in vivo*. *Citrus sinensis* L. is one of the world's most important fruit crops. In addition to its use as a food source for humans, by-products, such as peel, seeds, and pulp, account for 50% of the output of orange fruit production (Hosni et al. 2010). Sweet orange essential oil (OEO) is also an important orange by-product and contains numerous different compounds (between 20 and 60) that are mainly present in the flavedo or exocarp. A large number of compounds contained in OEO, such as monoterpenes (limonene as the main component), sesquiterpenes, and oxygenated derivatives are volatile but also a small portion of non-volatile compounds are contained in OEO. Although OEO can reduce CH₄ production *in vitro* (Kamalak et al. 2011), determining whether it has the same effect when used as a feed additive *in vivo* is critically important (Wu et al. 2018). Kotsampasi (2018) reported that milk yield, milk fat yield, and feed efficiency of ewes were all enhanced, when 450 mg/kg OEO (d-limonene 95.17 g/100 g) was added to a ration with a 57:43 concentrate-to-forage ratio. In tropical regions, forages are typically low in crude protein but high in neutral detergent fiber (NDF). Thus, the targeted supplementation of concentrates or the use of feed additives in roughage-based diets could enhance animal performance and promote rural development in the tropics (Ali et al. 2019). The aim of this study was to evaluate the effect of dietary OEO supplementation on rumen fermentation, nutrient utilization, and enteric CH₄ production in beef heifers, fed tropical bermudagrass hay as basal ration.

MATERIALES Y MÉTODOS

Six crossbred heifers fitted with a permanent rumen cannula (10 cm i.d., Bar Diamond Inc., Parma, ID, USA) were used in this experiment. The heifers were randomly assigned to three treatments (no additive [CTL], 0.25% OEO [OEO1], and 0.5% OEO [OEO2]) in a replicated 3 × 3 (n=6) Latin square design. Each period lasted 21 d. The acclimation period was between d 1 to 14. Measurements were taken between d 15 and 21. The heifers were acclimated to indirect open-circuit respiration chambers for CH₄ measurements before the beginning of the experiment. Heifers were provided unlimited access to water and fed the TMR at 2.8% of their body weight. Heifers were fed once daily at 0800 h. The TMR was formulated to satisfy the energy and protein requirements for maintenance and growth. The difference between the amount of feed supplied and that rejected the next day was used to compute daily feed intake. Between d 17 to 21 of each period, the total amount of feces was collected in metabolic crates to determine the apparent total tract digestibility of nutrients. A sub-sample of 10% of the total feces was taken after homogenization. The fecal samples were dried in a forced-air oven (55°C for 72 h) and ground through a 1-mm screen (Willey mill, Arthur H. Thomas Co., Philadelphia, PA, USA) prior to chemical analysis. For the rumen fermentation parameters, five hours after feeding on day 18 of each period, 8 mL of ruminal liquor was collected using a syringe connected to a stainless-steel tube through the rumen cannula (20-mm internal diameter), to which 2 mL of 25% of metaphosphoric acid was added. The samples were then stored at –20°C before determination of VFA content by gas chromatography (7820A GC system Agilent Technologies Inc, Santa Clara, CA, USA). An additional sample (50 mL) of rumen liquor was taken to measure the pH (Hannah® Instruments, Woonsocket, RI, USA). Methane measurements were carried out in two open-circuit respiration chambers with an internal volume of 9.97 m³. Each chamber was equipped with a steel feeder, automatic bowl-type waterer, air conditioner (12,000-BTU), and dehumidifier. The temperature and relative humidity were maintained at 23 ± 1 °C and 55 ± 10%, respectively. A CH₄ analyzer that uses infrared light (MA-10 Sable Systems International®, Las Vegas, NV, USA) and respiration chambers

was calibrated by infusing a known amount of pure CH₄ (Praxair® Gases Industrial Inc., Monterrey, NL, Mexico; 99.997% purity), The measurements were carried out for 3 consecutive days (d 19 to 21 of each period), and chambers were cleaned in 1 h. Expe Data® software was used to extrapolate the data to a 24 h period. According to IPCC (IPCC 2006), GEI/d lost as CH₄ was computed from its heat of combustion (CH₄ = 55.65 MJ/kg).

Data from experiment were subjected to analysis of variance for a replicated 3 × 3 Latin square design using the mixed procedure in SAS® 9.4 Software (SAS Institute 2006). The statistical model was as follows: $Y_{ijk} = \mu + P_i + A_j + T_k + E_{ijk}$; where Y is the dependent variable, μ is the general mean, P is the effect of period, A is the random effect of animal, T is the effect of treatment, and E is the random residual error. Results were compared using least-squares means tests, and polynomial contrasts were used to assess the treatment effect.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Supplementation of OEO had no effect on DM, OM, CP, NDF, and ADF intake ($P > 0.05$); however, there was a negative quadratic relationship between GE intake and the level of OEO supplementation ($P < 0.05$). The apparent total tract digestibility of DM decreased quadratically ($P < 0.05$) when 0.5% OEO were added. The apparent total tract digestibility of OM, CP, NDF, and ADF and digestible energy were not affected ($P > 0.05$) by OEO supplementation.

Increases in the level of OEO supplementation did not affect DMI as has been shown in previous study that applied 200 to 1200 ppm of OEO in a swamp grass:concentrate ratio 60:40 (Afzalani et al. 2015). A different study found that supplementation of 4.5 g citrus extract per day did not improve the DMI of dairy cow (Ying et al. 2017). Other EO have been reported to increase feed intake (carvacrol, eugenol, thymol, coriander seed oil, geranyl acetate, and geraniol), but some studies have demonstrated that blends of thymol, eugenol, carvacrol, garlic, citral, and cinnamaldehyde can induce reductions in feed intake and digestibility (Belanche et al. 2020). This suggests that the effects of different EO or their constituents on feed intake are variable and will depend on the type and dosage of EO (Thao et al. 2015). Other studies have suggested that the palatability of feed can be impacted by the addition of EO; however, other factors that also affect DMI—such as animal growth stage, body weight, or the specific properties of diets such as the fiber content and particle size—also require consideration (Afzalani et al. 2015). One possible explanation for the reduced rumen degradability associated with the OEO2 treatment might be a broad and nonspecific antimicrobial capacity of OEO on rumen microorganisms. This is consistent with findings of *in vitro* studies showing that 200 and 300 ppm of orange peel oil inhibits CH₄ generation by more than 50% due to the low digestibility of DM and NDF, which was possibly associated with a microbial imbalance in the rumen (Rofiq et al. 2021). The discrepancies among studies might be caused by different types of EO that were used in the respective studies, dosages tested, and differences in diet and host interactions (Hassan et al., 2020).

Rumen pH was similar across treatments ($P > 0.05$) and ranged from 6.57 to 6.68. There was a quadratic response in acetate proportion when OEO was added ($P < 0.05$). The proportion of valerate decreased quadratically in response to OEO addition ($P < 0.05$). Feeding OEO1 resulted in an increase of valerate by 21% relative to the control, whereas valerate decreased by 14% in response to OEO2 compared to the control ($P < 0.05$). Supplementation of OEO had no effect on the C3:C2 ratio ($P > 0.05$). In ruminants fed low-quality tropical grasses as a basal ration, the rate and extent of fermentation of OM in the rumen are usually reduced, which helps maintain pH within the physiological range. The rumen pH was not affected by OEO supplementation (Afzalani et al. 2015), and it remained within the optimal range for fermentation (6.6 ± 0.5). The above findings are also consistent with the results of other studies that have used a mixture (750 mg/d) of EO (thymol, eugenol, vanillin, guaiacol, and limonene) (Benchaar et al. 2007). Afzalani et al. (2015) found that the use of 200 and 400 ppm OEO in cattle increased the concentration of propionic acid in the rumen and affected the C3:C2 ratio. No changes in the rumen microbial catabolism of branched-chain amino acids were observed

in response to OEO supplementation; the concentration of valerate increased with the level of OEO1 supplementation, which indicates that valerate acted as a sink for H₂ and contributed to reductions in CH₄. Wu et al. (2018) suggested that EO can affect rumen fermentation by inhibiting microbial growth. When 0.5% OEO were fed, CH₄ (g/d) was reduced by 12% compared to control ($P < 0.05$). The CH₄ yield (g/kg DMI) decreased linearly with the level of OEO supplementation. No changes were observed in emissions per kilogram of fermented OM in the rumen ($P > 0.05$). There was a linear decrease in CH₄ yield (% GE/d) in response to OEO addition. There was a quadratic decrease in energy loss in form of CH₄ (MJ of GEI/d) in response to OEO2 supplementation ($P < 0.05$).

Previous authors that supplemented EO and detected reductions in enteric CH₄, suggested the main reasons for the observed reduction were: 1) a reduction in hydrogen production (alternative sinks), 2) the direct inhibition of archaea, and 3) a disruption of the symbiosis between protozoa and archaea (Cobellis et al., 2016). Few studies of the effects of EO and OEO from *Citrus sinensis* have been conducted (Honan et al. 2021). Wu et al. (Wu et al. 2018) reported that citrus EO (limonene) had anti-methanogenic effects in Hu sheep, but this effect was not consistent among periods, suggesting that microbial adaptation can occur following short-term exposure to EO. The large amount of bioactive compounds in those additives also makes it challenging to identify their mode of action and predict the effectiveness of those mixtures when added to different basal diets. In the current study, a trend for a quadratic response in CH₄ (g/d) for an increase in OEO supplementation was detected. The use of high doses of OEO with antimicrobial activity likely decreased the microbial activity and fermentability of the diet. It has been described that the interactions among different components in EO may affect their antimicrobial activity (Cobellis et al. 2016). The availability of raw materials is also important, although this is not a problem for OEO given that it can be obtained from one of the most common subtropical crops in the world (Hassan et al., 2020; Rezzadori et al., 2012). The inclusion of OEO in the diet of sheep has been shown to improve milk yield, fat milk yield, and feed efficiency (Kotsampasi et al. 2018). In our study, discrepancies between *in vitro* and *in vivo* results in our study, might be caused by the absence of VFA absorption and passage in *in vitro* batch systems compared to *in vivo*, as well as differences in the composition of microbial population. Our findings demonstrate that OEO decreased CH₄ emissions, which also might lead to improved feed efficiency (Honan et al. 2021).

CONCLUSIONES

Orange essential oil, containing 78.84% D-limonene, supplemented at 0.25% did not have adverse effects on DMI, apparent total tract digestibility, rumen fermentation parameters, or enteric CH₄ production. Supplementation of 0.5% OEO reduced CH₄ emissions by 12%; however, 0.5% OEO had negative effect on the apparent total tract digestibility of DM.

LITERATURA CITADA

- Afzalani, Mardiati Zein, Novirman Jamarun, and Endri Musnandar. 2015. "Effect of Increasing Doses of Essential Oil Extracted from Berastagi Orange (*Citrus Sinensis* L.) Peels on Performance, Rumen Fermentation and Blood Metabolites in Fattening Bali Cattle." *Pakistan Journal of Nutrition* 14 (8): 480–86. <https://doi.org/10.3923/pjn.2015.480.486>.
- Ali, Wassie, Korir, Merbold, Goopy, Butterbach-Bahl, Dickhoefer, and Schlecht. 2019. "Supplementing Tropical Cattle for Improved Nutrient Utilization and Reduced Enteric Methane Emissions." *Animals* 9 (5): 210. <https://doi.org/10.3390/ani9050210>.
- Belanche, Alejandro, Charles J. Newbold, Diego P. Morgavi, Alex Bach, Beatrice Zweifel, and David R. Yáñez-Ruiz. 2020. "A Meta-Analysis Describing the Effects of the Essential Oils Blend Agolin Ruminant on Performance, Rumen Fermentation and Methane Emissions in Dairy Cows." *Animals* 10 (4): 620. <https://doi.org/10.3390/ani10040620>.
- Benchaar, C., S. Calsamiglia, A.V. Chaves, G.R. Fraser, D. Colombatto, T.A. McAllister, and K.A. Beauchemin. 2008. "A Review of Plant-Derived Essential Oils in Ruminant

- Nutrition and Production.” *Animal Feed Science and Technology* 145 (1–4): 209–28. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.04.014>.
- Benchaar, C., H.V. Petit, R. Berthiaume, D.R. Ouellet, J. Chiquette, and P.Y. Chouinard. 2007. “Effects of Essential Oils on Digestion, Ruminant Fermentation, Rumen Microbial Populations, Milk Production, and Milk Composition in Dairy Cows Fed Alfalfa Silage or Corn Silage.” *Journal of Dairy Science* 90 (2): 886–97. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)71572-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)71572-2).
- Cobellis, Gabriella, Massimo Trabalza-Marinucci, Maria Carla Marcotullio, and Zhongtang Yu. 2016. “Evaluation of Different Essential Oils in Modulating Methane and Ammonia Production, Rumen Fermentation, and Rumen Bacteria in Vitro.” *Animal Feed Science and Technology* 215 (May): 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.02.008>.
- Cobellis, Gabriella, Massimo Trabalza-Marinucci, and Zhongtang Yu. 2016. “Critical Evaluation of Essential Oils as Rumen Modifiers in Ruminant Nutrition: A Review.” *Science of The Total Environment* 545–546 (March): 556–68. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.103>.
- Hassan, Faiz-ul, Muhammad Adeel Arshad, Hossam M. Ebeid, Muhammad Saif-ur Rehman, Muhammad Sajjad Khan, Shehryaar Shahid, and Chengjian Yang. 2020. “Phytogenic Additives Can Modulate Rumen Microbiome to Mediate Fermentation Kinetics and Methanogenesis Through Exploiting Diet–Microbe Interaction.” *Frontiers in Veterinary Science* 7 (November): 575801. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.575801>.
- Hassan, Faiz-ul, Muhammad Adeel Arshad, Mengwei Li, Muhammad Saif-ur Rehman, Juan J. Looor, and Jiayang Huang. 2020. “Potential of Mulberry Leaf Biomass and Its Flavonoids to Improve Production and Health in Ruminants: Mechanistic Insights and Prospects.” *Animals* 10 (11): 2076. <https://doi.org/10.3390/ani10112076>.
- Honan, M., X. Feng, J.M. Tricarico, and E. Kebreab. 2021. “Feed Additives as a Strategic Approach to Reduce Enteric Methane Production in Cattle: Modes of Action, Effectiveness and Safety.” *Animal Production Science*. <https://doi.org/10.1071/AN20295>.
- Horky, Pavel, Sylvie Skalickova, Kristyna Smerkova, and Jiri Skladanka. 2019. “Essential Oils as a Feed Additives: Pharmacokinetics and Potential Toxicity in Monogastric Animals.” *Animals* 9 (6): 352. <https://doi.org/10.3390/ani9060352>.
- Hosni, Karim, Nesrine Zahed, Raouf Chrif, Ines Abid, Wafa Medfei, Monem Kallel, Nadia Ben Brahim, and Houcine Sebei. 2010. “Composition of Peel Essential Oils from Four Selected Tunisian Citrus Species: Evidence for the Genotypic Influence.” *Food Chemistry* 123 (4): 1098–1104. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.068>.
- IPCC. 2006. “IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.” <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol1.html>.
- . 2019. “Climate Change and Land. Chapter 5: Food Security.” <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/chapter-5/>.
- Kamalak, A, A I Atalay, C O Ozkan, A Tatliyer, and E Kaya. 2011. “Effect of Essential Orange (Citrus Sinensis L.) Oil on Rumen Microbial Fermentation Using in Vitro Gas Production Technique.” *J. Anim. Plant Sci.* 21 (4): 764–69.
- Kotsampasi, B., E. Tsiplakou, C. Christodoulou, A. Mavrommatis, C. Mitsiopolou, C. Karaiskou, E. Sossidou, et al. 2018. “Effects of Dietary Orange Peel Essential Oil Supplementation on Milk Yield and Composition, and Blood and Milk Antioxidant Status of Dairy Ewes.” *Animal Feed Science and Technology* 245 (November): 20–31. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.08.007>.
- Ku-Vera, J. C., O. A. Castelán-Ortega, F. A. Galindo-Maldonado, J. Arango, N. Chirinda, R. Jiménez-Ocampo, S. S. Valencia-Salazar, et al. 2020. “Review: Strategies for Enteric Methane Mitigation in Cattle Fed Tropical Forages.” *Animal* 14 (S3): s453–63. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001780>.
- Lin, B., Y. Lu, A.Z.M. Salem, J.H. Wang, Q. Liang, and J.X. Liu. 2013. “Effects of Essential Oil Combinations on Sheep Ruminant Fermentation and Digestibility of a Diet with Fumarate Included.” *Animal Feed Science and Technology* 184 (1–4): 24–32. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.05.011>.

- McGrath, Joseph, Stéphane M. Duval, Luis F.M. Tamassia, Maik Kindermann, René T. Stemmler, Vinicius N. de Gouvea, Tiago S. Acedo, Irmgard Immig, Scot N. Williams, and Pietro Celi. 2018. "Nutritional Strategies in Ruminants: A Lifetime Approach." *Research in Veterinary Science* 116 (February): 28–39. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.09.011>.
- Min, Byeng-Ryel, Seul Lee, Hyunjung Jung, Daniel N. Miller, and Rui Chen. 2022. "Enteric Methane Emissions and Animal Performance in Dairy and Beef Cattle Production: Strategies, Opportunities, and Impact of Reducing Emissions." *Animals* 12 (8): 948. <https://doi.org/10.3390/ani12080948>.
- Oh, J., M. Harper, and A.N. Hristov. 2019. "Effects of Lowering Crude Protein Supply Alone or in a Combination with Essential Oils on Productivity, Rumen Function and Nutrient Utilization in Dairy Cows." *Animal* 13 (11): 2510–18. <https://doi.org/10.1017/S1751731119001083>.
- Rezzadori, K., S. Benedetti, and E.R. Amante. 2012. "Proposals for the Residues Recovery: Orange Waste as Raw Material for New Products." *Food and Bioproducts Processing* 90 (4): 606–14. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2012.06.002>.
- Rofiq, M N, W Negara, S Martono, R A Gopar, and M Boga. 2021. "Potential Effect of Some Essential Oils on Rumen Methane Reduction and Digestibility by In Vitro Incubation Technique." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 905 (1): 012138. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/905/1/012138>.
- SAS Institute. 2006. "SAS/STAT Software." Cary, NC, USA.
- Thao, N. T., M. Wanapat, S. Kang, and A. Cherdthong. 2015. "Effects of Supplementation of Eucalyptus E. Camaldulensis Leaf Meal on Feed Intake and Rumen Fermentation Efficiency in Swamp Buffaloes." *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 28 (7): 951–57. <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0878>.
- Wu, P., Z.B. Liu, W.F. He, S.B. Yu, G. Gao, and J.K. Wang. 2018. "Intermittent Feeding of Citrus Essential Oils as a Potential Strategy to Decrease Methane Production by Reducing Microbial Adaptation." *Journal of Cleaner Production* 194 (September): 704–13. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.167>.
- Ying, Y., M. Niu, A.R. Clarke, and K.J. Harvatine. 2017. "Short Communication: Effect of a Citrus Extract in Lactating Dairy Cows." *Journal of Dairy Science* 100 (7): 5468–71. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12233>.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN CHIHUAHUA, MÉXICO.

