

Respuesta del cultivo de
(*Citrullus lanatus* L.)
Sandia

al método y patrón de injertos
adaptados a condiciones
edáficas ácidas

pág. 65

Año 11 • Volumen 11 • Número 12 • diciembre, 2018

- PRIMER REGISTRO DE *Leucanella viridescens* Walker, 1855 (Lepidoptera: Saturniidae: Hemileucinae) EN EL CULTIVO DE MORERA (*Morus alba* L.) 3
- PREFERENCIA DE *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) A LAS HOSPEDANTES: *Carica papaya* L., *Phaseolus acutifolius* Asa Gray y *Melanthera aspera* (Jacq) Small. 9
- BIOCONTROL DE *Aeneolamia postica* Walker Y *Prosapia simulans* Walker CON *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sor. EN *Saccharum* spp. 15
- PRIMER REGISTRO DE LA NUTRIA DE RÍO (*Lontra longicaudis* Olfers, 1818) EN EL PARQUE NACIONAL CAÑÓN DEL RÍO BLANCO, VERACRUZ, MÉXICO 21
- MICROALGAS DEL LAGO BOSQUE AZUL, PRIMER REPORTE DE *Limnithrix planctonica* EN MONTEBELLO, CHIAPAS, MÉXICO 27
- MUTAGENESIS DE MATERIAL *in vitro* DE *Pseudotsuga menziesii* Y OBTENCIÓN DE LÍNEAS MUTANTES 33

y más artículos de interés...

3	FIRST RECORD OF <i>Leucanella viridescens</i> Walker, 1855 (Lepidoptera: Saturniidae: Hemileucinae) IN THE CULTIVATION OF MULBERRY (<i>Morus alba</i> L.) / PRIMER REGISTRO DE <i>Leucanella viridescens</i> Walker, 1855 (Lepidoptera: Saturniidae: Hemileucinae) EN EL CULTIVO DE MORERA (<i>Morus alba</i> L.)
9	PREFERENCE OF <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks) (Acari: Tarsonemidae) TO THE HOSTS: <i>Carica papaya</i> L., <i>Phaseolus acutifolius</i> Asa Gray and <i>Melanthera aspera</i> (Jacq) Small. / PREFERENCIA DE <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks) (Acari: Tarsonemidae) A LAS HOSPEDANTES: <i>Carica papaya</i> L., <i>Phaseolus acutifolius</i> Asa Gray y <i>Melanthera aspera</i> (Jacq) Small.
15	BIOCONTROL OF <i>Aeneolamia postica</i> Walker AND <i>Prosapia simulans</i> Walker WITH <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metch.) Sor. IN <i>Saccharum</i> spp / BIOCONTROL DE <i>Aeneolamia postica</i> Walker Y <i>Prosapia simulans</i> Walker CON <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metch.) Sor. EN <i>Saccharum</i> spp.
21	FIRST RECORD OF NEOTROPICAL OTTER (<i>Lontra longicaudis</i> Olfers, 1818) IN 'CAÑÓN DEL RÍO BLANCO' NATIONAL PARK, VERACRUZ, MEXICO / PRIMER REGISTRO DE LA NUTRIA DE RÍO (<i>Lontra longicaudis</i> Olfers, 1818) EN EL PARQUE NACIONAL CAÑÓN DEL RÍO BLANCO, VERACRUZ, MÉXICO
27	MICROALGAE OF THE BOSQUE AZUL LAKE, FIRST REPORT OF <i>Limnothrix planctonica</i> IN MONTEBELLO, CHIAPAS, MÉXICO / MICROALGAS DEL LAGO BOSQUE AZUL, PRIMER REPORTE DE <i>Limnothrix planctonica</i> EN MONTEBELLO, CHIAPAS, MÉXICO
33	MUTAGENESIS OF <i>in vitro</i> MATERIAL FROM <i>Pseudotsuga menziesii</i> AND OBTAINING MUTANT LINES / MUTAGENESIS DE MATERIAL <i>in vitro</i> DE <i>Pseudotsuga menziesii</i> Y OBTENCIÓN DE LÍNEAS MUTANTES
41	EFFECT OF HYDROTHERMAL, SOAKING AND GERMINATION TREATMENTS ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF WILD <i>Lupinus</i> SEEDS / EFECTO DE TRATAMIENTOS HIDROTÉRMICO, REMOJO Y GERMINACIÓN EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE SEMILLAS DE <i>Lupinus</i> SILVESTRES
49	PRODUCTIVITY AND SUSTAINABILITY OF THREE TECHNOLOGICAL PACKAGES FOR MAIZE (<i>Zea mays</i> L.) IN HUANDACAREO, MICHOACÁN, MEXICO / PRODUCTIVIDAD Y SUSTENTABILIDAD DE TRES PAQUETES TECNOLÓGICOS PARA MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.) EN HUANDACAREO, MICHOACÁN, MÉXICO
57	IDENTIFICATION OF FUNGI AND MYCOTOXINS ASSOCIATED TO COFFEE BEANS (<i>Coffea</i> L.) IN CHIAPAS, MEXICO / IDENTIFICACIÓN DE HONGOS Y MICOTOXINAS ASOCIADAS A GRANOS DE CAFÉ (<i>Coffea</i> L.) EN CHIAPAS, MEXICO
65	RESPONSE OF WATERMELON CROP (<i>Citrullus lanatus</i> L.) TO THE GRAFT METHOD AND PATTERN ADAPTED TO ACID SOIL CONDITIONS / RESPUESTA DEL CULTIVO DE SANDÍA (<i>Citrullus lanatus</i> L.) AL MÉTODO Y PATRÓN DE INJERTOS ADAPTADOS A CONDICIONES EDÁFICAS ÁCIDAS
71	TIPOLOGY OF CRAFT MEZCAL PRODUCTION UNITS IN THE DISTRICT OF TLACOLULA, OAXACA, MEXICO / TIPOLOGÍA DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE MEZCAL ARTESANAL DEL DISTRITO DE TLACOLULA, OAXACA, MÉXICO
79	EVALUATION AND SELECTION OF GENOTYPES OF JAMAICA (<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.) UNDER RAINFED CONDITIONS IN TUTUTEPEC, OAXACA, MEXICO / EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE JAMAICA (<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.) BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN TUTUTEPEC, OAXACA, MÉXICO
85	IS THE DEVIL FISH (<i>Hypostomus plecostomus</i> L.), THAT HABITS THE ECOSYSTEM OF PLAN DE AYALA, OSTUACÁN, CHIAPAS, EDIBLE? / ¿ES COMESTIBLE EL PEZ DIABLO (<i>Hypostomus plecostomus</i> L.), QUE HABITA EN EL ECOSISTEMA DE PLAN DE AYALA, OSTUACÁN, CHIAPAS?
91	SYNCHRONIZATION OF ESTRUS IN COWS WITH TWO NORGESTOMET LEVELS IN TWO CLASSES OF BODY CONDITION / SINCRONIZACIÓN DE ESTRO EN VACAS CON DOS NIVELES DE NORGESTOMET EN DOS CLASES DE CONDICIÓN CORPORAL
97	FLORAL INDUCTION IN SUNFLOWER <i>Helianthus annuus</i> L. (ASTERACEAE) cv. Victoria WITH FIBER APPLICATION OF GIBBERELLIC ACID / INDUCCIÓN FLORAL EN GIRASOL <i>Helianthus annuus</i> L. (ASTERACEAE) cv. Victoria CON APLICACIÓN FOLIAR DE ÁCIDO GIBERÉLICO
103	DIVERSITY AND IMPORTANCE OF WILD BEES: MUCH MORE THAN HONEY AND BUMBLEBEES / DIVERSIDAD E IMPORTANCIA DE LAS ABEJAS SILVESTRES: MUCHO MÁS QUE MIEL Y ABEJORROS
109	SUCROSE AND ACTIVATED CHARCOAL <i>in vitro</i> DETERMINES THE GERMINATION OF <i>Heliconia</i> L. ZIGOTIC EMBRYOS / SACAROSA Y CARBÓN ACTIVADO <i>in vitro</i> DETERMINAN LA GERMINACIÓN DE EMBRIONES CIGÓTICOS DE <i>Heliconia</i> L.
117	EVALUATION OF ORGANIC SUBSTRATES FOR THE PRODUCTION OF SUGARCANE PLANTLETS / EVALUACION DE SUSTRATOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCION DE PLÁNTULAS DE CAÑA DE AZUCAR

Comité Científico

Dr. Giuseppe Colla
University of Tuscia, Italia
ORCID: 0000-0002-3399-3622

Dra. Magaly Sánchez de Chial
Universidad de Panamá, Panamá
ORCID: 0000-0002-6393-9299

Dra. Maritza Escalona
Universidad de Ciego de Ávila, Cuba
ORCID: 0000-0002-8755-6356

Dr. Kazuo Watanabe
Universidad de Tsukuba, Japón
ORCID: 0000-0003-4350-0139

Dra. Ryoko Machida Hirano
Organización Nacional de Investigación en Agricultura y Alimentación (NARO-Japón)
ORCID: 0000-0002-7978-0235

Dr. Ignacio de los Ríos Carmenado
Universidad Politécnica de Madrid, España
ORCID: 0000-0003-2015-8983

Dra. María de Lourdes Arévalo Galarza
Colegio de Postgraduados, México
ORCID: 0000-0003-1474-2200

Dra. Libia Iris Trejo Téllez
Colegio de Postgraduados, México
ORCID: 0000-0001-8496-2095

Comité Editorial

Dr. Rafael Rodríguez Montessoro[†] — Director Fundador
Dr. Jorge Cadena Iñiguez
Dr. Fernando Carlos Gómez Merino
M.A. Ana Luisa Mejía Sandoval
M.C. María Isabel Iñiguez Luna
M.C. Valeria Abigail Martínez Sias
Lic. Hannah Infante Lagarda
Biól. Valeria J. Gama Ríos
Téc. Mario Alejandro Rojas Sánchez

Directrices para Autores/as

Naturaleza de los trabajos: Las contribuciones que se reciban para su eventual publicación deben ser resultados originales derivados de un trabajo académico de alto nivel sobre los tópicos presentados en la sección de temática y alcance de la revista.

Extensión y formato: Los artículos deberán estar escritos en procesador de textos, con una extensión de 15 cuartillas, tamaño carta con márgenes de 2.5 centímetros, Arial de 12 puntos, interlineado doble, sin espacio entre párrafos. Las páginas deberán estar foliadas desde la primera hasta la última en el margen inferior derecho. La extensión total incluye abordaje textual, bibliografía, gráficas, figuras, imágenes y todo material adicional. Debe evitarse el uso de sangría al inicio de los párrafos. Las secciones principales del artículo deberán escribirse en mayúsculas, negritas y alineadas a la izquierda. Los subtítulos de las secciones se escribirán con mayúsculas sólo la primera letra, negritas y alineadas a la izquierda.

Exclusividad: Los trabajos enviados a Agro Productividad deberán ser inéditos y sus autores se comprometen a no someterlos simultáneamente a la consideración de otras publicaciones; por lo que es necesario adjuntar este documento: Carta de originalidad.



Año 11, Volumen 11, número 12, diciembre 2018, Agro productividad es una publicación mensual editada por el Colegio de Postgraduados. Carretera México- Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP 56230. Tel. 5959284427. www.colpos.mx. Editor responsable: Dr. Jorge Cadena Iñiguez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2017-031313492200-203. ISSN: 2594-0252, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, M.C. Valeria Abigail Martínez Sias. Fecha de última modificación, 31 de diciembre de 2018.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Contacto principal

8 Jorge Cadena Iñiguez
📍 Guerrero 9, esquina avenida Hidalgo, C.P. 56220, San Luis Huexotla, Texcoco, Estado de México.
✉ agroprodactividadeditor@gmail.com

Contacto de soporte

8 Soporte
📞 01(595) 928 4703
✉ agroprodactividadsoporte@gmail.com

Impresión 3000 ejemplares

Es responsabilidad del autor el uso de las ilustraciones, el material gráfico y el contenido creado para esta publicación.

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no reflejan necesariamente los puntos de vista del Colegio de Postgraduados, de la Editorial del Colegio de Postgraduados, ni de la Fundación Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.

Frecuencia de publicación: Cuando un autor ha publicado en la revista como autor principal o de correspondencia, deberá esperar tres números de ésta para publicar nuevamente como autor principal o de correspondencia.

Idiomas de publicación: Se recibirán textos en español con títulos, resúmenes y palabras clave en español e inglés.

ID Autores: El nombre de los autores se escribirán comenzando con el apellido o apellidos unidos por guion, sólo las iniciales del nombre, separados por comas, con un índice progresivo en su caso. Es indispensable que todos y cada uno de los autores proporcionen su número de identificador normalizado ORCID, para mayor información ingresar a (<https://orcid.org>).

Institución de adscripción: Es indispensable señalar la institución de adscripción y país de todos y cada uno de los autores, indicando exclusivamente la institución de primer nivel, sin recurrir al uso de siglas o acrónimos. Se sugiere recurrir al uso de la herramienta wayta (<http://wayta.scielo.org/>) de Scielo para evitar el uso incorrecto de nombres de instituciones.

Anonimato en la identidad de los autores: Los artículos no deberán incluir en ni en cuerpo del artículo, ni en las notas a pie de página ninguna información que revele su identidad, esto con el fin de asegurar una evaluación anónima por parte de los pares académicos que realizarán el dictamen. Si es preciso, dicha información podrá agregarse una vez que se acredite el proceso de revisión por pares.

Estructura de los artículos: Los artículos incluirán los siguientes elementos: Título, title, autores y adscripción, abstract, keywords, resumen, palabras clave, introducción, objetivos, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones y literatura citada en formato APA.

Título: Debe ser breve y reflejar claramente el contenido, deberá estar escrito en español e inglés. Cuando se incluyan nombres científicos deben escribirse en itálicas. No deberá contener abreviaturas ni exceder de 20 palabras, se usará solo letras mayúsculas, en negritas, centrado y no llevará punto final.

Resumen y Abstract: Deberá integrarse un resumen en inglés y español (siguiendo ese orden), de máximo 250 palabras, donde se destaque obligatoriamente y en este orden: a) objetivo; b) diseño / metodología / aproximación; c) resultados; d) limitaciones / implicaciones; e) hallazgos/ conclusiones. El resumen no deberá incluir citas, referencias bibliográficas, gráficas ni figuras.

Palabras clave y Keywords: Se deberá incluir una lista de 3 a 5 palabras clave en español e inglés que permitan identificar el ámbito temático que aborda el artículo.

Introducción: Se asentará con claridad el estado actual del conocimiento sobre el tema investigado, su justificación e importancia, así como los objetivos del trabajo. No deberá ser mayor a dos cuartillas.

Materiales y Métodos: Se especificará cómo se llevó a cabo la investigación, incluyendo el tipo de investigación, diseño experimental (cuando se traten de investigaciones experimentales), equipos, substancias y materiales empleados, métodos, técnicas, procedimientos, así como el análisis estadístico de los datos obtenidos.

Resultados y Discusión: Puede presentarse en una sola sección. En caso de presentarse de forma separada, la discusión debe enfocarse a comentar los resultados (sin repetirlos), en términos de sus características mismas, su congruencia con la hipótesis planteada y sus semejanzas o diferencias con resultados de investigaciones similares previamente realizadas.

Conclusiones: Son la generalización de los resultados obtenidos; deben ser puntuales, claras y concisas, y no deben llevar discusión, haciendo hincapié en los aspectos nuevos e importantes de los resultados obtenidos y que establezcan los parámetros finales de lo observado en el estudio.

Agradecimientos: Son opcionales y tendrán un máximo de tres renglones para expresar agradecimientos a personas e instituciones que hayan contribuido a la realización del trabajo.

Cuadros: Deben ser claros, simples y concisos. Se ubicarán inmediatamente después del primer párrafo en el que se mencionen o al inicio de la siguiente cuartilla. Los cuadros deben numerarse progresivamente, indicando después de la referencia numérica el título del mismo (Cuadro 1. Título), y se colocarán en la parte superior. Al pie del cuadro se incluirán las aclaraciones a las que se hace mención mediante un índice en el texto incluido en el cuadro. Se recomienda que los cuadros y ecuaciones se preparen con el editor de tablas y ecuaciones del procesador de textos.

Uso de siglas y acrónimos: Para el uso de acrónimos y siglas en el texto, la primera vez que se mencionen, se recomienda escribir el nombre completo al que corresponde y enseguida colocar la sigla entre paréntesis. Ejemplo: Petróleos Mexicanos (Pemex), después sólo Pemex.

Elementos gráficos: Corresponden a dibujos, gráficas, diagramas y fotografías. Deben ser claros, simples y concisos. Se ubicarán inmediatamente después del primer párrafo en el que se mencionen o al inicio de la siguiente cuartilla. Las figuras deben numerarse

progresivamente, indicando después de la referencia numérica el título del mismo (Figura 1. Título), y se colocarán en la parte inferior. Las fotografías deben ser de preferencia a colores y con una resolución de 300 dpi en formato JPEG, TIFF O RAW. El autor deberá enviar 2 fotografías adicionales para ilustrar la página inicial de su contribución. Las gráficas o diagramas serán en formato de vectores (CDR, EPS, AI, WMF o XLS).

Unidades. Las unidades de pesos y medidas usadas serán las aceptadas en el Sistema Internacional.

Citas bibliográficas: deberán insertarse en el texto abriendo un paréntesis con el apellido del autor, el año de la publicación y la página, todo separado por comas. Ejemplo (Zheng *et al.*, 2017). El autor puede introducir dos distintos tipos de citas:

Citas directas de menos de 40 palabras: Cuando se transcriben textualmente menos de 40 palabras, la cita se coloca entre comillas y al final se añade entre paréntesis el autor, el año y la página. Ejemplo:

Alineado al Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, (DOF, 2013), el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018 establece "Construir un nuevo rostro del campo sustentado en un sector agroalimentario productivo, competitivo, rentable, sustentable y justo que garantice la seguridad alimentaria del país" (DOF, 2013).

Citas indirectas o paráfrasis: Cuando se interpretan o se comentan ideas que son tomadas de otro texto, o bien cuando se expresa el mismo contenido pero con diferente estructura sintáctica. En este caso se debe indicar el apellido del autor y el año de la referencia de donde se toman las ideas. Ejemplo:

Los bajos rendimientos del cacao en México, de acuerdo con Avendaño *et al.* (2011) y Hernández-Gómez *et al.* (2015); se debe principalmente a la edad avanzada de las plantaciones.

Las referencias bibliográficas: al final del artículo deberán indicarse todas y cada una de las fuentes citadas en el cuerpo del texto (incluyendo notas, fuentes de los cuadros, gráficas, mapas, tablas, figuras etcétera). El autor(es) debe revisar cuidadosamente que no haya omisiones ni inconsistencias entre las obras citadas y la bibliografía. Se incluirá en la lista de referencias sólo las obras citadas en el cuerpo y notas del artículo. La bibliografía deberá presentarse estandarizada recurriendo a la norma APA, ordenarse alfabéticamente según los apellidos del autor.

De haber dos obras o más del mismo autor, éstas se listan de manera cronológica iniciando con la más antigua. Obras de un mismo autor y año de publicación se les agregará a, b, c... Por ejemplo:

Ogata N. (2003a).

Ogata N. (2003b).

Artículo de revista:

Wang, P., Zhang, Y., Zhao, L., Mo, B., & Luo, T. (2017). Effect of Gamma Rays on *Sophora davidii* and Detection of DNA Polymorphism through ISSR Marker [Research article]. <https://doi.org/10.1155/2017/8576404>

Libro:

Turner J. (1972). Freedom to build, dweller control of the housing process. New York: Macmillan.

Uso de gestores bibliográficos: Se dará prioridad a los artículos enviados con la bibliografía gestionada electrónicamente, y presentada con la norma APA. Los autores podrán recurrir al uso de cualquier gestor disponible en el mercado (Reference Manager, Crossref o Mendeley entre otros), o de código abierto tal como Refworks o Zotero.

FIRST RECORD OF *Leucanella viridescens* Walker, 1855 (Lepidoptera: Saturniidae: Hemileucinae) IN THE CULTIVATION OF MULBERRY (*Morus alba* L.)

PRIMER REGISTRO DE *Leucanella viridescens* Walker, 1855 (Lepidoptera: Saturniidae: Hemileucinae) EN EL CULTIVO DE MORERA (*Morus alba* L.)

Rodríguez-Ortega, A.¹; Nieto-Aquino, R.²; Ventura-Maza, A.¹; Juárez-Pelcastre, J.¹; Rodríguez-Ortega L. T.^{1*}

¹Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Tepatepec, Hidalgo, México. C.P. 42660. ²Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Huejutla, Hidalgo, México. C.P. 43000.

*Autor para correspondencia: ltrdriguez@upfim.edu.mx

ABSTRACT

Objective: To determine and describe biological aspects of black larvae with yellow silks of the Saturniidae family.

Design/methodology/approximation: Ten larvae of the fifth instar of black color were collected in mulberry foliage (*Morus alba* L.), these elaborated their cocoons with brown silk. The pupae were separated from the cocoon 15 days after forming and conserved in cardboard boxes. The emergence of the adults was carried out under environmental conditions in an entomological chamber. Measurements of egg, larva, pupa, cocoon and adult were recorded.

Results: After seven months in the state of pupa, brown moths with anterior wings resembling a dry leaf emerged. In a state of rest, the wings cover the abdomen completely and, when disturbed, open the first pair of wings and show large and circular spots with bright colors that are at the center of the hind wings. The female is slightly larger than the male, its wingspan is 11 cm with a robust abdomen and filiform antennae. The male has bipectinate antennae and small abdomen.

Limitations of the study/implications: In the Valle del Mezquital, Hidalgo, Mexico, there is very little information on saturniid larvae damaging crops or native flora.

Findings/Conclusions: In this investigation it is concluded that the larvae that damage the leaves of the mulberry cultivation in the Valle del Mezquital, Hidalgo, are of the species *Leucanella viridescens*.

Keywords: black larva, saturniid, mulberry plantation.

RESUMEN

Objetivo: Determinar y describir aspectos biológicos de larvas negras con sedas amarillas de la familia Saturniidae.

Diseño/metodología/aproximación: Diez larvas del quinto instar de color negro fueron recolectadas en follaje de morera (*Morus alba* L.), estas elaboraron sus capullos con seda de color café. Las pupas fueron separadas del capullo a los 15 d de formado y conservadas en cajas de cartón. La emergencia de los adultos se realizó en condiciones ambientales en una cámara entomológica. Se registraron mediciones de huevo, larva, pupa, capullo y adulto.

Resultados: Después de siete meses en estado de pupa emergieron palomillas de color café con alas anteriores semejantes a una hoja seca. En estado de reposo las alas cubren totalmente el abdomen, y al movimiento abren el primer par de alas y muestran manchas grandes y en forma circular con colores vistosos que se encuentran al centro de las alas posteriores. La hembra es ligeramente más grande que el macho, su envergadura alar es de 11 cm con abdomen robusto y antenas filiformes. El macho tiene antenas bipectinadas y abdomen pequeño.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 12, diciembre. 2018. pp: 3-7.

Recibido: julio, 2018. **Aceptado:** octubre, 2018.



Limitaciones del estudio/implicaciones: En el Valle del Mezquital, en Hidalgo, México, existe poca información sobre larvas de satúrnidos dañando cultivos o flora nativa.

Hallazgos/conclusiones: En esta investigación se concluye que las larvas que dañan las hojas del cultivo de morera en el Valle del Mezquital, Hidalgo, son de la especie *Leucanella viridescens*.

Palabras clave: larva negra, saturnido, plantación de morera.

INTRODUCCIÓN

La familia Saturniidae es un grupo de palomillas de gran tamaño, el abdomen es relativamente pequeño con respecto a las alas, con la excepción del grupo más aerodinámico (Ceratocampinae), quienes tienen cuerpos robustos. Las antenas de los machos son plumosas (cuadripectinadas) en su gran mayoría y pueden ser muy grandes; las de las hembras pueden ser plumosas o en forma de filamento, pero nunca tan grandes como las de los machos. Las estructuras bucales están reducidas y en general se considera que no son funcionales para alimentarse durante el estado adulto. Las alas pueden ser redondeadas, falcadas o alargadas. Esta familia tiene aproximadamente 1480 especies en 165 géneros en el mundo, y es sin duda uno de los grupos mejor conocidos de lepidópteros. En México se conocen 194 especies en 38 géneros. Este nivel de conocimiento se debe, en buena medida, a su gran tamaño y patrones de coloración, condiciones que han atraído a un gran número de aficionados y quienes han recolectado ejemplares por todo el mundo. Los lepidópteros, en general, y las satúrnidas, en particular, poseen atributos importantes para realizar estudios de biodiversidad: se encuentran en casi todos los hábitats y nichos, muestran numerosas formas de comportamiento especializado, son buenos indicadores de áreas de endemismo, muestran respuestas rápidas a perturbaciones ambientales, pueden muestrearse fácilmente con métodos cuantitativos, y tienen muchos taxones que son fácilmente identificados (Balcazar, 2016).

El género *Leucanella* es del trópico y también se desarrolla en clima subtropical, distribuido desde México hasta Argentina. El conocimiento de las especies de plantas de las que se alimentan sus larvas urticantes es de importancia para poder advertir sobre este peligro (De Camargo, 2007). Las larvas de la subfamilia Hemileucinae, exhiben este comportamiento, produciendo enzimas que afectan el sistema hemostático ocasionando hemorragias que pueden hasta provocar la muerte. Entre los géneros más "peligrosos" se registran a *Lonomia* y *Automeris*, aunque aparentemente todos los géneros de la subfamilia Hemileucinae son de importancia médica. Por lo general se encuentra una mayor diversidad de herbívoros en plantas perennes, como árboles, si se comparan con plantas herbáceas, debido a la continua presencia de alimento (Cotrina et al., 2017).