Mercedes Borja Bravo¹, Elizabeth Pérez Ruiz², Sergio Arellano Arciniega¹, Mario Humberto Royo Márquez³ y Ramón Gutiérrez Luna⁴

¹Campo Experimental Pabellón, INIFAP. Km. 32.5 carr. Ags-Zac., Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. ²Campo Experimental la Campana, INIFAP. Km. 33.3 carr. Chihuahua - Ojinaga, Aldama Chihuahua. C. P. 32910. ³Instituto Nacional para el Desarrollo de Capacidades del Sector Rural, A. C. (INCA Rural). G. Pérez Valenzuela 127 Del Carmen 04100 Ciudad de México ⁴Campo Experimental Zacatecas, Kilómetro 24.5 Carretera, Zacatecas - Fresnillo, Zacatecas.
Autor responsable: borja.mercedes@inifap.gob.mx

RESUMEN

La apicultura en Chihuahua es una actividad importante por la producción de miel y productos derivados. Durante la última década, la producción de miel en Chihuahua ha sufrido altibajos importantes, mismos que se asocian a las sequías que se han presentado en el norte de México. El objetivo de este trabajo fue identificar los principales factores que influyen en la producción de miel, los cuales fueron definidos a partir de la opinión de los apicultores de Chihuahua. La información se obtuvo mediante 60 encuestas aplicadas a apicultores en 12 municipios del estado. Se utilizó estadística descriptiva para el análisis de la información. La producción de miel en Chihuahua se realiza en pequeña y mediana escala. La sequía y el cambio climático ha afectado el rendimiento de sus apiarios en un rango de 50 a 75 %. Factores como el hurto y la migración de colmenas representan importantes pérdidas; mientras que el efecto que tienen el uso de insecticidas, presencia de enfermedades en las abejas, contaminación e invasión de otros insectos solo impactan en 10 % el rendimiento. Existen diversos factores técnicos, sociales, económicos y ambientales que influyen en el proceso de producción apícola y su productividad. Es importante la búsqueda de alternativas que favorezcan la revalorización y fortalecimiento de esta actividad económica.

Palabras clave: sequía, colmena, apicultura.

ABSTRACT

Beekeeping in Chihuahua is an important activity for the production of honey and derived products. During the last decade, the production of honey in Chihuahua has suffered significant ups and downs, which are associated with the droughts that have occurred in northern Mexico. The objective of this work was to identify the main factors that influence honey production, which were defined based on the opinion of beekeepers in Chihuahua. The information was obtained through 60 surveys applied to beekeepers in 12 municipalities of the state. Descriptive statistics were used for the analysis of the information. Honey production in Chihuahua is carried out on a small and medium scale. Drought and climate change have affected the performance of their apiaries in a range of 50 to 75%. Factors such as theft and migration of hives represent important losses; while the effect of the use of insecticides, the presence of diseases in the bees, contamination and the invasion of other insects only impact the yield by 10%. There are various technical, social, economic and environmental factors that influence the beekeeping production process and its productivity. It is important to search for alternatives that favor the revaluation and strengthening of this economic activity.

Key words: drought, hive, beekeeping.

INTRODUCCIÓN

Las abejas juegan un papel importante en la polinización de las especies de plantas cultivables y no cultivables. A nivel mundial, durante el periodo 2018-2020, se produjeron 5.38 millones de toneladas de miel. En 2020, México se posicionó como el décimo país exportador de este producto y anualmente cosecha poco más de 60 mil toneladas (FAO, 2022).

La producción de miel en México fue de 60,134 toneladas durante el periodo 2018-2020, durante los últimos veinte años, la producción de miel se ha mantenido mostrando una tasa de crecimiento media anual de 0.10 % (FAO, 2022). La apicultura es una actividad de relevancia socioeconómica que genera fuente de empleos e ingresos para el medio rural y divisas para el país (Magaña *et al.*, 2016). En el país se distinguen cinco regiones apícolas, con diferentes grados de desarrollo y variedad de tipos de mieles de acuerdo a sus características de humedad, color, aroma y sabor. Estas regiones son: Altiplano, Pacífico, Golfo, Norte y Península de Yucatán (Martell-Tamanis *et al.*, 2019).

En el 2021, el estado de Chihuahua se ubicó como el 19avo lugar en la producción de miel en México, aun cuando el estado no es de los más importantes, esta es una actividad que tiene impacto por otros productos derivados de la apicultura, tal es el caso de la venta anual de 18,000 abejas reina progenitoras que se comercializan en todo el país, para mantener controlada la africanización y aumentar la producción de miel. Además, Chihuahua se distingue como un estado que aporta al sector agropecuario y es principal productor a nivel nacional de cultivos que involucran la intervención de abejas y otros polinizadores, tales como alfalfa, algodón hueso y manzana (Gómez *et al.*, 2019).

Durante la última década, la producción de miel en Chihuahua ha sufrido altibajos importantes, mismos que se asocian a las sequías que se han presentado en el norte de México, por ejemplo, en 2011 y 2012. En 2021 también se presentó un problema de falta de agua, lo que repercutió en una menor superficie plantada de cultivos, y, por ende, en menos floración de la que dependen las abejas para obtener su alimento. Esta situación encarece los costos del productor, quienes deben proporcionar alimentación a las abejas para que resistan los periodos de escasez. Aunado a lo anterior, existen otros factores que repercuten la producción de miel, estos están asociados principalmente al uso de agroquímicos utilizados en la agricultura, la presencia de enfermedades, pérdida de hábitat y malnutrición. El objetivo de este trabajo fue identificar los principales factores que influyen en la producción de miel, los cuales fueron definidos a partir de la opinión de los apicultores de Chihuahua.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el estado de Chihuahua, la información se recabó mediante una encuesta a apicultores aplicada en los meses de noviembre de 2021 a mayo de 2022. El tamaño de muestra se calculó utilizando la fórmula de muestreo aleatorio simple sin reemplazo, considerando la varianza máxima (Téllez-Delgado *et al.*, 2012; Borja *et al.*, 2018). Matemáticamente, la fórmula fue la siguiente:

$$n = \frac{Z^2 N p q}{(N - 1) e^2 + Z^2 p q}$$

Donde n es el tamaño de muestra; N la población (200); Z es el valor de la distribución normal estándar para un nivel de confianza del 95 % (1.96), p es el valor de la proporción priori de varianza máxima de una variable de proporción (0.5); y e fue el error máximo permisible de la estimación, en este caso 0.08 (8%). El tamaño de muestra estimado fue de 60 apicultores. En el Cuadro 1 se observa la cantidad de apicultores encuestados en los diferentes municipios de Chihuahua.

Cuadro 1. Número de apicultores encuestados por municipio

Municipio	No de productores	Porcentaje
Aldama	11	18.3

Cuauhtémoc	9	15.0
Delicias	8	13.3
Nuevo Casas Grandes	7	11.7
Meoqui	6	10.0
Chihuahua	5	8.3
Camargo	4	6.7
Ojinaga	4	6.7
Benavides	2	3.3
Satevo	2	3.3
Julimes	1	1.7
Rosales	1	1.7
Total	60	100.0

El cuestionario tenía preguntas de tipo cerrado y abiertas, el cual se validó previamente. La encuesta incluyó preguntas relacionadas con los siguientes temas: a) Información de los apicultores; b) Actividades relacionadas con el apiario; c) Comercialización y mercado; d) Organización de apicultores; e) Costos de producción; f) Medio ambiente. La información fue registrada en hojas de cálculo Excel 2016, posteriormente fue procesada y analizada mediante estadística descriptiva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos en las encuestas se resalta que los apicultores encuestados tuvieron una edad promedio de 49 años, 85 % fueron hombres y 15 % mujeres, el 63.8 % fueron casados y 36.2 % solteros. El 43.3 % tuvieron estudios universitarios, 21.7 % nivel de preparatoria, 18.3 % cursaron la secundaria, 8.3 % la primaria, y el resto no contestaron, pero sabían leer y escribir. El 63.8 % no tuvo dependientes menores a 18 años y sus familias se integró por un promedio de 3 personas. El 46.7 % de los encuestados tuvieron de 1 a 15 años de dedicarse a la apicultura, el 25 % de 15 a 30 años y el 28.3 % más de 30 años.

Para el 70 % de los encuestados, la apicultura es su principal fuente de ingresos, llegando a aportar hasta el 75 % de sus ingresos familiares. Los apicultores de miel de Chihuahua, tuvieron entre 1 a 40 apiarios (Cuadro 2) y en promedio tuvieron 124 colmenas. A partir de los datos anteriores y basados en Velez *et al.* (2016), las características productivas de los apicultores de Chihuahua se asemejan a los de Morelos, por lo que se puede decir que los productores de Chihuahua son pequeño y medianos productores.

Cuadro 2. Características productivas de los apicultores de Chihuahua, México.

Variables productivas	Frecuencia de productores	Porcentaje (%)
Número de colmenas por productor		
1 a 150	43	71.7
151 a 300	11	18.3
301 a más	6	10.0
Número de apiarios por productor		
1 a 10	47	78.3
10 a 20	8	13.3
20 a más	5	8.3
Número de colmenas productivas		
1 a 150	47	78.3

150 a 300	10	16.7
300 a más	2	3.3
Producción de kilogramos de miel		
50 a 500	23	38.3
501 a 1000	10	16.7
1001 a 1500	8	13.3
1501 a 2000	7	11.7
2001 a más	12	20.0

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos en la encuesta aplicada a productores de miel en Chihuahua México.

Como se observa en el Cuadro 2, la producción osciló entre los 50 hasta 10,600 kg de miel. Según la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2010) la miel de Chihuahua y los estados del norte se caracteriza por ser miel de mezquite, color ámbar extra clara y cuya producción se destina principalmente al mercado estadounidense, por lo que su precio es uno de los más altos a nivel nacional.

De los productores encuestados, el 95 % mencionó que la sequía ha sido uno de los factores que más ha impactado su producción de miel, Como se observa en el Cuadro 3, el 33.3 % de los productores mencionaron que han visto una reducción en su producción de más de 50 % y el 30 % de los encuestados más del 75 %. Además, la sequía también ha afectado a los productores que se dedican a la producción de otros subproductos de la apicultura como el propóleo y cera.

Cuadro 3. Porcentaje de disminución de la producción de miel por efectos de sequía en Chihuahua.

	Número de productores	Porcentaje de productores
Disminución de la producción de miel		
Menos de 10%	4	6.7
Más 10 %	2	3.3
Más 25 %	14	23.3
Más 50 %	20	33.3
Más 75 %	18	30.0
No ha disminuido su producción	3	5.0

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos en la encuesta aplicada a productores de miel en Chihuahua México.

Al respecto, Medina- Cuellar et al. (2014) señalaron que existe una fuerte dependencia de la producción de las colmenas con la temperatura y precipitación, por lo que estas son las principales responsables de la variabilidad interanual de los rendimientos de miel, debido a la influencia que estos tienen sobre las características fenológicas de las abejas y a sus fuentes de alimentación.

Para los productores apícolas de Chihuahua existen otros factores importantes que repercuten en la baja productividad de la miel, los cuales fueron: 1) la aplicación de insecticidas agrícolas cerca de las zonas de pecoreo; 2) enfermedades; 3) contaminación; 4) Insectos invasores; 5) el cambio climático y 6) Robo de colmenas. En el Cuadro 4 se puede analizar que, según los productores apícolas, los insecticidas, enfermedades, contaminación y los insectos invasores son factores que disminuyen la producción en 10 %, el robo de colmenas es un problema social que está afectando hasta en un 25 % el rendimiento de las

colmenas. No obstante, el cambio climático es el factor que visualizan los productores como el más devastador en el rendimiento de la miel.

Cuadro 4. Principales factores que afectan la producción de miel en Chihuahua.

Factor	Porcentaje de afectación	Número de productores	Porcentaje de productores
A) Insecticidas agrícolas	Menos de 10%	27	45.0
	Más 10 %	8	13.3
	Más 25 %	13	21.7
	Más 50 %	5	8.3
	Más 75 %	6	10.0
	No contesto	1	1.7
B) Enfermedades	Menos de 10%	40	66.7
	Más 10 %	12	20.0
	Más 25 %	5	8.3
	Más 50 %	1	1.7
	Más 75 %	1	1.7
	No contesto	1	1.7
C) Contaminación	Menos de 10%	47	78.3
	Más 10 %	6	10.0
	Más 25 %	2	3.3
	Más 50 %	1	1.7
	Más 75 %	1	1.7
	No contesto	3	5.0
D) Insectos invasores	Menos de 10%	37	61.7
	Más 10 %	16	26.7
	Más 25 %	4	6.7
	Más 50 %	0	0.0
	Más 75 %	0	0.0
	No contesto	3	5.0
E) cambio climático	Menos de 10%	6	10.0
	Más 10 %	13	21.7
	Más 25 %	16	26.7
	Más 50 %	14	23.3
	Más 75 %	10	16.7
	No contesto	1	1.7
F) Robo de colmenas	Menos de 10%	40	66.7
	Más 10 %	11	18.3
	Más 25 %	4	6.7
	Más 50 %	2	3.3
	Más 75 %	2	3.3
	No contesto	1	1.7

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos en la encuesta aplicada a productores de miel en Chihuahua México.

El robo de colmenas es un problema que se ha acrecentado en los últimos años, tal es que el 45 % de los encuestados indicaron que les robaron entre 1 a 62 colmenas. Otro factor importante que repercute en la producción de miel fue la migración de abejas, donde el 81.6 % de los entrevistados señalaron que han padecido de esta situación, así mismo, la migración de colmenas fue de 1 a 400 colmenas.

Para Magaña *et al.* (2016) existen diversos factores técnicos, sociales, económicos y ambientales que influyen en el proceso de producción apícola y su productividad. Los resultados de este trabajo en torno al cambio climático como un factor determinante en los volúmenes de producción, coinciden con los reportados por estos autores, quienes expresan que, en los últimos años, el efecto del cambio climático ha impedido que la producción de miel alcance los volúmenes alcanzados en años pasados.

CONCLUSIONES

La apicultura en el estado de Chihuahua se desarrolla en pequeña y mediana escala y representa una importante fuente de ingresos para los productores. La sequía y cambio climático son factores que repercuten entre 50 a 75 % el rendimiento de las colmenas, a este se suman otros como el hurto de sus colmenas y las pérdidas por migración. Aspectos como los insecticidas empleados en la agricultura, la contaminación y enfermedades son visualizados como de bajo impacto, ya que solo afectan en un 10 % al rendimiento.

En la actualidad, la apicultura es un tema relevante por su importancia en los ecosistemas y como parte de la generación de alimentos. Por lo anterior, la búsqueda de alternativas que favorezcan su revalorización y fortalecimiento como actividad productiva son consideradas fundamentales para su preservación.

REFERENCIAS

- Borja, B.M., Vélez, I. A. y Ramos, G. J. L. 2018. Tipología y diferenciación de productores de guayaba (*Psidium guajava* L.) en Calvillo, Aguascalientes, México. *Región y sociedad*. 30(71):1-22.
- FAO (Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2022, FAOSTAT: Datos. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Gómez, C. J. C., Palma, R. J. M. y Varela, F. O. E. 2019. Panorama del sector apícola del estado de Chihuahua: análisis de tendencias para el periodo 2006-2016. Congreso Internacional de Investigación Científica Multidisciplinaria. https://www.researchgate.net/publication/338920065_Panorama_del_Sector_Apicola_del_Estado_de_Chihuahua_Analisis_de_Tendencias_para_el_Periodo_de_2006_a_2016
- Magaña, M. M. A., Tavera, C. M. E., Salazar, B. L. L. y Sanginés, G. J. R. 2016. Productividad de la apicultura en México y su impacto sobre la rentabilidad. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(5): 1103-1115.
- Martell-Tamanis, A. Y., Lobato-Rosales, F. G., Landa-Zárate, M., Luna-Chontal, G., García-Santamaría, L.E. y Fernández-Lambert, G. 2019. Variables de influencia para la producción de miel utilizando abejas *Apis mellifera* en la región de Misantla. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 10(6):1353-1365.
- Medina-Cuellar, S. E., Alvarez-Coque, J. M. G., Portillo-Vázquez, M. y Terrazas-Gonzalez, G. H. 2014. Influencia de los factores ambientales y de manejo en la segunda temporada de producción de miel de abeja en Aguascalientes, México. *Revista española de estudios agrosociales y pesqueros*. (238): 65-80.
- Téllez-Delgado, R., Mora-Flores, J. S., Martínez-Damián, M. A., García-Mata, R. y García-Salazar J.A. 2012. Caracterización del consumidor de carne bovina en la zona metropolitana del Valle de México. *Agrociencia*. 46(1): 75-86.
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2010. Situación actual y perspectiva de la apicultura en México. *Revista Claridades Agropecuarias*. Núm. 199, marzo, p. 3-34.
- Velez, I. A., Espinosa, G. J. A., Amaro, G. R. y Arechavaleta, V. M. E. 2016. Tipología y caracterización de apicultores del estado de Morelos, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*. 7(4): 507-524.

INCIDENCIA DE ENFERMEDADES RELACIONADAS A LA FALLA EN LA TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD PASIVA EN BECERRAS LECHERAS HOLSTEIN

INCIDENCE OF DISEASES RELATED TO FAILURE TO TRANSFER PASSIVE IMMUNITY IN HOLSTEIN DAIRY CALF

Ramiro González Avalos^{1*}, Blanca Patricia Peña Revuelta¹, Rafael Ávila Cisneros¹, Karla Quetzalli Ramírez Uranga¹, Edgar Jesús Macías Ortiz²

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, Departamento de Ciencias Básicas, carretera a Santa Fe y Periférico, Torreón, Coahuila, México. ²Estudiante del Posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México. *e-mail: jaliscorega@gmail.com

RESUMEN

El sistema inmune de la becerro al nacimiento es inmaduro e incapaz de producir suficientes inmunoglobulinas (Igs) para combatir infecciones. De esta forma la adquisición de Igs a través de la absorción intestinal protege a la becerro de las enfermedades hasta que su propio sistema inmune llegue a ser completamente funcional. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la transferencia de inmunidad pasiva y la incidencia de enfermedades en becerros Holstein. Se seleccionaron 1118 becerros, se realizó el análisis de proteína sérica para evaluar la transferencia de inmunidad pasiva, posteriormente se evaluó la incidencia de enfermedades diarrea, problemas respiratorios, conjuntivitis, otitis; para así conocer el porcentaje de morbilidad que se tiene y conocer cuales enfermedades son más frecuentes. Los resultados se analizaron mediante estadística descriptiva. Se observó un 70% de éxito en la transferencia de inmunidad pasiva en becerros Holstein. En relación a las enfermedades la diarrea se observó en un 83.3%, problemas respiratorios 15.6%, otitis 0.50% y conjuntivitis 0.30%. La falla en la transferencia de inmunidad pasiva en becerros Holstein predispone a la presencia de enfermedades.

Palabras clave: becerros, calostro, enfermedades, inmunidad pasiva.

ABSTRACT

The calf's immune system at birth is immature and unable to produce enough immunoglobulins (Igs) to fight infection. In this way the acquisition of Igs through intestinal absorption protects the calf from disease until her own immune system becomes fully functional. The objective of the present work was to evaluate the transfer of passive immunity and the incidence of diseases in Holstein calves. 1118 calves were selected, serum protein analysis was performed to evaluate the transfer of passive immunity, later the incidence of diarrhea diseases, respiratory problems, conjunctivitis, otitis was evaluated; in order to know the percentage of morbidity that exists and to know which diseases are more frequent. The results were analyzed using descriptive statistics. A 70% success rate of passive immunity transfer was observed in

Holstein calves. In relation to diseases, diarrhea was observed in 83.3%, respiratory problems 15.6%, otitis 0.50% and conjunctivitis 0.30%. Failure to transfer passive immunity in Holstein calves predisposes to disease.

Keywords: calves, colostrum, diseases, passive immunity.

INTRODUCCIÓN

La crianza de becerros para reemplazos es una actividad para el funcionamiento de las unidades de producción lechera, pero esta se ve afectada por los altos índices de mortalidad en el periodo del destete. Entre los factores que afectan el índice de mortalidad al pre destete se encuentran: el suministro de calostro, absorción del calostro, dieta líquida, manejo de la becerro y sanidad e instalaciones. El calostro es de suma importancia ya que proporciona al becerro los anticuerpos necesarios y sin estos queda la becerro expuesta a patógenos (Gutiérrez *et al.*, 2021).

Uno de principales objetivos de una empresa lechera es obtener el mayor número de vaquillas sanas que paran aproximadamente entre los 22 y 24 meses de edad; las cuales sirvan para el remplazo de animales y para crecimiento del hato en producción (Gabler *et al.*, 2000). La base de una buena ganadería está en la crianza adecuada de las becerros de reemplazo, la reducción de la mortalidad de becerros es un problema latente en las explotaciones pecuarias (Favela *et al.*, 2006). La salud y el manejo de los animales de reemplazo son componentes importantes de la rentabilidad de todo el hato (Yescas y Jaimes, 2010). Las condiciones actuales están obligando al productor a ser más eficiente en el área de cría y desarrollo de vaquillas (Belloso, 2005).

Por su lado el sistema inmune de la becerro al nacimiento es inmaduro e incapaz de producir suficientes inmunoglobulinas (Igs) para combatir infecciones. La becerro nace sin inmunidad humoral (anticuerpos) adecuada y depende casi totalmente de la transferencia pasiva de inmunoglobulinas maternas presentes en el calostro. De esta forma la adquisición de Igs a través de la absorción intestinal protege a la becerro de las enfermedades hasta que su propio sistema inmune llegue a ser completamente funcional (Elizondo-Salazar, 2007).

Una exitosa transferencia de inmunidad pasiva es importante para los productores ya que se ha demostrado que las becerros con un FTIP tienen bajas ganancias de peso, sufren severos episodios de diarrea y tienen mayores tasas de mortalidad (Nocek *et al.*, 1984). Un fracaso en la transferencia pasiva (concentración inadecuada de IgG en la circulación) en las becerros tras el cese de la absorción macromolecular es una condición común que predispone a los terneros a una mayor morbilidad y mortalidad (Quigley *et al.*, 2002).

Los problemas respiratorios y digestivos son las infecciones más comunes que afectan a las becerros antes del destete (NAHMS, 2014). La alta incidencia de diarrea es un área de

preocupación que debe abordarse de inmediato, ya que los problemas de origen digestivo son los responsables de la mayor parte de mortalidad y morbilidad en esta primera etapa de vida (Urie *et al.*, 2018; Scott *et al.*, 2019). Debido a lo anteriormente expuesto el objetivo del presente trabajo fue analizar la incidencia de enfermedades en becerras Holstein relacionadas a la falla de transferencia de inmunidad pasiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló del 01 de diciembre del 2021 al 30 de enero de 2022, en un establo del municipio de Matamoros en el Estado de Coahuila; 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 se colocó en bolsas de plástico Ziploc® de 26,8 x 27,3 cm (dos L por bolsa) y se congeló a -20°C hasta el suministro a las becerras.

Entre las 24 y 48 horas de vida después del nacimiento se obtuvo una muestra de sangre de la vena yugular de cada becerro en tubos Vacutainer® la cual se dejó coagular a temperatura ambiente hasta la separación del suero. La lectura del suero se realizó en un refractómetro (Vet 360, Reichert Inc.®) se empleó como variable la proteína sérica para medir la transferencia de inmunidad pasiva hacia las becerras.

Las enfermedades que se registraron para determinar la salud de las becerras serán diarreas, neumonías, otitis, conjuntivitis, cólico. El registro fue a partir del nacimiento hasta los 60 días de vida, la clasificación de las crías con diarrea se realizó mediante la observación de la consistencia de las heces, heces normales corresponde a crías sanas y becerras con heces semi-pastosas a líquidas se catalogaron como crías enfermas. En relación a la clasificación de los problemas respiratorios las crías con secreción nasal, lagrimeo, tos y elevación de la temperatura superior a 39,5 °C se considerarán enfermas, si no presentaron lo anterior fueron crías sanas.

Para el análisis de los resultados se realizó mediante estadística descriptiva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación a los resultados de proteína sérica (Figura 1) se observó un 29.9 % de las crías con un valor menor a 5.5 g/dL, con este resultado se valora que los animales tienen falla en

la transferencia de inmunidad pasiva, por lo que el factor de riesgo de adquirir una enfermedad se incrementa en estos animales.

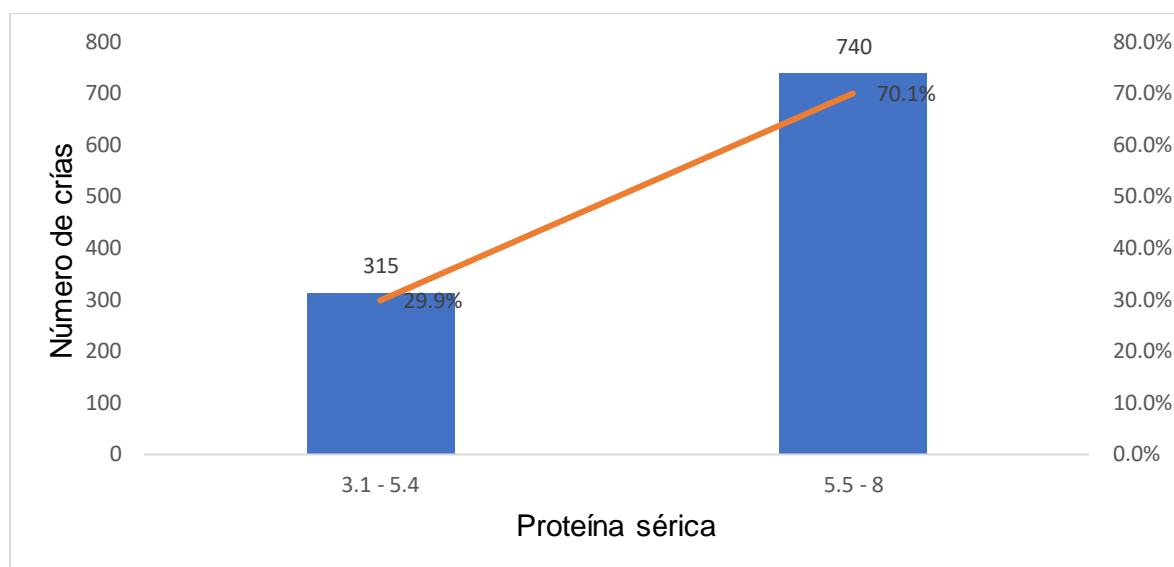


Figura 1. Proteína sérica en becerras alimentadas con calostro pasteurizado.

Donovan et al. (1998), establecen que las becerras presentan una falla en la transferencia de inmunidad pasiva cuando los valores de refractrometría son menos de 5,2 g/dL; sin embargo, otros autores como Davis y Drackley (1998) consideran los valores para una adecuada transferencia de inmunidad pasiva deben ser mayores a 6,0 g/dL. Según un experimento de Vargas et al. (2014) se consideraron una falla en la transferencia de inmunidad pasiva cuando la concentración de proteína sérica fue menos de 5,5 g/dL y la concentración en sus resultados oscilo entre 3.0 y 10.0 g/dL, con un promedio general de 5.7 g/dL.

Las enfermedades que destacan dentro del estudio (Figura 2) son diarrea con un 83.30%, y Neumonía con un 15.60%. Resultados similares son reportados por Peña et al. (2019) observaron una morbilidad de 83.83% en un estudio donde utilizaron becerras lactantes Holstein suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6, el experimento tuvo una duración de 60 días hasta el destete de las crías. Resultados superiores son reportados por González et al. (2019), donde observaron el 98.88% de morbilidad en un experimento donde se utilizó extracto de plantas medicinales en la leche de las becerras lecheras lactantes.

Rocha et al. (2019). Realizaron un estudio observacional en una población de 510 becerras Holstein lactantes, con el objetivo de estimar el impacto económico relacionado a mortalidad y morbilidad por enfermedades en becerras lecheras, las enfermedades que se registraron para monitorear la salud de las becerras fueron diarrea y neumonía, detectando un 40.4% y 8.4% de prevalencia de crías con diarreas y diarrea más neumonía respectivamente.

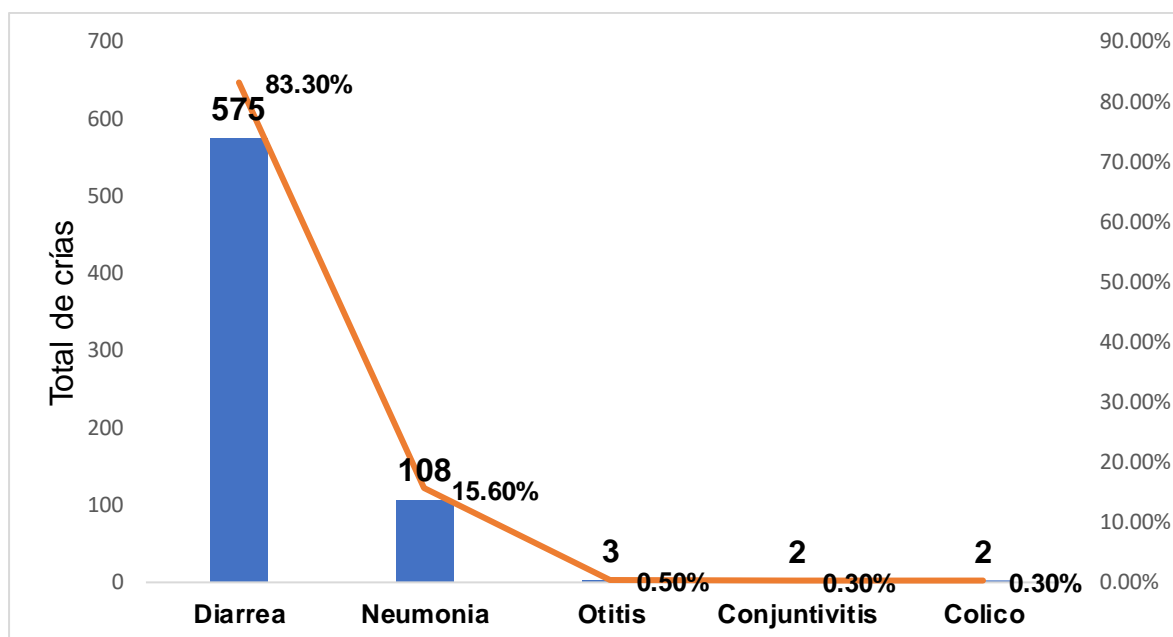


Figura 2. Porcentaje de enfermedades en becerras Holstein.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación se puede concluir que existe una diferencia significativa entre la falla de transferencia de inmunidad pasiva y el éxito de la misma, lo cual de acuerdo a los parámetros evaluados incide en resultados de alta tasa de morbilidad en las becerras, destacando entre las enfermedades más frecuentes diarrea y neumonía. Se sugiere trabajar el suministro del calostro, tomando en cuenta el tiempo, la cantidad y calidad en la que se suministra la primera toma del mismo.

REFERENCIAS

- Belloso, V. T. I. 2005. Cría y desarrollo de vaquillas lecheras. Memorias de DIGAL. Día Internacional del Ganadero Lechero. Delicias, Chihuahua, México
- Davis, C. L. y Drackley, J. K. 1998. The development nutrition and management of the Young calf low State University Press, Ames, Iowa.
- Elizondo, S.J. 2007. Importancia del calostro en la crianza de terneras. ECAG-Infoma. 40:53-55.
- Favela, R. J. E., Acosta, L. O., Hernández, S. J. R., y Jaimes, J. J. 2006. Evaluación de DOXINAL-D como inductor indirecto de inmunidad en becerras Holstein frisian en la comarca lagunera. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. 5(1):61-65
- Gabler, M. T., Tozer, P. R., y Heinrichs, J. 2000. Development of a cost spreadsheet for calculating the cost to raise a replacem-ent dairy heifer. J dairy Sci. 83:1104-1109.
- González-Avalos, R. Rodríguez-Dimas, N., Peña-Revuelta, B. P., González-Avalos, J., Rodríguez-Hernández, K. 2019. Morbilidad y mortalidad en becerras holstein alimentadas con leche entera adicionada con extracto de plantas medicinales Ciencia e Innovación. 2(1):261-272.
- Gutiérrez, P. F. J., Rochín, B. F. L., Díaz G. L. H., y Ramírez Ch. J. A. 2021. Evaluación productiva de dos sustitutos de leche en becerras Holstein en la cuenca lechera de Torreón, Coahuila. Investigación Científica. 15(1).

- NAHMS. Health and Management Practices on US Dairy Operations, 2014. https://www.aphis.usda.gov/animal_health/nahms/dairy/downloads/dairy14/Dairy14_dr_PartIII.pdf (2014), Accessed Jun 2020
- Nocek, J. E., Braund D. G. y Warner, R. G. 1984. Influence of neonato colostrums administration, inmunoglobulin, and continued feeding of calostrums on calf gain health, serum protein. *J. Dairy Sci.* 67:319-333.
- Quigley, J. D., Kost, C. J., y Wolfe, T. M. 2002. Absorption of protein and IgG in calves fed a colostrum supplement or replacer. *Journal of dairy science*, 85(5):1243-1248.
- Peña-Revuelta, B. P., González-Avalos, R., Rocha-Valdéz, J. L., González-Avalos, J., Rodríguez-Hernández, K. González-Avalos, J. 2019. Efecto de la alimentación de becerras holstein suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6 en: morbilidad y mortalidad. *Ciencia e Innovación.* 2(1):247-257.
- Rocha, V. J., González, A. R., Ávila, C. R., Peña, R. B. y Reyes R. A. 2019. Impacto económico de la mortalidad y morbilidad por enfermedades en becerras lecheras. *Abanico Veterinario.* 9:1-7.
- Scott, K., Kelton, D.F., Duffield, T.F., Renaud Risk, D.L. 2019. Factors identified on arrival associated with morbidity and mortality at a grain-fed veal facility: A prospective, single cohort study. *J. Dairy Sci.*, 102:9224-9235.
- Urie, N. J., Lombard, J. E., Shivley, C. B., Koprak, C. A., Adams, A. E., Earleywine, T. J., Garry, F. B. 2018. Preweaned heifer management on US dairy operations: Part V. Factors associated with morbidity and mortality in preweaned dairy heifer calves. *J. Dairy Sci.* 101:9229-9244.
- Vargas- Villalobos, O. A., Elizondo-Salazar, J. A., y Noguera-Solera, L. 2014. Factores relacionados con la falla de transferencia de inmunidad pasiva en terneras y terneros de lechería en la región central norte de costa rica. *Nutrición Animal Tropical.* 8(1):68-78.
- Yescas, V. G., y Jaimes, J. J. 2010. Evaluación del desarrollo de becerras lecheras de reemplazo Holstein utilizando decoquinato en el control de coccidiosis. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas.* 9(1): 67-69.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA ENFRENTAR EL PROBLEMA DE SEQUIA: VISIÓN DE LOS GANADEROS PECUARIOS DEL SUR DE SINALOA

Cuevas-Reyes Venancio^{1*}; Loaiza Meza Alfredo²; Reyes Jiménez Juan Esteban²; Gutiérrez Gutiérrez Obed Gabriel² y Sánchez-Toledano Blanca I.³

¹INIFAP-Campo Experimental Valle de México. ² INIFAP-Campo Experimental Valle de Culiacán, ³INIFAP-Campo Experimental Zacatecas.

[*cuevas.venancio@gmail.com](mailto:cuevas.venancio@gmail.com), cuevas.venancio@inifap.gob.mx

RESUMEN

La ganadería a nivel mundial es una fuente importante de producción de alimentos y muchos productores y familias dependen de esta actividad tanto en la producción de alimento como combustible. Sin embargo, los efectos del cambio climático no escapan a la producción ganadera, en nuestro país en los últimos años han existido sequías recurrentes, por lo que muchos productores la reconocen como un efecto importante en la producción ganadera. Desde el punto de vista técnico existe una buena cantidad de información documental sobre prácticas de mitigación del cambio climático, pero existe la siguiente interrogante ¿por qué los productores no la adoptan? y más aún, ¿cómo enfrentan los ganaderos estos cambios en el clima? Ante ello, el objetivo fue identificar las prácticas de mitigación que el productor ganadero del sur de Sinaloa percibe como alternativas para la problemática de la sequía. Se entrevistaron mediante un muestreo dirigido a 51 ganaderos de seis municipios de Sur de Sinaloa. Los productores entrevistados tienen menos de 56 años de edad, en promedio tres hijos y 92.1 % de ellos cuentan con áreas de pastoreo para el ganado. Se identificó que cerca de 70 % de los productores conocen alguna medida de mitigación, pero solo un 39 % las aplica. Se concluye que un programa de difusión tecnológica, y políticas públicas de apoyo directo podrían favorecer un mayor uso de estas medidas.

Palabras clave: cambio climático, capacitación, difusión de tecnología.

ABSTRACT

Livestock farming worldwide is an important source of food production and many producers and families depend on this activity for both food and fuel production. However, the effects of climate change do not escape livestock production, in our country in recent years, there have been recurrent droughts, and so many producers recognize it as an important effect on livestock production. From a technical point of view, there is a good amount of documentary information on climate change mitigation practices, but there is the question of why producers do not adopt it? In addition, even more, how do ranchers deal with these climate changes? Given this, the objective was to identify the mitigation practices that the livestock producer in southern Sinaloa perceives as alternatives to the problem of drought. To do this, 51 ranchers from six municipalities in South Sinaloa were interviewed through a directed sample. The producers interviewed are under 56 years of age, have an average of three children, and 92.1% of them have grazing areas for cattle. It was identified that about 70% of the producers are aware of some mitigation measures, but only 39% apply them. It's concluded that a technological diffusion program and public policies of direct support could favor greater use of these measures.