La morera (*Morus alba* L.) es una planta originaria de las zonas templadas de Asia, su cultivo se inició para implementar la sericultura hace alrededor de 4500 años, representa la parte agronómica de la industria de la sericultura por ser sus hojas el único alimento del gusano de seda (*Bombyx mori* L.). Los usos principales son en la sericultura, en el mejoramiento de ecosistemas y

alimentación animal y humana. Esta planta se desarrolla fácilmente desde el nivel del mar, hasta los 2500 m de altitud, requiere temperaturas de 18 a 38 °C, con precipitación de 600 a 2500 mm, fotoperiodo de 9 a 13 h y humedad relativa de entre 65 a 80%. La adaptabilidad de la planta a diversas condiciones agroecológicas ha permitido el desarrollo de la sericultura por todo el mundo, por lo que la distribución actual del género *Morus* L., es en las zonas templadas, tropicales y subtropicales. En México la superficie de cultivo de morera es reducida y es utilizada para la alimentación del gusano de seda en los estados de San Luis Potosí, Oaxaca, Michoacán e Hidalgo en México (Rodríguez et al., 2012). El objetivo fue determinar y describir aspectos biológicos de ejemplares de *Leucanella viridescens* lepidóptero de la familia Saturniidae, recolectados en estado larval en hojas de plantas de morera (*M. alba*).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó de octubre 2017 a mayo 2018 en el Laboratorio de Entomología de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, ubicada en Tepatepec, estado de Hidalgo, México. Las larvas del quinto instar de *L. viridescens* fueron recolectadas en el follaje de una plantación de morera utilizada para alimentar gusanos de seda dentro del campus universitario, diez ejemplares fueron trasladadas a un árbol grande de morera con más follaje para terminar su alimentación. Los capullos fueron elaborados con hojas y seda por las larvas en la parte basal del árbol y posteriormente fueron recolectados para su estudio. Las pupas fueron separadas del capullo a los 15 d, de formado y conservadas en cajas de cartón. La emergencia de los adultos se realizó en condicio-

nes ambientales dentro del laboratorio en una cámara entomológica (caja de madera con malla mosquitera), se midió la expansión de las alas, se tomaron datos de dimorfismo sexual y finalmente se sacrificaron en un congelador a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ para ser montados y conservados en laboratorio de la Universidad. Se registraron mediciones de huevo, larva, pupa, capullo y adulto. La determinación de los ejemplares se realizó a través de la investigación de Specht *et al.* (2009), quien describe aspectos biológicos y morfológicos de las etapas de este lepidóptero.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Valle del Mezquital del estado de Hidalgo, existe poca información sobre larvas de saturnidos dañando cultivos o flora nativa. En el otoño de 2017 se observaron por primera vez larvas de *L. viridescens* alimentándose de hojas del cultivo de morera, presentan hábitos gregarios y con su voraz apetito durante el día defolian por completo el follaje de este árbol y por la noche se observó que se esconden en la base del tronco para evitar las bajas temperaturas y muy probablemente sus enemigos naturales (Figura 2). Specht *et al.* (2009), reporta las siguientes familias botánicas como plantas hospederas de *L. viridescens*, excepto la Moracea a la cual pertenece *M. alba*: Actinidiaceae, Anacardiaceae, Aquifoliaceae, Araliaceae, Arecaceae, Asteraceae, Bignoniaceae, Caprifoliaceae, Convolvulaceae, Geraniaceae, Lauraceae, Fabaceae, Malvaceae, Meliaceae, Myrtaceae, Oleaceae, Poaceae, Polygoniaceae, Polypodiaceae,

Rosaceae, Rhamnaceae, Rubiaceae, Salicaceae, Smilacaceae, Solanaceae, Ulmaceae.

Huevos

Los huevos son de color blanco, de forma ovoide y ligeramente aplanados lateralmente, en promedio miden 2 mm de ancho por 3 mm de largo, el micrópilo se encuentra en un extremo y se aprecia de un color verde claro. Son puestos en masas por la palomilla, pegados por una de sus partes laterales sin dañar al micrópilo en las ramas de la morera y con frecuencia se observan sedas del final del abdomen pegado a ellos (Figura 1). Resultados similares son reportados por Lemaire (2002) donde menciona que *Leucanella aspera* es una de las pocas especies con la biología conocida y sus huevos son de forma ovalada, en su mayoría de color blanco con micrópilo negro. Por su parte Specht *et al.* (2009) investigaron que en cuanto a los huevos existe una gran variedad de formas, colores y tamaños para este género.

Larva

Esta etapa pasa por seis instares, y el cuerpo con la capsula cefálica es de color negro con escolos o tubérculos ramificados urticantes de color amarillo, los primeros cuatro instares son de hábitos gregarios, el quinto y sexto se separan en las ramas de la morera para alimentarse y pupar en lugares distintos. En esta especie se observa que los escolos del protórax y el último segmento abdominal son ligeramente más lagos y de color amarillo me-

nos intenso que los demás. La larva antes de realizar el capullo de seda llega a medir hasta 8 cm de longitud y el color de su cuerpo es negro brillante (Figura 2). Specht *et al.* (2009) y Lemaire (2002) han reconocido diferentes especies biológicas dentro de este género, algunas cuentan con un número variable de subespecies reconocidas.

Pupa

Las pupas son obtectas, de color café oscuro, presentan dimorfismo sexual en cuanto a tamaño, la hembra es ligeramente más grande que el macho. En esta etapa, permanecen entre seis y siete meses para que el adulto emerja; realizan diariamente movimientos abdominales circulares constantes dentro del



Figura 1. Forma, color, tamaño y posición del micrópilo en huevo de *L. viridescens* (A-D).



Figura 2. Larvas de *L. viridescens* alimentándose de las hojas del árbol de morera *M. alba* (A-D).

capullo. La posición final que adopta la larva y la pupa es con la cabeza dirigida hacia el opérculo u orificio de salida., este es construido de seda aproximadamente a un centímetro de la salida y presenta varios orificios diminutos para que entre el oxígeno y sea fácil de disolver y romper durante la emergencia del adulto. El capullo es de consistencia dura, áspera y ovalada, está construido con hojas. La seda gruesa y pegajosa de color café oscuro, muy semejante a la pupa, mide en promedio 6 cm de largo por 3 cm de ancho con suficiente espacio para los movimientos de la pupa. Finalmente, cuando emerge el adulto rompe la parte dorsal de la pupa y la exuvia queda dentro del capullo junto con la del último instar larval (Figura 3).

Adulto

Los adultos son palomillas grandes de color café, en reposo las alas asemejan a una hoja seca de árbol y cubren el cuerpo, y cuando tienen movimiento, abren el primer par de alas y muestran manchas grandes y en forma de anillo con colores muy vistosos como el azul marino, amarillo y café claro, estos se encuentran en las alas posteriores. En el borde del segundo par de alas se aprecian tres líneas de diferente grosor y color (negro, café oscuro y café claro). Los adultos cuando son moles-

tados abren el primer par de alas para mostrar los anillos concéntricos y esto ha sido mencionado que es para ahuyentar a sus enemigos naturales. En las alas anteriores se observa una mancha triangular de color café oscuro pegada al tórax y una mancha del mismo color de forma elíptica casi al centro del ala. También existe una línea en forma de diagonal café claro y café oscuro que divide esta ala (Figura 4 A y C). La hembra es ligeramente más grande de envergadura alar que el macho (10-11 cm), presenta antenas filiformes y las del macho son bipectinadas. Algo muy importante que encontramos en

esta investigación es que no existe una emergencia homogénea lo cual afecta la búsqueda de pareja para realizar la copula y la fecundación de los huevos. Balcazar, (2016) menciona que en la subfamilia Hemileucinae las especies suelen presentar manchas parecidas a ojos en las alas posteriores y cuando estas especies se encuentran en reposo durante el día, tales manchas suelen estar cubiertas por las alas anteriores, pero si se les molesta las muestran rápidamente con la intención de asustar, sorprender o distraer a potenciales depredadores diurnos,



Figura 3. Color y tamaño de pupas (A), posición que adopta la pupa dentro del capullo durante la metamorfosis (B), exuvia de pupa (C), forma, color y tamaño del capullo (D).

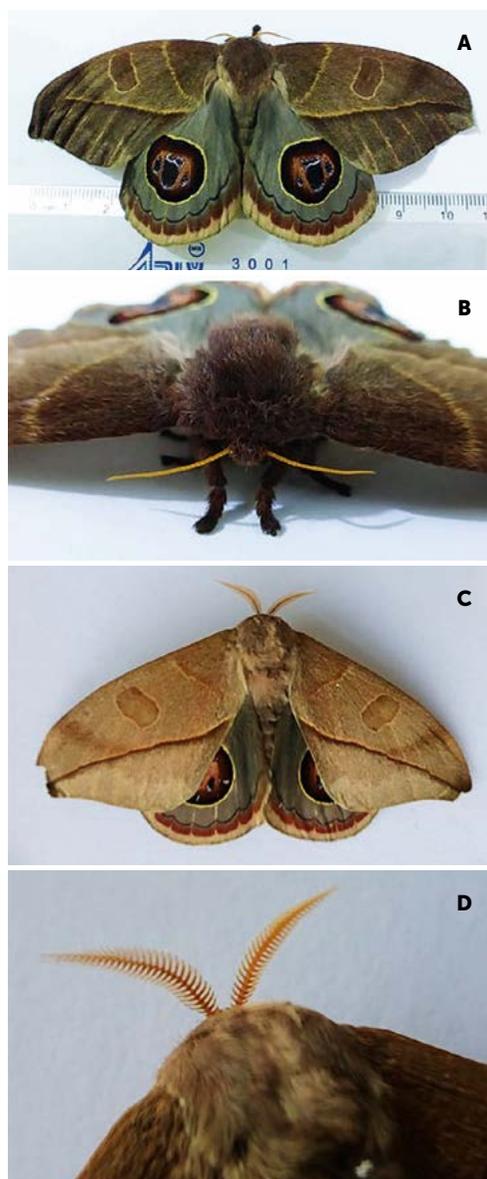


Figura 4. Adulto hembra con antenas filiformes y manchas en alas posteriores (A-B) y macho con antenas plumosas cuadrípectinadas (C-D) de *L. viridescens*.

debido a su semejanza con los ojos de un animal más grande (Figura 4). Estas manchas generalmente están rodeadas por anillos, de ahí toma el nombre la familia, de los anillos de Saturno.

CONCLUSIONES

En esta investigación, después de haber estudiado todas las etapas biológicas de este lepidóptero y de corroborar las características que presenta con el artículo de Alexandre Specht, se concluye que las larvas que dañan las hojas del cultivo de morera en el Valle del Mezquital, Hidalgo, son de la especie *Leucanella viridescens*.

LITERATURA CITADA

- Balcázar L. M. A. 2016. Polillas de seda (Saturniidae). En: La Biodiversidad en Colima. Estudio de Estado. Conabio. México. 382-388.
- Cotrina Y. J., Arévalo H. A., Zenner de Polania I. 2017. Aspectos Biológicos y Evaluación del desarrollo de *Leucanella nyctimene* alimentado con tres especies de plantas. Southwestern Entomologist 42 (3): 805-814.
- De Camargo A. J. A. 2007. A new species of *Hylesia* Hübner (Lepidoptera, saturniidae, Hemileucinae) from Brazilian Cerrado. Revista Brasileira de Zoologia 24 (1): 199-202.
- Lemaire C. 2002. The Saturniidae of América: Hemileucinae. Keltern, Goecke y Evers, 1388 pág.
- Rodríguez O. A., Martínez M. A., Ventura M. A., Vargas M. J. 2012. Adaptación de tres variedades de morera (*Morus* spp.) en el estado de Hidalgo. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3 (4): 671-683.
- Specht A., Corseuil E., Benedetti A. J., Poletto G., Formentini A. C. 2009. Aspectos biológicos e morfológicos de *Leucanella viridescens* (Lepidoptera: Saturniidae: Hemileucinae). Zoologica 26 (1): 25-31.

PREFERENCE OF *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) TO THE HOSTS: *Carica papaya* L., *Phaseolus acutifolius* Asa Gray and *Melanthera aspera* (Jacq) Small.

PREFERENCIA DE *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) A LAS HOSPEDANTES: *Carica papaya* L., *Phaseolus acutifolius* Asa Gray y *Melanthera aspera* (Jacq) Small.

De Coss-Flores, M.E.¹; Marroquín-Agreda, F.J.^{2*}; Aguilar-Fuentes, J.².

¹MEKOSS, S. de R. L. MI. ²Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agrícolas, Entronque Carretera Costera-Pueblo de Huehuetán, Huehuetán, Chiapas, México. CP. 30660.

*Autor de correspondencia: marroquinf@gmail.com

ABSTRACT

Objetivo: To analyze the preference of the *Polyphagotarsonemus latus* mite for commercial papaya (*Carica papaya*), "escumite" beans (*Phaseolus acutifolius*), and white "Sajan" (*Melanthera aspera*) as hosts.

Design/Method/Approach: A completely randomized factorial design was used, with three treatments: 1) plant leaves showing mechanical damage (carborundum), 2) plant leaves showing mite damage, and 3) healthy plant leaves; and 12 repetitions. Bioassay sites consisted of Petri dishes in which 30 females were placed at equal distances (5 cm) from leaves of the three different host species. Observations were made at intervals of one hour, number of mites and foliar areas of the leaves offered were recorded. The means were compared by the DMS test (0.05).

Results: Results showed greater preference for *P. latus* leaves from white sajan and escumite bean plants, while papaya plant leaves were less attractive to the mites. However, mite preference for leaves increased and became more selective when these were damaged by chewing by the same mite. There were no significant differences between leaf areas in the treatment with healthy leaves and mechanical damage, but there were in areas with mite damage. *P. latus* females oviposited only on escumite bean leaves after two days.

Research Limitations/Implications: Early wilting of the white sajan can be a limitation to analyze repulsion responses, since the experiments require a longer observation period.

Findings/Conclusions: *P. latus* preferred more the leaves of the white sajan and escumite bean than the papaya leaves damaged by herbivory. It was only seen that the limbo of papaya leaves was reduced due to the action of herbivory.

Keywords: Mite, appealing, host, oviposition.

RESUMEN

Objetivo: Analizar la preferencia de *Polyphagotarsonemus latus* a los hospedantes comerciales Papaya (*Carica papaya* L.) y Fríjol escumite (*Phaseolus acutifolius*) y Sajan blanco (*Melanthera aspera*).

Diseño/metodología/aproximación: Se utilizó un diseño factorial completamente al azar, con tres tratamientos (hojas de plantas con daño mecánico (carborundum), hojas infestadas con el ácaro y hojas sanas) y 12 repeticiones. Se usaron cajas Petri, donde se depositaron 30 hembras a 5 cm equidistantes a las tres especies de hojas. Las observaciones se realizaron a intervalos de una hora, se registró el número de ácaros y las áreas foliares de las hojas ofrecidas. Las medias se compararon mediante la prueba DMS (0.05).

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 12, diciembre. 2018. pp: 9-13.

Recibido: septiembre, 2018. **Aceptado:** noviembre, 2018.

Resultados: El ácaro mostró mayor preferencia al saján blanco y frijol escumite; la preferencia se incrementó en las hojas dañadas por la herbivoría del mismo ácaro. No existieron diferencias significativas entre las áreas de las hojas en el tratamiento con hojas sanas y con daño mecánico; pero sí en las áreas con daño del acaro. Las hembras de *P. latus* ovipositaron solamente en hoja de frijol después de dos días.

Limitaciones del estudio/implicaciones: La marchitez precoz del saján blanco puede ser una limitante para analizar las respuestas de repulsión, ya que los experimentos requieren mayor tiempo de observación.

Hallazgos/conclusiones: *P. latus* prefirió más las hojas del saján blanco y el frijol escumite que las hojas de papaya dañadas por la herbivoría. Solo se vio que el limbo de las hojas de papaya se redujo debido a la acción de la herbivoría.

Palabras clave: Acaro, Atrayente, Hospedero, Ovoposición

INTRODUCCIÓN

Polyphagotarsonemus latus (Banks) es una especie exótica que muy probablemente se estableció en tiempos recientes en México, evidencia de ello es la ausencia de citas bibliográficas sobre su existencia en el país (Deloya y Valenzuela, 1999; Hoffman y López-Campos, 2000). Inicialmente fue recolectado por Green en 1890 en té (*Camelia sinensis* L.) en Sri Lanka (Gadd, 1946), en Brasil; en 1928, en *Phaseolus vulgaris* L. (Flechtman, 1967); en 1938, en *Capsicum annuum* y *Gossypium hirsutum* (Hambleton, 1938); y en 1957, en *Carica papaya* (Costa 1957). En México, específicamente en el Soconusco, Chiapas, fue detectado en 1994 en *Capsicum annuum* Variedad Jalapeño (de Coss, Datos no publicados), y ya se encuentra altamente diseminado en la región, como lo prueba el hecho de que tiene una amplia gama de plantas hospedantes, tanto silvestres como cultivadas (Posada, 2000; de Coss, 2006). El papayo (*Carica papaya* L.) es afectado a nivel mundial por 12 especies diferentes de ácaros (Pantoja *et al.*, 2002), entre estos se encuentra al ácaro tropical *P. latus*, que en diversas partes del mundo le causan daños; ha sido citado en Cuba (Pérez y Almaguel, 1970), así como en la Isla Reunión (Aubert *et al.*, 1981) y en México (de Coss, 2006). En este mismo cultivo se realizó un estudio de diversidad florística de arvenses asociadas a las poblaciones de ácaros y se identificó al Saján blanco (*Melanthera aspera*) como la planta con mayores poblaciones de *P. latus* (Posada, 2000). El actual estudio se enfocó a conocer la preferencia de *P. latus* al Saján blanco en presencia de las hospedantes cultivadas con la finalidad de desarrollar prácticas efectivas de su manejo, ya que la carencia de información básica en la biología y ecología de plagas secundarias ha sido un obstáculo para su control en los cultivos, alentando a los productores a utilizar plaguicidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el laboratorio de Acarología y Entomología de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus IV de la Universidad Autónoma de Chiapas, ubicada en el municipio de Huehuetán, Chiapas; México. Las plan-

tas hospedantes se mantuvieron en una cámara bioclimática con condiciones controladas con un fotoperiodo de 12 h luz y 12 h oscuridad, temperatura de $28 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y $67.5 \pm 2.5\%$ HR. Las plantas de Saján blanco se recolectaron del campo y se depositaron en macetas que contenían el mismo sustrato (COSMOPEAT®). Se retiraron los insectos que llevaban con un pincel y con la magnificación de un microscopio estereoscópico. Las semillas de papaya germinaron en cajas petri y se plantaron en macetas con el mismo sustrato, mientras que las semillas de frijol escumite (*Phaseolus acutifolius*) se sembraron en charolas de plástico de 15 cm x 25 cm con una profundidad de 10 cm con el mismo sustrato.

Cría del Ácaro

P. latus se recolectó del campo en la hospedante silvestre *Tecoma stans* H. B. K., y a partir de estos especímenes se implementó la cría en plantas de frijol escumite sembradas en charolas de plástico de 15 cm de ancho por 25 cm de largo y una profundidad de 10 cm con turba comercial como sustrato (COSMOPEAT®, Ciudad de México). Se renovaban semanalmente para mantener la cría durante el tiempo de la investigación y se mantuvo en las mismas condiciones de las plantas.

Para realizar los bio-ensayos se usaron arenas que consistieron en cajas petri (de 15 cm de Ø y 1 cm de profundidad), se establecieron dos tratamientos y un testigo, con 12 repeticiones cada uno:

Testigo (hojas de plantas sanas): Las plantas sanas fueron aquellas que se obtuvieron como producto de la recolección y siembra antes descrita.

Tratamiento 1. (hojas de plantas con daño mecánico (carborundum); el daño mecánico a las hojas se realizó con una suspensión de carborundum al 0.05% (0.5 g de Carborundum por cada litro de agua).

Tratamiento 2. (hojas de plantas infestadas con el ácaro *P. latus*): las plantas se infestaron con el ácaro con diez días de anticipación a la realización del experimento y se removieron los ácaros antes de ser ofrecidas las hojas en las arenas. Una cantidad de 30 hembras se depositaron a 5 cm equidistantes de las tres especies de hojas, en la misma caja petri. Se realizaron tres observaciones con intervalos de conteos de una hora. Se registró la cantidad de ácaros encontrados en cada una de las hojas ofrecidas en cada arena y se cuantificaron las áreas foliares de las hojas ofrecidas en los tres tratamientos según O'Neal et al. (2002).

Análisis Estadístico

Los datos de los bioensayos se sometieron a una prueba de análisis de varianza de una sola vía para determinar si la atracción de los ácaros a los diferentes tratamientos fue significativa. Los datos se transformaron para tener homogeneidad y una distribución normal mediante la fórmula de $\sqrt{n+1}$. Los resultados del número de ácaros atraídos fueron analizados con paquete Statistica versión 7.0 (StatSoft, Inc. 2005). Para la variable área foliar se utilizó un programa de software llamado MENU

(Olivares, 1994), haciendo una comparación de medias en los casos donde se presentó diferencia estadística.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

P. latus carece de sistema visual desarrollado (Lindquist, 1986), por lo que la atracción se realiza por el efecto directo en la orientación olfatoria del ácaro (Xugen y Luqin, 2006), y través de esta quimotaxia; el ácaro mostró mayor preferencia al saján blanco y frijol escumite, en tanto que las hojas de papaya fueron menos atractivas (Figura 1).

En el experimento con daño mecánico, los resultados de la aceptación del ácaro, fueron similares al de hojas sanas, es decir, el ácaro prefirió tanto al saján blanco como al frijol; en tanto que la papaya fue menos preferida (Figura 2). Cabe señalar que aunque los ácaros prefirieron a las mismas hospedantes, el número de ácaros encontrados en ellas fue mayor que en el experimento con hojas sanas.

La Figura 3 muestra que la preferencia del ácaro aumentó y se hizo más selectiva cuando las plantas fueron dañadas por la herbivoría del mismo ácaro (*P. latus*), manteniendo la preferencia sobre saján. Esta misma respuesta se encontró con *Tetranychus urticae* en plantas de pepino *Cucumis sativa* cv Ventura infestadas con la misma especie de ácaro, lo que denota según Egas et al. (2003), que hay alimento disponible.

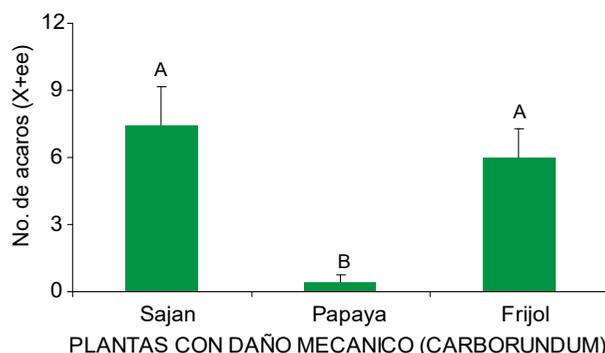


Figura 1. Preferencia del ácaro *Polyphagotarsonemus latus* a plantas sanas de Saján, Papaya y Frijol (Medias con distintas letras son estadísticamente diferentes) DMS $\alpha 0.01=0.6526$; $F=8.58$; $df=2, 24$; $P<0.001$.

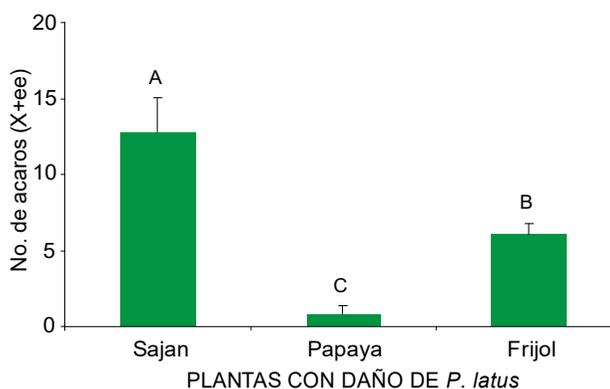


Figura 2. Preferencia del ácaro *Polyphagotarsonemus latus* a plantas con daño mecánico (Medias con distintas letras son estadísticamente diferentes); DMS $\alpha 0.01=0.9448$; $F=8.58$; $df=2, 24$; $P<0.001$.

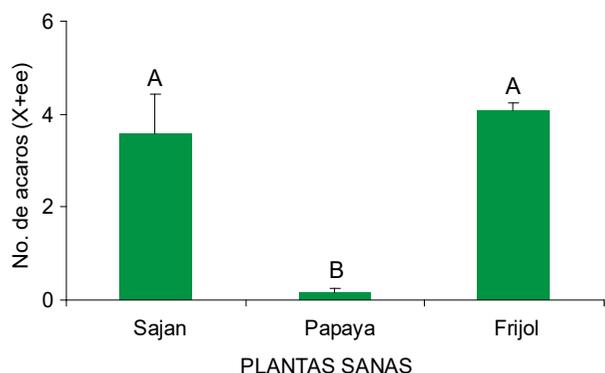


Figura 3. Preferencia del ácaro *Polyphagotarsonemus latus* a plantas con daño provocado por la herbivoría del mismo ácaro (Medias con distintas letras son estadísticamente diferentes); DMS $\alpha 0.01=0.7908$; $F=18.79$; $df=2, 24$; $P<0.001$.

La planta de saján blanco emite salicilato de metilo, al igual que frijol lima (*Phaseolus vulgaris*) cuando se infestaron con *T. urticae* (Osawa et al. 2000), pero los mecanismos moleculares detrás de la producción de compuestos volátiles de especies herbívoras permanecen poco claros (Osawa et al. 2000). En estudios recientes se ha identificado el compuesto salicilato de metilo como componente volátil de hojas de saján (Cruz-López L., 2005 comunicación personal). Lo anterior sugiere que este compuesto puede ser capaz de atraer a *P. latus*, pero las otras plantas hospedantes no han sido estudiadas al respecto. Las plantas infestadas con diferentes especies herbívoras demuestran que hay diferencias cuantitativas y cualitativas en los volátiles producidos, dependiendo de la especie herbívora (Osawa et al., 2000). Así también las diferencias cualitativas y cuantitativas en los volátiles dependen del daño mecánico y daño de un insecto masticador (Oku et al. 2005).

En los tres experimentos, las hembras de *P. latus* ovipositaron solamente en hoja de frijol después de dos días, razón por la cual Yano et al. (1998), indican que la aceptación de una planta hospedera es aquella en donde las hembras ovipositan, dentro de un término de 5 d.

Según Xugen y Luqin (2006), es posible reconocer tres conductas de los ácaros: aceptación, neutralidad o repulsión, y en el caso de *P. latus*, ante la selección de las tres condiciones de hojas ofrecidas, acepta en primer término a saján y al frijol escumite, y en menor grado a las hojas de papaya en las tres condiciones estudiadas. Para afinar respuestas de neutralidad o repulsión los experimentos deben ser diseña-

dos para mayor tiempo de observación, pero la marchitez precoz del saján blanco, puede ser una limitante para esta metodología. Existen evidencias de que las hojas de papaya cv Maradol emiten isotiocianato bencilico (Cruz-López, 2005, Comunicación personal), dicha sustancia tiene carácter importante en la defensa de la planta contra varias especies de huevecillos y larvas de las moscas de la fruta (Malavasi et al. 2004), y su presencia en las hojas de papaya pueden estar influyendo en la elección de las hembras.