Key words: climate change, training, diffusion of technology.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas terrestres y la biodiversidad son vulnerables al cambio climático en curso y a los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos, en diferentes grados (IPCC, 2019). En lo que concierne a la ganadería, se reconoce que la problemática de esta actividad productiva es compleja por sus dimensiones multiescalar, multitemporal y multisectorial (Figuroa y Galicia, 2021), aunado a esto se debe agregar el aspecto ambiental (clima, uso del suelo, agua y vegetación en regiones y territorios rurales) bajo el cual se lleva a cabo. Al respecto el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático señalan que “entre 1850-1900 y hasta 2006-2015, la temperatura media del aire en la superficie terrestre aumentó en 1.53 °C, mientras que la temperatura media global en superficie aumentó en 0.87 °C. El calentamiento ha provocado una mayor frecuencia, intensidad y duración de los fenómenos relacionados con el calor, incluidas las olas de calor, sequías y aumento en la intensidad de las precipitaciones fuertes a escala mundial” (IPCC, 2019).

La ganadería presenta una dualidad contrastante en lo concerniente al impacto e importancia de dicha actividad en el marco del cambio climático. En el caso del impacto hacia el ambiente y contribución de gases efecto invernadero (GEI), se reconoce que “la producción de carne y leche de vacuno es responsable de la mayoría de las emisiones, pues contribuye con el 41 % y el 29 % respectivamente de las emisiones del sector. En forma agregada, esta cadena productiva contribuye con el 14.5 % de los GEI inducidas por el ser humano” (Gerber *et al.*, 2013). Por otro lado, la FAO (2018) señala que “la ganadería es clave para la seguridad alimentaria. La carne, la leche y los huevos proporcionan el 34 % de la proteína que se consume en todo el mundo, aporta micronutrientes esenciales como la vitamina B12, vitamina A, hierro, zinc, calcio y riboflavina. Pero su contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición va mucho más allá e incluye una gama de otros bienes y servicios, como el estiércol y la tracción animal”.

En México los productores en zonas de temporal errático en donde la ganadería es una alternativa productiva tienen que enfrentar los efectos del cambio climático día a día. En las zonas áridas se prevé que el cambio climático y la desertificación causen reducciones en la productividad de los cultivos y del ganado, modifiquen la mezcla de especies de plantas y reduzcan la biodiversidad (IPCC, 2019). A nivel Latinoamérica, se han observado importantes cambios en la precipitación y aumentos en la temperatura. Además, los cambios en el uso del suelo han intensificado la explotación de los recursos naturales y promovido los procesos de degradación de áreas agropecuarias (Schroth y Laderach, 2009). Diversos autores señalan cuatro grandes problemáticas como consecuencia del cambio climático en la producción ganadera: agua (menor cantidad), producción limitada en cantidad y calidad de forrajes, pérdida de biodiversidad y afectaciones a la salud humana y animal (Ehrenfeld, 2005; Paz *et al.*, 2005; Thornton y Herrero, 2008; Pollock, 2008).

La gestión sostenible de las tierras puede contribuir a reducir los impactos negativos de los diversos factores de estrés, incluido el cambio climático, en los ecosistemas y las sociedades (IPCC, 2019). Desde la visión institucional, “se están adoptando varias medidas relacionadas con la tierra que contribuyen a la adaptación al cambio climático, a la mitigación del cambio climático y al desarrollo sostenible. Esas opciones incluyen, entre otros ámbitos, la producción sostenible de alimentos, una gestión forestal mejorada y sostenible, la gestión del carbono orgánico en el suelo, la conservación de los ecosistemas y la restauración de la tierra, la reducción de la deforestación y la degradación, y la reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos. Para implementar estas opciones se requiere de la integración de factores biofísicos y socioeconómicos y otros factores propicios” (IPCC, 2019).

En el sureste de México, se ha encontrado que los sistemas agroforestales, las buenas prácticas ganaderas y el uso de prácticas silvopastoriles tienen alto potencial para capturar carbono y mitigar los GEI, dependiendo de la complejidad de determinado sistema (Jiménez

et al., 2015). En el Noroeste del país, en el estado de Sinaloa, se han realizado experiencias exitosas en la implementación de sistemas silvopastoriles intensivos (Cuevas *et al.*, 2020) para la producción de becerros de engorda bajo riego. Sin embargo, para las áreas de temporal la implementación de estos sistemas no ha sido del todo exitosa. Un estudio realizado en el norte de Sinaloa para productores de ganado de doble propósito identificó que el problema principal es la baja producción de leche, como consecuencia de la escasez de forraje debido al limitado uso de tecnología para la producción de forrajes, la alimentación del ganado y adicionalmente a la existencia de una alta carga animal (de 2.7 a 3.05 UA/ha) en la zona de estudio (Cuevas y Rosales, 2018). Ante esta problemática, se plantea el siguiente estudio el cual tiene como objetivo identificar las prácticas de mitigación que el productor ganadero del sur de Sinaloa percibe como alternativas para la problemática de la sequía.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación de la Zona de estudio

El estado de Sinaloa se ubica dentro de la Planicie Costera noroccidental, que a su vez colinda directamente con la Sierra Madre Occidental. Geográficamente, Sinaloa se localiza al noroeste de la república mexicana, colinda al norte con los estados de Sonora y Chihuahua, al este con Durango, al sur con Nayarit y al oeste con el océano Pacífico y Golfo de California. La investigación se llevó a cabo en seis municipios en el sur de Sinaloa: Sinaloa de Leyva [25°49'22"N 108°13'24"O], La Cruz de Elota [23°55'00"N 106°54'00"O], Concordia [23°17'18"N 106°04'03"O], Mazatlán [23°14'29"N 106°24'35"O] y El Rosario [22°59'31"N 105°51'41"O] (INEGI, 2017).

Selección de productores y encuesta

La selección de los productores fue aleatoria, la muestra estuvo constituida por 51 ganaderos de zonas de temporal del sur de Sinaloa: Concordia (21), San Ignacio (15), Cruz de Elota (7), Mazatlán (3), El Rosario (3) y Sinaloa de Leyva (2). El muestreo fue dirigido y los criterios de selección fueron: 1) que el productor contara con ganado bovino y 2) que tuviera disponibilidad para responder la encuesta, la cual fue realizada cara a cara con los productores entre los meses de febrero a abril de 2022. La encuesta estuvo integrada por las siguientes secciones: identificación del productor, caracterización técnico productiva del rancho, aspectos de reproducción y genética, sanidad pecuaria, infraestructura ganadera, comercialización de productos, y afectación del clima a la producción ganadera y alternativas de mitigación. El análisis de la información se realizó mediante estadísticas descriptivas y porcentajes con el paquete estadístico SPSS (Pérez, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aspectos sociales

En promedio los productores son personas cercanas a los 56 años (55.9 ± 15.40), cuentan con tres hijos en promedio, y sólo algunos de ellos tienen hijos que se han quedado a trabajar directamente en el rancho (Cuadro 1).

Cuadro 1. Variables sociales de los ganaderos encuestados

Variable	Unidad	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Edad	años	55.90	15.40	22	82
Total de hijos	número	3.00	1.84	1	9
Hijos trabajan en rancho	número	0.61	0.95	0	4

Fuente: elaboración propia con base a encuestas

Recursos productivos para la actividad ganadera

La superficie promedio agrícola con la que cuentan es de 40.16 ± 36.88 , de las cuales siembran aproximadamente la mitad de ella (19.47 ± 15.31), y el total del hato con el que cuentan en promedio es de 62 cabezas de ganado (61.8 ± 46.03). El 92.1 % de los productores entrevistados señaló tener disponibilidad de agostadero para el uso pecuario, la superficie con la que cuentan de este recurso colectivo es de aproximadamente 36 hectáreas (36.28 ± 10.00). Al respecto Loiza et al. (2018) señalan que, para medianos y pequeños productores, la fuente principal de forraje es el agostadero, para lo cual el productor maneja su ganado en forma tradicional con esta fuente de forraje durante seis meses del año (julio a diciembre).

Cuadro 2. Nivel de recursos disponibles de los ganaderos encuestados

Variable	Unidad	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Superficie total	hectáreas	40.16	36.88	3.70	200.00
Superficie sembrada	hectáreas	19.47	15.31	4.00	80.00
Agostadero	hectáreas	29.66	36.28	10.00	150.00
Tamaño de hato	cabezas	61.84	46.03	10.00	206.00

Fuente: elaboración propia con base a encuestas

Medidas de mitigación

La producción ganadera en el mundo avanza hacia una cultura de Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) que considera lo ambiental, el bienestar animal y humano, la responsabilidad social sectorial, la competitividad exportadora y una mayor rentabilidad asociada a productos de calidad. Por ende, para lograr lo anterior, se debe trabajar a la par todos estos aspectos teniendo en cuenta, bajo los criterios de sostenibilidad, las ventajas comparativas que se tienen para su desarrollo, entre otras, el recurso humano, el clima, el suelo, los pastos, los animales y la ubicación geográfica (Palomino, 2018).

Buenas Prácticas Ganaderas (BPG)

Entre 37.3 y 66.7 % de los productores identificaron al menos una BPG, no obstante, la aplicación de estas prácticas en su mayoría es realizada por la cuarta parte de los productores. La excepción la representó la disponibilidad de sombra en los potreros, ya que 33.3 % de los productores la realiza (Cuadro 3). Al respecto Sandra Guido Sánchez, "directora ejecutiva de la asociación Conselva, mencionó que ya existen análisis meteorológicos que señalan que, de 1980 a la fecha, en Sinaloa la temperatura se ha ido incrementando, al menos, 1 °C, por el contrario, las lluvias han disminuido entre un 10 % y 25 %" (Magallanes, 2022). Esto sin duda, ocasiona que el productor trate de que los potreros donde se encuentra el ganado tenga áreas de sombra. La capacitación sobre nuevas especies forrajeras, las prácticas de conservaciones de suelo y agua, son alternativas que sólo una cuarta parte de los ganaderos ha realizado en sus unidades de producción.

Cuadro 3. Buenas prácticas de manejo animal (%)

Medida	No la conoce	La conoce	La implementó
Disponibilidad de sombra en potreros	5.9	66.7	33.3
Capacitación sobre nuevas especies forrajeras	27.5	37.3	25.5
Prácticas de conservación de suelo y agua	27.5	43.1	25.5

Fuente: elaboración propia con base a encuestas, los porcentajes no suman 100 % porque se contabilizaron todas las respuestas posibles y en algunas ocasiones hubo productores que dejaron celdas sin contestar.

Forrajes

Los sistemas agrodiversos, integran la eficiencia, flexibilidad y productividad, capaces de afrontar los retos del futuro como disminuir el uso de agroquímicos; por lo que una vegetación diversificada incrementa la cantidad de nichos y de hábitats para los enemigos naturales, reduciendo el daño a los cultivos por parte de los organismos fitófagos (Morales-Velasco *et al.*, 2016). En este sentido, una tercera parte de los productores señalaron utilizar una diversidad de especies forrajeras en sus ranchos. Otra práctica es la siembra y conservación de forrajes, que realizan en alta proporción los ganaderos (con cerca del 40 %). Al ser Sinaloa un estado netamente agrícola, un 35.3 % de los productores señalaron adquirir forrajes de las áreas de riego como complemento para la alimentación del ganado (Cuadro 4).

Cuadro 4. Prácticas relacionadas con forrajes (%)

Medida	No la conoce	La conoce	La implementó
Siembra y conservación de forrajes	2.0	29.4	39.2
Usa especies forrajes adaptables a condiciones de sequia	25.5	41.2	21.6
Diversificación de especies forrajeras	17.6	56.9	31.4
Adquisición de forrajes de áreas de riego	9.8	35.3	35.3

Fuente: elaboración propia con base a encuestas

Sistemas silvopastoriles (SSP)

Los sistemas silvopastoriles (SSP) integran paisajes ganaderos multifuncionales basados en la interacción de plantas leñosas perennes (árboles o arbustos), leguminosas herbáceas y pastos en diferentes arreglos y estratos para la alimentación y el bienestar del ganado bovino, que aumentan la producción por unidad de recursos utilizados y proporcionan forraje nutritivo y fijación de nitrógeno atmosférico (Murgueitio *et al.*, 2014). Figueroa y Galicia (2021), señalan que estos sistemas presentan gran capacidad de reducir las emisiones de GEI, especialmente de metano, fomentan la reforestación y reducen la dependencia del uso excesivo de granos y fertilizantes nitrogenados.

No obstante, para su implementación se requiere tener claro los componentes adecuados a las condiciones de cada tipo de productor, y “luchar” contra la percepción negativa de algunos productores de establecer árboles en sus áreas de cultivo. Esto es importante para la zona de estudio toda vez que la mayor superficie cuenta con vegetación de selva baja caducifolia la cual tiene un rápido crecimiento de arbustos y árboles. En este sentido, resulta destacable que cerca del 20 % de los productores entrevistados no conozcan esta tecnología, que apenas una tercera parte la conozca, y seguramente por ello, sólo tres de cada diez productores la ha establecido o utilizado (Cuadro 5).

Cuadro 5. Implementación de sistemas silvopastoriles (%)

Medida	No la conoce	La conoce	La implementó
Implementa Sistemas Silvopastoriles	17.6	33.3	29.4

Fuente: elaboración propia con base a encuestas.

En términos generales, se destaca que de 2 a 27 % de productores no conocen alguna medida de mitigación, de 29 a 67 % si tiene conocimiento de alguna medida de mitigación, pero solo entre 21 y 39 % de los productores ha implementado alguna medida de mitigación contra el cambio climático.

CONCLUSIONES

Los productores entrevistados tienen menos de 56 años de edad, en promedio tres hijos y prácticamente todos (92.1 %) cuentan con áreas de pastoreo para el ganado. Tienen una cantidad de hato que supera a la superficie agrícola disponible, y todos ellos conocen al menos una medida de mitigación o práctica tecnológica para afrontar los problemas de sequía. Sin embargo, existe una gran cantidad de productores (cerca de 70 %) que conoce alguna medida de mitigación, no obstante, solo un 40% de los ganaderos ha aplicado alguna de ellas. Lo anterior, puede deberse a la falta de recursos económicos o conocimiento de la tecnología para su implementación. Se concluye que un programa de difusión tecnológica, y políticas públicas de apoyo directo podrían favorecer un mayor uso de medidas de adaptación al cambio climático en la producción ganadera de la zona de estudio.

REFERENCIAS

- Cuevas-Reyes, V., & Rosales-Nieto, C. (2018). Caracterización del sistema bovino doble propósito en el noroeste de México: productores, recursos y problemática. *Revista MVZ Córdoba*, 23(1), 2018. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1240>
- Cuevas-Reyes, V., Reyes, J.J.E., Borja, B.M., Loaiza, M.A., Sánchez-Toledano, B.I., Gallegos, M.T. y Rosales, N.C. (2020). Evaluación financiera y económica de un sistema silvopastoril intensivo bajo riego. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 11(62), 89-110
- Erhenfeld, D. (2005). The Environmental Limits to Globalization. *Conservation Biology*, 19: 318-326.
- FAO. (2018). Soluciones ganaderas para el cambio climático. Disponible en <https://www.fao.org/3/i8098es/i8098ES.pdf>
- Figuerola, D. y Galicia, L. (2021). Ganadería bovina con menor costo ambiental: un desafío entre lo personal y lo político. *Sociedad y ambiente*, 24; 1-17. doi: 10.31840/sya.vi24.2218
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Faluccci, A. & Tempio, G. (2013). Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería –Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. FAO, Roma.
- INEGI. (2017). Anuario estadístico y geográfico de Sinaloa 2017. https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/SIN_ANUARIO_PDF.pdf (10 de julio de 2022).
- IPCC. (2019). Resumen para responsables de políticas. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/06/SRCCL_SPM_es.pdf
- Jiménez, F.G., Soto, P.L., Kú, V.J.C., Ayala, B.A., Villanueva, L.G. y Alayon, G.A. (2015). Ganadería y cambio climático: Avances y retos de la mitigación y la adaptación en la frontera sur de México. *Sociedades rurales, producción y medio ambiente*, 15(30): 51-70. <https://sociedadesruralesojs.xoc.uam.mx/index.php/srpma/article/view/289>
- Loaiza, M.A., Cuevas, R.V., Moreno, G.T., Reyes, J.J.E., González, G.D. (2018). Innovaciones tecnológicas diferenciadas en el sistema de producción de bovinos doble propósito del trópico seco en Sinaloa. Libro Técnico Núm. 1. Campo Experimental Valle de Culiacán, INIFAP. Culiacán, Sinaloa, México. 91 páginas,
- Magallanes, F. (2022). Este es el panorama de Sinaloa con el problema de sequía. Periódico digital punto mx. <https://punto.mx/2022/06/18/este-es-el-panorama-de-sinaloa-con-el-problema-de-sequia/>
- Morales-Velasco, S., Vivas-Quila, N.J. y Teran-Comez, V.F. (2016). Ganadería eco-eficiente y la adaptación al cambio climático. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 14 (1); 135-144. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n1/v14n1a17.pdf>
- Palomino, P.C. (2018). Implementación de las Buenas Prácticas Ganaderas en ganadería de carne. En Implementación de Buenas Prácticas Ganaderas: principios, Editor Héctor A. Jiménez Arboleda. ATUN Cooperativa, Universidad CES y Gobierno de Colombia.

- <https://repository.ces.edu.co/bitstream/handle/10946/3585/Implementaci%C3%B3n-de-Buenas-Pr%C3%A1cticas-Ganaderas-principios-b%C3%A1sicos.pdf?sequence=1>
- Patz J.A., Campbell-Lendrum D., Holloway T., Foley J.A. (2005). Impact of regional climate change on human health. *Nature*, 438: 310-317.
- Pérez, L.C. (2001). Técnicas estadísticas con SPSS. España: Ed. Prentice Hall.
- Pollock, J. (2008). Impacts on livestock agriculture of competition for resources, en Rowlinson P. et al. (Eds.), Proceedings of the International Conference Livestock and Global Climate Change, Cambridge University Press, Hammamet, Tunisia
- Schroth, G. y Laderach, P. (2009). Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 14(7): 605-625.
- Thornton, P. y Herrero, M. (2008). Climate change, vulnerability and livestock keepers. Challenges for poverty alleviation”, en Rowlinson P. et al. (Eds.), Proceedings of the International Conference Livestock and Global Climate Change, Cambridge University Press, Hammamet, Tunisia.

PROBLEMÁTICA DE GANADERIA Y PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN EL SUR DE SINALOA BAJO UN CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO

Cuevas-Reyes, Venancio^{1*}; Loaiza Meza, Alfredo²; Reyes Jiménez, Juan Esteban²; Gutiérrez Gutiérrez, Obed Gabriel ² y Sánchez-Toledano, Blanca I.³

¹INIFAP-Campo Experimental Valle de México. ² INIFAP-Campo Experimental Valle de Culiacán, ³INIFAP-Campo Experimental Zacatecas.