No existieron diferencias estadísticamente significativas entre las áreas de las hojas ofrecidas en el tratamiento con hojas sanas ($F=0.18$; $P=0.834$ y $gl=33$) y con daño mecánico ($F=0.1782$; $P=0.834$; $gl=33$); pero sí en las áreas foliares con daño de *P. latus* ($F=5.4447$; $P=0.009$; $gl=33$), la herbivoría del ácaro provocó la reducción del área foliar de la hoja de papaya (de Coss, 2006); la edad y de la planta, especie de hospedante y tipo de daño, están reportados como variables que emiten diferentes calidades, cantidades y mezclas de volátiles (Dieke, 1999), pero no se dan consideraciones para el área foliar.

CONCLUSIONES

P. latus prefirió las hojas sanas, con daño mecánico y con daño de mismo herbívoro de las plantas de saján y frijol escumite a las hojas de las plantas de papaya en las mismas condiciones. Las áreas foliares fueron similares, a excepción de las hojas de papaya infestadas que redujeron su limbo debido a la acción de la herbivoría. Estos resultados pueden ser utilizados en manejo del ácaro en policultivos de papaya y frijol,

LITERATURA CITADA

- Aubert, B., Lossois, P. y Marchal, J. 1981. Mise en evidence des dégats causés par *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) sur papayers à l'île de la Réunion. *Fruits*. 36: 9-24
- Costa, A. S. 1957. Algunos insectos e ácaros usados na transmisao de virus das plantas. *Bragantia*, Campinas 16: 15-21.
- De Coss, M. E. 2006. Bioecología y herbivoría del ácaro *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) En *Carica papaya* L. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Chiapas.
- Deloya, L. A. C. y Valenzuela G. J. E. 1999. Catálogo de insectos y ácaros plaga de los cultivos agrícolas de México. Sociedad Mexicana de Entomología. Publicaciones Especiales #1, México, 174 pp.
- Egas, M. Norde, D-J y Sabelis M. W. 2003. Adaptive learning in arthropods: spider mites learn to distinguish food quality. *Experimental and Applied Acarology* 30: 233-247.
- Gadd, C.H. 1946. Observations on the yellow tea-mite *Hemitarsonemus latus* (Banks) Ewing. *Bull. Entomol. Res.* 37: 157-162.
- Hambleton, E. J. 1938. A ocorrência do "acaró tropical" *Tarsonemus latus* Banks (Acari: tarsonemidae) cusador da rasgadura das folhas nos algodoads de Sao Paulo Arquivos do Instituto Biológico (Sao Paulo) 9:201-209.
- Hoffman, A. y López-Campos, G. 2000. Biodiversidad de Ácaros en México. UNAM-CONABIO. Mex.
- Lindquist, E.E. 1986. The world genera of Tarsonemidae (Acari: Heterostigmata): a morphological, phylogenetic, and systematic revision, with a reclassification of family-group taxa in the Heterostigmata. *Mem. Entomol. Soc. Can.* 136: 1-517.
- Malavasi, A., Uramoto, K. y do Nascimento, A. 2004. Latex Exudates of Papaya as Fruit Fly oviposition Deterrence Factor. 5th Meeting of the Working Group on Fruits Flies of the Western Hemisphere. Ft. Lauderdale, Florida, USA. May 16-21. (Abstract).
- Olivares, S.E. 1994. Paquetes de Diseños Experimentales. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Versión 2.5. Fac. de Agronomía. Univ. Autónoma de Nuevo León. Marín, N.L.

- Osawa, R. Shimoda, T. Kawaguchi, M. Arimura, G-i. Horiuchi, J-i. Nishioka, T. y Takabayashi, J. 2000. *Lotus japonicus* infested with herbivorous mites emits volatile compounds that attract predatory mite. *Journal of Plant Research* 113: 427-433.
- O'Neal, E. M. Landis, A. D. e Isaacs, R. 2002. An inexpensive, accurate method for measuring leaf and defoliation through digital image analysis. *J. Econ. Entomol.* 95: 1190-1194.
- Oku, K. Yano, S. y Takafuji, A. 2005. Host plant acceptance by the phytophagous mite *Tetranychus kanzawai* Kishida is affected by the availability of a refuge on the leaf surface. *Ecol. Res.*46-452.
- Pantoja, A. Follet, P. y Villanueva-Jiménez, J. 2002. Pest of papaya. *In*: Peña, J.E., Sharp, J. L., y Wysoki, M. (eds) *Tropical Fruit pests and Pollinators*. CABI Publishing, Pp. 131-157.
- Pérez, R. y Almaguel, L. 1970. Los ácaros fitófagos de Cuba y sus principales plantas hospederas. Ministerio de Agricultura de Cuba.
- Posada, S. 2000. Diversidad florística y especies preferentes por ácaros en un agroecosistema de *Carica papaya* L. en Mazatán, Chiapas. Tesis de Maestro en Ciencias. Universidad Autónoma de Chiapas.
- Statsoft, Inc (2005). STATISTICA (Data analysis software system), version 7.1. WWW. Statsoft. Inc. COM
- Xugen, S. y Luqin, Q. 2006. Effect of volatiles from plants on the selectivity of *Tetranychus viennensis* for different host plants. *Frontiers of Forestry in China* 1: 105-108.
- Yano, S. Wakabayashi, M. Takabayashi, J. y Takafuji, A. 1998. Factors determining the host plant range of the phytophagous mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): a method for quantifying host plant acceptance. *Experimental and Applied Acarology*, 22: 595-601.



BIOCONTROL OF *Aeneolamia postica* Walker AND *Prosapia simulans* Walker WITH *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sor. IN *Saccharum* spp.

BIOCONTROL DE *Aeneolamia postica* Walker Y *Prosapia simulans* Walker CON *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sor. EN *Saccharum* spp.

Guzmán-Camposeco, F.¹; Díaz-Vicente, V.M.^{1*}, Magallanes-Cedeño, R.¹; Pinsón-Rincón, E. P.¹; Pérez-Quintanilla, J.N.¹

¹Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agrícolas Campus IV. Carretera Costera Entroque Estación Huehuetán, Huehuetán, Chiapas, México. CP 30660.

*Autor de correspondencia: vdiaz_vicente@hotmail.com

ABSTRACT

Objective: To evaluate the efficiency of *A. postica* and *P. simulans* with *M. anisopliae* in *Saccharum* spp.

Design/methodology/approach: Three doses of *M. anisopliae* (0.5, 1.0 and 1.5 kg ha⁻¹) and one control without application were evaluated in a randomized blocks design with five repetitions. The number of nymphs was counted, as well as the percentages of adult mortality and incidence of *M. anisopliae* and the values became arcsine. In the end the yield of the cane was determined. The means were compared by Tukey ($p \leq 0.05$).

Results: The number of nymphs in the control was increased and the applications of *M. anisopliae* did not induce a significant difference. Adult mortality increased with the highest dose of the fungus and the lowest in the control without application. The incidence of *M. anisopliae* increased when applying 1.00 kg ha⁻¹. The fungus was not observed in the control. The highest yield of cane was registered with the application of 1.50 kg h⁻¹ of *M. anisopliae*.

Limitations of the study/implications: The strain must have virulence of 90% and has low accepted by the producer in the region.

Findings/Conclusions: The infestation of *A. postica* and *P. simulans* is reduced after the application of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. The incidence of *M. anisopliae* it does not increase over the complex *A. postica* and *P. simulans* after its application. The yield of cane was increased with the dose 1.5 kg ha⁻¹.

Keywords: Biological control of spittlebug, sugarcane, yield

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la eficiencia de *A. postica* y *P. simulans* con *M. anisopliae* en *Saccharum* spp.

Diseño/metodología/aproximación: Se evaluaron tres dosis *M. anisopliae* (0.5, 1.0 y 1.5 kg ha⁻¹) y un testigo sin aplicación en un diseño bloques al azar con cinco repeticiones. Se contabilizó el número de ninfas, además los porcentajes de mortalidad de adultos e incidencia de *M. anisopliae* y los valores se convirtieron en arcoseno. Al final se determinó el rendimiento de la caña. Las medias fueron comparadas por Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados: Se incrementó del número de ninfas en el testigo y las aplicaciones de *M. anisopliae* no indujeron diferencia significativa. La mortalidad de adultos aumentó con la dosis más alta del hongo y la menor en el testigo sin aplicación. La incidencia de *M. anisopliae* aumentó al aplicar 1.00 kg ha⁻¹. El hongo no fue observado en el testigo. El rendimiento más alto de caña se registró con la aplicación de 1.50 kg ha⁻¹ de *M. anisopliae*.

Limitaciones del estudio/implicaciones: La cepa debe tener virulencia del 90 % y presenta aceptación por el productor en la región.

Hallazgos/conclusiones: La infestación de *A. postica* Walker y *P. simulans* Walker se reduce después de la aplicación del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sor. La incidencia de *M. anisopliae* (Metch.) Sor. no se incrementa sobre el complejo *A. postica* Walker y *P. simulans* Walker después de su aplicación. El rendimiento de caña se incrementó con la dosis 1.5 kg ha⁻¹.

Palabras clave: Control biológico de salivazo, caña de azúcar, rendimiento

éxito para el control de la mosca pinta o salivazo de los pastos en Brasil, Trinidad, Australia y Guatemala (Toriello *et al.*, 2008). El objetivo del presente fue evaluar la eficiencia del control biológico del complejo mosca pinta de la caña de azúcar *Aeneolamia postica* Walker y *Prosapia simulans* Walker con diferentes dosis del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se llevó a cabo durante los meses de septiembre 2017 a marzo 2018 en cultivo de caña azúcar en el Cantón La Lima, Huehuetán, Chiapas, temperaturas mínimas de 20.9 °C, medias de 27.5 °C y máximas de 35.9 °C, precipitaciones de 2,000 a 3,000 mm (INEGI, 2010) y humedad relativa mayor a 80 %. La cepa del hongo *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sor. que se usaron en este estudio fue proporcionada por el laboratorio de la Asociación Nacional de Cañeros.

Variables de Estudio

Número de ninfas del salivazo de la caña de azúcar

Para medir esta variable se realizó el conteo del número total de ninfas por cepa por repetición. Se realizaron muestreos cada diez días, en la zafra (15 de enero), y evaluó el número de ninfas persistentes en el área de estudio.

Porcentaje de infección de *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sor.

Para medir esta variable se realizaron conteos del número total de adultos con presencia de *M. anisopliae*, el porcentaje se calculó de la siguiente manera:

INTRODUCCIÓN

En México, los estados que representaron la mayor producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) durante la zafra 2016/2017 fueron Veracruz (40.51%), Jalisco (11.73%), San Luis Potosí (10.74%). Chiapas aportó el 5.30% de la producción, obtenida de los Ingenios ubicados en los Municipios de Huixtla (Ingenio Huixtla; 14,649 ha) y Venustiano Carranza (Ingenio Pujiltic, 17,036 ha) (CNPR, 2017). El Municipio de Huehuetán, Chiapas, donde está ubicada el área de estudio (1,871 ha) (SIAP, 2017), aportó el 5.91% a nivel estatal y 12.77% a nivel Ingenio (Huixtla) de la caña producida (CNPR, 2017). *Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp. están ampliamente distribuidos como plaga en cultivos como la caña de azúcar y pastos de forraje (Peck *et al.*, 2001). Las ninfas dañan las raíces y reduce del 10 al 30% el rendimiento (Garza y Sánchez, 2007) y los adultos dañan las hojas, alterando la fotosíntesis y disminuye la producción de sacarosa hasta 60% (Bautista y González, 2005). Algunos estudios que han evaluado el hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* incluyen la virulencia con base a su tiempo letal medio (TL₅₀), mortalidad y termo tolerancia en laboratorio (Toriello *et al.*, 2008), así como su eficiencia en campo (García *et al.*, 2009), y se ha utilizado con

$$\% \text{ de infección} = \frac{\text{número de adultos infectados}}{\text{número total de adultos}} \times 100$$

Rendimiento en Campo y Análisis Económico de la Caña de Azúcar

Para la obtención del rendimiento en campo, se pesaron los tallos en cada cepa y se extrapoló a toneladas por hectárea. Para la obtención del análisis económico se determinaron los siguientes valores. Costo por tonelada, costos de los materiales utilizados, su aplicación y costo del control.

Se utilizó un diseño en bloques al azar, con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. La descripción de los tratamientos se observa en el Cuadro 1. Cada tratamiento, así como sus repeticiones fueron delimitados por 3×3 m de ancho y largo para evitar el efecto de borde o de orilla. El tamaño de cada unidad de muestreo fue de 7.5 m de largo (cinco surcos) por 4.8 m de ancho y la parcela útil consistió de seis cepas, de esta forma el área por unidad de muestreo fue de 14.4 m² y el área total del experimento de 288 m².

Análisis de Datos

Los datos del número de ninfas del complejo mosca pinta de la caña de azúcar fueron transformados a $\sqrt{X-1}$, el porcentaje de infección del hongo fue transformado a $\arcsin \sqrt{\text{porcentaje}}$ y se realizó el Análisis de Varianza (ANOVA, $\alpha=0.05$), para comparar las medias se utilizó la prueba de Tukey con probabilidad de error de 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de ninfas del salivazo de la caña de azúcar

Antes de la aplicación del hongo *M. anisopliae* (Metch.) Sor. se observó que las medias del número de ninfas de la mosca pinta o salivazo de la caña de azúcar fue de 49.40 (tratamiento C), 53.0 (tratamiento B), 57.0 (tratamiento A) y 60.80 (testigo sin aplicación), no se presentó diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 2).

A los diez días después de la aplicación DDA de *M. anisopliae*, se observó que los tratamientos con diferentes dosis de *M. anisopliae* fueron estadísticamente

Cuadro 1. Dosis del hongo *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sor.

Clave	Descripción (conidios g ⁻¹)	Descripción (conidios ha ⁻¹)	Dosis (kg ha ⁻¹)
A	1.55×10 ¹²	1.55×10 ¹⁵	0.5
B	Testigo relativo 3.10×10 ¹²	3.10×10 ¹⁵	1.0
C	4.65×10 ¹² conidios	4.65×10 ¹⁵	1.5
D	Testigo absoluto	0.0	0.0

Cuadro 2. Medias por tratamiento del número de ninfas del salivazo en *Saccharum* spp., antes de la aplicación de *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sor.

Tratamientos (kg ha ⁻¹)	Medias	
	Campo	Transformados
A 0.50	57.00	7.39
B 1.00	53.00	7.15
C 1.50	49.40	6.92
D Testigo	60.80	7.68

iguales pero diferentes al testigo sin aplicación que obtuvo el mayor número de ninfas (37.80), sin embargo, a los 20 DDA de *M. anisopliae*, el tratamiento B obtuvo la menor media (18.0) comparado al resto de los tratamientos que fueron estadísticamente iguales al testigo sin aplicación (Cuadro 3).

La no existencia de diferencia estadística de los tratamientos a los 30 y 40 DDA (Cuadro 3), pudo deberse a que el salivazo de la caña haya retrasado su emergencia de estado de ninfa debido a algún cambio ambiental, así mismo, Guimarães et al. (2014) encontraron que aislados de *M. anisopliae* demostraron ser eficientes en el control del barrenador del tallo *Diatraea flavipennella* por contribuir a la elongación al período larval y de no favorecer a los insectos de llegar al estado de pupa.

Esta elongación puede ser un mecanismo de defensa que le permite al insecto escapar a la condición adversa

Cuadro 3. Número de ninfas del salivazo de *Saccharum* spp., después de 60 días de haber aplicado *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sor.

Tratamientos (kg ha ⁻¹)	Tiempo (días)					
	10	20	30	40	50	60
	Medias					
A 0.50	21.60 b*	21.80 ab	14.80	6.80	6.40 ab	6.20 b
B 1.00	23.40 b	18.00 b	17.20	6.20	6.00 bc	5.80 c
C 1.50	27.20 b	24.80 ab	23.80	5.80	5.60 c	5.00 d
D Testigo	37.80 a	28.40 a	19.00	7.20	6.80 a	6.50 a

* Medias de tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según prueba de Tukey a un $\alpha=0.05$ de probabilidad.

para completar su ciclo (Guimarães *et al.*, 2014). A este mecanismo se le puede conocer como huevos diapáusicos, y es un estado donde las actividades embrionales son controladas por factores neurohormonales y condicionadas a la percepción de señales ambientales (Tauber *et al.*, 1986 citado por Dinardo *et al.*, 2016).

A los 50 y 60 DDA, se observa la separación estadística de los tratamientos, obteniendo el menor número de ninfas el tratamiento C con 5.60 y 5.00, respectivamente (Cuadro 3). Estos resultados se le pueden atribuir a la disminución del número de ninfas en campo por *M. anisopliae* (Tiago *et al.*, 2011), a la alta distribución agregada del salivazo (Kassab *et al.*, 2014) y la formación de huevos diapáusicos (Tauber *et al.*, 1986 citado por Dinardo *et al.*, 2016).

Los muestreos realizados después de la zafra 2017/2018, demostraron la persistencia de las ninfas de la mosca pinta en el área de estudio; sin embargo, no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos con aplicación, pero diferentes al testigo sin aplicación (Cuadro 4). Este resultado puede deberse a que la temperatura afecta la persistencia del conidio y la mortalidad de los insectos subterráneos expuestos al hongo (Rath 2002 citado por Lanza *et al.*, 2009).

Porcentaje de Incidencia de *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sor.

A los 10, 20 y 30 DDA, los tratamientos con la aplicación del hongo no fueron estadísticamente diferentes

Cuadro 4. Comparación de medias del número de ninfas del salivazo de la caña de azúcar a los 10 y 20 días después de la zafra 2017/2018 en el área de estudio.

Tratamientos (kg ha ⁻¹)	Tiempo (días)	
	10	20
D Testigo Sin Aplicación	5.40 a*	5.80 a
A 0.50	3.60 b	4.00 ab
B 1.00	3.40 c	4.20 ab
C 1.50	3.20 d	3.40 b

* Medias de tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según prueba de Tukey a un $\alpha=0.05$ de probabilidad.

entre sí, pero diferentes al testigo. Una forma de que la infección por hongos entomopatógenos a individuos sanos pueda incrementarse en el cultivo es con el inóculo de cadáveres (Bruck 2005 citado por Kassab *et al.*, 2014). En esta investigación se encontró que la incidencia del hongo se presenta en las tres dosis utilizadas, destacando a los 10 y 20 DDA el tratamiento A (42.97 y 49.24) y a los 30 DDA el tratamiento B (34.12); sin embargo, no existe diferencia estadística entre tratamientos con *M. anisopliae* (Cuadro 5).

La incidencia de *M. anisopliae* a los 40 DDA de los tratamientos, fluctúa entre 12.32% para el tratamiento C y 32.92% del tratamiento B, no se observó presencia del hongo en el testigo sin aplicación, estadísticamente los tratamientos con *M. anisopliae* son similares entre sí pero el tratamiento C también es

similar al testigo sin aplicación (Cuadro 5). En un estudio en cultivo de col (*Brassica napus*) García *et al.* (2010) encontraron bajas mortalidades con la concentración de 1.2×10^6 conidios ha⁻¹ de *M. anisopliae*, indicando baja virulencia contra larvas del gusano de la col. En esta investigación, se

puede observar una disminución del número de ninfas, así como la incidencia del hongo en adultos de *A. postica* y *P. simulans*, indicando que el organismo utilizado cumple con uno de los objetivos del control biológico, que es asegurar que el organismo que se requiera introducir pueda completar su ciclo de vida en el cultivo y que pueda reproducirse (Tiago *et al.*, 2014).

La eficacia del control biológico del salivazo en la caña de azúcar depende de la precipitación, humedad relativa y temperatura que incrementan la habilidad de persistencia en el campo de la cepa *M. anisopliae*, disminuyendo así la probabilidad de reaparición de la plaga, contrario a las áreas con aplicación de insecticidas químicos, donde las altas precipitaciones incrementan la población de ninfas de *M. fimbriolata* (Kassab *et al.*, 2014).

Cuadro 5. Porcentaje de incidencia del hongo *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sor. en la mosca pinta en *Saccharum* spp., durante los seis muestreos después de la aplicación en Huehuetán, Chiapas, México.

Tratamiento (kg ha ⁻¹)	Tiempo (días)					
	10	20	30	40	50	60
A 0.50	42.97 a	49.24 a*	32.57 a	28.40 a	27.30 b	26.42 b
B 1.00	39.15 a	43.33 a	34.12 a	32.92 a	31.92 a	30.40 a
C 1.50	39.10 a	42.33 a	30.70 a	12.32 ab	12.10 c	12.00 c
D Testigo	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 d	0.00 d

* Medias de tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según prueba de Tukey a un $\alpha=0.05$ de probabilidad.

La sobrevivencia y esporulación de los conidios, se ven afectados por el potencial hídrico del suelo, en suelos con potenciales 0 a -2.0 KPa la sobrevivencia se reduce más rápido que en suelos con potenciales de -10 a -16 KPa (Li y Holdom, 1993 citado por Lanza et al., 2009), se ha observado que en suelos arcillosos tiene un efecto significativo en la sobrevivencia de los conidios de 30 d, en suelos areno arcillosos el tiempo de vida es de 60 d (Lanza et al., 2009). En esta investigación, el potencial hídrico del suelo fue de -1.69 KPa y de textura franco arenosa, y el hongo registró disminución del número de ninfas; sin embargo, se observó disminución de la incidencia en los adultos del salivazo o mosca pinta durante a los 50 y 60 d de evaluación.

El uso de hongos entomopatógenos para el control del salivazo de la caña de azúcar, genera también el control de otras plagas, como, por ejemplo, *Diatraea saccharalis* además de que no tiene efecto contra algunos enemigos naturales (Mendonça y Mendonça 2005 citado por Matabanchoy et al., 2012). Neupane (2005) citado por Torres et al. (2014) evaluó cepas de *M. anisopliae* (1×10^7 conidios ml^{-1}) sobre *Galleria mellonella* en colmenas de *Apis mellifera* infectadas, no encontrando efecto significativo sobre las abejas. Además, no se ha demostrado que los insectos plagas generen resistencia hacia el hongo, contrario a los plaguicidas químicos, lo que lo hace una alternativa viable (Jiménez et al., 2009).

Rendimiento en campo y análisis económico

Al finalizar los muestreos después de la aplicación de *M. anisopliae* se determinó el rendimiento de los tratamientos, determinando la varianza, y no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Otro factor diferente a los insectos plaga que afecta a la productividad es la edad, plantas en estados más avanzados pueden tener una mayor productividad de azúcar recuperable total (Kassab et al., 2014).

Kassab et al. (2014) estudiaron el efecto de combinaciones de *M. anisopliae* con dos insecticidas, entre las variables que determinaron se encontró la ganancia neta por hectárea, y los tratamientos que obtuvieron mayor ganancia con respecto al testigo sin aplicación, fueron *M. anisopliae* 3×10^{12} conidios ha^{-1} US\$ 170.73 (14.64 t ha^{-1}) y la combinación de *M. anisopliae* 3×10^{12} conidios ha^{-1} más 65 g de tiametoxam US\$ 193.99 (17.35 t ha^{-1}). En esta investigación, se observó numéricamente que el tratamiento C 1.5 kg ha^{-1} (4.65×10^{15} conidios ha^{-1}) obtuvo un incremento en el rendimiento de 8.88 t ha^{-1} (MX\$ 5,616.0), para el tratamiento B 1 kg ha^{-1} (3.10×10^{15} conidios ha^{-1}) fue de 2.78 t ha^{-1} (MX\$ 1,546.0) y el tratamiento A 0.5 kg ha^{-1} (1.55×10^{15} conidios ha^{-1}) incrementó 1.40 t ha^{-1} (MX\$ 780) con respecto al testigo sin aplicación (Cuadro 6).

CONCLUSIONES

La infestación del salivazo o ninfas de la mosca pinta de la caña de azúcar *Aeneolamia postica* Walker y *Prosapia simulans* Walker se reduce después de la aplicación del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sor. La incidencia del hongo *Metarhizium anisopliae* no se incrementa sobre el complejo *Aeneolamia postica* Walker y *Prosapia simulans* Walker después de su aplicación. El mayor rendimiento de la caña de azúcar fue de 109.41 t ha^{-1} para el tratamiento de mayor dosis equivalente a 1.5 kg ha^{-1} . *M. anisopliae* representa una alternativa viable para el control del salivazo de la caña de azúcar a partir de dosis de 0.5 kg ha^{-1} con incrementos del rendimiento de 1.40 a 8.88 t ha^{-1} .

LITERATURA CITADA

- Bautista G.A., González C. N. 2005. Tres dosis de *Metarhizium anisopliae* sobre la mosca pinta (*Aeneolamia* spp.) en caña de azúcar en la región de Los Ríos, Estado de Tabasco. Universidad y Ciencia. 21(47): 37-40.
- CNPR. Unión Nacional de Cañeros A.C 2017. Boletín Técnico InfoZafra 2016/2017. México D.F. Unión Nacional de Cañeros A.C.-CNPR 15(35). pp 1-7.

Cuadro 6. Rendimiento, costo por tonelada, ingreso bruto, costo de mantenimiento, y costo del control de *Aeneolamia postica* Walker y *Prosapia simulans* Walker con *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sor. y ganancia neta por hectárea de *Saccharum* spp.

Tratamientos (kg ha^{-1})	Rendimiento (t ha^{-1})	Costo tonelada* (MX\$)	Ingreso Bruto (MX\$)	Costo de mantenimiento por hectárea (MX\$)	Costo del control (MX\$)	Ganancia Neta por hectárea (MX\$)
A 0.5	101.93	700.0	71,351.0	5,880.0	200.0	65,271.0
B 1.0	103.31	700.0	72,317.0	5,880.0	400.0	66,037.0
C 1.5	109.41	700.0	76,587.0	5,880.0	600.0	70,107.0
D Testigo	100.53	700.0	70,371.0	5,880.0	0.0	64,491.0

*Precio basado en el mes de enero 2018.