[*cuevas.venancio@gmail.com](mailto:cuevas.venancio@gmail.com), cuevas.venancio@inifap.gob.mx

RESUMEN

Las pasturas para la producción de forraje constituyen el principal uso del suelo en sistemas de producción extensivos de monocultivo en los sistemas de producción pecuarios. En las zonas tropicales esta producción depende de las condiciones climáticas y edáficas imperantes. Ante esto, el objetivo del presente estudio consistió en identificar desde la perspectiva del productor, la problemática de la ganadería y la producción de forrajes bajo un contexto de cambio climático en el sur de Sinaloa. Se realizaron 55 entrevistas directas cara a cara con ganaderos del sur de Sinaloa, para ello se utilizó muestreo dirigido. Los principales resultados encontrados fue que la fecha de siembra de pasturas (sorgo principalmente) cambio del mes de julio al mes de agosto, en concordancia con lo anterior, 57.1 % de los productores señalaron como principal problema las sequías intensas de los últimos años. Cuatro meses del año tienen escasez de forraje por lo que recurren a comprar de alimento para el ganado. Se concluye que se deben buscar alternativas forrajeras con especies adaptadas a las condiciones cambiantes del clima, asimismo, la promoción y apoyo para el establecimiento de sistemas de producción agro silvopastoril para enfrentar la problemática existente en las unidades de producción de los ganaderos entrevistados.

Palabras clave: pasturas, degradación de recursos, sequía, clima.

ABSTRACT

Pastures for forage production constitute the main land use in extensive monoculture production systems in livestock production systems. In tropical areas, this production depends on the prevailing climatic and edaphic conditions. Given this, the objective of this study was to identify, from the perspective of the producer, the main problem related to the production of forage for animal feed under a context of climate change. 55 direct face-to-face interviews were conducted with ranchers from southern Sinaloa, for which directed sampling was used. The main results found were that the sowing date of pastures (mainly sorghum) changed from July to August, in accordance with the above, 57.1 % of the producers indicated the intense droughts of recent years as the main problem. Four months of the year there is a shortage of fodder, so they resort to buying feed for their cattle. It's concluded that forage alternatives should be sought with species adapted to changing climate conditions, as well as the promotion and support for the establishment of agrosilvopastoral production systems to face the existing problems in the production units of the farmers interviewed.

Key words: pastures, resource degradation, drought, climate.

INTRODUCCIÓN

La naturaleza de los efectos, positivos o negativos, que la ganadería tiene sobre la biodiversidad depende de su grado de intensidad, de las prácticas específicas, de las especies ganaderas involucradas y de las condiciones ecológicas locales. La producción ganadera está extendida por todo el mundo. Hasta un 26 % de la superficie terrestre son pastizales y el 33 % de las áreas cultivadas se dedican a la producción de forrajes (FAO, 2016). La degradación de tierras es un problema global ampliamente reconocido, que tiene repercusiones en la productividad agrícola y en el medio ambiente, así como en la seguridad alimentaria y la calidad de vida (Eswaran *et al.*, 2001). La cantidad y calidad de los forrajes en los sistemas de ganado doble propósito en los trópicos se reduce en forma drástica durante la época seca, lo que resulta en una disminución en la producción de leche y parámetros reproductivos de los animales (Castro *et al.*, 2016; Castro *et al.*, 2017).

A nivel Latinoamérica, se han observado importantes cambios en la precipitación y aumentos en la temperatura, además, los cambios en el uso del suelo han intensificado la explotación de los recursos naturales y promovido los procesos de degradación de áreas agropecuarias (Schroth *et al.*, 2009). En América Latina, las pasturas constituyen el principal uso del suelo en sistemas de producción extensivos de monocultivo, donde más del 50 % del área presenta estados avanzados de degradación que afectan la sostenibilidad del sistema, y con tendencia del incremento del número de productores ganaderos (Sepúlveda *et al.*, 2011). En México los productores en zonas de temporal errático en donde la ganadería es una alternativa productiva tienen que enfrentar los efectos del cambio climático día a día. En las zonas áridas se prevé que el cambio climático y la desertificación causen reducciones en la productividad de los cultivos y del ganado, modifiquen la mezcla de especies de plantas y reduzcan la biodiversidad” (IPCC, 2019).

El uso de los recursos naturales en el trópico seco está supeditado a las condiciones geográficas de temporal errático, suelos de mala calidad y uso intensivo por parte del ganadero para producir forrajes para la alimentación del ganado. México cuenta con una superficie de trópico seco de 240,399 km², esto equivale a un 12 % del territorio nacional, lo cual constituye la tercera región de país por extensión después de la árida, semiárida y la tropical húmeda, con un potencial forrajero rico (Carrizales, 1996). En esta región agroclimatológica, la producción de biomasa es de carácter estacional dependiendo de las variables climáticas y edafológicas, que provocan cambios en la adaptación, potencial productivo y persistencia de las especies forrajeras (González *et al.*, 1996).

El aprovechamiento de los pastos y forrajes como alimento para el ganado es un factor importante dentro del proceso de desarrollo de la ganadería, ya que en la mayoría de los casos la actividad pecuaria se relaciona fuertemente con los recursos existentes o potenciales, sin una buena alimentación del ganado difícilmente se podrán obtener mejoramiento en los aspectos productivos, reproductivos, genéticos y de salud animal (Eguiarte, 1985). Una mejor gestión del pastoreo puede contribuir a la restauración de las tierras con pastizales, al secuestro de carbono en el suelo y a la reducción de la deforestación. Por ejemplo, la agrosilvicultura (esto es, el uso de árboles y arbustos como parte de los sistemas agrícolas) y el silvo pastoril (es decir, la producción conjunta de bosques y pastos) pueden prevenir la erosión, mejorar la infiltración de agua y minimizar los daños (FAO, 2016).

Las pasturas para la producción de forraje constituyen el principal uso del suelo en sistemas de producción extensivos de monocultivo en los sistemas de producción pecuarios. En las zonas tropicales esta producción depende de las condiciones climáticas y edáficas imperantes. Bajo un contexto de modificación de temporadas de lluvia y sequías ocasionales el manejo y producción resulta cada vez más complicado. Ante esto, el objetivo del presente estudio consistió en identificar desde la perspectiva del productor, la principal problemática

relacionada con la producción de forrajes para la alimentación animal bajo un contexto de cambio climático.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

El estado de Sinaloa se ubica dentro de la Planicie Costera noroccidental, que a su vez colinda directamente con la Sierra Madre Occidental. Geográficamente, Sinaloa se localiza al noroeste de la república mexicana, colinda al norte con los estados de Sonora y Chihuahua, al este con Durango, al sur con Nayarit y al oeste con el océano Pacífico y Golfo de California. La investigación se llevó a cabo en seis municipios en el sur de Sinaloa: Sinaloa de Leyva [25°49'22"N 108°13'24"O], La Cruz de Elota [23°55'00"N 106°54'00"O], Concordia [23°17'18"N 106°04'03"O], Mazatlán [23°14'29"N 106°24'35"O] y El Rosario [22°59'31"N 105°51'41"O] (INEGI, 2017).

Selección de productores y encuesta

La selección de los productores fue aleatoria, con el apoyo de seis técnicos, la muestra estuvo constituida por 51 ganaderos de zonas de temporal del sur de Sinaloa: Concordia (21), San Ignacio (15), Cruz de Elota (7), Mazatlán (3), El Rosario (3) y Sinaloa de Leyva (2). El muestreo fue dirigido y los criterios de selección fueron: 1) el productor contara con ganado bovino y 2) que tuviera disponibilidad para responder la encuesta, la cual fue realizada cara a cara con los productores entre los meses de febrero a abril de 2022. La encuesta estuvo integrada por las siguientes secciones: identificación del productor, caracterización técnico productiva del rancho, aspectos de reproducción y genética, sanidad pecuaria, infraestructura ganadera, comercialización de productos, y afectación del clima a la producción ganadera y alternativas de mitigación. El análisis de la información se realizó mediante estadísticas descriptivas y porcentajes con el paquete estadístico SPSS (Pérez, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización social y productiva de los productores

En promedio los productores son personas cercanas a los 56 años (55.9 ± 15.40) y cuentan con tres hijos en promedio (3.00 ± 1.84). Las unidades de producción agropecuaria encuestadas cuentan con una superficie promedio agrícola de poco más de 40 ha (40.16 ± 36.88), de las cuales siembran aproximadamente la mitad de ella (19.47 ± 15.31). En promedio los productores entrevistados cuentan con 62 cabezas de ganado (61.8 ± 46.03). El 92.1 % de los productores entrevistados menciona que tiene disponibilidad de agostadero para el uso pecuario, la superficie con la que cuentan de este recurso colectivo es de aproximadamente 36 hectáreas (36.28 ± 10.00) (Cuadro 1). Al respecto Loaiza *et al.* (2018) señalan que, para medianos y pequeños productores, la fuente principal de forraje es el agostadero, para lo cual el productor maneja su ganado en forma tradicional con esta fuente de forraje durante seis meses del año (julio a diciembre). El resto del año utiliza las superficies abiertas al cultivo como potreros de reserva de pastoreo en los esquilmos agrícolas de sorgo durante el periodo de sequía.

Cuadro 1. Nivel de recursos disponibles de los ganaderos encuestados

Variable	Unidad	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Superficie total	hectáreas	40.16	36.88	3.70	200.00
Superficie sembrada	hectáreas	19.47	15.31	4.00	80.00
Agostadero	hectáreas	29.66	36.28	10.00	150.00
Tamaño de hato	cabezas	61.84	46.03	10.00	206.00

Fuente: elaboración propia con base a encuestas

Problemática de la ganadería: percepción del productor

La ganadería en el Sur de Sinaloa se realiza bajo condiciones de temporal, está basada en la siembra de cultivos anuales, principalmente sorgo, el cual se utiliza mediante pastoreo directo. La alimentación animal se complementa con el uso de agostadero comunal y compra de forrajes y concentrados, es decir, como señala Macedo *et al.* (2003) se caracteriza por el aprovechamiento extensivo de pastos y pastizales.

La alteración del clima en el sur de Sinaloa queda evidenciada muy claramente con la identificación del cambio de siembra de los cultivos anuales en el sur de Sinaloa. En el año 2010, el 66.7 % de los productores señalaron que realizaban la siembra en el mes de julio. Sin embargo, para el año 2021, un porcentaje muy similar de ellos (64.7 %) mencionaron que las siembras las tienen que realizar en el mes de agosto (Cuadro 2). Así la fecha de siembras de las pasturas, sorgo bajo temporal, se ha movido de fecha un mes, lo que posiblemente ocasiona una menor disponibilidad de forraje obtenido a través de la siembra de los cultivos y mayor dependencia y compra de insumos externos a la unidad de producción.

Cuadro 2. Cambio en fecha de siembra de cultivos anuales en el sur de Sinaloa (%)

Año	Mes de siembra	Frecuencia
2010	Julio	66.7
2021	Agosto	64.7

Fuente: elaboración propia con base a encuestas

En este mismo sentido, al preguntar al ganadero, ¿cuál es la principal problemática actual para llevar a cabo la producción ganadera?, el 57.1 % de ellos señaló que eran las intensas sequías de los últimos años, en segundo lugar, señalaron los altos costos del forraje y concentrado utilizados para la alimentación animal y, en tercer lugar, el bajo precio que tiene el kilogramo de becerro vendido en pie (Figura 1).

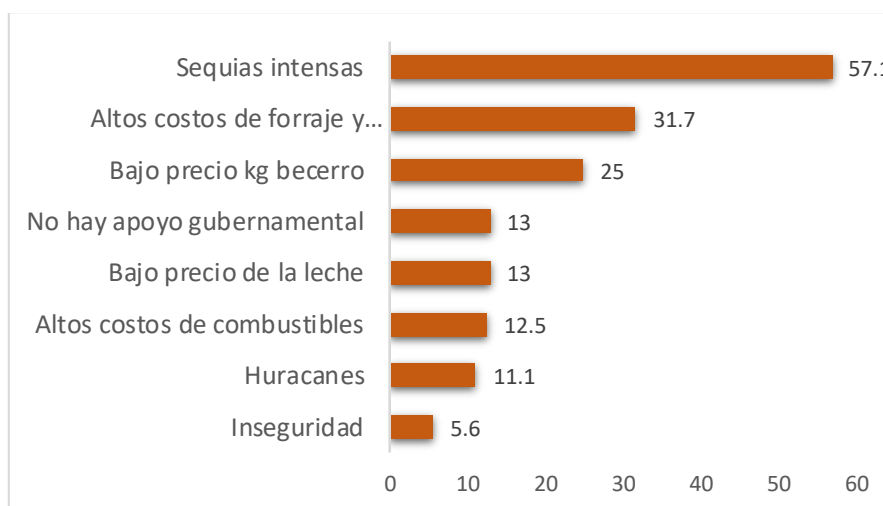


Figura 1. Principales problemas de la ganadería de doble propósito en el Sur de Sinaloa, (Frecuencia de respuestas). (Fuente: elaboración propia con base a encuestas).

Las sequías intensas no sólo afectan la producción de forrajes en la zona de estudio, sino además, por las altas temperaturas que ocasiona, tienen efecto directo en el ganado en general y en la productividad en particular, ya que como señalan algunos autores “el desempeño productivo del ganado bovino de leche y carne es directamente afectado por los factores climáticos de su entorno productivo, particularmente la temperatura ambiental, la humedad relativa, la radiación solar y la velocidad del viento, los que en su conjunto afectan su balance térmico” (Arias *et al.*, 2008). El problema de las sequías puede impactar a los

ganaderos de todo el estado de Sinaloa, ya que un estudio previo sobre el sistema de bovinos de doble propósito (SBDP) llevado a cabo en el norte de Sinaloa por Cuevas y Rosales (2018) señalan que el SBDP en el norte de Sinaloa basa su sustento en el pastoreo de diferentes recursos forrajeros: pastoreo en residuos en áreas cultivadas (cultivos agrícolas de maíz y sorgo), pastoreo de praderas establecidas, y en el pastoreo de áreas de uso común denominado agostadero, combinado con la suplementación alimenticia.

Los resultados encontrados, concuerdan con lo encontrado con Ibrahim *et al.* (2000), quienes señalan que en los sistemas ganaderos tradicionales uno de sus principales problemas es la degradación de pasturas, lo que se traduce en una disminución de oferta de forraje, siendo la principal amenaza a largo plazo de la sostenibilidad del sistema. Así, se identificó que de febrero a mayo son los meses más críticos por falta de forrajes, ya que el 81 % de los productores entrevistados señalo que en estos cuatro meses es cuando se realiza la mayor compra de forrajes (Figura 2).

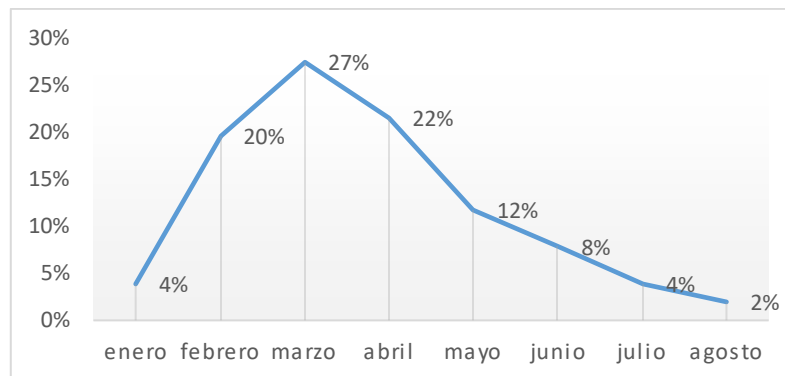


Figura 2. Meses del año en que los productores adquieren forrajes (% de respuestas). (Fuente: elaboración propia con base a encuestas).

Además, del alto costo del forraje y concentrado, los productores enfrentan graves problemas de escasez de forraje para la alimentación, por lo que se ven obligados a realizar compras de estos insumos en estos mismos meses. Esto se realiza para evitar que “los animales se comen a los mismos animales”, puesto que la falta de forraje ocasiona que se tengan que vender animales jóvenes o vacas adultas para adquirir forrajes y concentrado para alimentar al resto del ganado (Cuevas y Rosales, 2018). Ante esta problemática, se requiere la búsqueda y promoción de alternativas forrajeras mejor adaptadas a las nuevas condiciones del clima imperante en Sinaloa, especies de praderas adaptadas al clima, uso de leguminosas, sistemas silvopastoriles entre otros. Para así mejorar la disponibilidad de forraje e incidir en mejoras ambientales, ya que, por ejemplo, las leguminosas asociadas a las gramíneas pueden aumentar la captura de carbono por el pastizal (Castillo *et al.*, 2005).

CONCLUSIONES

Los efectos del cambio en el clima han sido percibidos de forma indirecta por los productores, ya que señalan que la fecha de siembra de los cultivos de temporal, principalmente sorgo, para la alimentación del ganado se ha “movido un mes” en la última década; ya que en el 2010 el 66.7 % de los productores realizaban la siembra en el mes de julio y para el año 2021, el 64.7 % realizó la siembra en el mes de agosto. El principal problema actual, desde la visión del productor son las sequías intensas que se han presentado en los últimos años, lo cual motiva que una tercera parte del año los productores recurran a la compra de forrajes y concentrados para la alimentación animal. Se concluye que se deben buscar y promover alternativas forrajeras con especies adaptadas a las condiciones cambiantes del clima, asimismo, se debe mejorar la difusión, promoción y apoyo de instituciones de gobierno, universidades y centros de investigación para el establecimiento de sistemas de producción

agro silvopastoril para enfrentar la problemática existente en las unidades de producción de los ganaderos en zonas de temporal.

REFERENCIAS

- Arias, R.A., Mader, T.L., & Escobar, P.C. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de medicina veterinaria*, 40(1), 7-22. <https://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2008000100002>
- Carrizalez, G.A. (1996). Pastoreo intensivo tecnificado en zonas tropicales. Memorias del XX Congreso Nacional de Buiatría. Acapulco, Guerrero, Mexico.319-325. Castro, RE, Sierra, AA, Mojica RJ; Carulla FJ, y Lascano, AC 2016, 'Usomúltiple de leguminosas como abono verde, en rotación con maíz, y heno, paraproducción de leche', Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, vol. 17,no. 1, pp. 17-29, viewed 12 March 2017, <http://revista.corpoica.org.co/index.php/revista/article/view/456/371>
- González, A., Eguiarte, J.A., Martínez, R., Rodríguez, M.R. (1996). Adaptación y producción de gramíneas forrajeras en Jalisco, México. *Pasturas tropicales*, 18(2):30-35
- Eguiarte, J.A., González, S.A. y Hernández V.R. (1989). Producción de forrajes para pastoreo en el trópico. Simposium internacional sobre ganadería tropical. INIFAP-SARH-CIPEP-GOBIERNO DEL ESTADO DE PUEBLA. Puebla, México. 5-23
- Castro, R.E., Sierra, E., Mojica, J.E., Carulla, J.E., Lascano, C.E. (2017). Efecto de especies y manejo de abonos verdes de leguminosas en la producción y calidadde un cultivo forrajero utilizado en sistemas ganaderos del trópico seco, *Archivos de Zootecnia*, 66 (253), 99-106.
- Castillo G.E., Valles, M.B., Mannetje, L., Aluja-Schunemann A. (2005). Efecto de introducir *Arachis pintoi* sobre variables del suelo de pasturas de grama nativa del trópico húmedo mexicano. *Tec. Pecu. Méx.* 43, 287-295.
- Cuevas-Reyes, V., & Rosales-Nieto, C. (2018). Caracterización del sistema bovino doble propósito en el noroeste de México: productores, recursos y problemática. *Revista MVZ Córdoba*, 23(1). <https://doi.org/10.21897/rmvz.1240>
- Eswaran, H., Lal, R. and Reich, P.F. (2001) Land Degradation: An Overview. Responses to Land Degradation. Proceedings of the 2nd International Conference on Land Degradation and Desertification, Khon Kaen. Oxford Press, New Delhi.
- FAO. (2016). Síntesis – Ganadería y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Programa Mundial de Ganadería Sostenible. Viewed 17 de enero 2019. http://www.livestockdialogue.org/fileadmin/templates/res_live_stock/docs/2016/Panama/FAOAGAL_synthesis_Panama_Livestock_and_SDGs_SP.pdf
- IPCC. (2019). Resumen para responsables de políticas. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/06/SRCCL_SPM_es.pdf .
- Ibrahim, M.A., Abarca, S., & Flores, O. (2000). Geographical Synthesis of Data on Costa Rican Pastures and Their Potential for Improvement. *Quantifying Sustainable Development*. 423-448. <https://doi.org/10.1016/B978-012318860-1/50021-6>
- Schroth, G. y P. Laderach (2009). Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 14(7): 605-625.
- Thornton, P. y Herrero, M. (2008). Climate change, vulnerability and livestock keepers. Challenges for poverty alleviation”, en Rowlinson P. et al. (Eds.), Proceedings of the Internacional Conference Livestock and Global Climate Change, Cambridge University Press, Hammamet, Tunisia.
- Macedo, R., A. Galina M., Zorrilla J.M., Palma, J.M., y Pérez-Guerrero, J. (2003). Análisis de un sistema de producción tradicional en Colima, México. *Archivos de Zootecnia*, 52, 463-474.
- Sepúlveda, C., Ibrahim, M., Bach, O., & Rodríguez, A. (2011). Desarrollo de lineamientos para la certificación de sistemas sostenibles de producción ganadera. *Agroforestería de las Américas*, 48, 14-20. Recuperado de <http://bco.catie.ac.cr/portal-revistas/index.php/AGRO/article/view/88/0>

SUPLEMENTACIÓN DE CONCENTRADO A BASE DE RESIDUOS DE PANADERÍA DURANTE LA LACTANCIA TARDÍA SOBRE LA CALIDAD DE LECHE EN CABRAS

Juan M. Vázquez-García¹, María F. Gutiérrez-Corpus¹, Luisa E. Hernández-Arteaga¹, Manuel J. Flores-Nájera², Camelia A. Herrera-Corredor¹, Dulce M. Villareal Rostro¹, César A. Rosales-Nieto^{1*}

¹Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma San Luis Potosí, San Luis Potosí, 78321, México

*Correspondencia: César A. Rosales-Nieto (cesar.rosales@uaslp.mx)

²Instituto 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 y los costos de producción se elevan continuamente. Es necesario implementar estrategias de bajo costo que permita a los criadores de cabras incrementar la productividad de sus animales y reducir costos de operación. Se utilizaron 42 cabras adultas (30 Alpinas y 12 Saanen) de la Unidad Caprina de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP. Durante la lactación tardía, las hembras fueron separadas en dos tratamientos. T-BP (15 Alpinas y 6 Saanen) al momento del ordeño recibieron 300 gr de concentrado basado en residuos de panadería o T-CTL (15 Alpinas y 6 Saanen) recibieron 300 gr de concentrado comercial (Nu3® Lechero). Adicionalmente, las cabras fueron alimentadas con heno de avena, alfalfa, y ensilado de maíz. El contenido de grasa en leche no estuvo influenciado por el tratamiento ($P > 0.05$). Sin embargo, contenido de proteína y lactosa en leche difirió entre tratamientos favoreciendo al tratamiento T-BP ($P < 0.05$). Solamente al inicio del experimento, el genotipo influyó sobre el contenido de proteína y lactosa en leche ($P < 0.05$), pero no grasa ($P > 0.05$), siendo mayor el contenido en el genotipo Saanen para ambas variables. Se concluye que el suplementar a cabras durante la lactación tardía con un concentrado basado en residuos de panadería no afecta la composición química de la leche. Más estudios son necesarios para determinar el impacto del consumo de concentrado a base de residuos de panadería sobre el metabolismo del animal, la producción de leche, el cambio de peso, eficiencia reproductiva, desarrollo de progenie y análisis económico.

ABSTRACT

The annual national production of meat and milk from goats does not cover the demand and production costs are continually rising. It is necessary to develop simple and low-cost strategies that allow goat farmers to increase the productivity of their animals and reduce operating costs. Forty-two adult goats (30 Alpine and 12 Saanen) from the Goat Unit of the Faculty of Agronomy and Veterinary Medicine of the UASLP were used. During late lactation, females were separated into two treatments. T-BP (15 Alpinas and 6 Saanen) that received 300 g of concentrate based on bakery waste at the time of milking or T-CTL (15 Alpinas and 6 Saanen) that received 300 g of commercial concentrate (Nu3®). Additionally, the goats were fed oat and alfalfa hay, sorghum and corn silage. Milk fat content was not influenced by treatment ($P > 0.05$). Milk protein and lactose content differed between treatments, favoring the T-BP treatment ($P < 0.05$). Only at the beginning of the experiment, the genotype influenced the content of protein and lactose in milk ($P < 0.05$), but not fat ($P > 0.05$), the content being higher in the Saanen genotype for both variables. It is concluded that supplementing goats during late lactation with a concentrate based on bakery waste does not affect the chemical composition of milk. More studies are needed to determine milk production, weight change, reproductive efficiency, progeny development, and economic analysis.

INTRODUCCIÓN

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 (Miller y Lu, 2019). En México existen más de 8.8 millones de cabras, en su mayoría de cruce 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, sin alcanzar a cubrir los requerimientos nutricionales de animales en producción esto repercute negativamente en la eficiencia reproductiva y productiva (Mellado et al., 2020; 2022). A pesar de todo eso, en 2019 las cabras aportaron a la economía cerca de 40,000 toneladas de carne y 167,000 toneladas de leche (Panorama Agroalimentario, 2020). Sin embargo, la producción registrada no alcanza a cubrir la demanda nacional e internacional.

En estas condiciones, los componentes de la leche son de suma importancia dado que la mayoría de los productores transforman la leche en productos lácteos como dulces o quesos y que son vendidos localmente (Escareño et al., 2013). Sin embargo, el contenido en leche de lactosa, proteína y grasa están sujetos a diferentes factores internos y externos; principalmente la nutrición y el genotipo (Morand-Fehr and Sauvant, 1980; Goetsch et al., 2011; Selvaggi et al., 2014). Durante la lactación, la demanda de glucosa, aminoácidos y ácidos grasos va incrementando; lo que conlleva a que la hembra este en un estado de alta demanda energética debido al homeostasis materna y lactogenesis ocasionando un estado catabólico (Samuelson et al., 2001; Milošević-Stanković et al., 2020; Zamuner et al., 2020). Si la alimentación no es la adecuada, dará como resultado que la hembra no pueda estar en un balance metabólico positivo y será difícil aumentar el peso corporal que la preparará para la siguiente gestación. Aunado a esto, los costos de producción en los últimos años han ido incrementado, lo que hace menos rentable la producción láctea. Considerando esta situación, es necesario desarrollar estrategias simples y de bajo costo que permita a los criadores de cabras incrementar la productividad de sus animales.

Los productos de panadería pueden ser una alternativa de bajo costo ya que pueden incrementar los parámetros productivos; derivado de un aporte de energía importante que pudiera servir para enriquecer la dieta de los animales. La información sobre el uso de residuos de panadería sobre los parámetros productivos en animales es muy limitada. Recientemente se reportó en bovino Simmental lactante que la inclusión de residuos de panadería tuvo un efecto positivo en la ingesta diaria, producción de leche y contenido de proteína y grasa en leche; pero afectando el metabolismo (Kaltenegger et al., 2020). Sin embargo, no hay información disponible sobre el uso de concentrados a base de residuos de panadería en el cambio de peso, producción de leche y composición de la leche durante la lactación tardía en cabras adultas. 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. De tal manera que el objetivo de este trabajo es determinar el impacto de la suplementación con residuos de panadería sobre la calidad de leche de hembras caprinas.

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 (Kilkenny 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 42 hembras multíparas (Alpina francesa: n = 30 y Saanen: n = 12) durante la lactación temprana. Las hembras fueron divididas en dos tratamientos: T-BP: 300 g diarios al

momento de la ordeña de concentrado en base a residuos de panadería (49.6±1.1 kg; 15 Alpinas y 6 Saanen) y T-CTL: 300 g de concentrado comercial Nu3® (50.4±1.4 kg; 15 Alpinas y 6 Saanen). Los animales de cada tratamiento fueron alojados en corrales de 60 m². El diseño experimental fue completamente al azar con dos tratamientos y 21 repeticiones cada uno.

Alimentación

La alimentación durante la lactación tardía se refleja en el cuadro 1. La dosis diaria de la dieta fue dividida y ofrecida en la mañana y en la tarde en varios comederos que ayudan a disminuir la competencia y la dominancia social. Al momento de la ordeña, las cabras recibieron 300 gr de un concentrado basado en residuos de panadería (T-BP; Cuadro 2) y comercial (T-CTL; Nu3® Lechero; Cuadro 2). Las hembras tuvieron acceso a agua *ad libitum* y piedra mineral (17% P, 3% Mg, 5% Ca, and 75% NaCl).

Cuadro 1. Aporte nutricional de la dieta materna ofrecida durante el experimento a cabras multíparas Alpina francesa y Saanen durante la lactación tardía.

Dieta	Parámetro / Aporte	
Ingredientes (en dieta)	Proteína cruda (%)	Energía metabolizable (Mcal/kg)
Heno de Alfalfa	13.5	1.79
Heno de avena	2.01	8.5
Ensilado de maíz	2.1	0.67

Cuadro 2. Aporte nutricional del concentrado basado en residuos de panadería o comercial (Nu3®) ofrecidos durante el experimento a cabras multíparas Alpina francesa y Saanen durante la lactación tardía.

Concentrado a Base de Residuos de Panadería			Nu3®		
Composición	%	Análisis calculado		Análisis calculado	
Maíz molido	10.0	Proteína	12%	Proteína	18%
Desperdicio de panadería	35.1	Grasa	6.0%	Grasa	2%
Cascarilla de maíz	22.8	Fibra	17%	Fibra	15%
Pasta de soya	10.0	Humedad	14.5%	Humedad	12%
Grano seco de destilería	10.0	Cenizas	36%	Cenizas	11.5%
Semilla de algodón	5.0				
Melaza	5.0				
Premezcla mineral	2.0				

Leche

Las hembras se ordeñaron semanalmente por cinco semanas consecutivas durante la lactación tardía. Se obtuvo una muestra de leche (10 ml) durante el ordeño. La muestra inmediatamente se analizó y determinó la composición de la leche (proteína, grasa, y lactosa) mediante un Milkotester. El Milkotester estuvo calibrado para leche de cabra.

Análisis Estadísticos

La información se analizó con el paquete estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute Inc, Cary, NC, EE.UU.). El contenido de proteína, lactosa y grasa en leche se analizaron mediante modelos mixtos y técnica de estimación de máxima verosimilitud restringida (PROC MIXED). El efecto fijo fue el tratamiento y raza. Adicionalmente, la información fue analizada con medidas repetidas (PROC MIXED).

RESULTADOS

Contenido de Grasa, Proteína y Lactosa en Leche

El contenido de grasa en leche no estuvo influenciado por el tratamiento durante la lactación tardía en ninguna semana ($P > 0.05$; Figura 1). El contenido de proteína en leche difirió entre tratamientos en la semana 1, 3 y 5 favoreciendo al tratamiento T-BP ($P < 0.05$; Figura 1); pero no en la semana 2 y 4 ($P > 0.05$; Figura 1). El contenido de lactosa en leche difirió entre tratamientos en la semana 1, 3 y 5 favoreciendo al tratamiento T-BP ($P < 0.05$; Figura 1); pero no en la semana 2 y 4 ($P > 0.05$; Figura 1). La fecha de muestreo difirió para contenido de grasa en leche ($P < 0.001$; Figura 1); pero no para el contenido de proteína o lactosa en leche ($P > 0.05$; Figura 1).

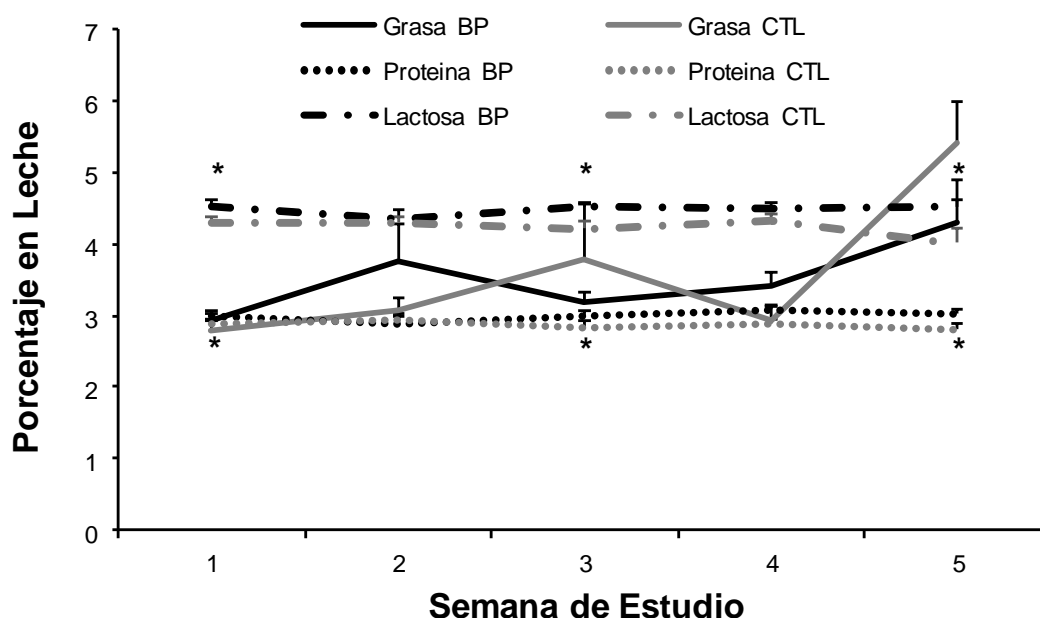


Figura 1.
Efecto de la

suplementación de concentrado basado en residuos de panadería (T-BP) o concentrado comercial (Nu3®; CTL) sobre la calidad de leche de cabras multíparas Alpina francesa y Saanen durante la lactación tardía. La información combina genotipo en el análisis.

*: $P < 0.05$.

Genotipo

El genotipo no influyó el contenido de grasa en leche en ninguna semana del experimento ($P > 0.05$). Sin embargo, sí para el contenido de proteína y lactosa en leche en la semana 1, siendo mayor el contenido en el genotipo Saanen para ambas variables ($P < 0.05$); pero no en el resto de las semanas de muestreo ($P > 0.05$). Sin embargo, la interacción entre el tratamiento y genotipo no fue significativa para ninguna variable probada. La información de genotipo combina la información del tratamiento.

DISCUSIÓN

El objetivo del presente trabajo fue determinar el impacto de la inclusión de un concentrado a base de residuos de panadería durante la lactación tardía sobre la calidad de la leche en cabras multíparas Alpina francesa y Saanen. Los resultados son interesantes dado que

demuestran que el concentrado a base de residuos de panadería no modifica los componentes de la leche.

Al momento, los autores no tienen conocimiento de información publicada sobre el uso de un concentrado a base de residuos de panadería en parámetros productivos y reproductivos en cabras. Nuestros resultados indican que el contenido de grasa no difirió entre tratamientos, sin embargo, la fecha de muestreo la influyó. La diferencia en tiempo se debe a la curva de lactancia; ya que incrementar o reducir la producción láctea, se reduce o incrementa el contenido de grasa en leche, respectivamente (Chilliard et al., 2003; Flores-Najera et al., 2020). Interesante fue que el consumo del concentrado a base de residuos de panadería incrementó el contenido de proteína y lactosa en leche en comparación con el consumo del concentrado comercial (Nu3®). El contenido de proteína en leche es sintetizado por la acción de la lactoalbúmina y caseína (Selvaggi et al., 2014). Sin embargo, se ha reportado que infusión de glucosa incrementa el contenido de proteína en leche (Rulquin et al., 2004). La lactosa es el carbohidrato con mayor contenido en la leche y es sintetizada en la glándula mamaria por la acción de la glucosa y galactosa (Kuhn et al., 1980). Es posible que el concentrado a base de residuos de panadería haya incrementado la glucosa circulante y tenido un efecto directo en la síntesis de lactosa y proteína en glándula mamaria. Nuestros resultados, adicionalmente, indican que el contenido de lactosa y proteína, pero no grasa, fue mayor en las cabras Saanen que en Alpina. Anteriormente se reportó un efecto genético en la composición de leche de cabra (Clark y Sherbon, 2000).

Es necesario llevar a cabo más estudios en donde se determine si existe algún impacto en el metabolismo, cambio de peso, producción de leche, eficiencia reproductiva y desarrollo postnatal de las crías. Adicionalmente es necesario realizar un análisis económico dado que el concentrado basado en residuos de panadería es 37% más económico que el concentrado comercial (Nu3®).

CONCLUSIÓN

Se concluye que el suplementar a cabras durante la lactación tardía con un concentrado basado en residuos de panadería no afecta la composición química de la leche. Más estudios son necesarios para determinar si el consumo de concentrado a base de residuos de panadería por más tiempo tiene algún impacto en el metabolismo del animal, la producción de leche, el cambio de peso, eficiencia reproductiva, desarrollo de progenie y análisis económico.