- Dinarido-Miranda L.L., Vilela-Fracasso J., Perecin D., De Oliveira M. C., Peixoto-Lopes D.O., Sabongi-Izeppi T., Dos Anjos I.A. 2016. Resistance mechanisms of sugarcane cultivars to spittlebug *Mahanarva fimbriolata*. *Scientia Agricola* 73(2): 115-124.
- García-Gutiérrez C., Rosas-García N.M., Norzagaray-Campos M., Chaírez-Hernández I. 2010. Efficacy of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to control *Pieris rapae* on cabbage in the field. *Southwestern Entomologist* 35(1): 75-83.
- Garza U.E., Sánchez G. 2007. La mosca pinta *Aeneolamia postica* y su manejo en la Planicie Huasteca. Campo Experimental Sur de Tamaulipas. Sitio Experimental Ébano. INIFAP-CIRNE. San Luis Potosí, México. Folleto Técnico Número 16. 24 p.
- Guimarães J., Marques E.J., Wanderley-Teixeira V., de Albuquerque A.C., Dos Passos E. M., Silva C.C.M., Teixeira A.A.C. 2014. Sublethal effect of concentrations of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok on the larval stage and immunologic characteristics for *Diatraea flavipennella* (Box) (Lepidoptera: Crambidae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 86(4): 1973-1984.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. Huehuetán, Chiapas En: Compendio de información geográfica municipal 2010, México. 9 p.
- Jiménez-Martínez E., Sandino-Díaz V., Valle-Gómez N. 2009. Métodos de control de plaga. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua 141 p.
- Kassab-Oliveira S., De Souza-Loureiro E., Rossini C., Fagundes-Pereira F., Hidalgo-Barbosa R., Peressa-Costa D., Cola-Zanuncio J.. 2014. Combinations of *Metarhizium anisopliae* with chemical insecticides and their effectiveness in *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae) control on sugarcane. *Florida Entomologist* 97(1): 146-154.
- Lanza L.M., Monteiro A. C. Malheiros-Braga, E. 2009. Sensibilidade de *Metarhizium anisopliae* à temperatura e umidade em três tipos de solos. *Ciência Rural* 39(1): 6-12.
- Matabanchoy-Solarte J.A., Bustillo-P. A.E., Castro-Valderrama U., Mesa-Cobo N.C. Moreno-Gil C. A. 2012. Eficacia de *Metarhizium anisopliae* para controlar *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae), en caña de azúcar. *Revista Colombiana de Entomología* 38(2): 177-181.
- Peck D., Castro U., López F., Morales A., Rodríguez J. 2001. First records of the sugar cane and forage grass pest, *Prosapia simulans* (Homoptera: Cercopidae), from South America. *Florida Entomologist* 84(3): 402-409.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2017. Cierre de la producción agrícola por estado. Consultado el 17 de noviembre de 2017, de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/>.
- Tiago-Vieira P., de Lima-Souza H.M., Borsato-Moysés J., Tinti de Oliveira N., de Luna Alves-Lima E.A. 2011. Differential pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* and the control of the sugarcane root spittlebug *Mahanarva fimbriolata*. *Brazilian Archives of biology and Technology* 54(3) 435-440.
- Tiago-Vieira P., Tinti de Oliveira N., de Luna Alves-Lima E.A. 2014. Biological insect control using *Metarhizium anisopliae*: morphological, molecular, and ecological aspects. *Ciência Rural* 44(4): 645-651.
- Toriello C., Montoya-Sansón E., Zavala-Ramírez M., Navarro-Barranco H., Basilio-Hernández D., Hernández-Velázquez V., Mier T. 2008. Virulencia y termotolerancia de cultivos monospóricos de *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* de la mosca pinta (Hemiptera: Cercopidae). *Revista Mexicana de Micología* 28: 57-66.
- Torres-de la Cruz M., Cortez-Madrigal H., Ortiz-García C.F., Cappello-García S., Pérez- de la Cruz M. 2014. Cepas monospóricas de *Metarhizium anisopliae* y su patogenicidad sobre *Galleria mellonella* en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 5(2): 171-180.

FIRST RECORD OF NEOTROPICAL OTTER (*Lontra longicaudis* Olfers, 1818) IN 'CAÑÓN DEL RÍO BLANCO' NATIONAL PARK, VERACRUZ, MEXICO

PRIMER REGISTRO DE LA NUTRIA DE RÍO (*Lontra longicaudis* Olfers, 1818) EN EL PARQUE NACIONAL CAÑÓN DEL RÍO BLANCO, VERACRUZ, MÉXICO

Cid-Mora, O.¹; Rivera-Hernández, J.E.^{1,2*}; Alcántara-Salinas, G.^{1,2}; Sánchez-Páez, R.²; Aranda-Sánchez, J.M.³

¹Centro de Estudios Geográficos, Biológicos y Comunitarios, S.C. (Geobicom), Calle Santa María 13, U. Hab. San Román, Córdoba, Veracruz, 94542, México. ²Maestría en Paisaje y Turismo Rural, Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Carretera Córdoba-Veracruz, km 348, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C.P. 94946. ³Consultor independiente. Cerrada Tepeaca 10, San Jerónimo Lídice, Delegación Magdalena Contreras, C.P. 10200, Ciudad de México.

*Autor de correspondencia: jriverah@geobicom.org

ABSTRACT

Objective: Documenting the records of river otter (*Lontra longicaudis* Olfers, 1818) in the 'Cañón del Río Blanco' National Park (CRBNP), and in the Blanco River sub-basin, in Veracruz, Mexico.

Design/methodology/approximation: Visits were carried out during six months looking for indirect records and sightings in the CRBNP. A bibliographic revision was made regarding records of Neotropical otter in the Blanco River sub-basin. The records were documented photographically, identified and georeferenced with a Global Position System (GPS).

Results: The first record of Neotropical otter (*Lontra longicaudis* Olfers, 1818) was documented in the CRBNP, through direct sighting on the banks of the Blanco River, in the municipality of Ixtaczoquitlan, 23 km in a straight line from the nearest registry, in the Atoyac River, municipalities of Amatlán de los Reyes and Atoyac, Veracruz. In addition, records of this species have been found in the High Mountainous region of Veracruz, Mexico, together with the record of the species in the Alvarado Lagoon, representing the total distribution of Neotropical Otter in the Blanco River sub-basin.

Limitations of the study/implications: No limitations were found in the study.

Discoveries/conclusions: This record represents an interesting fact about the habitat of otters, since the Blanco River is considered the most polluted in the state of Veracruz and one of the most contaminated in Mexico; commonly this group of mammals was considered as a biological indicator of the health of ecosystems, but now they are considered as biomonitors to reveal changes in wetlands pollution.

Keywords: river otter, new record, Ixtaczoquitlan, Altas Montañas.



RESUMEN

Objetivo: Documentar los registros de nutria de río (*Lontra longicaudis* Olfers, 1818) en el Parque Nacional Cañón del Río Blanco (PNCRB) y en toda la subcuenca del Río Blanco, Veracruz, México.

Diseño/metodología/aproximación: Se realizaron recorridos durante seis meses en busca de registros indirectos y avistamientos en el PNCRB. Se llevó a cabo una revisión bibliográfica sobre registros de la nutria de río en la subcuenca del río Blanco. Los registros fueron documentados fotográficamente, identificados y georreferenciados con un Sistema de Geoposicionamiento Global (GPS).

Resultados: Se documenta el primer registro de nutria de río (*Lontra longicaudis* Olfers, 1818) en el PNCRB, mediante un avistamiento directo a orillas del río Blanco, en el municipio de Ixtaczoquitlán, a 23 km en línea recta del registro más cercano, en el río Atoyac, en los municipios de Amatlán de los Reyes y Atoyac, Veracruz, México. Se presentan los registros de esta especie en la región de las Altas Montañas de Veracruz y el registro de la especie en la laguna de Alvarado, que en su conjunto representan la distribución total conocida de la nutria en la subcuenca del río Blanco.

Limitaciones del estudio/implicaciones: No se presentaron limitaciones en el estudio.

Hallazgos/conclusiones: Este registro representa un dato importante sobre el hábitat de las nutrias, ya que el río Blanco se considera el más contaminado de Veracruz y uno de los más contaminados de México; estos mamíferos estaban considerados como indicadores biológicos de la salud de los ecosistemas, ahora considerados como biomonitores para revelar cambios en la contaminación de humedales.

Palabras clave: Perro de agua, nuevo registro, Ixtaczoquitlán, Altas Montañas

tamientos humanos sin que se note su presencia (Gallo-Reynoso, 2013). En México es una especie protegida por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, bajo la categoría de Amenazada (A).

En el Estado de Veracruz, México, se han realizado estudios sobre la nutria de río principalmente en la región central, específicamente en los ríos Pescados y Actopan (Macías y Aranda-Sánchez, 1999; Macías, 2003); en la región sur, dentro del sitio Ramsar Sistema Lagunar de Alvarado y en el río Papaloapan (Arellano *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2012; Ramos-Rosas, 2010) y en la región de los Tuxtlas (Ruíz, 1992; González-Christen *et al.*, 2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

El Cañón del Río Blanco fue decretado Parque Nacional el 22 de marzo de 1938 y se ubica en la zona centro del estado de Veracruz, en la región de las Altas Montañas, comprendiendo una superficie de 55,690 hectáreas, con un gradiente altitudinal que va de los 900 a los 2,800 m. En su territorio se pueden encontrar diferentes tipos de vegetación, como la selva mediana subperennifolia, bosque mesófilo de montaña, bosque de pino-encino, bosque de galería y matorral xerófilo (Rivera-Hernández, 2015). No obstante que el Cañón del Río Blanco alberga una importante biodiversidad (Rivera-Hernández, op. cit.), los mamíferos han sido escasamente estudiados, existiendo únicamente los trabajos de Fragoso y Rojas (2012), Uribe-Eguiarte (2015) y Cid-Mora (2015). El área de estudio fue la vertiente del río Blanco, en la porción perteneciente al Parque Nacional Cañón del Río Blanco (PNCRB). Durante seis meses, se realizaron recorridos en busca de registros

INTRODUCCIÓN

La nutria de río (*Lontra longicaudis* Olfers) es un carnívoro de la familia Mustelidae (Ramírez-Pulido *et al.*, 2014) y estaba considerada como una especie indicadora que está ligada a elementos, procesos y cualidades biológicas específicas, ya que es sensible a cambios ecológicos, por lo que se consideraba útil en el monitoreo de la calidad del hábitat (Miller *et al.*, 1999). Su distribución general va del norte de México al sur de Paraguay, Uruguay y el norte de Argentina (Larivière, 1999). En México, se distribuye en la península de Yucatán y en el sur del país, llegando hasta el estado de Morelos. En este punto su distribución se bifurca, llegando al sur de Tamaulipas por el lado del Golfo de México y a Sonora y Chihuahua, por el lado del Pacífico (Gallo-Reynoso y Casariego, 2014). La alimentación de *Lontra longicaudis* consiste principalmente de crustáceos, peces, moluscos y, en ocasiones, son consumidoras oportunistas de pequeños mamíferos, aves, reptiles e insectos (Gallo-Reynoso, 1997; Larivière, 1999). Son animales solitarios, aunque pueden observarse en parejas o grupos familiares desarrollando sus actividades (Aranda-Sánchez, 2012). Debido a sus hábitos nocturnos y crepusculares, sus encuentros con personas no son comunes y pueden vivir cerca de asen-

indirectos (huellas, excretas, etcétera) y de algún avistamiento directo. El registro fue documentado fotográficamente, identificado y georreferenciado con un Sistema de Geoposicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés), en el sistema de Coordenadas Geográficas. Adicionalmente, se hizo una revisión bibliográfica sobre otros registros de la especie sujeta a estudio en la región de las Altas Montañas y en la subcuenca del río Blanco.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El día 10 de noviembre del año 2015, a las 12:30 h, durante un recorrido en una zona de ecotono entre bosque mesófilo de montaña y bosque tropical perennifolio, con algunos elementos propios de la vegetación de galería (*Platanus mexicana* Moric. y *Salix humboldtiana* Willd.), según Rzedowski (1978), se registró por primera vez a la nutria de río (*Lontra longicaudis*), mediante un avistamiento de un ejemplar adulto (Figura 1), en los límites del Parque Nacional Cañón del Río Blanco. Las coordenadas geográficas del lugar son 18° 49' 48.73" N y 97° 04' 6.90" O, a una altitud de 1,153 m (Figura 2), en la frontera de los municipios de Ixtaczoquitlán y Rafael Delgado, en el río Matzinga, un pequeño afluente, a sólo 300 m de su desembocadura con el río Blanco, en una represa conocida como "Las Sirenas".



Figura 1. Ejemplar de nutria neotropical de río (*Lontra longicaudis*) en la presa de Las Sirenas. Foto: O. Cid-Mora

En días posteriores al avistamiento se acudió a la presa con el fin de buscar rastros de la nutria de río y se entrevistó a algunas personas que habitan en las cercanías y fue una persona que labora como velador en el lugar, quien informó acerca de la presencia de dos adultos y cuatro crías; indicando además de la existencia del nido, que días antes lo habían abandonado para adentrarse a las aguas del río Blanco.

Resulta importante este hallazgo ya que se cuenta con un registro de *Lutra felina* (ahora *Lontra longicaudis*) en 1880, pero sin especificar el lugar exacto, nombrando la localidad solo como Orizaba (Alston, 1879-1882; Gallo-Reynoso, 1997), por lo que el registro actual confirma la presencia de la especie en la zona. Por otra parte, los registros más cercanos a este lugar se realizaron a una distancia de 23 km en línea recta hacia el este (Hernández-Pérez, 2014; Hernández-Aguilar, 2014; Mora-Reyes, 2015) en el río Atoyac, en los municipios de Amatlán de

los Reyes y Atoyac, el cual cuenta con condiciones de conservación muy diferentes a las del Río Blanco, ya que no presenta problemas de contaminación tan severos como el Río Blanco (Figura 2). Adicionalmente, esta especie también ha sido registrada en el Río Blanco, pero en su desembocadura con la laguna de Alvarado (Ramos-Rosas et al., 2013), el cual representa un sitio mucho más contaminado que la parte alta de esta subcuenca, que es donde se ubica el Parque Nacional Cañón del Río Blanco. La presencia de la nutria de río en el sitio vislumbra nueva información acerca de la calidad del hábitat, en específico de la calidad del agua que necesita este carnívoro para su supervivencia, puesto que el Río Blanco está considerado como el río más contaminado del estado de Veracruz y uno de los cuatro ríos más contaminados del país (Escobar, 2002; Enríquez, 2003), sobre todo si se considera que este grupo de mustélidos

se le ha considerado por algunos autores como un indicador biológico de la calidad del ambiente (Miller et al., 1999; Soler, 2002; Prenda-Marín y López-Nieves, 1999). A pesar de que este hallazgo refuta la idea de la utilización de la nutria de río como un indicador de la calidad ambiental de cuerpos de agua, este no es el primer hallazgo de nutrias de río en corrientes contaminadas, resaltando el estudio de Delibes et al. (2009), quien por los resul-

tados de su estudio sobre la nutria eurasiática (*Lutra lutra*), pone en duda ya la utilización de las nutrias como indicadores de la buena calidad de los ambientes acuáticos en los que habitan, por lo que incluso, ahora las nutrias se consideran buenos biomonitores para revelar cambios en la contaminación en humedales (Zhou et al., 2008).

CONCLUSIONES

La presencia de esta especie en ríos contaminados muy probablemente se esté dando como un fenómeno de adaptación a las actividades antrópicas, o bien, como consecuencia del cambio climático. En todo caso, la documentación de esta especie en un gradiente altitudinal tan extenso (0-1150 m) y en una zona con alto grado de perturbación y contaminación del agua, permite pensar que la nutria de río está en proceso de adaptación a estas problemáticas, por lo que se encuentran poblaciones bien establecidas en las

distintas partes y afluentes de este río, haciendo urgente el tomar medidas de restauración y conservación de toda la subcuenca del río Blanco, especialmente en sus partes donde se encuentran áreas naturales protegidas, con el fin de garantizar la permanencia de esta especie.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Estudios Geográficos, Biológicos y Comunitarios, S.C. y al Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba por apoyar el desarrollo de esta investigación. El primer autor agradece a la Universidad Veracruzana, ya que esta investigación fue parte de su tesis de licenciatura. Nuestro agradecimiento a R.A. Vázquez-García y a F. Ruiz por la revisión minuciosa del manuscrito. Finalmente, se agradece a dos revisores anónimos por la revisión del manuscrito final que enriqueció esta investigación.

LITERATURA CITADA

Alston, E.R. 1879-1882. Mammalia. Vol I. En: Botting-Hemsley, W. (ed.) Biología Central-Americana. Museo de Historia Natural. Londres, Inglaterra.

Aranda-Sánchez, J.M. 2012. Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 255 pp.

Arellano-Nicolás, E., Sánchez-Núñez, E., Mosqueda-Cabrera, M.A. 2012. Distribución y abundancia de la nutria neotropical (*Lontra longicaudis annectens*) en Tlacotalpan, Veracruz, México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 28: 270-279.

Cid-Mora, O. 2015. Mamíferos medianos y grandes del bosque mesófilo de montaña del Parque Nacional Cañón del Río Blanco, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Zona Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana. Córdoba, México. 107 pp.

Delibes, M., Cabezas, S., Jiménez B., González, M.J. 2009. Animal decisions and conservation: The recolonization of a severely polluted river by the Eurasian otter. Animal Conservation 12: 400-407.

Enríquez, J.J. 2003. El río Blanco, el más contaminado del estado de Veracruz. Orizaba en Red. Nota 8782. (en línea). Consultado en septiembre 2016. Disponible en: http://www.orizabaenred.com.mx/cgi-bin/web?b=VER_NOTICIA&%7Bnum%7D=8782.

Escobar, J. 2002. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. Serie 50, División de Recursos Naturales e Infraestructura, Cepal/Eclac. Naciones Unidas. Santiago de Chile, Chile. 68 pp.

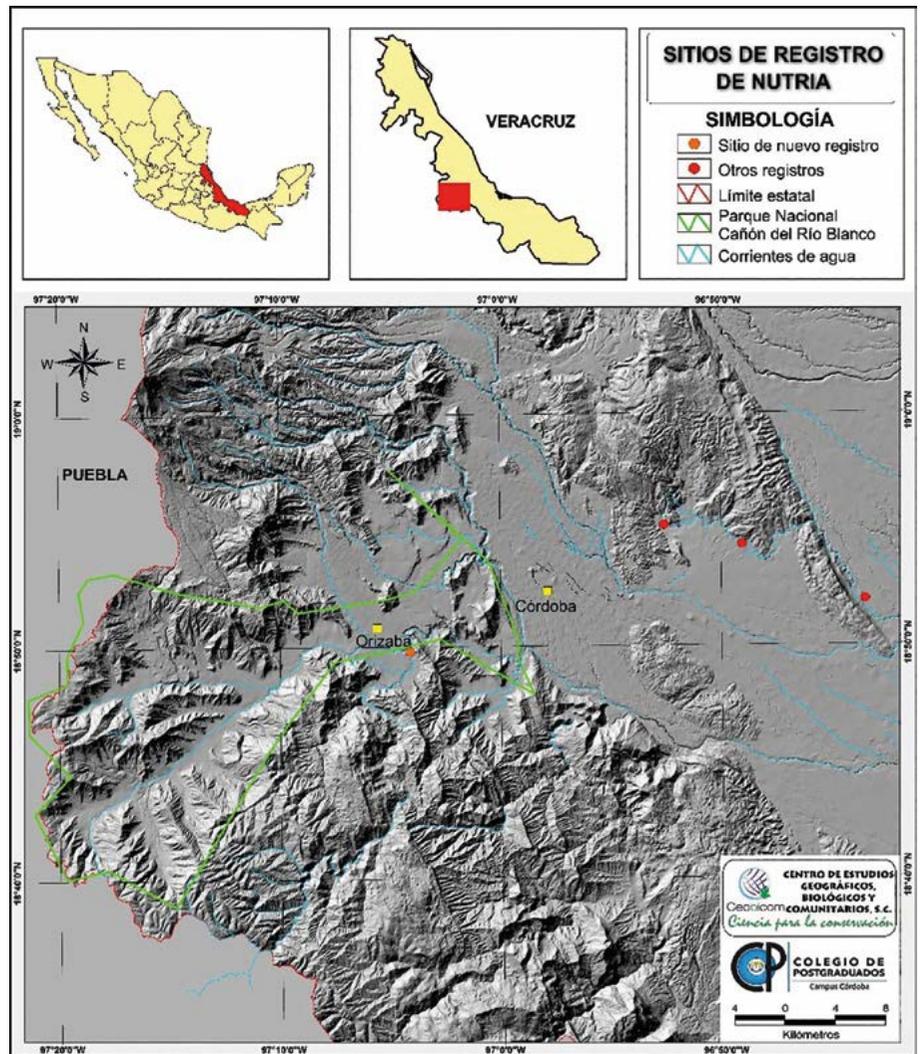


Figura 2. Sitios de registro de nutria de río en la región de las Altas Montañas de Veracruz, México.

Fragoso, C., Rojas, P. (Eds). 2012. Monitoreo Ecológico de una cantera rehabilitada por cementos Holcim Apasco en Veracruz. INECOL y Holcim Apasco. Xalapa, México.

Gallo-Reynoso, J. 1997. Situación y distribución de las nutrias en México, con énfasis en *Lontra longicaudis annectens* Major, 1987. Revista Mexicana de Mastozoología 2: 10-32.

Gallo-Reynoso, J. 2013. Presentación de la sección especial de nutrias de México. Therya 4(2): 187-190.

Gallo-Reynoso, J., Casariego, M.A. 2014. Neotropical river otter. Pp. 540-542 En: Ceballos, G. (ed.). Mammals of Mexico. Johns Hopkins University Press, Baltimore, E.U.A.

González-Christen, A., Delfín-Alonso, A., Sosa-Martínez, A. 2013. Distribución y abundancia de la nutria neotropical (*Lontra longicaudis annectens* Major, 1897), en el Lago de Catemaco, Veracruz, México. Therya 4: 201-217.

Hernández-Aguilar, T. 2014. Mastofauna del Ejido Caballo Blanco, Municipio de Atoyac, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Zona Orizaba-Córdoba. Universidad Veracruzana. Córdoba, México. 125 pp.

Hernández-Pérez, Y. 2014. Mamíferos medianos de la temporada otoño-invierno del 2013 de Ojo de Agua Grande, municipio de

- Amatlán de los Reyes, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Zona Orizaba-Córdoba. Universidad Veracruzana. Córdoba, México. 51 pp.
- Larivière, S. 1999. *Lontra longicaudis*. Mammalian Species 609: 1-5.
- Macías, S., Aranda-Sánchez, J.M. 1999. Análisis de la alimentación de la nutria *Lontra longicaudis* (Mammalia: Carnívora) en el sector del Río Pescados, Veracruz, México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 76: 49-57.
- Macías, S. 2003. Evaluación del hábitat de la nutria neotropical de río (*Lontra longicaudis* Olfers, 1818) en dos ríos de la zona centro del estado de Veracruz, México. Tesis de Maestría en Ciencias (Manejo de Fauna Silvestre). Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México. 91 pp.
- Miller, B., Reading, R., Strittholt, J., Carroll, C., Noss, R., Soulé, M., Sánchez, O., Terborgh, J., Brightsmith, D., Cheeseman, T., Foreman, D. 1999. Using Focal Species in the Design of Nature Reserve Networks. Wild Earth 1998/1999: 81-92.
- Mora-Reyes, A. 2015. Comparación de mamíferos medianos de cuatro ambientes en el Centro Ecoturístico Rancho Fermín, Atoyac, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Zona Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana. Córdoba, México. 87 pp.
- Prenda-Marín, J., López-Nieves, P. 1999. La nutria, un indicador ecológico de la calidad de los ríos. Una garantía de cursos fluviales productivos y bien conservados. Quercus 161: 10-17.
- Ramírez-Pulido, J., González-Ruiz, N., Gardner, A., Arroyo-Cabral, J. 2014. List of recent land mammals of México. Special Publications of the Museum of Texas Tech University 63: 1-69.
- Ramos-Rosas, N.N. 2010. Evaluación de la contaminación por metales pesados en el hábitat de la nutria neotropical (*Lontra longicaudis annectens*), en dos lagunas y ríos de los municipios de Alvarado y Actopan, Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias. INECOL. Xalapa Veracruz. 116 pp.
- Ramos-Rosas, N.N., Valdespino, C., García-Hernández, J., Gallo-Reynoso, J.P., Olguín, E.J. 2013. Heavy metals in the habitat and throughout the food chain of the Neotropical otter, *Lontra longicaudis*, in protected Mexican wetlands. Environmental Monitoring and Assessment 185: 1163-1173.
- Rivera-Hernández, J.E. 2015. Flora, vegetación y priorización de áreas de conservación del Parque Nacional Cañón del Río Blanco, Veracruz, México. Tesis de doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Universidad Nacional y Universidad Estatal a Distancia. San Carlos, Costa Rica. 264 pp.
- Ruiz-Betancourt, D. 1992. Contribución al conocimiento de algunos aspectos de la biología de la nutria neotropical o perro de agua (*Lontra longicaudis annectens*). Tesina de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana, Córdoba, México. 51 pp.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa. México, D.F.
- Silva-López, G., Mendoza-López, M.R., Cruz-Sánchez, J.S., García-Barradas, O., López-Suárez, G., Abarca-Arenas, L.G., Gutiérrez-Mendieta, F., Martínez-Chacón, A. 2012. A qualitative assessment of *Lontra longicaudis annectens* aquatic habitats in Alvarado, Mexico. IUCN Otter Specialist Group Bulletin 29: 70-120.
- Soler, A. 2002. Nutrias por todo México. CONABIO. Biodiversitas 43: 13-15.
- Uribe-Eguiarte, M.G. 2015. Inventario quiropterofaunístico de dos zonas boscosas aledañas a la ciudad de Cuautlapan, parte del Parque Nacional Cañón del Río Blanco, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Simón Bolívar. México, D.F.
- Zhou, Q., Zhang, J., Fu, J., Shi, J., Jiang, G. 2008. Biomonitoring: an appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem. Analytica Chimica Acta 606(2): 135-150.