REFERENCIAS

- Clark, S., Sherbon, J.W., 2000. Genetic variants of alphas1-CN in goat milk: breed distribution and associations with milk composition and coagulation properties. *Small Ruminant Research* 38, 135-143
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Rouel, J., Lamberet, G., 2003. A Review of Nutritional and Physiological Factors Affecting Goat Milk Lipid Synthesis and Lipolysis. *Journal of Dairy Science* 86, 1751-1770
- Escareño, L., Salinas-Gonzalez, H., Wurzinger, M., Iñiguez, L., Sölkner, J., Meza-Herrera, C., 2012. Dairy goat production systems. *Tropical Animal Health and Production* 45, 17-34.
- 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
- Goetsch, A.L., Zeng, S.S., Gipson, T.A., 2011. Factors affecting goat milk production and quality. *Small Ruminant Research* 101, 55-63.
- Kaltenegger, A., Humer, E., Stauder, A., Zebeli, Q., 2020. Feeding of bakery by-products in the replacement of grains enhanced milk performance, modulated blood metabolic profile, and lowered the risk of rumen acidosis in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 103, 10122-10135
- 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
- Kuhn, N.J., Carrick, D.T., Wilde, C.J., 1980. Lactose Synthesis: The Possibilities of Regulation. *Journal of Dairy Science* 63, 328-336

- 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.
- Mellado, M., Véliz, F.G., Macías-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., García, J.E., Rosales-Nieto, C.A., 2022. Effect of breed and management practices on reproductive and milking performance of rangeland goats. *Tropical Animal Health and Production* 54, 193.
- 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.
- Milošević-Stanković I., Hristov S., Maksimović N., Popović B., Davidović V., Mekić C., Dimitrijević B., Cincović M., Stanković B. 2020. Energy metabolism indicators and body condition in peripartal period of Alpine goats. *Large Animal Review*, 26, 1, 13-18.
- Morand-Fehr, P., Sauvant, D., 1980. Composition and Yield of Goat Milk as Affected by Nutritional Manipulation. *Journal of Dairy Science* 63, 1671-1680.
- Panorama-Agroalimentario. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural y Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2020 https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/
- Rulquin, H., Rigout, S., Lemosquet, S., Bach, A., 2004. Infusion of Glucose Directs Circulating Amino Acids to the Mammary Gland in Well-Fed Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 87, 340-349.
- Samuelson, D.J., Denise, S.K., Roffler, R., Ax, R.L., Armstrong, D.V., Romagnolo, D.F., 2001. Response of Holstein and Brown Swiss Cows Fed Alfalfa Hay-Based Diets to Supplemental Methionine at Two Stages of Lactation. *Journal of Dairy Science* 84, 917-928
- SAS Institute. 2010. SAS/Stat User's guide, Version 9.3. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA
- Selvaggi, M., Laudadio, V., Dario, C., Tufarelli, V., 2014. Major proteins in goat milk: an updated overview on genetic variability. *Molecular Biology Reports* 41, 1035-1048.
- Zamuner, F., DiGiacomo, K., Cameron, A.W.N., Leury, B.J., 2020. Endocrine and metabolic status of commercial dairy goats during the transition period. *Journal of Dairy Science* 103, 5616-5628.

AGRADECIMIENTOS

A Forrajes Montenegro en San Luis Potosí por la “donación” de los bultos de alimento. 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.

USO DE MICRO MINERALES, SELENIO Y VITAMINA B₁₂ SOBRE EL CONSUMO DE MEGACALORÍAS, DESARROLLO Y SALUD EN BECERRAS HOLSTEIN

USE OF MICRO MINERALS, SELENIUM AND VITAMIN B₁₂ ON MEGACALORIE INTAKE, DEVELOPMENT AND HEALTH IN HOLSTEIN CALVES

Ramirez-Uranga Karla Quetzalli^{1*}, Macias-Ortiz Edgar Jesus², González-Avalos Ramiro¹, Peña-Revuelta Blanca Patricia¹

¹ Profesor Investigador – Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Carretera Santa Fe y Periférico, Torreón, Coahuila, México.

² Estudiante de Posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Carretera Santa Fe y Periférico, Torreón Coahuila México.

* Autor de correspondencia: karlarmzuranga@gmail.com

RESUMEN

El área de crianza es un área fundamental en cualquier explotación lechera, ya que durante esta etapa las becerras desarrollarán todo el potencial genético para tener un alto rendimiento a futuro. Sin embargo, existen diversos puntos clave como el sistema de alimentación, requerimientos de energía, manejo, salud, entre otros que son fundamentales para que se lleve a cabo el adecuado desarrollo del animal. Diversos estudios han demostrado que la suplementación con micro minerales pudiera representar un área de oportunidad para aumentar las ganancias de peso y altura durante esta etapa. El objetivo de este estudio fue evaluar el uso de micro minerales, selenio y vitamina B₁₂ sobre el consumo de megacalorías (Mcal), desarrollo y salud en becerras Holstein Friesian. Para el T1 se utilizó 1.5 mL de una solución inyectable de micro minerales (zinc, manganeso, selenio y cobre), para el T2 se suministraron 2 mL de selenio más vitamina B₁₂ y para el T3 administró 1 mL de solución salina fisiológica. Cada tratamiento constó de 20 repeticiones considerando a cada becerro como una unidad experimental. Las variables evaluadas fueron, consumo de Mcal, desarrollo y salud. No se observó diferencia estadística significativa entre los tratamientos en el consumo de Mcal y desarrollo. En salud, no se observó ningún efecto positivo derivado de la suplementación con micro minerales, selenio y vitamina B₁₂.

Palabras clave: energía, leche, destete, diarrea, neumonía.

ABSTRACT

The breeding area is a fundamental area in any dairy farm, in this stage calves will develop all the genetic potential to have a high performance in the future. However, there are several key points such as feeding system, energy requirements, management, health, among others that are fundamental for the proper development of the animal. Several studies have shown that supplementation with micro minerals could represent an area of opportunity to increase weight

and height gains during this stage. The objective of this study was to evaluate the use of micro minerals, selenium and vitamin B₁₂ on megacalorie (Mcal) intake, development and health in Holstein calves. For T1, 1.5 mL of an injectable solution of micro minerals (zinc, manganese, selenium and copper) was used, for T2, 2 mL of selenium plus vitamin B₁₂ were administered; and for T3, 1 mL of physiological saline was administered. Each treatment consisted of 20 replicates considering each calve as an experimental unit. The variables evaluated were Mcal intake, development and health. No significant statistical difference was observed between treatments in Mcal intake and development. In health, no positive effect derived from supplementation with micro minerals, selenium and vitamin B₁₂ was observed.

Key words: energy, milk, weaning, diarrhea, pneumonia.

INTRODUCCIÓN

La alta demanda de la industria lechera a nivel mundial, ha obligado a los productores a mejorar y eficientar sus sistemas de producción. El éxito de la crianza de becerras es la clave de las explotaciones lecheras ya que estas son los futuros animales de reemplazo y por lo tanto es de suma importancia cuidarlos hasta que logren llegar a su madurez (Ram *et al.*, 2020).

Las becerras deben ser alimentadas de manera óptima para satisfacer sus necesidades nutricionales para un crecimiento y desarrollo (Palczynski *et al.*, 2020). En relación a lo anterior, uno de los elementos más limitantes en las explotaciones y la cual sirve para mantener las funciones corporales del animal como crecer, producir y reproducirse, es la energía (Elizondo-Salazar, 2013).

Para las dietas, el contenido de energía se puede expresar como calorías (cal), kilocalorías (kcal) o Mcal (NRC, 1998). De acuerdo con Brown *et al.* (2005) los becerros que consumen mayor cantidad de energía y proteína, tienen mayor ganancia y mayor eficiencia alimenticia de 2 a 8 y de 8 a 14 semanas de vida. En el caso de los animales, la energía tiene que ver con realizar una serie de funciones metabólicas desde respirar o digerir los alimentos hasta las más demandantes como crecer, reproducirse o producir leche (Elizondo-Salazar, 2020). El comprender la relación entre la proteína y la energía requerida para un becerro en crecimiento es muy valioso para lograr un crecimiento óptimo (Rauba *et al.*, 2018).

Un factor que está muy relacionado con el éxito durante esta etapa es el bajo índice de morbilidad, debido a que las principales enfermedades infecciosas responsables de la mayoría de las muertes de becerros antes del destete son la diarrea y la neumonía (NAHMS, 2007).

Por otro lado, el éxito o fracaso de la crianza de reemplazos de lechería, depende de varios factores que están estrechamente relacionados (Teixeira *et al.*, 2014). Todos los animales necesitan minerales ya que son elementos inorgánicos necesarios para los procesos biológicos normales (Watanabe, *et al.*, 1997). De la misma forma, la vitamina B₁₂ es primordial para el metabolismo energético y para los procesos de replicación celular, ya que tiene comportamiento de coenzima, catalizando diversas funciones (Rizzo y Laganà, 2020). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el uso de micro minerales, selenio y vitamina B₁₂ sobre el consumo de Mcal, desarrollo y salud en becerras Holstein Friesian.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo de octubre 2020 a enero 2021, en un establo localizado en el municipio de Matamoros, en el estado de Coahuila de Zaragoza, localizado a una altura de 1170 msnm, entre los paralelos 28° 11' y 28° 11' de latitud norte y los meridianos 105° 28' y 105° 28' de longitud oeste (INEGI, 2009). El estudio se realizó durante el periodo de crianza (60 días) de cada animal seleccionado. Para este estudio se seleccionaron 60 becerras Holstein Friesian, las cuales fueron separadas de la madre al nacimiento, alojadas de manera aleatoria e individual en jaulas de metal previamente lavadas y desinfectadas. Para el T1 se utilizó 1.5 mL de una solución inyectable de micro minerales (zinc, manganeso, selenio y cobre), para el T2 se suministraron 2 mL de selenio más vitamina B₁₂ y para el T3 administró 1 mL de solución salina fisiológica. Cada tratamiento constó de 20 repeticiones considerando a cada becerro como una unidad experimental. Todos los tratamientos se aplicaron en el día 0 y 29 de vida. La primera ingesta de calostro se realizó dentro de la primera hora de vida (3 L por toma, con una calidad de > 50 mg / mL de IgG) y 6 h después de la primera toma, se suministró una segunda con las mismas características. En todos los tratamientos se suministraron 430 L de leche entera pasteurizada repartida durante el periodo de lactancia, los cuales se administraron de la siguiente manera: 1-7 d / 6 L, 8-22 d / 8 L, 23-41 d / 10 L, 42-45 d / 12 L, 46-60 d / 2 L), se suministraron en dos tomas/día, 08:00 y 15:00 h respectivamente. Se ofreció agua *ad libitum* durante todo el estudio. El concentrado iniciador (Nuplen supra 380®) se suministró a partir del segundo día de vida diariamente por la mañana y de ser necesario se añadió más por la tarde. El peso de las becerras fue medido en una báscula ganadera (PG-2000, Torrey®), el pesaje se realizó cada 10 días, desde el nacimiento hasta el término del estudio (día 60). La altura se midió cada 10 días, desde el nacimiento hasta el término del estudio (día 60), mediante una cinta de medir (Uline Accu-Lock H-1766), tomando como referencia la altura a la cruz del animal. El concentrado se ofreció *ad libitum* a partir del día 1 de vida y el consumo se obtuvo por diferencia entre lo ofrecido y lo rechazado, diariamente se pesó el sobrante del día anterior en una báscula electrónica digital (L-EQ 5, Torrey ®). Se llevó a cabo el registro de enfermedades y tratamientos diariamente, sólo se

consideraron problemas de origen digestivo y respiratorio. Para el cálculo de Mcal de la leche entera, se tomó en cuenta el promedio de la cantidad de sólidos totales reportada durante el estudio (11.8), con un aporte final de .622 Mcal por litro de leche. Para el cálculo de Mcal de concentrado iniciador, por cada kg de MS el aporte final fue de 2.83 Mcal. El análisis estadístico para estimar el consumo de Mcal totales de leche entera y concentrado iniciador y desarrollo se realizó mediante un análisis de medias por T-student, se utilizó el valor de $P < 0.05$ para considerar diferencia estadística significativa, mediante el programa estadístico SYSTAT 12. Para determinar la salud entre grupos se utilizó estadística descriptiva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1, se muestra el consumo de Mcal totales de leche entera y concentrado iniciador, ganancia diaria de peso (g) y ganancia de altura final (cm) de becerras Holstein Friesian suplementadas con micro minerales, selenio y vitamina B₁₂, donde no se encontró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($P < 0.05$), en cuanto al consumo de Mcal se presentó un aumento gradual durante el estudio, con una disminución de Mcal en el día 41-50 y 51-60 esto debido a la programación establecida para la dieta líquida. Elizondo-Salazar (2013), menciona que la dieta líquida seguirá siendo la principal fuente de nutrientes para mantenimiento y crecimiento hasta que las becerras estén consumiendo más de 0.45 kg de alimento balanceado por día, lo anterior coincide con los resultados del presente estudio, debido a que mayor consumo de leche menor consumo de alimento iniciador y viceversa, con esto, desde el día 0 hasta el día 45 de acuerdo a la administración de la dieta líquida, el mayor aporte de Mcal para cubrir los requerimientos de mantenimiento y crecimiento fueron brindados por la leche entera, sin embargo, del día 46 hasta el día 60, el aporte de Mcal para los requerimientos de mantenimiento y crecimiento fueron cubiertos mayormente por el concentrado iniciador. Por otro lado, de acuerdo con Soberón et al. (2012), uno de los objetivos importantes en la etapa de crianza es duplicar el peso al nacimiento para el momento del destete, en el presente estudio se cumple con el objetivo mencionado ya que todos los tratamientos duplicaron su peso para el momento del destete. Con relación a la ganancia diaria de peso, similares resultados fueron reportados por Teixeira et al. (2014), en un estudio donde se suplementaron becerras con micro minerales, y no hubo un efecto positivo, obteniendo ganancias de 0.788 y 0.784 g/d respectivamente. La baja respuesta a la suplementación pudiera deberse a que los animales no presentaban ningún tipo de deficiencia de micro minerales al inicio del estudio. Para la variable de altura, a pesar de no encontrar diferencia estadística significativa, se observa una ganancia de altura final de 13.8 cm para el T3, los resultados de este estudio coinciden con lo reportado por Favela-Esquivel (2015), donde no se observó un efecto en la variable de altura en becerras suplementadas con selenio y vitamina B₁₂.

Cuadro 1. Consumo de Mcal totales de leche entera y concentrado iniciador, ganancia de peso final (kg), ganancia diaria de peso (g) y ganancia de altura final (cm) de becerras Holstein Friesian suplementadas con micro minerales, selenio y vitamina B₁₂.

	1-10 Mcal	11-20 Mcal	21-30 Mcal	31-40 Mcal	41-50 Mcal	51-60 Mcal	Total Mcal	Ganancia diaria de peso (g)	Ganancia de altura final (cm)
T1	41.99 ^a	51.19 ^a	62.53 ^a	66.45 ^a	51.34 ^a	43.99 ^a	317.49 ^a	0.594 ^a	13 ^a
T2	42.09 ^a	51.27 ^a	62.37 ^a	66.23 ^a	51.35 ^a	42.49 ^a	315.8 ^a	0.600 ^a	12.7 ^a
T3	42.07 ^a	51.03 ^a	62 ^a	66.05 ^a	51.33 ^a	43.4 ^a	315.88 ^a	0.627 ^a	13.8 ^a

Diferentes letras superíndice entre columnas indican diferencia estadística significativa entre tratamientos ($P < 0.05$).

En el Cuadro 2, se muestran los resultados de morbilidad y mortalidad de becerras Holstein Friesian suplementadas con micro minerales, selenio y vitamina B₁₂, donde no se reportaron porcentajes de mortalidad, no obstante, se encontró una alta tasa de morbilidad de un 43%, la cual coincide con el estudio realizado por Wudu et al. (2007), donde se presentó una tasa de morbilidad de un 62%. La alta incidencia de diarrea es un área de preocupación que debe abordarse de inmediato, ya que los problemas de origen digestivo son los responsables de la mayor parte de mortalidad y morbilidad en esta primera etapa de vida, aunado a esto, el aumento de costos en la producción representa pérdidas para el productor y a su vez una disminución en el rendimiento futuro de los animales (Urie et al., 2018; Scott et al., 2019). Con lo anterior, se pudo observar que la suplementación con micro minerales, selenio y vitamina B₁₂ no obtuvo ningún efecto benéfico notable debido a la alta tasa de morbilidad.

Cuadro 2. Morbilidad y mortalidad de becerras Holstein Friesian suplementadas con micro minerales, selenio y vitamina B₁₂.

	Animales	Porcentaje
Evento	60	100%
Diarrea	18	30%
Neumonía	5	8%
Diarrea + Neumonía	3	5%
Morbilidad	26	43%
Mortalidad	0	0%

En cuanto al consumo de Mcal totales de leche entera y concentrado iniciador, la ganancia diaria de peso (g) y ganancia de altura final (cm), y su relación con la tasa de morbilidad de becerras Holstein Friesian suplementadas con micro minerales, selenio y vitamina B₁₂, es posible que el consumo de Mcal no fuera suficiente para cubrir los requerimientos de crecimiento, debido a la alta demanda de energía necesaria para el mantenimiento y restablecimiento del animal ante los diferentes eventos de morbilidad (diarrea y neumonía), y subsecuente a esto, no se observara un efecto benéfico dado por la suplementación.

CONCLUSIONES

En relación a los resultados de este estudio, se concluye que el uso de micro minerales, selenio y vitamina B₁₂ no influyó sobre el consumo de Mcal, desarrollo y salud en becerras Holstein Friesian. Es necesario realizar estudios complementarios acerca de los requerimientos nutricionales en términos de energía en becerras lecheras suplementadas con micro minerales, aunado a lo anterior se recomienda llevar este tipo de estudios hasta la etapa de producción. De igual manera la forma inorgánica tiende a formar complejos minerales o asociaciones con diversos componentes del sistema de alimentación por lo que la biodisponibilidad y absorción de los suplementos pudiera verse disminuida, es por ello que se recomienda utilizar micro minerales donde la forma activa sea de origen orgánico y en condiciones más controladas, así como asegurar las medidas de inocuidad, manejo y el sistema alimentación como prioridad para desarrollar de una manera más eficiente a los animales y maximizar el efecto del uso de suplementos.

REFERENCIAS

- Brown, E. G., VandeHaar, M. J., Daniels, K. M., Liesman, J. S., Chapin, L. T., Keisler, D. H., y Nielsen, M. S. W. 2005. Effect of Increasing Energy and Protein Intake on Body Growth and Carcass Composition of Heifer Calves. *Journal of Dairy Science*, 88(2), 585-594.
- Elizondo-Salazar, J.A. 2020. Estimación de la energía calórica en alimentos para ganado de leche según el modelo del NRC (2001). *Nutrición Animal Tropical*, 14 (2), 39-50.
- Elizondo-Salazar, J.A. 2013. Requerimientos de energía para terneras de lechería. *Agronomía Mesoamericana*, 24(1), 209-214.
- Favela-Esquivel, N. 2015. Efecto del selenio y vitamina b12 sobre el desarrollo y supervivencia de becerras lecheras Holstein friesian. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Francisco I. Madero, Coahuila de Zaragoza. Clave geoestadística 05009.
- NAHMS (National Animal Health Monitoring Service). 2007. Dairy Heifer Morbidity, Mortality and Health Management Practices Focusing on Preweaned Heifers. USDA, Anim. Plant Health Inspect. Serv., Vet. Serv., Ft. Collins, CO.
- National Research Council (NRC). 1998. Nutrient Requirements of Swine. 10^a ed. National Academy Press; Washington, DC, EE. UU.
- Palczynski, L. J., Bleach, E. C. L., Brennan, M. L., y Robinson, P. A. 2020. Appropriate Dairy Calf Feeding from Birth to Weaning: "It's an Investment for the Future." *Animals*, 10(1), 116.
- Ram, P. K., Singh, S. K., Srivastava, A., Kumar, G., Jaiswal, A. K., Yadav, B., y Garg, S. K. 2020. Effects of Injectable Trace Minerals (ITMs) on Th1/Th2 Cytokine Balance of Newborn Calves with Tropical Theileriosis. *Biological Trace Element Research*.