MICROALGAE OF THE BOSQUE AZUL LAKE, FIRST REPORT OF *Limnothrix planctonica* IN MONTEBELLO, CHIAPAS, MÉXICO

MICROALGAS DEL LAGO BOSQUE AZUL, PRIMER REPORTE DE *Limnothrix planctonica* EN MONTEBELLO, CHIAPAS, MÉXICO

Olán-Jiménez, K.¹; Rosales-Quintero, A.¹; Novelo, E.²; Álvarez-Gutiérrez, P.E.³;
Castañón-González, J.H.¹; Enciso-Saénz, S.¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica, Carretera Panamericana Km 1080, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 29050.

²Universidad Nacional Autónoma de México, Departamento de Biología Comparada, Facultad de Ciencias, México. ³Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez Catedrática-CONACYT. Carretera Panamericana Km 1080, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 29050.

*Autor de correspondencia: arnol122@gmail.com

ABSTRACT

Objective: To identify microalgae morphologically from Bosque Azul Lake from Montebello Lakes National Park, Chiapas.

Design/methodology/approach: The samples were collected in April 2018 using a conical network by horizontal dragging for five minutes at 30 cm below the water surface. The samples were inoculated in test tubes in Guillard F/2 and BBM culture media to observe the presence of microalgae in optical microscope (10X and 40X). For the isolation, striation technique and serial dilutions in relation to 1:10 was applied, white LED lamps of 18 watts were used as a source of illumination, a photoperiod of 12:12 and a temperature of 25°C±2. For the morphological identification, semipermanent preparations were made for observation in two types of microscope: one of phase contrast and another of differential interference (20X, 40X and 100X). The morphological characteristics were compared with specialized bibliography according to their microalgal group.

Results: It was possible to isolate and morphologically identify two microorganisms from the Bosque Azul lake, belonging to the Lagunas de Montebello National Park, a *Pectinodesmus pectinatus* microalgae and a cyanobacterium *Limnothrix planctonica*.

Limitations of the study/implications: It is necessary to investigate the implications of these microalgae groups in the trophic state of the Bosque Azul lake, as well as the possible toxicity that *Limnothrix planctónica* may cause in the lake fish's.

Findings/conclusions: There are reports of lipid accumulation in *Pectinodesmus pectinatus* that could be used for the production of biofuels such as biodiesel. In the other hand, *Limnothrix planktonic* has been reported as a producer of metabolites with biotechnological potential in the production of lipids, pigments, carbohydrates and exopolysaccharides. Both microorganisms are the first reports in Chiapas and in the case of *Limnothrix planctónica*, the first report in Mexico.

Keywords: Isolation, identification, freshwater.

RESUMEN

Objetivo: Identificar morfológicamente microalgas del lago Bosque Azul del Parque Nacional Lagunas de Montebello, Chiapas.

Diseño/metodología/aproximación: Las muestras se recolectaron en abril de 2018 usando una red cónica por arrastre horizontal durante cinco minutos a 30 cm por debajo de la superficie de agua. Las muestras fueron inoculadas en tubos de ensayo en los medios de cultivo Guillard F/2 y BBM para observar la presencia de microalgas bajo microscopio óptico (10X y 40X). Para el aislamiento se aplicó la técnica de estriado y diluciones seriadas en relación 1:10, usando lámparas LED blancas de 18 watts como fuente de iluminación, un fotoperiodo de 12:12 y temperatura de 25 °C±2. Para la identificación morfológica se realizaron preparaciones semipermanentes para su observación en dos tipos de microscopio uno de contraste de fases y otro de interferencia diferencial (20X, 40X y 100X). Las características morfológicas obtenidas se compararon con bibliografía especializada de acuerdo a su grupo microalgal.

Resultados: Se logró aislar e identificar morfológicamente dos microorganismos de la laguna Bosque Azul del Parque Nacional Lagunas de Montebello una microalga *Pectinodesmus pectinatus* y una cianobacteria *Limnothrix planctónica*.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Es necesario investigar las implicaciones de estos grupos algales en el estado trófico del lago Bosque Azul, así como la posible toxicidad que pueda causar *Limnothrix planctónica* en los peces del lago.

Hallazgos/conclusiones: Existen reportes de acumulación de lípidos en *Pectinodesmus pectinatus* que podrían ser utilizados para la producción de biocombustibles como el biodiesel. Por otro lado, *Limnothrix planctónica* ha sido reportada como productora de metabolitos con potencial biotecnológico en la producción de lípidos, pigmentos, carbohidratos y exopolisacáridos. Ambos microorganismos son los primeros reportes en Chiapas y en el caso de *Limnothrix planctónica*, el primer reporte en México.

Palabras clave: Aislamiento, identificación, agua dulce

este ecosistema para su conservación y el aseguramiento de la biodiversidad. Entre los estudios previos sobre la diversidad de microalgas en Chiapas, está el realizado por Novelo (2013), quien reporta que existen al menos 81 especies de microalgas, de las cuales 39 fueron aisladas en la zona arqueológica de Palenque. Recientemente, Sánchez-Roque *et al.* (2018) estudiaron ocho diferentes recursos hídricos de Chiapas, de los que reportan que 90% de las microalgas encontradas pertenecen a la clase de Chlorophyceae. En general los estudios sobre el conocimiento de la biota microalgal para Chiapas es escasa, y se consideran importantes dadas las condiciones que prevalecen actualmente en la zona, donde se ha declarado, como una posibilidad del cambio de coloración en las lagunas, por la presencia de estos organismos. Desde el punto de vista fisicoquímico y con presencias de metales pesados, destaca el trabajo de Díaz *et al.* (2018), donde se muestra la presencia de Pb, Cr, Cd, Cu, Mn, Zn y Hg; y niveles de pH de 9.0 en la laguna La Encantada del PNLM cercana a la de este estudio. Con base en lo anterior, y con la finalidad de generar conocimiento sobre las microalgas del Parque Nacional Lagunas de Montebello (PNLM), el objetivo fue, identificar taxonómicamente las microalgas presentes en la laguna Bosque Azul del PNLM.

MATERIALES Y MÉTODOS

La recolecta de muestras fue en la laguna Bosque Azul del Parque Nacional Lagunas de Montebello (16° 11' 99" N y 91° 72' 90" O), con una longitud estimada de 1.32 km y 0.82 km de ancho y 58 m de profundidad (Alcocer *et al.*, 2016).

INTRODUCCIÓN

Chiapas, México, es una de las regiones con mayor biodiversidad del planeta y cuenta con reservas de biósferas, áreas naturales protegidas y parques nacionales. Uno de ellos es el Parque Nacional Lagunas de Montebello (PNLM), que está ubicado en la frontera de México con Guatemala. Este es un destino turístico ampliamente reconocido, y uno de los ecosistemas más importantes de Chiapas. La superficie del parque es aproximadamente de 6,425 Ha, y se han reportado 59 lagos dentro del parque. Esta localizado en los municipios de La Trinitaria y la Independencia y fue declarada área natural protegida, por el decreto presidencial del diario oficial de la federación el 16 de diciembre de 1959 (CONANP, 2007).

Debido a la importancia de este parque como reserva natural y atractivo turístico, es de particular importancia conocer la biodiversidad presente en

A las muestras de agua recolectada, se les midió el pH, temperatura y conductividad eléctrica con un potenciómetro marca HANNA HI981 en cinco puntos del lago Bosque Azul; cada determinación se realizó por triplicado. Para la toma de muestras se usaron frascos de vidrio previamente esterilizados de 120 mL de capacidad mediante un arrastre horizontal por 5 min a 30 cm de profundidad.

Aislamiento

El aislamiento preliminar se llevó a cabo por observación directa en un microscopio óptico binocular AmScope, para determinar la presencia de microalgas. Las muestras aisladas fueron inoculadas en tubos de ensayo con los medios de cultivo líquidos Guillard F/2 y BBM, para el cultivo en medio sólido, se aplicó la técnica de sembrado en estrías, y diluciones seriadas en relación 1:10 (Andersen y Kawachi, 2005). La propagación de las algas en medios líquidos y sólidos, se llevó a cabo en una cámara bioclimática en las que se usaron lámparas LED blancas de 18 watts como fuente de iluminación, con una intensidad de 9000 luxes, fotoperiodo de 12:12 y temperatura de 25 °C (Garduño et al., 2011). La identificación morfológica se realizó por observación directa en microscopio óptico Nikon Eclipse E400 y Nikon Eclipse 80i, usando como referencia los manuales de: Komárek y Fott (1983); Ettl y Gärtner (1995); Lara-Villa et al. (1996) y Novelo (2012) para comparación e identificación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros fisicoquímicos de agua del lago Bosque Azul

El muestreo de agua se llevó a cabo en distintos puntos del lago. Los resultados de la caracterización fisicoquímica se presentan en el Cuadro 1. Los puntos de muestreo obtenidos mediante un GPS, correspondieron a las coordenadas P1: N 16° 07' 31.3" N, 91° 43' 52.3" O; P2: 16° 07' 32.1" N, 91° 44' 00.1" O; P3: 16° 07' 41.3" N, 91° 44' 03.3" O; P4: 16° 07' 36.4" N, 91° 44' 18.9" O; P5: 16° 07' 42.4" N, 91° 44' 05.2" O.

Los registros mostraron que el valor de pH es superior al valor neutro, con un promedio de 8.95. La temperatura en todos los puntos fue la misma. La conductividad fue similar en tres puntos de muestreo, presentándose solo ligera diferencia en los puntos 3 y 4, de 10 y 20 S/m respectivamente.

De acuerdo a Hernández y Labbé (2014), la temperatura registrada para el lago Bosque Azul está dentro del rango óptimo establecido para el crecimiento microalgal (16 a 35 °C). La alcalinidad del lago (pH 8.9), es ligeramente superior al óptimo para el crecimiento de microalgas de acuerdo a lo reportado por Park et al. (2011), que sugiere que pH 8.0, es el más indicado para especies dulceacuícolas. Sin embargo, la FAO (1991) reporta que los rangos de pH para el crecimiento de las microalgas pueden ser de entre 7.0 y 9.0. De acuerdo a lo anterior, las condiciones del lago Bosque Azul puede ser nicho para el crecimiento algal. La conductividad eléctrica varió en dos de los puntos muestreados, esto probablemente debido a un efecto de dilución de los iones en el agua del lago, cuyas dimensiones son grandes.

Identificación taxonómica

En este estudio del lago Bosque Azul del PNLM, fue posible identificar dos especies de microalgas: una cianoprocariota: *Limnothrix planctonica*, y una clorofita: *Pectinodesmus pectinatus*.

Limnothrix planctonica

La cepa de *Limnothrix planctonica*, presentó una morfología de filamentos onduladas o intensamente enrolladas, isopolares, delgadas, finas, 1.66-1.88 μm de ancho, con simples, delgadas pero firmes. Tricomas finos, cilíndricos, generalmente no atenuados a los extremos o ligeramente atenuados, con células apicales redondeadas o cónicas. Células isodiamétricas o más largas que anchas (varias veces), cilíndricas azul verdoso pálido, grisáceo. Comunes en los suelos, en agua dulce y agua de mar. De acuerdo a estas características morfológicas, se obtuvo la siguiente taxonomía hasta nivel de especie:

Clase Cyanophyceae

Orden Synechococcales

Familia Pseudanabaenaceae

Subfamilia Pseudanabaenoideae

Género *Limnothrix*

Especie planctónica

Cuadro 1. Parámetros fisicoquímicos del agua del lago Bosque Azul, del PNLM.

	P1	P2	P3	P4	P5
pH	8.93±0.00	8.90±0.00	9.04±0.02	8.94±0.03	8.97±0.01
T (°C)	23±0.00	23.1±0.00	23.1±0.00	23±0.00	23.1±0.00
CE (S/m)	600±0.00	600±0.00	610±0.00	620±0.00	600±0.00



Figura 1. *Limnothrix planctonica*, aislada del lago Bosque Azul del PNLM.

L. planctonica ha sido aislada en Polonia (Lenard y Ejankowski 2017), China (Zhu et al. 2012), Tailandia (Som-dee et al., 2013), Estonia (Piiirsoo et al. 2008) y Canadá (Kelly et al., 2006).

Pectinodesmus pectinatus

La cepa de *Pectinodesmus pectinatus* presenta células fusiformes, a veces elipsoidales; las células externas están arqueadas y las internas son rectas. Hay un cloroplasto parietal con un pirenoide por célula. Longitud y anchura de las células de 3-5 μm. De acuerdo a estas características morfológicas, se obtuvo la siguiente taxonomía hasta nivel de especie:

- Clase Chlorophyceae
- Orden Sphaeropleales
- Familia Scenedesmaceae
- Subfamilia Scenedesmoidea
- Género *Pectinodesmus*
- Especie *pectinatus*

Esta microalga es abundante en ambientes eutróficos, lo que significa que es necesario poner atención en cual-

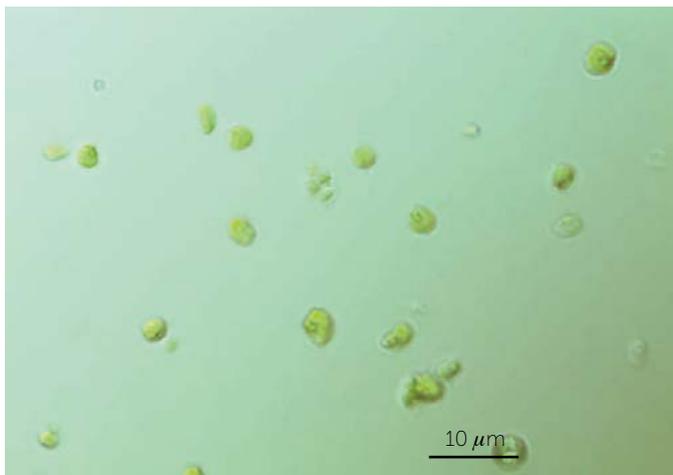


Figura 2. *Pectinodesmus pectinatus* aislada del lago Bosque Azul del PNLM.

quier modificación del nivel trófico del cuerpo de agua, también es una especie que tiene registros muy prometedores para su utilización en biorrefinerías, y obtención de metabolitos secundarios de gran demanda.

CONCLUSIONES

La calidad de agua del lago es aceptable en cuanto a los parámetros determinados; un pH alcalino de 8.9 y conductividad eléctrica de 606 s/m. En este estudio se demostró la presencia de *Pectinodesmus pectinatus*, y *Limnothrix planctonica* en el lago Bosque Azul del PNLM siendo ambas primer reporte para el estado de Chiapas y *L. planctonica* primer registro para México.

AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento recibido a través del proyecto 6208.17-P, "Construcción y operación de un fotobiorreactor de agitación neumática para el cultivo de microalgas".

LITERATURA CITADA

- Alcocer, J., Oseguera, L.A., Sánchez, G., González, C.G., Martínez, J.R., González, J.R. (2016). Bathymetric and morphometric surveys of the Montebello Lakes. Chiapas. J Limnol. 75:56–65.
- Andersen, R.A., Kawachi, M. (2005). Traditional Microalgae Isolation Techniques. Algal Culturing Techniques. Elsevier Academic Press. E.U.A., 83-100.
- CONANP, 2007. Programa de Conservación y Manejo, Parque Nacional Lagunas de Montebello, SEMARNAT, México.
- Díaz C, C.E.; Castañón-G, J.H.; Villalobos-M, J.J.; Ruiz-V, V.M.; Báez-S, R; Gómez J, A., Trejo-V, R. (2018). Quantification of pesticides and heavy metals in sediments of the "Enchanted" lake of the national park ponds of Montebello, Chiapas, México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. (34),99-104.
- Ettl, H., Gärtner, G. (1995). Germany: SEMPER BONIS ARTIBUS.
- FAO. (2011). Desarrollo de la acuicultura. 4. Enfoque ecosistémico a la acuicultura. FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable. 5(4). 60.
- Garduño-Solórzano G, Rodríguez-Palacio M.C, Martínez-García, M. (2011). Cultivos de microalgas del Lago de Catemaco, Veracruz. Rev Latinoam Biotecnol Amb Algal 2(2):67-80.
- Hernández-Pérez, A., Labbé, J.I. (2014) Microalgas, cultivo y beneficios, 49(2), 157-173.
- Kelly, D., Budd, K., Lefebvre, D.D. (2006). Mercury analysis of acid- and alkaline-reduced biological samples: Identification of meta-Cinnabar as the major biotransformed compound in algae. Applied And Environmental Microbiology, 72(1), 361–367.
- Komárek, J., Fott, B. (1983). Alemania: Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Lara-Villa, M.A., Moreno-Ruiz, J.L., Amaro-Mauricio, E.J. (1996). Fitoplancton: Conceptos Básicos y Técnicas de Laboratorio. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad iztapalapa, México, D. F.

- Lenard, T., Ejankowski, W. (2017). Natural water brownification as a shift in the phytoplankton community in a deep hard water lake. *Hydrobiologia*, 787, 153-166.
- Novelo, E. (2012). México: Instituto de Biología, UNAM.
- Novelo, E. (2013). Diversidad de algas dulceacuícolas. Una riqueza y un potencial por descubrir. pp. 97-102. En: La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de Chiapas, México.
- Park, J. B. K.; Craggs, R. J.; Shilton, A. N. (2011) Wastewater Treatment High Rate Algal Ponds for Biofuel Production. *Bioresour. Technol.*, 102 (1), 35-42.
- Piirsoo, K., Pall, P., Tuvikene, A., Viik, M. (2008). Temporal and spatial patterns of phytoplankton in a temperate lowland river (Emajõgi, Estonia). *Journal of Plankton Research*, 30(11), 1285-1295.
- Sánchez-Roque, Y., Pérez-Luna, Y., Moreira-Acosta, J., Farrera-Vázquez, N., Berrones-Hernández, R., Saldaña-Trinidad, S., Pathiyamattom J. (2018) Evaluation of the population dynamics of microalgae isolated from the state of Chiapas, México with respect to the nutritional quality of water. *Biodiversity Data Journal* 6: e28496.
- Somdee, T., Tunyalu, K., Somdee, A. (2013). Monitoring toxic cyanobacteria and cyanotoxins (microcystins and cylindrospermopsins) in four recreational reservoirs (Khon Kaen, Thailand). *Environ Monit Assess*, 185, 9521-9529.
- Zhu, M., Yu, G., Li, X., Tan, W., Li, R. (2012). Taxonomic and phylogenetic evaluation of *Limnothrix* strains (Oscillatoriales, Cyanobacteria) by adding *Limnothrix planktonica* strains isolated from central China. *Hydrobiologia*, 698, 367-374.



MUTAGENESIS OF *in vitro* MATERIAL FROM *Pseudotsuga menziesii* AND OBTAINING MUTANT LINES

MUTAGENESIS DE MATERIAL *in vitro* DE *Pseudotsuga menziesii* Y OBTENCIÓN DE LÍNEAS MUTANTES

Castillo-Martínez, C. R.¹; García-Campusano, F.¹, Vallejo-Reyna, M., A.^{1*}, Reyes-Martínez, I.¹. y De la Cruz-Torres E.²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. CENID-COMEF. Av. Progreso No. 5, Colonia Barrio de Santa Catarina, Delegación Coyoacán, Ciudad de México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Carretera México Toluca- La Marquesa s/n, Ocoyoacac, Estado de México. C.P. 52750.

*Autor para correspondencia: vallejo.miguel@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Objective: To generate mutant lines of smaller size of *Pseudotsuga menziesii*, by starting from seminal and vegetative material exposed to different doses of gamma rays.

Design/methodology/approximation: A completely randomized design was used; seeds and embryos isolated from *P. menziesii* were irradiated with a source of gamma-ray; the LD50 was determined for each tissue type 150 and 18 Gy, respectively. A total of 750 explants were irradiated, their growth was evaluated at 60 days, selecting the individuals that showed a growth reduction greater than 30%. In order to multiply the *in vitro* lines, the optimal medium recommended for the species was evaluated with the combination of two growth regulators and three concentrations to determine which generated the highest number of shoots per explant. The growth was measured and compared to the control by the Tukey test at a level of 5% confidence.

Results: It was found that the dose of 12 Gy in vegetative tissues propagated *in vitro* allows to generate mutations that can give rise to mutant lines of interest according to the objective of the selection, which for this study was the reduction of growth; three mutant lines were selected and a means to multiply the generated lines was determined.

Limitations of the study/implications: Genetic improvement programs in forest species should be projected in the long term; mutagenesis is random, in addition to generating chimeras that can make it difficult to fix the selected character.

Findings/conclusions: The dose of 12 Gy gave rise to three mutant lines with growth reduction greater than 30% in relation to the control, and the DCR medium BA 0.25 mg L⁻¹+ANA 0.1 mg L⁻¹ allowed generating an average of 9.1 shoots per explant on average at 60 days.

Keywords: growth reduction, propagation, mini-trees.

RESUMEN

Objetivo: Generar líneas mutantes de menor porte de *Pseudotsuga menziesii*, partiendo material seminal y vegetativo expuesto a diferentes dosis de rayos gamma.

Diseño/metodología/aproximación: Se empleó un diseño completamente al azar, se irradiaron con una fuente de



rayos gamma semillas y embriones aislados de *P. menziesii*, se determinó la DL50 para cada tipo de tejido 150 y 18 Gy respectivamente. Se irradiaron un total de 750 explantes, se evaluó su crecimiento a los 60 días seleccionando los individuos que mostrara una reducción del crecimiento mayor al 30%. Para poder multiplicar las líneas *in vitro* se evaluó el medio óptimo recomendado para la especie con la combinación de dos reguladores de crecimiento y tres concentraciones para determinar cuál generaba el mayor número de brotes por explante. El crecimiento se midió y se comparó con respecto al testigo por la prueba de Tukey a un nivel del 5% de confianza.

Resultados: Se encontró que la dosis de 12 Gy en tejidos vegetativo propagados *in vitro* permite generar mutaciones que pueden dar origen, según el objetivo de la selección a líneas mutantes de interés, para este estudio fue la reducción del crecimiento, se lograron seleccionar tres líneas mutantes y determinar un medio para multiplicar las líneas generadas.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Los programas de mejoramiento genético en especies forestales deben ser proyectados a largo plazo, las mutagénesis es aleatoria, además de generar quimeras que pueden dificultar fijar el carácter seleccionado.

Hallazgos/conclusiones: La dosis de 12 Gy dio origen a tres líneas mutantes con reducción del crecimiento mayor al 30% con respecto al testigo y el medio DCR BA 0.25 mg L⁻¹+ANA 0.1 mg L⁻¹ permitió generar un promedio de 9.1 brotes por explante en promedio a los 60 d.

Palabras clave: reducción del crecimiento, propagación, mini-árboles.

Si bien en el norte del país la regeneración natural de *Pseudotsuga* es aceptable (Domínguez *et al.*, 2004), lo limitado de su distribución y la vulnerabilidad de la especie amerita estudios y proyectos enfocados al aprovechamiento sustentable y conservación (Domínguez-Álvarez, 1994). Los mayores problemas de la especie se agudizan en la región sur de su distribución, particularmente en Hidalgo, Tlaxcala y Oaxaca, México, donde la regeneración natural es escasa a consecuencia del bajo número de individuos en las poblaciones, lo que promueve la autopolinización e infertilidad generando alto porcentaje de semillas vanas y baja capacidad de germinación (Zavala-Chávez y Méndez-Montiel, 1996).

El cultivo *in vitro* tiene el potencial de multiplicar individuos maduros considerados genotipos elite (Villalobos *et al.*, 1983; Thorpe y Harry, 1991). El uso de técnicas de cultivo *in vitro* para la regeneración de especies forestales se ha extendido considerablemente desde que se obtuvo la primera plántula de *Pinus palustris* en 1975 (Sommer *et al.*, 1975, Aitken-Christie y Thorpe, 1984; Von Arnold, 1988). Desde entonces, se han generado protocolos para la micropropagación de más de cien especies de árboles forestales, de las cuales una tercera parte son gimnospermas, con particular énfasis en especies del género *Pinus* (Thorpe *et al.*, 1991).

Cuando se decide inducir mutagénesis en alguna especie vegetal (agrícola o forestal), deriva del hecho que se tiene un objetivo inicial que puede ser tan amplio como solo generar variabilidad dentro de poblaciones con alto grado de endogamia, o tener fines muy

INTRODUCCIÓN

El pinabete *Pseudotsuga menziesii* es una especie económicamente importante en EUA y Europa Central, el uso tradicional de esta especie es con fines maderables debido a su fuste recto y limpio, por lo que se utiliza para chapado y contrachapado y la madera aserrada suele usarse como material de construcción (USDA Forest Service, 2017). En México, su explotación maderable es limitada debido a que su crecimiento está confinado a laderas de difícil acceso. Sin embargo, debido a la suavidad de sus hojas, su color verde-azulado, así como su agradable y característico aroma es una de las especies favoritas para usarse como árbol de navidad (CONABIO, 2017; Vargas *et al.*, 2004) por lo que hay más de 30 productores certificados de *Pseudotsuga menziesii* para comercializarlos con tal fin (CONAFOR, 2017). Dentro de la problemática de la especie esta el hecho de que las poblaciones actuales del género *Pseudotsuga* son relictos de una distribución antigua de mayor amplitud (Farjon, 1990; Debreczy y Rácz, 1995). Sin embargo, debido al cambio de uso de suelo boscoso para agricultura y ganadería, a la tala inmoderada, el sobrepastoreo del sotobosque, incendios forestales y el ataque de plagas a semillas y estróbilos, se ha reducido la superficie originalmente ocupada por este taxón. Por ello, en distintas regiones del país hay problemas para el uso y conservación de este recurso (Domínguez-Álvarez, 1994; Pérez-Sánchez, 1996; Zavala-Chávez y Méndez-Montiel, 1996).

concretos, tales como la resistencia a factores biótico (plagas y enfermedades) y abióticos (resistencia a salinidad altas o bajas temperaturas, sequía etcétera), modificaciones en la estructura y morfología de las plantas (formas, tamaño y coloración).

En el sector forestal, la mutagénesis ha sido utilizada para el mejoramiento de especies tropicales y coníferas. Existe interés particular en modificar la tasa de crecimiento, fenología, conformación de los árboles, calidad de la producción de madera o de celulosa para la industria del papel y desde luego la tolerancia o resistencia a factores que limitan la producción en plantaciones comerciales. Por ejemplo, la irradiación con rayos gamma de semillas de *Acacia nilotica* y *Prosopis juliflora* (Fabaceae) generó fenotipos con características favorables para la agroforestería: árboles vigorosos con tronco simple; troncos largos o cortos; troncos gruesos o estrechos; espinas permanentes o caducas; formas espinosas o sin espinas y ramas compactas o extendidas (Goel y Behl, 2005).

La exposición de semillas de *Pinus wallichiana* y *Pinus kesiya* a 100 Gy dió como resultado una reducción de 50% en la tasa de crecimiento de las plantas comparadas con las no irradiadas (Thapa, 2004). En *P. oocarpa* se demostró que el uso de la radiación gamma tuvo efectos directos en las propiedades físicas de la madera como el crecimiento e incremento o decremento de masa (Rezende et al., 1999). Recientemente se ha planteado también la utilidad de usar dosis bajas de radiación para promover respuestas fisiológicas, como el crecimiento temprano en especies como *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii* (Iglesias et al., 2012). Con base en lo anterior, el objetivo fue generar líneas mutantes de menor porte de *Pseudotsuga menziesii*, partiendo material seminal y vegetativo expuesto a diferentes dosis de rayos gamma.

MÉTODOS Y MATERIALES

Material inicial

Se realizaron los ensayos con semillas de *P. menziesii* y embriones aislados, tanto semillas como embriones, tuvieron el mismo origen, procedentes del mismo lote de semilla de árboles de la región de Terrenate, estado de Tlaxcala, México, y se recolectaron en febrero de 2016. En el caso de las semillas el proceso de irradiación fue directa y de los embriones pasaron por un proceso de manipulación *in vitro* previo a su exposición a radiación gamma.

Preparación de medios de cultivo usados en embriones aislados y para la recuperación y multiplicación de material irradiado

Se evaluaron dos medios de cultivo; el primero para el establecer e irradiar embriones, que fue el medio Murashige y Skoog (MS) (1962), mientras que para la recuperación y multiplicación de embriones después de ser expuestos a radiación gamma se usó el medio DCR con la combinación de los siguientes reguladores de crecimiento BA 0.25, 0.5 mg L⁻¹, mT 0.25, 0.5 mg L⁻¹ y ANA 0.1 mg L⁻¹, a los medios anteriores se les adicionaron 9 g L⁻¹ de agar y 30 g L⁻¹ de sacaros, en todos los casos el pH se ajustó a 5.7 y mediante un despachador se depositaron 10 ml de medio a los tubos de ensayo, los cuales después fueron esterilizados.

Tren de desinfección de semillas para aislar embriones

Para la desinfección de las semillas se colocaron en un tubo, con tapa con peróxido de hidrógeno al 3% v/v, por 24 h, transcurrido el tiempo se decantó el peróxido y se enjuagaron las semillas en tres veces con agua estéril. Lo siguiente pasos se realizaron en campana de flujo laminar. Se agregó nuevamente peróxido de hidrógeno 3% por 15 min, después decantó el líquido y agregó cloro al 20% v/v por 12 min, posteriormente se debe eliminar el cloro y realizaron cinco enjuagues con agua destilada estéril. Las semillas ya deben estar completamente desinfectada y listas para continuar con el proceso de aislamiento de embriones.

Extracción de embriones y siembra en medio de cultivo

La siembra se realizó en condiciones asépticas en la campana de flujo laminar. El proceso consistió en extraer el embrión de las cubiertas seminales y megagametofito. El aislamiento (o disección de embriones) debe realizarse bajo condiciones de estricta asepsia. La semilla requiere previamente ser desinfectada. Para poder realizar el aislamiento correcto de los embriones que se debe colocar con su ala hacia arriba, al mantener firme la semilla en esta posición se realiza un corte muy superficial y longitudinal, que se permita la libre expulsión del embrión, una vez realizado este corte se debe presionar desde la parte de atrás de la semilla para que el embrión emerge (Figura 3).

DL50 con radiación gamma

Con la finalidad de determinar la DL50 tanto de semillas como de embriones aislados se realizó un ensayo con diferente dosis de radiación gamma. En el caso de semillas se utilizaron lotes de 100 semillas en tubo de cultivo

y una repetición por dosis 0, 25, 50, 75, 10, 150, 250, 300 y 400 Gy, las semillas irradiadas se colocaron en cajas Petri para germinar y se evaluó la tasa de germinación cada semana hasta llegar a 10 semanas para obtener el porcentaje final. Con respecto a los embriones aislados se utilizaron 25 embriones germinados *in vitro* en cajas petri y tres repeticiones por dosis 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 y 27 Gy posterior a la radiación los embriones se transfirieron a medio fresco y se evaluó la supervivencia en 30 d.

Selección y propagación de líneas mutantes

Una vez que se dermino cual sería la dosis de radiación gamma se irradiaron tanto semillas como embriones, usando 150 Gy para semillas, 9 y 12 Gy para embrines aislados. El material recuperado después de ser irradiado se estableció en un madio base MS, para seleccionar todos aquellos individuos que presentaron una disminución de al menos un 25% de su crecimiento, y para poder incrementar estas líneas iniciales se uso el mejor medio para multiplicación DCR más BA 0.25 mg L⁻¹+ANA 0.1 mg L⁻¹ para incrementar las líneas y hacer una evaluación en la V2 propagación vegetativa y comparar su crecimiento con respecto a l testigo.

Análisis de datos

Se utilizó un diseño completamente al azar Se realizó un ANOVA y comparación de medias de Tuckey (p≤0.05); estos análisis se realizaron con el programa estadístico R, versión 3.4.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Medio de cultivo para multiplicación de líneas mutantes

El tratamiento de medio DCR con la combinación de BA 0.25 mg L⁻¹+ANA 0.1 mg L⁻¹ bndfhtdj mostro en mayor número de brotes generados a las diez semanas de 9.0 (Figura 1). Una respuesta positiva, similiar a lo encontrados Sommers (1975), con una combinación similar de reguladores, la tasa de multiplicación que se obtuvo permitió multiplicar las líneas mutantes para

evaluar hasta la generación V2 su crecimiento.

DL50 y dosis para irradiar tejidos y semillas

El efecto del tratamiento de la radiación gamma conforme a la dosis en Grey permitio determinar el rango de la DL50 en semillas de 150 Gy (Figura 1) y en embriones aislados de 18 Gy (Figura 2), de esta información se establecieron dosis para la irradiación masiva de semillas y tejidos *in vitro*, con fines de generar mutantes de interés. Para semillas se seleccionó la dosis de 150 Gy y para embriones aislados de 9 y 12 Gy

Selección y crecimiento de líneas mutantes

Despues de someter embriones aislados a radiación gamma con dosis de 9 y 12 Gy se permitio su desarrollo hasta los 30 y 60 d, para evaluar los ejemplares con un desarrollo menor a 25%, y de todos los individuos (n=725), se seleccionaron tres provenientes de una dosis de 12 Gy que mostraron una disminución en dicho parámetro, estos individuos se multiplicaron hasta la V2 para volver a evaluar su crecimiento (Figura 3), se observó que mantenían su patrón las tres líneas igual que lo reportado en crisantemo por Castillo *et al.* (2015) donde se logro reducir el crecimiento de una línea mutante. La línea uno (L1) mostro la reducción en crecimiento de más de 60% con respecto al testigo, por lo que se considera la más prometedora para ser utilizada en maceta como mini-árbol.

CONCLUSIONES

Fue posible obtener tres líneas mutantes promisorias a partir de embriones aislados con dosis de rayos

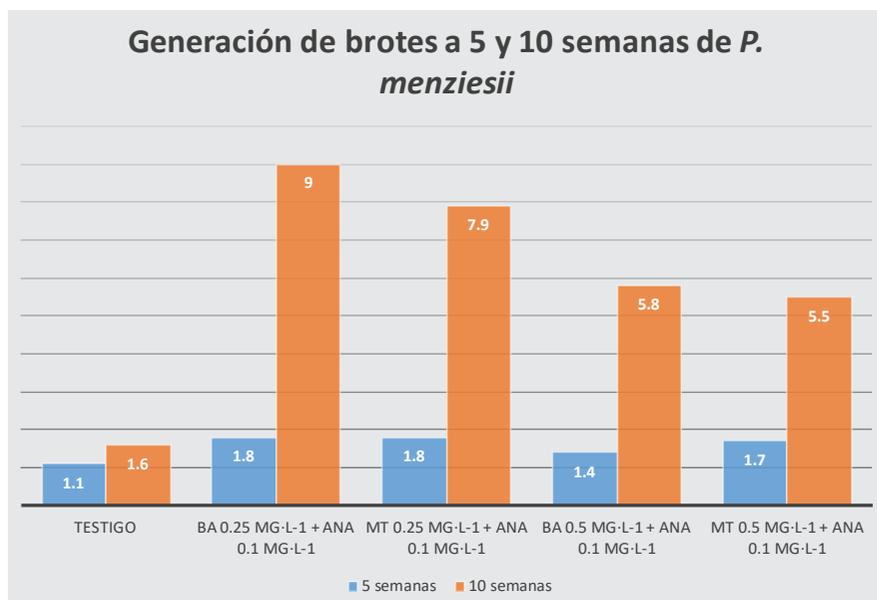


Figura 1. Respuesta en la formación de brotes por explante de *P. menziesii* en cuatro combinaciones de reguladores de crecimiento a 5 y 10 semanas.

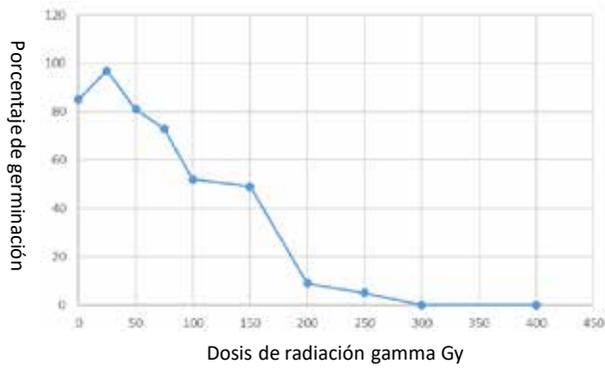


Figura 2. Respuesta de germinación de semillas de a diferentes dosis de radiación gamma después de 30 días.

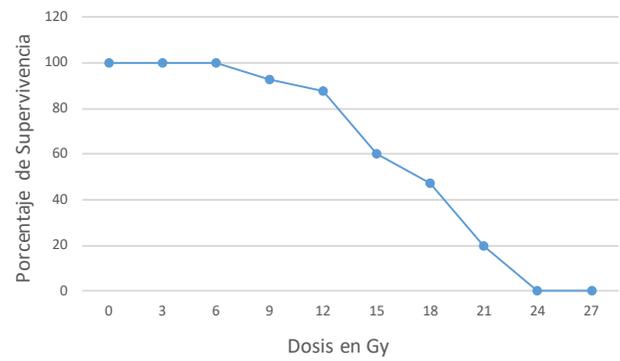


Figura 3. Respuesta de supervivencia de embriones aislados de a diferentes dosis de radiación gamma después de 30 días.

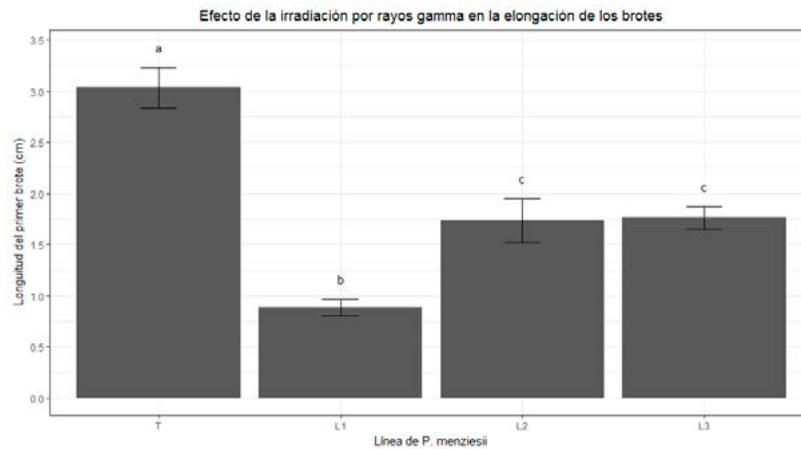


Figura 4. Creimiento de tres líneas mutantes a 60 días, con respecto al testigo, medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

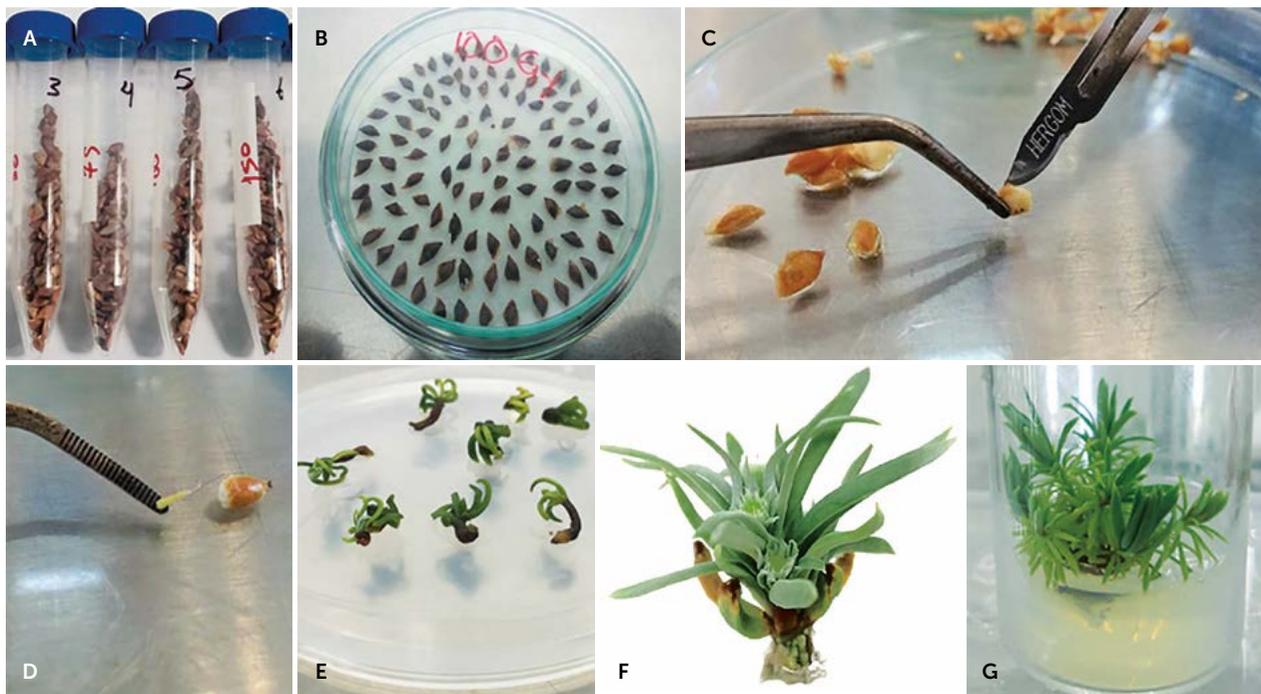


Figura 5. Semillas *P. menziesii* para ser irradiadas; A) Semillas de *P. menziesii* después de ser irradiadas; B) Aislamiento de embriones; C) Embrion aislado; D) Embriones irradiados con 12 Gy; E) Formación de nuevos brotes a 30 días de línea mutante; f) Desarrollo de brotes a 60 días de línea mutante; G).

gamma de 12 Gy después de su evaluación en la V2, la línea 1 mostró el menor crecimiento, se determinó que la mejor respuesta de generación de brotes de las líneas mutantes con un promedio de 9.1 brotes por explante se logra con el medio DCR y la combinación de BA 0.25 mg L⁻¹+ANA 0.1 mg L⁻¹.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por el financiamiento y las facilidades prestadas para la realización de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- Aboel-Nil, M. M. (1987). Tissue culture of Douglas-fir and Western North American conifers. In Cell and Tissue Culture in Forestry (pp. 80-100). Springer, Dordrecht.
- Acevedo-Rodríguez, R., Vargas-Hernández, J. J., Lopez-Upton, J., & Mendoza, J. V. (2006). Effect of geographic origin and nutrition on shoot pre-nology of Mexican Douglas-Fir (*Pseudotsuga* sp.) seedlings. *Agrociencia*, 40(1), 125-137.
- Acosta-Pérez, R. (1992). Algunas coníferas del Estado de Tlaxcala. Folleto de divulgación No. 14, Gob. del Estado de Tlaxcala, Jardín Botánico de Tizatlán.
- Ara, H., Jaiswal, U., & Jaiswal, V. S. (2000). Synthetic seed: prospects and limitations. *Current Science*, 1438-1444.
- Aitken-Christie, J., & Thorpe, T. A. (1984). Clonal propagation: gymnosperms. *Cell culture and somatic cell genetics of plants*, 1, 82-95.
- Allen, G. S., & Owens, J. N. (1972). The life history of Douglas Fir. The life history of Douglas Fir.
- Bonga J.M. 2015. A comparative evaluation of the application of somatic embryogenesis, rooting of cuttings, and organogenesis of conifers. *Canadian Journal of Forest Research* 45: 379-383.
- Borzouei, A., Kafi, M., Khazaei, H., Naseriyan, B., & Majdabadi, A. (2010). Effects of gamma radiation on germination and physiological aspects of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Pak. J. Bot.* 42(4), 2281-2290.
- Carrillo-Benitez M.G., J.L. Rodríguez-De la O, J.G. Álvarez-Martínez. 2011. Morfogénesis *in vitro* de *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17: 273-282.
- Castillo-Martínez, C. R., la Cruz-Torrez, D., Carrillo-Castañeda, G., & Avendaño-Arrazate, C. H. (2015). Inducción de mutaciones en crisantemo (*Dendranthema grandiflora*) usando radiación gamma y etil metano sulfonato. *Agroproductividad*, 8(2).
- Cheng TY, TH Voqui. 1977. Regeneration of Douglas-fir plantlets through tissue culture. *Science* 198: 306-307.
- Cortizo, M., P. Alonso, B. Fernández, A. Rodríguez, M.L. Centeno, R.J. Ordás. 2004. Micrografting of mature stone pine (*Pinus pinea* L.) trees. *Annals of forest science* 61: 843-845.
- Cruz-Nicolás J, Vargas-Hernández JJ, Ramírez-Vallejo P, López-Upton J. 2011. Diversidad genética y diferenciación de las poblaciones de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en México. *Revista fitotecnia mexicana* 34 (4): 233-240.
- Debreczy, Z., & Rácz, I. (1995). New species and varieties of conifers from Mexico. *Phytologia*, 78(4), 217-243.
- Domínguez ÁLVAREZ, F. A., Vargas HERNÁNDEZ, J. J., López UPTON, J., Ramírez VALLEJO, P., & Guízar NOLAZCO, E. (2004). Aspectos ecológicos de *Pseudotsuga menziesii* en el ejido La Barranca, Pinal de Amoles, Querétaro. *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica*, 75(2)..
- Durzan, D. J., & Gupta, P. K. (1987). Somatic embryogenesis and polyembryogenesis in Douglas-fir cell suspension cultures. *Plant Science*, 52(3), 229-235.
- Farjon, A. (1990). Pinaceae. Drawings and descriptions of the genera *Abies*, *Cedrus*, *Pseudolarix*, *Keteleeria*, *Nothotsuga*, *Tsuga*, *Cathaya*, *Pseudotsuga*, *Larix* and *Picea*. Koeltz Scientific Books, D-6240 Königstein, Federal Republic of Germany. 1990. Pp. xii + 330; 117 illustrations (mostly line drawings); 124 maps. ISBN 3 87429 298 3. Forming volume 121 of Regnum Vegetabile; ISSN 0080-0694, DM 260.
- García-Campusano, F. 1999. Inducción de brotes y enraizamiento a partir del cultivo *in vitro* de embriones maduros de *Pseudotsuga macrolepis* Flous. Tesis de Licenciatura para obtener el grado de Licenciatura en Biología Agropecuaria. Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- Gaspar, T., Kevers, C., Penel, C., Greppin, H., Reid, D. M., & Thorpe, T. A. (1996). Plant hormones and plant growth regulators in plant tissue culture. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 32(4), 272-289.
- George, E. F. (1993). Plant propagation and micropropagation. *Plant propagation by tissue culture. Part, 1*, 37-66.
- Goel, V. L., & Behl, H. M. (2005). Induced variations, selections and germplasm conservation in selected tree species for afforestation programs on degraded soil sites. *Asian journal of plant sciences*, 4(3), 264-270.
- Guo, W., Li, Y., Gong, L., Li, F., Dong, Y., & Liu, B. (2006). Efficient micropropagation of *Robinia ambigua* var. *idahoensis* (Idaho Locust) and detection of genomic variation by ISSR markers. *Plant cell, tissue and organ culture*, 84(3), 343-351.
- Iglesias-Andreu, L. G., Octavio-Aguilar, P., & Bello-Bello, J. (2012). Current importance and potential use of low doses of gamma radiation in forest species. In *Gamma radiation*. InTech.
- Hermann R.K., & Lavender D. P.. 1990. *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco: Pinaceae. In: Russel, MB and BH Honkala (Eds). *Silvics of North America. Vol 1: Conifers. Agriculture Handbook 654. Vol.1. USDA Forest Services. Washington DC.*
- Jain, S. M. (2005). Major mutation-assisted plant breeding programs supported by FAO/IAEA. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 82(1), 113-123.
- Jankowicz-Cieslak, J., Mba, C., & Till, B. J. (2017). Mutagenesis for Crop Breeding and Functional Genomics. In *Biotechnologies for Plant Mutation Breeding* (pp. 3-18). Springer, Cham.
- Khan, S., Al-Qurainy, F., & Anwar, F. (2009). Sodium azide: a chemical mutagen for enhancement of agronomic traits of crop plants. *Environ. We Int. J. Sci. Tech*, 4, 1-21.
- Kondo, N., Takahashi, A., Ono, K., & Ohnishi, T. (2010). DNA damage induced by alkylating agents and repair pathways. *Journal of nucleic acids*, 2010.
- Lavender, D. P. (1958). Effect of seed size on Douglas Fir seedlings. Corvallis, Or.: Oregon Forest Lands Research Center.

- Lewin B. 2000. Genes VII. Oxford University Press. Primera edición. 990 pp.
- Li, P., & Adams, W. T. (1989). Range-wide patterns of allozyme variation in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*). Canadian Journal of Forest Research, 19(2), 149-161.
- Maluszynski, M. (2001). Officially released mutant varieties—the FAO/IAEA Database. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 65(3), 175-177.
- Maluszynski M, Szarejko I, & Maluszynska J (2003) Mutation techniques. In: Thomas B, Murphy DJ, Murray BG (eds) Encyclopedia of applied plant sciences. Elsevier Academic, The United States of America, pp. 186–201
- Martínez M. 1949. Las Pseudotsugas de México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 8: 21-24.
- Mápula-Larreta, M., López-Upton, J., Vargas-Hernández, J. J., & Hernández-Livera, A. (2007). Reproductive indicators in natural populations of Douglas-fir in Mexico. Biodiversity and Conservation, 16(3), 727-742.
- Maruyama, E., Kinoshita, I., Ishii, K., Ohba, K., & Saito, A. (1997). Germplasm conservation of the tropical forest trees, *Cedrela odorata* L., *Guazuma crinita* Mart., and *Jacaranda mimosaeifolia* D. Don., by shoot tip encapsulation in calcium-alginate and storage at 12-25 °C. Plant Cell Reports, 16(6), 393-396.
- Materán, M. E., Vega, M. C., Sánchez-Olate, M., Sáez, K., Rodríguez, R., & Ríos, D. (2008). Reactivación de material vegetal élite de *Pinus radiata* d. Don. Mediante microinjerto *in vitro*. Interciencia, 33(1), 66-70.
- Mba, C. (2013). Induced mutations unleash the potentials of plant genetic resources for food and agriculture. Agronomy, 3(1), 200-231.
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiologia plantarum, 15(3), 473-497.
- Oladosu, Y., Rafii, M. Y., Abdullah, N., Hussin, G., Ramli, A., Rahim, H. A., ... & Usman, M. (2016). Principle and application of plant mutagenesis in crop improvement: a review. Biotechnology & Biotechnological Equipment, 30(1), 1-16.
- Pathirana, R. (2011). Plant mutation breeding in agriculture. Plant sciences reviews, 107-126.
- Peakall, R., & Smouse, P. E. (2012). GenAEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. update. Bioinformatics 28, 2537e2539.
- Ragonezi, C., Klimaszewska, K., Castro, M. R., Lima, M., de Oliveira, P., & Zavattieri, M. A. (2010). Adventitious rooting of conifers: influence of physical and chemical factors. Trees, 24(6), 975-992.
- Rao, P. S., & Bapat, V. A. (1993). Micropropagation of sandalwood (*Santalum album* L.) and mulberry (*Morus indica* L.). In: Micropropagation of Woody Plants (pp. 317-345). Springer, Dordrecht.
- Reyes H., V.J., J.J. Vargas H., J. López U., H. Vaquera-Huerta. 2005. Variación morfológica y anatómica en poblaciones de *Pseudotsuga* (Pinaceae). Acta Bot. Mex. 70: 47-67.
- Reyes H., V.J., J.J. Vargas H., J. López U., H. Vaquera-Huerta. 2006. Phenotypic similarity among Mexican populations of *Pseudotsuga* Carr. Agrociencia 40: 545-556.
- Rezende, M. A. D., Guerrini, I. A., Ducatti, C. (1999). Use of gamma ray attenuation technique in the study on *Pinus oocarpa* specific mass variation of 24-years old. Inis.iaea.org. 112 pp.
- Rzedowski J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 431 p.
- Sommer, H. E., Brown, C. L., & Kormanik, P. P. (1975). Differentiation of plantlets in longleaf pine (*Pinus palustris* Mill.) tissue cultured *in vitro*. Botanical Gazette, 136(2), 196-200.
- Shu, Q. Y., Forster, B. P., & Nakagawa, H. (2011). Plant Mutation breeding and Biotechnology, Vienna.
- Thapa, C. B. (2004). Effect of acute exposure of gamma rays on seed germination and seedling growth of *Pinus kesiya* Gord and *P. wallichiana* AB Jacks. Our Nature, 2(1), 13-17.
- Thorpe, T. A., Harry, I. S., & Kumar, P. P. (1991). Application of micropropagation to forestry. In: Micropropagation (pp. 311-336). Springer, Dordrecht.
- Vargas H., J.J., J. López U., V.J. Reyes H., A. Domínguez A., M. Mápula L. 2004. Natural populations of Douglas- fir in Mexico: current status and needs for conservation. In: Beaulieu. J. (Ed). Silviculture and the conservation of genetic resources for sustainable forest management: Proceedings of the symposium of the North American forest commission, forest genetic resources and silviculture working groups, and the International Union of Forest Research Organizations (IUFRO). Quebec City, QC, Canada. p. 26–36.
- Villalobos, V. M., & Thorpe, T. A. (1991). Micropropagación: conceptos, metodología y resultados. Cultivo de Tejidos en la Agricultura, 127-141.
- Von Arnold, S., & Hakman, I. (1988). Regulation of somatic embryo development in *Picea abies* by abscisic acid (ABA). Journal of Plant Physiology, 132(2), 164-169.
- Zobel, B., & Talbert, J. (1984). Applied forest tree improvement. John Wiley & Sons.