- Rauba, J., Heins, B. J., Chester-Jones, H., Diaz, H. L., Ziegler, D., Linn, J., y Broadwater, N. 2018. Relationships between protein and energy consumed from milk replacer and starter and calf growth and first-lactation production of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*.
- Rizzo, G., y Laganà, A. S. 2020. *Molecular Nutrition*. Elsevier; Amsterdam, The Netherlands: A review of vitamin B₁₂, 105-129.
- Scott, K., Kelton, D. F., Duffield, T. F., y Renaud, D. L. 2019. Risk factors identified on arrival associated with morbidity and mortality at a grain-fed veal facility: A prospective, single-cohort study. *Journal of dairy science*, 102(10), 9224-9235.
- Soberon, F., Raffrenato, E., Everett, R. W., y Van Amburgh, M. E. 2012. Preweaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 95(2).
- Teixeira, A. G. V., Lima, F. S., Bicalho, M. L. S., Kussler, A., Lima, S. F., Felipe, M. J., y Bicalho, R. C. 2014. Effect of an injectable trace mineral supplement containing selenium, copper, zinc, and manganese on immunity, health, and growth of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 97(7), 4216-4226.
- Urie, N. J., Lombard, J. E., Shivley, C. B., Koprak, C. A., Adams, A. E., Earleywine, T. J., y Garry, F. B. 2018. Preweaned heifer management on US dairy operations: Part V. Factors associated with morbidity and mortality in preweaned dairy heifer calves. *Journal of Dairy Science*.
- Watanabe, T., Kiron, V., y Satoh, S. 1997. Trace minerals in fish nutrition. *Aquaculture*, 151(1-4), 185-207.
- Wudu, T., Kelay, B., Mekonnen, H. M., y Tesfu, K. 2007. Calf morbidity and mortality in smallholder dairy farms in Ada'a Liben district of Oromia, Ethiopia. *Tropical Animal Health and Production*, 40(5).

VARIACIÓN DEL COLOR DE CAPA Y PIEL Y SU EFECTO EN LA LONGEVIDAD DE CABRAS LOCALES DEL NORTE DE MÉXICO

Lorenzo Danilo Granados-Rivera^{1*}, Jorge Alonso Maldonado-Jáquez², Ricardo Alonso Sánchez-Gutierrez³, Yuridia Bautista-Martínez⁴, Jonathan R. Garay-Martínez⁵

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental General Terán. General Terán, Nuevo León, México. C.P. 67400. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna. Matamoros, Coahuila, México. C.P. 27440. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas. Calera, Zacatecas, México. C.P. 98500. ⁴Universidad Autónoma de Tamaulipas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87000. ⁵Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Las Huastecas. Altamira, Tamaulipas, México. C.P. 89610.

*Autor para correspondencia: granados.danilo@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la variación en número y diversidad de colores, patrón de la capa y color de piel y su efecto sobre longevidad de cabras locales de la Comarca Lagunera. Se eligieron al azar 251 caprinos locales adultos. Se registraron las variables edad, peso vivo (PV), condición corporal (CC) y 15 variables zoométricas. Los datos fueron analizados con ANOVA y la prueba de Tukey. El grupo con dos colores fue diferente ($P < 0.05$) en edad y CC. Color de piel fue diferente en PV y CC ($P < 0.05$). No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) en edad, peso y CC debido al patrón de capa. Animales con capa marrón y marrón con parche tuvieron la mayor edad ($P < 0.05$). CC fue mayor en animales con capa blanca moteada ($P < 0.05$). Se concluye que esta población es fanerópticamente heterogénea y el número, diversidad de colores, patrón de capa y color de piel influyen en la longevidad de esta población.

Palabras clave:

Caracterización, conservación, fenotipo, morfoestructura, zonas áridas.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the variation in number and diversity of colors, coat pattern and skin color and their effect on longevity, ethnological and functional indices in local goats from the Comarca Lagunera, northern Mexico. A total of 251 adult local goats were randomly selected. The aforementioned variables were recorded in addition to age, live weight (BW), body condition (BW) and 15 zoomometric variables. Seventeen indexes were calculated: Body (ICor); cephalic (ICF); pelvic (IPV); thoracic (ITo); facial (IF); horn (ICur); compactness (IComp); relative weight (IPR); proportionality (IProp); relative chest depth (IPRT); transverse rump (IGT); longitudinal rump (IGL); height difference (IDA); ears (IO); thoracic auricular (ITA); substernal slenderness (IES) and relative shortness (ICR). Data were analyzed with ANOVA and Tukey's test. The group with two colors was different ($P < 0.05$) in age and CC. Skin color was different in PV and CC ($P < 0.05$). No differences ($P > 0.05$) were found in age, weight and CC due to coat pattern. Animals with brown coat and brown with patch had the highest age ($P < 0.05$). CC was higher in animals with mottled white coat ($P < 0.05$). The one color group presented the highest FI. Animals with flat coat had higher ICur. ICF, IPV, IF, IComp, IPRT, IDA, IES and ICR were different in coat color. IO and ITA had higher values in animals with two colors, IO in animals with pink fur, ITA in black and pink fur specimens ($P < 0.05$) and IES in animals with pink and white fur ($P < 0.05$). It is concluded that this population is phaneroptically heterogeneous and the number, color diversity, coat pattern and skin color influence the longevity, ethnological and functional indices of this population.

Key words:

Characterization, conservation, phenotype, morpho-structure, arid zones.

INTRODUCCIÓN

La extinción de poblaciones de animales domésticos nativos traerá como consecuencia la desaparición de una variabilidad genética invaluable, la cual es de vital importancia para que las poblaciones puedan adaptarse y enfrentar los cambios drásticos en los ambientes en los que se desenvuelven. Por ello, uno de los grandes retos que enfrenta el mejoramiento genético de las razas locales es la implementación de esquemas de selección y mejoramiento clásico a pequeñas poblaciones. Sin embargo, antes de hacer planes de mejora, es indispensable conocer los recursos genéticos que se tienen, mediante la caracterización del perfil racial de los individuos y función productiva, así como las relaciones genéticas entre razas. En este sentido, se han realizado estudios de morfología en diferentes especies domésticas, con la finalidad de establecer las características fenotípicas adquiridas por una raza o población en un determinado ambiente. Así, el color de la capa se conoce como un factor genético de adaptación a diferentes climas, por lo que los cambios que se perciben en el clima sugieren una mayor interacción de características como el color de piel y del pelo con aspectos productivos, reproductivos y comportamiento en general de los animales. Por lo tanto, si se considera que la variación fenotípica surge por la interacción de un genotipo con el ambiente y que la magnitud de la variabilidad fenotípica difiere entre ambientes; entonces la caracterización faneróptica y morfológica es un componente esencial de la caracterización de toda población local. Sin embargo, estudios que consideren estas características en caprinos locales son limitados, sobre todo en México, ya que los estudios que consideran estas características son meramente descriptivos.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del número de colores, diversidad de colores, patrón de capa y color de piel en la longevidad, de cabras locales de la Comarca Lagunera en el norte de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el estado de Coahuila, México en la región conocida como Comarca Lagunera, ubicada a 24° N y 102° O, a una altura media de 1139 msnm. El clima corresponde a BWhw, el cual es desértico, semicálido con invierno fresco y precipitación media anual de 240 mm. Se eligieron al azar 251 caprinos locales adultos (46 machos y 205 hembras) de un núcleo de 2980 animales provenientes de 26 unidades de producción ubicadas en cuatro municipios de Coahuila: San Pedro de las Colonias (n=49), Francisco I. Madero (n=38), Torreón (n=73) y Viesca (n=91). El tamaño muestral de cada región no fue uniforme y se encuentra relativamente desbalanceado debido a las características propias de los rebaños elegidos. Se registraron variables fanerópticas que incluyeron: número de colores de capa (1, 2 o 3); diversidad del color de capa (9 variantes); patrón de la capa (plano, parchado, moteado) y color de piel (negro, rosado, blanco), así como edad (meses), peso vivo (PV; kg), condición corporal (CC) y 15 variables zoométricas. Todas las medidas zoométricas se registraron (cm) con cinta métrica suave. La CC se definió de acuerdo con la escala descrita por Rivas-Muñoz *et al.* (2010). El PV se registró en ayunas con una báscula electrónica modelo BAC-300, con capacidad de 300 kg±100 g (Rhino, México).

Se realizó un análisis de varianza para evaluar el número de colores de la capa, diversidad de colores de capa, patrón de capa y color de piel sobre las variables edad, PV, CC e índices etnológicos y funcionales. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Se utilizó el paquete estadístico SAS v.9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró un efecto ($P < 0.05$) del número de colores de la capa para las variables edad y CC. Los valores mayores se encontraron en el grupo de dos colores. El color de piel fue diferente ($P < 0.05$) en PV y CC. El mayor peso se encontró en animales de piel blanca y CC en animales con piel rosada. No se encontraron diferencias para el patrón de capa ($P > 0.05$) en edad, peso y CC (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número de colores, patrón de capa y color de piel por edad, peso y condición corporal de cabras locales de la Comarca Lagunera, México.

Variable	Número de colores			P-value	R ²	C.V.
	Un color	Dos colores	Tres colores			
Edad (meses)	37.0±2.6 ^b	44.3±2.0 ^a	40.1±4.1 ^{ab}	0.0168	0.09	40.25
Peso (kg)	48.1±1.6	48.27±1.2	49.8±2.5	0.7368	0.08	21.82
CC	1.91±0.11 ^b	2.16±0.08 ^a	1.93±0.17 ^{ab}	0.0412	0.06	36.48
APG	82	146	23	-	-	-
Patrón de capa						
Variable	Plano	Parchado	Moteado	P-value	R ²	C.V.
	Edad (meses)	Peso (kg)	CC			
Edad (meses)	42.8±2.1	40.4±2.4	43.6±4.2	0.8309	0.09	40.25
Peso (kg)	48.1±1.3	49.0±1.5	46.4±2.5	0.2923	0.08	21.82
CC	2.05±0.09	2.12±0.10	1.93±0.17	0.3112	0.06	36.48
APG	111	119	21	-	-	-
Color de piel						
Variable	Negro	Rosado	Blanco	P-value	R ²	C.V.
	Edad (meses)	Peso (kg)	CC			
Edad (meses)	42.9±1.7	41.5±2.8	35.5±6.6	0.4060	0.09	40.25
Peso (kg)	47.3±1.0 ^b	48.1±1.7 ^b	57.79±3.8 ^a	0.0111	0.08	21.82
CC	1.91±0.07 ^b	2.31±0.12 ^a	2.28±0.26 ^{ab}	0.0452	0.06	36.48
APG	177	66	8	-	-	-

APG= Animales por grupo; ^{abc}=Literales diferentes entre columnas indican diferencia ($P < 0.05$); R²= Coeficiente de determinación; C.V.= Coeficiente de variación.

Se encontraron diferencias ($P < 0.05$) debidas a la diversidad del color de capa. Los valores mayores para edad se encontraron en los animales con capa marrón y marrón con parche, y en CC, se encontró que animales con capa blanca moteada tuvieron los promedios mayores (Cuadro 2).

Cuadro 2. Diversidad de color de capa por edad, peso y condición corporal de cabras locales de la Comarca Lagunera, México.

Color de capa	Variable			
	Edad (Meses)	Peso (kg)	CC	APG
Negro	42.0±4.4 ^{ab}	48.1±2.7	1.9±0.2 ^b	19
Marrón	48.8±3.9 ^a	50.5±2.4	2.0±0.2 ^b	26
Blanco	45.9±3.8 ^{ab}	51.3±2.3	1.9±0.2 ^b	38
Moro	47.6±7.9 ^{ab}	47.1±4.8	1.8±0.3 ^b	5
Blanco moteado	39.4±5.6 ^{ab}	45.4±3.4	3.1±0.2 ^a	11
Blanco/ parche	40.9±3.8 ^{ab}	46.6±2.3	1.8±0.2 ^b	31
Marrón/ parche	48.4±2.9 ^a	49.3±1.8	2.0±0.2 ^b	58
Marrón moteado	35.2±5.3 ^b	46.3±2.1	2.0±0.2 ^b	11
Negro/ parche	35.4±3.7 ^b	50.5±2.3	2.0±0.2 ^b	29
Tres colores	40.1±4.1 ^{ab}	49.8±2.5	1.9±0.2 ^b	23
P-value	0.0420	0.3957	0.0141	

APG= Animales por grupo; ^{a,b}=Literales diferentes entre hileras indican diferencia ($P < 0.05$).

Los resultados encontrados muestran un alto grado de heterogeneidad en la población, debido a que los coeficientes de variación son elevados y posiblemente han sido influenciados por cruzamientos indefinidos al que se han sometido los animales (Bravo y Sepúlveda, 2019). Esto sugiere el desarrollo de características únicas de adaptación biológica al ambiente y manejo que reciben (Peña *et al.*, 2017). Así, la variabilidad encontrada es superior a lo que reportan Bravo y Sepúlveda (2019) para diferentes índices zoométricos, e indican que una variación entre 5 y 9%, es el punto de partida para iniciar la aplicación de criterios de selección que contribuyan a disminuir la variabilidad, lo cual para esta población de estudio no sería aplicable. Lee *et al.* (2016) encontraron, en bovinos de raza Holstein, que animales con capa mayormente negra presentan una longevidad mayor y por ende una producción de leche mayor, determinando una relación positiva entre estas variables, lo cual coincide con nuestros resultados. Así mismo, se han encontrado estudios que señalan que cabras negras absorben más calor, beben más agua, pierden menos peso en la sequía y ganan más peso que animales de colores claros, lo cual está directamente relacionado con la productividad.

Los hallazgos respecto a la diversidad del color de capa son interesantes, ya que, en términos prácticos, se podría utilizar el color de capa en el diseño y establecimiento de esquemas de selección, y en particular para este estudio, el color marrón domina sobre los demás colores, en específico sobre el color negro. Lo anterior, es similar al estudio de Adalsteinsson *et al.* (1994), en el cual se brinda al productor una herramienta para seleccionar ejemplares en base a apariencia, pero con la finalidad de mejorar productividad. Además, se ha descubierto que los genes que determinan el color de la capa tienen un impacto sobre los rasgos zoométricos de los animales y podrían utilizarse como biomarcadores en los programas de selección. Así, se elegiría una condición genéticamente fijada (color de capa), que favorecería a la sobrevivencia en un ambiente particular, identificando atributos de raza, dados por caracteres fenotípicos para un ambiente específico (Villarreal-Arellano *et al.*, 2019).

La información respecto del número de colores se asemeja a lo reportado por Mashner *et al.* (2016), quienes señalaron que la población de cabras locales en Moldavia se caracteriza por una elevada heterogeneidad en el color de pelo, lo cual es común en razas locales no mejoradas. Esta información difiere del estudio de Hossain *et al.* (2020), quienes señalan que ciertos genotipos, como las cabras Black Bengal, presentan cierta homogeneidad, ya que 80% de la población es negra, pero una pequeña porción incluye ejemplares blancos, marrones, moros y moteados; sin embargo, se desconoce si esta población ha sido sometida a algún programa de mejora genética, lo cual robustece el argumento previo.

CONCLUSIONES

Se concluye que las cabras locales del norte de México, en específico de la Comarca Lagunera, son fanerópticamente heterogéneas. El número de colores de capa, la diversidad de los colores de capa, el patrón de capa y el color de la piel influyen en la longevidad.

La relevancia de este análisis es su posible utilidad como una herramienta para el desarrollo de esquemas de mejoramiento genético a través de la identificación de genotipos o tipos raciales sobresalientes en aspectos productivos y mejor adaptados a las condiciones desérticas de manejo, propias del norte de México.

REFERENCIAS

Bravo, S. & Sepúlveda, N. 2019. Índices zoométricos en ovejas criollas Araucanas. *Int. J. Morphol.*, 28(2): 489-495.

Mashner, O.; Lyutskanov, P. & Ciobanu, E. 2016. Several phenotypic indexes of goats of local population and its compliance with standards of selection. *Bulgarian J. Agric. Sci.*, 22(1): 71-75.

Peña, S.; López, G.A.; Abbiati, N.N.; Género, E.R. & Martínez, R.D. 2017. Caracterización de ovinos criollos argentinos utilizando índices zoométricos. *Arch. Zoot.*, 66(254):263-270.

Adalsteinsson, S.; Sponenberg, D.P.; Alexieva, S. & Russel, J.F. 1994. Inheritance of goat coat colors. *J. Hered.*, 85(4):267-272.

Hossain, S.M.J.; Afroz, M.F.; Habib, M.A.; Miraz, M.F.H.; Jalil, M.A. 2020. Genetic and phenotypic performance of three coat color variants of Black Bengal goat in closed nucleus flock at BLRI. *Glob. J. Anim. Breed.Gen.* 8(3):499-508.

Lee, C.N.; Baek, K.S. & Parkhurst, A. 2016. The impact of hair coat color on longevity of Holstein cows in the tropics. *J. Anim. Sci. Tech.*, 58:41.

Villarreal-Arellano, H.R.; Fuentes-Mascorro, G.; Ramírez-Bibriesca, E.; Torres-Hernández, G.; Ricardi de la Cruz, C. & Vargas-López, S. 2019. Morphostructural variability in the Pastoreña goat in different regions of the Mixteca of Mexico: A phenotypic study to establish the racial profile. *Rev. Fac. Cienc. Agrar.-UNCuyo.*, 52(2):360-375.



UJED

Universidad Juárez
del Estado de Durango



FACULTAD DE
AGRICULTURA
Y ZOOTECNIA

XXXIV

**SEMANA
INTERNACIONAL
DE AGRONOMÍA**

7 al
09 de Sept.
de 2022

Responsable
Dr. Cirilo Vázquez Vázquez
Director de la FAZ-UJED

Informes

Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo km 32, Venecia Dgo, México.

Tel. 8717118875

Correo electrónico: fazujed.sia@gmail.com

MEMORIA: ISSN:2594-1437

**"INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD AGROALIMENTARIA
ANTE EL DETERIORO AMBIENTAL"**

VENEZIA, DURANGO, MÉXICO. <http://faz.ujed.mx>