EFFECT OF HYDROTHERMAL, SOAKING AND GERMINATION TREATMENTS ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF WILD *Lupinus* SEEDS

EFFECTO DE TRATAMIENTOS HIDROTÉRMICO, REMOJO Y GERMINACIÓN EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE SEMILLAS DE *Lupinus* SILVESTRES

Juárez-Fuentes, B.¹; Lagunes-Espinoza, L.C.^{2*}; Bucio-Galindo, A.²; Delgado-Alvarado, A.³; Pérez-Flores, J.²; López-Upton, J.⁴

¹Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario 054. Carretera Villahermosa-Frontera km 14.5, 86270 Villa Ocuilzapotlán, Centro, Tabasco. ²Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Posgrado en Producción Agroalimentaria en el Trópico. Periférico Carlos A. Molina s/n, 86500 H. Cárdenas, Tabasco, México. ³Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, Área de Bioquímica de plantas. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205 Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla, México. ⁴Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Área de Ciencia Forestal. Km. 36.5 carretera México-Texcoco 56230 Montecillo, Edo. de México, México.

*Autor para correspondencia: lagunesec@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate the content of nutritional compounds (NC), polyphenols (CTP), and alkaloids (TA) in seeds of *Lupinus exaltatus* (*Le*) and *L. montanus* (*Lm*) (Fabaceae), before and after application of hydrothermal, soaking and, germination treatments at different exposure times.

Design/methodology/approach: For treatment, a completely random design with factorial arrangement was applied, considering species and exposure time as factors. The NC were analyzed following AOAC methods; TA, CTP, Total Tannins (TT) and Condensed Tannins (CT) were determined by spectrometric methods. The means were compared by the Tukey test ($P \leq 0.05$).

Results: The cotyledons of the seeds of both species had a higher content of protein, lipids and total alkaloids than the seed coat. Hydrothermal treatment for 6 h at 95°C increased protein and fiber and decreased TA 82 (*Le*) and 62.7% (*Lm*) relative to control. Germination increased TP (54 and 84% in both species) and decreased TA 33.5% in *Le* and 35.4% in *Lm*. NC showed no variation after application of soaking treatment, while TT decreased in *Le*.

Study limitations/implications: The treatments applied did not reduce the concentration of total alkaloids to levels allowed for feeding ($<0.02\%$), so other treatments and times should be tested.

Findings/conclusions: Changes in chemical compounds in the seeds under study depend on the species and the time of exposure in each treatment evaluated. While a hydrothermal treatment increases protein and reduces ashes and TA ($>60\%$), germination increases protein, CTP and ash, but the reduction in TA is lower ($<40\%$).

Keywords: Fabaceae, protein, phenolic compounds, alkaloids, seed.



RESUMEN

Objetivo: Evaluar el contenido de compuesto nutricionales (CN), polifenoles (CFT) y alcaloides (AT) en semillas de *Lupinus exaltatus* (*Le*) y *L. montanus* (*Lm*) (Fabaceae) antes y después de la aplicación de tratamientos hidrotérmico, remojo, y germinación a diferentes tiempos de exposición.

Diseño/metodología/aproximación: Por tratamiento se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo factorial, considerando especie y tiempo de exposición como factores. Los CN se analizaron por métodos descritos en AOAC; AT, CFT, taninos totales (TT) y taninos condensados (TC) por métodos espectrofotométricos. Las medias se compararon por la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Resultados: Los cotiledones de las semillas de ambas especies, presentaron mayor contenido de proteína, lípidos y alcaloides totales que la testa. El tratamiento hidrotérmico (6 h a 95 °C) incrementó proteína y fibra y disminuyó AT en 82 (*Le*) y 62.7% (*Lm*) relativo al control. La germinación incrementó los CFT (54 y 84%, respectivamente) y disminuyó los AT (33.5% en *Le* y 35.4% en *Lm*). Los CN no mostraron variación después de la aplicación de un tratamiento de remojo, mientras que los TT disminuyeron en *Le*.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Los tratamientos aplicados no lograron reducir la concentración de alcaloides totales a niveles permitidos para alimentación ($< 0.02\%$), por lo que otros tratamientos y tiempos deberán ser probados.

Hallazgos/conclusiones: Los cambios en los compuestos químicos en las semillas en estudio dependen de la especie y del tiempo de exposición en cada tratamiento evaluado. Mientras que un tratamiento hidrotérmico incrementa proteína y reduce cenizas y AT ($> 60\%$), el de germinación incrementa proteína, CFT y cenizas pero la reducción en AT es menor ($< 40\%$).

Palabras clave: Fabaceae, proteína, compuestos fenólicos, alcaloides, semillas.

Larenas *et al.*, 2013), germinación (Jiménez-Martínez *et al.*, 2012), fermentación o extrusado, solos o combinados. Con mutagénesis se han obtenido genotipos de *L. albus* L., *L. luteus* L. y *L. angustifolius* L. con bajo contenido de alcaloides ($< 0.2 \text{ g kg}^{-1}$) (Gladstones, 1998) y ahora son usados en alimentación animal (Jezierny *et al.*, 2010; Kohajdava *et al.*, 2011). Sin embargo, los alcaloides pueden tener diferentes roles benéficos en el ciclo de vida de las plantas, entre ellos defensa ante el ataque de plagas (Wang *et al.*, 2003), por lo que el uso de técnicas postcosecha económicas con el objetivo de reducirlos o eliminarlos antes de su uso en alimentación puede ser una forma más sustentable de manejar el problema (Khattab *et al.*, 2009).

En las especies de lupino silvestres mexicanas, estudios sobre el efecto de métodos de procesamiento tradicional para disminuir las concentraciones de alcaloides han sido exitosamente aplicados solo en *L. campestris* Cham. & Schtdl. (Jiménez-Martínez *et al.*, 2009; Jiménez-Martínez *et al.*, 2010). No obstante, en lupino, así como en otras fabáceas, la aplicación de procesos tradicionales para la eliminación de compuestos no deseables produce un efecto reductor que depende de diferentes factores como la concentración del fitoquímico, el método de procesamiento, tiempo de exposición y del genotipo (Trugo *et al.*, 2000; Mubarak, 2005; Wang *et al.*, 2008), y puede también afectar el contenido de nutrientes (Valdés-Miramontes *et al.*, 2015). Por lo que la evaluación de esos métodos tradicionales para cada especie particular es requerida. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tratamientos hidrotérmico,

INTRODUCCIÓN

El género *Lupinus* (Fabaceae), está ampliamente distribuido en el mundo, y en México se encuentra en la Sierra Madre Occidental y en el eje transvolcánico. Las semillas de las especies mexicanas, que son silvestres, tienen contenidos de proteína similares a las de las especies del mismo género mejoradas en Europa (35-44%) (Jiménez-Martínez *et al.*, 2010; Kohajdava *et al.*, 2011; Guemes-Vera *et al.*, 2012), y por lo tanto podrían ser usadas en México como una alternativa proteica para la alimentación animal. La principal limitación para su uso es el alto contenido de alcaloides quinolizidínicos (QA) que contienen, considerados tóxicos porque inhiben la absorción de compuestos nutricionales o causan el rechazo del alimento (Muzquiz *et al.*, 2006).

La reducción de los alcaloides en los lupinos silvestres puede ser realizada ya sea por aplicar mutagénesis o por métodos simples de procesamiento de sus semillas, como la cocción (Jiménez-Martínez *et al.*, 2009), remojo (Carvajal-

remojo, y germinación en la composición de semillas de *L. exaltatus* Zucc. y *L. montanus* H.B.K.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico, tratamientos aplicados y análisis químicos

Semillas de *L. exaltatus* y *L. montanus* fueron recolectadas en agosto de 2012 en los municipios de Chalchicomula de Sesma y Tlachichuca, Puebla, México (18° 52' 23" N, 97° 18' 49" W, a 3066 y 3442 m de altitud, respectivamente). Antes de cada tratamiento, se realizó el análisis químico proximal, el contenido de compuestos fenólicos totales y de alcaloides totales a las semillas enteras, testa y cotiledones.

Para la aplicación de los tratamientos, 9 g de semilla sin daño de insectos, por triplicado, fueron seleccionados por especie. Los tratamientos fueron: **Hidrotérmico**, las semillas fueron colocadas en 200 mL de agua destilada (1:22, relación semilla/agua) y llevadas a ebullición (95 °C) por 2, 3 y 6 h. Cada 1.5 h el líquido se cambió completamente y el volumen inicial de agua fue adicionado a temperatura de ebullición. **Remojo**, las semillas fueron colocadas en agua destilada (1:22, relación semilla/agua) por 3, 6, 9 y 18 h y conservadas a temperatura ambiente (26 °C) sin agitación; el líquido fue cambiado cada 3 h. **Germinación**, las semillas fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 1 % por 30 s y lavadas tres veces con agua destilada antes de escarificarlas manualmente. Enseguida se colocaron en cajas Petri entre papel filtro estéril y se pusieron a germinar bajo un fotoperiodo de 14 h luz y régimen de temperatura de 20/15 °C en una cámara de crecimiento (Lumistell, ICP-19). La germinación fue evaluada a los 3 y 6 d, después de siembra. Una semilla fue considerada germinada cuando la radícula alcanzó una longitud de >2 mm.

Después de cada tratamiento, las muestras fueron secadas a 50 °C, pulverizadas en un molino (Tekmar A-10), pesadas y almacenadas a 4 °C antes de su uso. El contenido de proteína (N×6.25), extracto etéreo, fibra cruda y cenizas fueron determinados por métodos AOAC (1995). Antes de la determinación de los compuestos fenólicos totales, taninos condensados y alcaloides totales se elimi-

naron las grasas de las harinas de acuerdo a Muzquiz et al. (1994). Los compuestos fenólicos totales fueron cuantificados por el método de Folin-Ciocalteu (Makkar et al., 1993) y los taninos condensados por el método de butanol en medio ácido (Porter et al., 1986). Los alcaloides totales fueron extraídos con diclorometano y cuantificados por espectrofotometría a 435 nm (Sreevidya y Mehrotra, 2003).

Para cada tratamiento se realizaron análisis de varianza para determinar el efecto de la especie (E), tiempo de exposición (TE) y la interacción E×TE. Para conocer las diferencias entre medias se aplicó la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico SAS[®], versión 9.3 (SAS Institute Inc., 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las semillas de las dos especies presentaron proporciones de testa y cotiledones similares.

La testa de *L. exaltatus* representó el 29.1% del peso total de la semilla, y la de *L. montanus* 28.4%; 100 g de testa contienen 66 y 68 g de fibra, respectivamente. Ambas especies mostraron un alto contenido de proteína y de alcaloides en sus semillas (Cuadro 1). Después de eliminar la testa, el contenido de proteína en los cotiledones se incrementó en *L. exaltatus* y *L. montanus* (de 43.0 a 55.6 y de 45.9 a 57.5 g 100 g⁻¹, respectivamente), y el de grasa en *L. exaltatus* (5.8 a 7.4 g 100 g⁻¹). Incrementos en el contenido de proteína después de la remoción de la testa han sido observados en *L. luteus* (38.2% to 52.5%) y *L. angustifolius* (32% a 41%) (Petterson, 2000). El contenido alto de proteína de las semillas evaluadas es similar al observado en las mismas especies mexicanas de otras regiones del país (Ruiz y Sotelo, 2001; Guemes-Vera et al., 2012), lo que corrobora su potencial como fuente proteica, sobre todo al remover la testa.

Cuadro 1. Composición química de semillas de *Lupinus* sp., y sus componentes (testa y cotiledones).

Especie	Componente de la semilla	Proteína	Fibra cruda	Grasa	Cenizas	Alcaloides totales
		g 100 g ⁻¹ MS				
<i>L. exaltatus</i>	Semilla entera	43.0d	27.0b	5.8b	4.2a	2.1c
	Testa	6.8e	66.3a	1.1c	2.2c	0.6d
	Cotiledones	55.6b	12.6c	7.4b	4.2b	2.8c
<i>L. montanus</i>	Semilla entera	45.9c	26.5b	10.0a	3.8b	4.2b
	Testa	7.0e	68.3a	1.3c	2.0c	0.8d
	Cotiledones	57.5a	16.7c	10.1a	4.0b	4.3a

Valores con la misma letra en una columna no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

canzó los valores encontrados en *L. elegans* (95%) y *L. campestris* (98%) después de aplicar un tratamiento de calor similar (Ruiz y Sotelo, 2001; Jiménez-Martínez et al., 2009). Esta reducción en el contenido de alcaloides es principalmente porque estos compuestos son temolábiles (Muzquiz et al., 2006) y se degradan después de un tratamiento de calor. La reducción; sin embargo, no fue suficiente para alcanzar niveles adecuados para su uso en alimentación animal (<0.02 %) (Muzquiz et al., 2006). En contraste, la aplicación del tratamiento hidrotérmico incrementó el contenido de proteína y de fibra como ha sido observado en *L. campestris* y en *Brassica napus* (Mustafa et al., 2000; Jiménez-Martínez et al., 2009).

La aplicación de remojo por 18 h no cambió el contenido de compuestos nutricionales, como ha sido cuantificado para fibra y grasa en *L. albus* después de un remojo prolongado (144 h) (Erbas, 2010), o en *L. mutabilis* después de 42 h de remojo con tres cambios de agua por día

Los alcaloides totales fueron altos en semillas enteras (>2 %) y la remoción de la testa incrementó significativamente los contenidos en los cotiledones solo en *L. montanus* (de 4.3 a 4.8 %). Estos contenidos altos en alcaloides totales limitan el uso de estas semillas como alimento (Muzquiz et al., 2006).

Composición química de las semillas después de los tratamientos hidrotérmico y de remojo

La aplicación de los tratamientos hidrotérmico y remojo, mostraron un efecto diferencial en la composición química de las semillas de *L. exaltatus* y *L. montanus* (Cuadro 2). El tratamiento hidrotérmico por 6 h aumentó el contenido de proteína y fibra en las semillas de ambas especies (Cuadro 2). En *L. exaltatus*, el incremento en proteína fue de 13.7% y de fibra 74.4% respecto al control (semillas sin tratamiento); mientras que en *L. montanus* esos compuestos se incrementaron 3.0% y 103%, respectivamente. Sin embargo, el contenido de cenizas disminuyó 28.5% en *L. exaltatus* y 39.4% in *L. montanus*, respecto al control. En *L. montanus* la disminución fue observada desde las 2 h de tratamiento.

En contraste, el tratamiento de remojo no afectó significativamente la composición química (proteína, cenizas, grasa y fibra) de las especies en estudio. El contenido de compuestos fenólicos totales (CFT), taninos totales y alcaloides totales disminuyeron significativamente (P<0.05), respecto al control, en ambas especies después del tratamiento hidrotérmico (Figura 1). En semillas de *L. exaltatus* las reducciones fueron 75.2% y 82.1%, y en *L. montanus* de 80% y 62.7% para CFT y alcaloides totales, respectivamente.

Los resultados muestran que las especies respondieron diferencialmente a los tratamientos de calor, ya que en *L. exaltatus* la reducción en alcaloides totales fue mayor que en *L. montanus*. Además, la reducción observada no al-

Cuadro 2. Efecto de tratamientos hidrotérmico, remojo y germinación en la composición química de las semillas de *Lupinus* sp.

Tratamiento	Tiempo (h)	<i>L. exaltatus</i>				<i>L. montanus</i>			
		Proteína	Fibra cruda	Grasa	Cenizas	Proteína	Fibra cruda	Grasa	Cenizas
g 100 g ⁻¹ MS									
Control	0	43.0±0.6	27.0±3.2	5.8±0.8	4.2±0.1	45.9±0.8	26.5±0.8	10.0±0.8	3.8±0.1
Remojo ^a	3	43.5±1.3	30.1±1.0	4.5±0.5	4.2±0.3	43.6±0.8	28.7±1.3	7.3±0.3	4.0±0.01
	6	42.9±2.0	28.4±0.7	6.8±2.6	4.0±0.1	42.2±0.7	26.8±1.2	7.0±0.0	4.2±0.2
	9	43.7±1.1	28.2±0.5	5.2±0.1	3.9±0.1	41.6±0.1	29.5±0.0	7.7±0.1	4.9±0.7
	18	44.4±0.2	28.2±0.8	4.4±0.6	3.6±0.4	44.7±0.0	25.6±0.9	9.0±0.0	4.0±0.0
	Hidrotérmico ^b	2	43.3±2.4	27.0±1.8	7.8±0.5	4.2±0.2	48.7±1.0	42.6±0.7	9.9±0.2
	3	44.1±1.7	35.9±0.3	7.5±0.1	3.6±0.2	50.2±0.5	48.7±0.7	8.3±0.1	2.7±0.0
	6	48.9±0.5	47.1±0.3	5.7±0.4	3.0±0.3	47.3±1.8	53.8±2.0	8.6±0.1	2.3±0.1
Germinación ^c	3 dds	52.2±0.2	28.2±1.0	4.3±0.0	4.9±0.1	54.1±0.5	25.5±0.7	6.0±0.6	4.6±0.1
	6 dds	46.8±0.1	27.2±0.2	4.3±0.1	5.1±0.3	55.4±0.1	21.6±0.02	6.0±0.4	4.8±0.0

Cada valor representa la media±desviación estándar de tres repeticiones para cada determinación, dds=días después de siembra. ^asemillas remojadas en agua destilada, ^bsemillas remojadas en agua destilada a 95°C, ^csemillas desinfectada con hipoclorito de sodio al 1%, lavadas tres veces con agua destilada, manualmente escarificadas y germinadas en un fotoperiodo de 14 h y régimen de temperatura de 20 °C/15 °C.

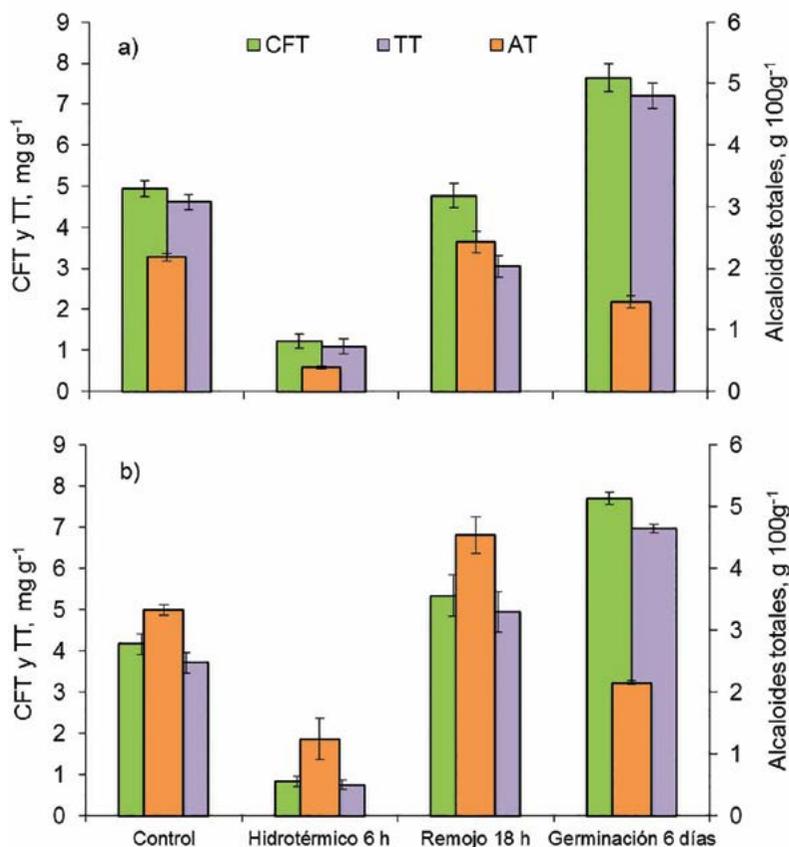


Figura 1. Efecto de tratamientos hidrotérmico, remojo y germinación en los compuestos fenólicos totales (CFT), taninos totales (TT) y alcaloides totales (AT) en semillas de *L. exaltatus* (a) y *L. montanus* (b).

(Carvajal-Larenas et al., 2013). Al final del tratamiento de remojo, se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) respecto al control en el contenido de taninos totales (una reducción de 33.8 %) en *L. exaltatus* (Figura 1a). En contraste en *L. montanus*, alcaloides totales, CFT y taninos totales aumentaron 36.3%, 28.1% y 33.5%, respectivamente respecto al control (Figura 1b).

Los taninos condensados fueron solo 0.002 mg g^{-1} en *L. exaltatus* y 0.020 mg g^{-1} en *L. montanus* después de este tratamiento (Cuadro 3).

Composición química de las semillas después de la germinación

Después de seis días de germinación, los contenidos de proteína y de cenizas se incrementaron en ambas especies respecto al control (Cuadro 2). Esos incrementos fueron 8.8 y 21.4% para *L. exaltatus*, y 20.6% y 26.3% para *L. montanus*, respectivamente.

En cambio, el contenido de grasa disminuyó 25.8% en *L. exaltatus* y 40.0% en *L. montanus* ($P < 0.05$). Las semillas de *L. montanus* mostraron una reducción de 18.4% en el contenido de fibra, respecto a las semillas control. Los contenidos de compuestos fenólicos totales y taninos totales incrementaron, mientras que los alcaloides totales disminuyeron después de 6 d de germinación. De acuerdo a la Figura 1, la concentración final de polifenoles totales se incrementó 54.7% en semillas de *L. exaltatus* y 84.8% en *L. montanus* respecto al control.

Los taninos totales se incrementaron 56.2% en *L. exaltatus* y 87.8% en *L. montanus*. En contraste, el contenido de alcaloides totales disminuyó 33.5 y 35.4% en *L. exaltatus* y *L. montanus*, respectivamente. En *L. angustifolius* la germinación incrementa los contenidos de proteína y polifenoles, lo que se asocia al incremento en la síntesis de aminoácidos para apoyar la división celular durante el proceso germinativo (Rumiyati et al., 2012). En *L. campestris* (Jiménez-Martínez et al., 2012), se observa también un incremento en estos compuestos después de germinación. Las semillas control de las especies en estudio presentan contenidos de taninos totales más altos que los determinados en *L. albus* (0.72 %), *L. barkeri* (0.84 %) y *L. montanus* (0.92 mg g^{-1}) (Guemes-Vera et al., 2012), y con la germinación estos se incrementaron debido a la actividad metabólica de las semillas al iniciar el proceso de germinación. Aun cuando en los germinados de los lupinos en estudio se observa una reducción en el contenido de alcaloides, esta no fue suficiente para recomendar su utilización en alimentación ya que el límite permitido es 0.02% (Muzquiz et al., 2006), por lo que otros

Cuadro 3. Efecto de tratamientos hidrotérmico, remojo y germinación en la concentración de taninos condensados en semillas de *Lupinus silvestres*.

Tratamiento	Tiempo (h)	Taninos condensados (mg g^{-1})	
		<i>L. exaltatus</i>	<i>L. montanus</i>
Control	0	0.077 ± 0.001	0.050 ± 0.000
Remojo ^a	18	0.062 ± 0.010	0.114 ± 0.080
Hidrotérmico ^b	6	0.002 ± 0.001	0.020 ± 0.003
Germinación ^c	6 dds	0.50 ± 0.014	0.20 ± 0.030

Cada valor representa la media \pm desviación estándar de tres repeticiones; dds: días después de siembra. ^asemillas remojadas en agua destilada, ^bsemillas remojadas en agua destilada a 95 °C, ^csemillas desinfectadas con hipoclorito de sodio al 1%, lavadas tres veces con agua destilada, manualmente escarificadas y germinadas en un fotoperiodo 14 h y régimen de temperatura de 20 °C/15 °C.

tratamientos y tiempos deberán ser evaluados en estas especies mexicanas.

CONCLUSIONES

Los cambios en compuestos químicos de las semillas de *L. exaltatus* y *L. montanus* dependen de la especie y del tiempo de exposición en cada tratamiento evaluado. Aun cuando la aplicación de un tratamiento hidrotérmico por 6 h disminuyó los alcaloides totales e incrementó los contenidos de proteína y fibra, la disminución no fue suficiente para alcanzar los niveles permitidos para uso en alimentación.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por la beca otorgada a la primera autora para realizar estudios de posgrado.

LITERATURA CITADA

- AOAC. (1995). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 16th Ed. Arlington, VA: AOAC.
- Carvajal-Larenas, F.E., Nout, M.J.R., Van Boekel, M.A.J.S., Koziol, M., & Linnemann A.R. (2013). Modeling of the Aqueous Debitting process of *Lupinus mutabilis* Sweet. LWT - Food Science and Technology 53: 507-516. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.03.017>
- Erbas, M. (2010). The Effects of Different Debitting Methods on the Production of Lupin Bean Snack from Bitter *Lupinus albus* L. Seeds. Journal of Food Quality 33: 742-757. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2010.00347.x>
- Gladstones J.S. (1998). Distribution, Origin, Taxonomy, History and Importance. Chapter 1. In: Gladstones, J.S.; Atlin, C.A., Hamblin, J., editors. Lupins as Crop Plants: Biology, Production and Utilization. Wallingford, UK: CAB International.
- Guemes-Vera, N., Martinez-Herrera, J., Hernandez-Chavez, J.F., Yanez-Fernandez, J., & Totosaus, A. (2012). Comparison of Chemical Composition and Protein Digestibility, Carotenoids, Tannins and Alkaloids content of Wild Lupinus Varieties Flour. Pakistan Journal of Nutrition 11: 676-682. <https://doi.org/10.1002/jfsa.3152>
- Jezierny, D., Mosenthin, R., & Bauer, E. (2010). The Use of Grain Legumes as a Protein Source in Pig Nutrition. A Review. Animal Feed Science and Technology 157:111-128. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.03.001>
- Jiménez-Martínez, C., Campos-Mendiola, R., Sánchez-Espíndola, M.E., Jiménez-Aparicio, A., Gutiérrez-López, G., & Dávila-Ortiz, G. (2009). Microstructural Changes in *Lupinus campestris* Seed in Response to Three Thermal Debitting Treatments. Journal of Science Food and Agriculture 89: 2399-2404. <https://doi.org/10.1002/jfsa.3735>
- Jiménez-Martínez, C., Cardador-Martínez, A., Martínez-Ayala, A.L., Muzquiz, M., Martín, P.M., & Dávila-Ortiz, G. (2012). Changes in Protein, Non nutritional Factors, and Antioxidant Capacity during Germination of *L. campestris* Seeds. International Journal of Agronomy Article ID 387407, 7 p. <https://doi.org/10.1155/2012/387407>
- Jiménez-Martínez, C., Mora-Escobedo, R., Cardador-Martínez, A., Muzquiz, M., Martín, P.M., & Dávila-Ortiz, G. (2010). Effect of Aqueous Acid and Alkaline Treatments on Antinutritional Factors Content and Protein Quality in *Lupinus campestris* Seed Flour. Journal of Agriculture and Food Chemistry 58: 1741-1745. <https://doi.org/10.1021/jf90288r>
- Khattab, R., Arntfield, S.D., & Nyachoti, C.M. (2009). Nutritional Quality of Legume Seeds as Affected by Some Physical Treatments, Part 1: Protein Quality Evaluation. LWT—Food Science and Technology 42: 1107-1112. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.02.004>
- Kohajdova, Z., Karvičova, J., & Schmidt, Š. (2011). Lupin Composition and Possible Use in Bakery—a Review. Czech Journal of Food Science 29: 203-211.
- Makkar, H.P.S., Blummel, M., Borowy, N.K., & Becker, K. (1993). Gravimetric Determination of Tannins and their Correlations with Chemical and Protein Precipitation Methods. Journal of Science Food and Agriculture 61:161-165.
- Mubarak, A.E. (2005). Nutritional Composition and Anti-nutritional Factors of Mung Bean Seeds (*Phaseolus aureus*) as Affected by Some Home Traditional Processes. Food Chemistry 89: 489-495. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.007>
- Mustafa, A.F., Cristensen, D.A., Mckinnon, J.J., & Newkirk, R. (2000). Effects of Stage of Processing of Canola Seed on Chemical Composition and *in vitro* Protein Degradability of Canola Meal and Intermediate Products. Canadian Journal of Animal Science 80: 211-214. <https://doi.org/10.4141/A99-079>
- Muzquiz, H., Varela, M.M., Guillamón, E.A.J., Goyoaga, E., Cuadrado, C., & Burbano, C. (2006). Factores No-nutritivos en Fuentes Proteicas de Origen Vegetal. Su Implicación en Nutrición y Salud. Brazilian Journal of Food and Technology III:87-98.
- Muzquiz, M., De la Cuadra, C., Cuadrado, C., Burbano, C., & Calvo, R. (1994). Herbicide-like Effect of Lupinus Alkaloids. Industrial Crops and Products 2: 273-280.
- Petterson, D.S. (2000). The Use of Lupins in Feeding Systems Review. Asian Australian Journal of Animal Science 13: 861-882. <https://doi.org/10.5713/ajas.2000.861>
- Porter, L.J., Hrstich, L.N., & Chang, B.G. (1986). The Conversion of Procyanidins and Prodelphinidins to Cyanidin and Delphinidin. Phytochemistry 25: 223-230.
- Ruiz, M.A., & Sotelo, A. (2001). Chemical Composition, Nutritive Value, and Toxicology Evaluation of Mexican Wild Lupin. Journal of Agriculture and Food Chemistry 49: 5336-5339. <https://doi.org/10.1021/jf010247v>
- Rumiyati, R., Anthony, J., & Vijay, J. (2012). Effect of Germination on the Nutritional and Protein Profile of Australian Sweet Lupin (*Lupinus angustifolius* L.). Food and Nutrition Sciences 3: 621-626. <https://doi.org/10.4236/fns.2012.35085>
- SAS Institute Inc. (2010). User's Guide: Statistics, version 9.3. Cary, N.C. USA: SAS Inst. Inc.
- Sreevidya, N., & Mehrotra, S. (2003). Spectrophotometric Method for Estimation of Alkaloids Precipitable with Dragendorff's Reagent in Plant Materials. Journal of AOAC Int 86: 1124-1127.
- Trugo, L.C., Donangelo, C.M., Trugo, N.M.F., & Bach, K.K.E. (2000). Effect of Heat Treatment on Nutritional Quality of Germinated Legumes Seeds. Journal of Agriculture and Food Chemistry 48: 2082-2086. <https://doi.org/10.1021/jf9913920>

- Valdés-Miramontes, E. H., López-Espinoza, A., Rodríguez-Macías, R., Salcedo- Pérez, E., & Ruiz-López, M. A., (2015), Effect of Thermal Treatment on the Chemical Composition and Minerals of Wild Lupins Seed. *Revista Chilena de Nutrición* 42: 186-190.
- Wang, N., Hatcher, D.W., & Gawalko, E.J. (2008). Effect of Variety and Processing on Nutrients and Certain Anti-nutrients in Field Peas (*Pisum sativum*). *Food Chemistry* 111: 132-138. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.047>
- Wang, T.L., Domoney, C., Hedley, C.L., & Casey, R. (2003). Can we Improve the Nutritional Quality of Legume Seeds? *Plant Physiology* 131: 886–891. <https://doi.org/10.1104/pp.102.017665>



PRODUCTIVITY AND SUSTAINABILITY OF THREE TECHNOLOGICAL PACKAGES FOR MAIZE (*Zea mays* L.) IN HUANDACAREO, MICHOACÁN, MEXICO

PRODUCTIVIDAD Y SUSTENTABILIDAD DE TRES PAQUETES TECNOLÓGICOS PARA MAÍZ (*Zea mays* L.) EN HUANDACAREO, MICHOACÁN, MÉXICO

Loera-Martínez, J.^{1*}; González-López, M.¹; Sepúlveda-Jiménez, D.^{1*}; Osorio-García, A.²

¹Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera Federal México-Texcoco. Chapingo, Estado de México, México. C.P. 56230. ²Tiempo de la Gente A.C. Cerrada Clavel Número 24 colonia Violetas, Izúcar de Matamoros, Puebla, México. C. P. 74470.

*Autor de correspondencia: jloeram@chapingo.mx; sepjim700@yahoo.com.mx

ABSTRACT

Objective: To analyze three technological packages for maize production (*Zea mays* L.) in Huandacareo, Michoacán, Mexico, during the Spring-Summer 2016 agricultural cycle, in order to determine the one that offers high productivity and positive profitability, while preserving the environment and generating a positive social impact, in a context of sustainability.

Design/methodology/approach: A sample of 10% from a population of 238 producers was obtained, applying 24 surveys randomly. Productivity was measured as yield in ha^{-1} ; profitability, through the benefit/cost ratio of the current flow of income and costs; sustainability was evaluated through three attributes: economic viability, social acceptability and environmental sustainability.

Results: High productivity and positive profitability were found for the two conventional technologies, which are harmful to the environment and of low social impact; and low productivity and negative profitability for the alternative technology, which is friendly to the environment and has a high social impact.

Study limitations/implications: The results are valid for the analyzed S-S cycle; in addition, the profitability analysis could be improved with a market study that evaluates the possibility of obtaining a premium for organic maize.

Findings/conclusions: None of these technologies meet all the attributes to be sustainable. However, the alternative technological package can generate a sustainable maize production if: its productivity is increased, a surcharge for organic grain is obtained, and the period of transition between conventional and organic production is shortened.

Keywords: Conventional management, Alternative management, Productivity, Sustainability.



RESUMEN

Objetivo: Analizar tres paquetes tecnológicos para producción de maíz (*Zea mays* L.) en Huandacareo, Michoacán, México, durante el ciclo agrícola primavera-verano 2016, para determinar aquel que ofrezca una productividad alta y rentabilidad positiva, a la vez que preserve el medio ambiente y genere un impacto social positivo, en un contexto de sustentabilidad.

Diseño/metodología/aproximación: Se obtuvo una muestra del 10% de una población de 238 productores, aplicando 24 encuestas de manera aleatoria. La productividad se midió como rendimiento en t ha⁻¹; la rentabilidad, mediante la relación Beneficio/Costo del flujo corriente de ingresos y costos; la sustentabilidad se evaluó mediante tres atributos: viabilidad económica, aceptabilidad social y sostenibilidad ambiental.

Resultados: Se registró una productividad alta y rentabilidad positiva para las dos tecnologías convencionales, que son perjudiciales al ambiente y de bajo impacto social, y una productividad baja y rentabilidad negativa para la tecnología alternativa, que es amigable con el ambiente y de alto impacto social.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Los resultados son válidos para el ciclo P-V analizado; además, el análisis de rentabilidad podría mejorar con un estudio de mercado que evalúe la posibilidad de obtener un sobreprecio para maíz orgánico.

Hallazgos/conclusiones: Ninguna de estas tecnologías cumple con todos los atributos para ser sustentables. Sin embargo, el paquete tecnológico alternativo puede generar una producción sustentable de maíz si se aumenta su productividad, se obtiene un sobreprecio para grano orgánico y se acorta el periodo de transición entre producción convencional y orgánica.

Palabras clave: Manejo convencional, Manejo alternativo, Productividad, Sustentabilidad.

per se, sino una forma de vida con decoro (Peraza, 2014; Volke, 1977). Sin embargo, en el proceso de creación de satisfactores materiales, los seres humanos en alguna medida suelen entrar en conflicto con la naturaleza, situación observable en toda la historia de la humanidad (Surrasky y Morosi, 2013). En efecto, la relación hombre con el medio ambiente casi siempre es contradictoria ya que, por un lado, destruye para sobrevivir y, por otro, reproduce o propicia la reproducción de seres vivos con el propósito de vivir mejor. La historia económica de las naciones muestra que esa doble necesidad siempre ha estado presente, de manera que las sociedades menos desarrolladas tecnológicamente han sufrido crisis medioambientales, en la mayoría de los casos por depredar sus recursos naturales, hasta casi su extinción (Caballero, 2012; Foladori y Perri, 2005; Múñive, 1994). Por lo anterior, es necesario que los agricultores aprendan a producir coexistiendo con la naturaleza y actuando en equilibrio con ella y no en su contra, para prevenir las crisis medioambientales provocadas por los procesos productivos que emplean tecnologías dañinas, debiendo transitar hacia la sustentabilidad. Ésta se entiende como el desarrollo que satisface las necesidades actuales de las personas sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas (CMMAD, 1987). Para analizar la sustentabilidad, se consideran los factores económicos, sociales y ecológicos, y de acuerdo con Muller (1996), ésta se evalúa mediante la viabilidad económica (nivel de ingreso en las unidades de producción, dentro de una región), la aceptabilidad social (promedio de ingreso anual per cápita que se deriva del empleo generado por una actividad

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el principal cultivo en México, debido a su importancia como alimento y sustento de la población, lo cual lo convierte en un elemento clave a nivel económico, político y social en el país. Este cultivo se produce cada año en dos ciclos agrícolas: primavera-verano y otoño-invierno, bajo diferentes condiciones tecnológicas y agroclimáticas (Fernández *et al.*, 2013; Luna *et al.*, 2012; Márquez *et al.*, 2007).

En el caso del municipio de Huandacareo, Michoacán, el 25.28% del territorio es de uso agrícola, con predominancia de agricultura de temporal (4,093 ha) con respecto a la agricultura de riego (444 ha); los principales cultivos son el maíz, alfalfa (*Medicago sativa* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L.) y trigo (*Triticum aestivum* L.) (SIAP, 2016; INEGI, 2009). Los productores que cultivan maíz en el municipio tienen como objetivo obtener ganancia mediante la venta del grano, y el margen constituye la base económica que permite a los agricultores garantizar la rentabilidad de la producción de maíz para el sustento de sus familias, partiendo de que la agricultura no debe ser sólo una forma de vida

o un proyecto) y la sostenibilidad ecológica (impacto positivo, o negativo mínimo en el medio ambiente). El objetivo fue analizar la productividad y rentabilidad, en un contexto de sustentabilidad, de tres paquetes tecnológicos utilizados para la producción de maíz en la región agrícola del municipio de Huandacareo, Michoacán, durante el ciclo agrícola primavera-verano 2016.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el área maicera del municipio de Huandacareo, Michoacán, durante el ciclo agrícola primavera-verano 2016. El trabajo de campo permitió obtener directamente la información técnica y de costos utilizada en este análisis, de tres paquetes tecnológicos usados por los productores en la región: el convencional no intensivo, el convencional intensivo y el alternativo. Dos de los paquetes analizados consistieron en un manejo convencional con diferente intensidad en el uso de insumos químicos y, un tercero, con manejo alternativo que sustituye los agroquímicos por insumos orgánicos. En el ciclo de cultivo analizado, el universo de los productores de maíz en la región fue de $N=238$, del cual se obtuvo una muestra correspondiente al 10% de la población ($n=24$), asignando encuestas de manera aleatoria, para obtener los datos de prácticas culturales y sus costos, así como los rendimientos del cultivo y el precio de venta. La productividad se midió mediante el rendimiento del cultivo en $t\ ha^{-1}$ y la rentabilidad se evaluó mediante la relación Beneficio/Costo calculada con el flujo corriente de ingresos y costos. La sustentabilidad se evaluó con base en los siguientes criterios: a) Viabilidad económica. Se utilizó como indicador la Relación Beneficio/Costo. b) Aceptabilidad social. Se utilizó como indicador la cantidad de jornales utilizados por hectárea. c) Sostenibilidad ecológica o ambiental. Se consideró que una tecnología es apropiada si el impacto negativo al ambiente es mínimo, o si impacta positivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los paquetes tecnológicos y las labores culturales

En el municipio de Huandacareo el maíz se cultiva en el ciclo primavera-verano de cada año. Existen dos variantes de cultivo en cuanto al régimen hídrico: los maíces con punta de riego, que se siembran a finales de marzo y se cosechan a finales de septiembre, y los maíces de temporal, que se siembran a mediados de mayo y se cosechan entre diciembre y enero, dependiendo del grado de humedad y de la disponibilidad de la maquinaria para trillar. De las 4,093 ha de superficie agrícola de temporal en Huandacareo, alrededor de 308 ha se siembran con

maíz; de las 444 ha bajo riego, 220 ha se siembran con este grano. El resto de la superficie se siembra con otros cultivos, o se ocupa para el pastoreo en el caso de temporal.

La superficie promedio cultivada con maíz por productor en esta región es de 1.4 ha en temporal, con un mínimo de 0.5 y un máximo de 2.5 ha; la superficie cultivada con maíz bajo riego es de 12.2 ha en promedio por productor. Existen 220 productores en temporal y 18 de riego que cultivan en conjunto una superficie de 528 ha con maíz. Las labores de cultivo y sus costos, se analizan a continuación, señalando en cada caso en qué paquete tecnológico se usa.

Preparación del terreno. La preparación del terreno en los dos paquetes tecnológicos convencionales consiste en un barbecho con tractor y arado de discos, y el desmenuzado de terrones se hace con rastreo y cruz. Para preparar una hectárea de terreno con tractor se requieren 7 horas de trabajo, con un costo total de \$2,450.00/ha. Por otro lado, para preparar el terreno de forma alternativa se requiere barbechar con yunta de caballos, invirtiendo 18 horas de trabajo con un costo total de \$2,700.00/ha.

Siembra y fertilización. Las labores de siembra en los dos paquetes tecnológicos convencionales se realizan con sembradora neumática, al mismo tiempo que se hace la fertilización. El precio de la semilla varía de acuerdo con la calidad, el distribuidor, la temporada y volumen de compra. Por su parte, la fertilización convencional más usada consiste en aplicar 300 kg de sulfato de amonio y 150 kg de superfosfato simple granulado. Adicionalmente, en la siembra se utiliza un insecticida para prevenir el ataque de la gallina ciega. El costo total oscila entre \$6,000.00 y \$7,740.00/ha dependiendo de la calidad de semilla que se utilice. Por otra parte, la siembra alternativa se realiza manualmente requiriendo para una hectárea un total de 4 jornales, 50 kg de semilla criolla y en algunos casos media tonelada de pollinaza; la siembra alternativa tiene un costo total que varía entre \$1,150.00 y \$1,900.00/ha.

Abonado. El abonado de los terrenos con estiércol es una práctica costosa, debido a los altos costos para transportar este material a la parcela. Diez viajes en camioneta, tienen un costo de: 1) Estiércol, \$100.00 por viaje; 2) Dos jornales por día de trabajo, \$400.00; 3) Gasolina, \$300.00 por día de trabajo; 4) Comida y agua

para los trabajadores, \$300 por día. El costo total es de \$2,000.00/ha.

En cuanto a los costos de transportar el estiércol en camiones de volteo, estos son: 1) Estiércol, \$200.00 por viaje; 2) Flete, \$200.00 por viaje; 3) Renta de retroexcavadora, \$150.00 por viaje. Diez viajes de estiércol de cinco toneladas cada uno, tendrían un costo de \$5,500.00.

Riegos. En las parcelas con riego, esta labor tiene un costo de \$1,000.00 por riego. Los agricultores convencionales realizan dos riegos durante toda la temporada del cultivo, la cual abarca de mayo a septiembre. Mientras que los agricultores alternativos aplican sólo un riego de auxilio durante la canícula (período más caluroso del año, comprendido entre el 24 de julio al 2 de septiembre).

Escarda y fertilización foliar. La escarda en los dos paquetes tecnológicos convencionales se realiza con tractor para eliminar la maleza en sus primeras etapas de desarrollo, cuando el maíz tiene alrededor de cuatro hojas verdaderas; su costo es de \$500.00/ha. Días después, se realiza una aplicación de herbicida cuyo costo varía, si la aplicación es manual \$700.00/ha o con tractor \$300.00/ha. De igual forma, se realiza una fertilización foliar con microelementos para fortalecer las plantas de maíz después de la aplicación del herbicida, con un costo de \$450.00/ha. Por su parte, en el paquete tecnológico alternativo la escarda se realiza con yunta de caballos, deshierbe manual y fertilización foliar con lixiviado de lombriz al 5%; el costo de esta actividad es de \$2,200.00/ha, más \$500.00 para la alimentación de jornaleros.

Segunda fertilización. La segunda fertilización en los dos paquetes tecnológicos convencionales se realiza con urea (46-0-0), 200 kg/ha, con un costo de \$1,440.00 a \$1,965.00, costo frecuente \$1,740, dependiendo de si se realiza la aplicación manualmente o con tractor. Por otra parte, en el paquete tecnológico alternativo una de las opciones para realizar la segunda fertilización es la aplicación de bocashi¹¹ con un costo de \$4,000.00/ha; se requieren 6 jornales para aplicarlo, con un costo de \$1,200.00, dando un total de \$5,200.00/ha para esta actividad.

Control de plagas. Las plagas que atacan al maíz son el chapulín o chocho y el gusano cogollero. En los dos paquetes tecnológicos convencionales el control de estas plagas tiene un costo de \$500.00/ha, cada uno. Para el caso del paquete tecnológico alternativo, el control se realiza con la aplicación de caldo sulfocálcico al 3% cuyo costo es de \$400.00/ha, incluyendo el jornal.

Cosecha. La cosecha en los dos paquetes tecnológicos convencionales se realiza con trilladora, cuyo costo por actividad es de \$2,500.00/ha, con flete incluido para transporte a la bodega. Mientras que la cosecha en el paquete tecnológico alternativo se hace manualmente con un costo de \$8,550.00/ha, tomando en cuenta el transporte y jornales extra para desgranar las mazorcas.

Rendimientos. Los rendimientos promedio obtenidos en los dos paquetes tecnológicos convencionales oscilaron entre 10 y 12 t ha⁻¹ en aquellas parcelas que se sembraron con semilla de calidad, mientras que en las parcelas que utilizaron semilla barata los rendimientos oscilaron entre 7 y 9 t ha⁻¹. Por otra parte, en parcelas cultivadas con el paquete tecnológico alternativo, los rendimientos oscilaron entre 4 y 5 t ha⁻¹.

Precio de venta. El precio de venta del maíz en grano en el municipio osciló entre \$3,500.00 y \$3,600.00 por tonelada durante el ciclo analizado.

Manejo de los residuos de cosecha. Debido a que la ganadería bovina es también una actividad económica importante en la región (INEGI, 2009), casi ningún productor incorpora los residuos de cosecha al suelo, sino que desvaran la caña de maíz y la empaican para su venta como forraje. En promedio se obtienen 65 pacas/ha, que se venden a un precio de \$20.00/paca, generando un ingreso extra al productor de \$1,300.00/ha.

Los paquetes tecnológicos y la rentabilidad del cultivo de maíz

En este apartado se analizan los resultados obtenidos con los tres paquetes tecnológicos aplicados en la región, a través del cálculo y comparación de las Relaciones Beneficio/Costo. Algunas personas en la región se dedican a la agricultura como una ocupación terapéuti-

¹¹ Abono orgánico sólido. El término es un vocablo japonés que significa "materia orgánica fermentada". Es producto de un proceso de fermentación (proceso anaerobio) que acelera la degradación de la materia orgánica (animal y vegetal) y también eleva la temperatura permitiendo la eliminación de patógenos (pasteurización). Es un proceso más acelerado que el compostaje y permite obtener el abono entre 12 y 21 días. La aplicación de este producto aumenta la biodiversidad microbiana de los suelos.

ca, ya que son empresarios en otras ramas productivas del sector industrial o de servicios, las cuales proveen su sustento, permitiéndoles incluso financiar las actividades agrícolas que realizan, sin buscar una ganancia. Sin embargo, la mayoría de los productores viven del ingreso generado por la venta de su maíz, razón por la cual la obtención de ganancias es el móvil principal de su actividad productiva.

En el Cuadro 1 se observa que el Paquete Tecnológico convencional no intensivo generó una ganancia de \$13,210.00/ha, con una Relación Beneficio/Costo de 1.57, lo cual indica que se obtuvieron \$0.57 de ganancia por cada peso erogado. Por lo tanto, la aplicación de este paquete tecnológico ofrece una rentabilidad positiva.

En el Cuadro 2 se observa que el Paquete Tecnológico convencional intensivo generó una ganancia de \$21,629.00 por hectárea, con una Relación Beneficio/Costo de 1.73, lo cual indica que se obtuvieron \$0.73 de ganancia por cada peso erogado. Por lo tanto, la aplicación de este paquete tecnológico es rentable.

Finalmente, en el Cuadro 3 se puede ver que el Paquete Tecnológico Alternativo generó una pérdida de \$12,192.00 por cada hectárea, con una Relación Beneficio/Costo de 0.58, lo cual significa que sólo se recuperaron \$0.58 por cada peso erogado. Por lo tanto, la aplicación de esta tecnología no es rentable, debido a la baja productividad y al alto requerimiento de mano de obra que eleva los costos de producción por hectárea. La pérdida resultante impide la sostenibilidad del cultivo.

Los paquetes tecnológicos y el impacto ambiental

Los paquetes tecnológicos convencionales en sus dos modalidades, no intensivo e intensivo, no son tecnológicamente apropiados ya que generan impactos negativos en el medio ambiente, pues se hace uso de agroquímicos de alta toxicidad, los cuales contaminan el suelo y el agua, perjudicando la salud tanto de las personas, así como de las plantas y animales. Por lo tanto, no son sostenibles en el largo plazo, desde el punto de vista ambiental. El paquete alternativo es tecnológicamente apropiado, ya que es más amigable con el medio ambiente, puesto que sustituye el uso de agroquímicos por insumos orgánicos que no contaminan, lo cual lo convierte en una opción sostenible a largo plazo, desde el punto de vista ambiental.

Los paquetes tecnológicos convencionales analizados generan poca demanda de mano de obra directa en las labores de cultivo, ya que éstas se realizan principalmente con maquinaria e implementos agrícolas. Por esta razón, su impacto social es casi nulo. El paquete alternativo genera alta demanda de mano de obra directa

Cuadro 1. Análisis financiero del Paquete Tecnológico Convencional No Intensivo para maíz (*Zea mays* L.) en Huandacareo, Michoacán, ciclo P-V 2016.

Concepto/costo	Monto (\$ ha ⁻¹)
Preparación del terreno	
4 h tractor para barbecho (\$350/h)	1,400.00
3 h tractor para rastreo y cruza	1,050.00
Siembra y primera fertilización	
1.5 bultos de 60,000 semillas	5,000.00
5 bultos de sulfato de amonio	1,140.00
3 bultos de superfostato simple granulado	600.00
Lorsban 480 granulado (insecticida contra gallina ciega)	300.00
1.5 h de tractor con sembradora convencional	500.00
Aplicación de Lorsban 480	200.00
Riegos: dos	2,000.00
Escaradas: dos escaradas con tractor	1,000.00
Herbicidas	
Herbicida (gramozone, hierbamina, faena)	300.00
dos jornales para aplicación	400.00
Fertilización foliar	
1 h tractor con bomba, mezcla con bayfolan forte	450.00
Segunda fertilización	
200 kg Urea, dos jornales para aplicación	1,740.00
Control de plagas	
Cipermetrina y dos jornales (chapulín)	500.00
Imidacloprid y 1 h tractor (gusano cogollero)	500.00
Cosecha: 1 h de máquina trilladora	2,500.00
Renta de la tierra	2,000.00
Total de costo directo por hectárea	21,580.00
Total de costo financiero (14% ASSI por seis meses)	1,510.00
Total de costo por hectárea	23,090.00
Ingresos	
10 t de maíz	35,000.00
65 pacas de rastrojo	1,300.00
Total de ingresos por hectárea	36,300.00
Balance	
Total Ingresos (\$36,300.00) - Total costos (\$23,090.00)	13,210.00
Relación Beneficio/Costo	1.57

Fuente: Elaboración propia con datos de campo del ciclo primavera-verano 2016.



Cuadro 2. Análisis financiero del Paquete Tecnológico Convencional Intensivo para maíz (*Zea mays* L.) en Huandacareo, Michoacán, ciclo P-V 2016.

Concepto/costo	Monto (\$ ha ⁻¹)
Preparación del terreno	
4 h tractor para barbecho con arado de rejas reversible	1,400.00
3 h tractor para rastreo y cruza	1,050.00
Siembra y fertilización	
1.5 bultos (90,000 semillas cada uno)	6,000.00
1 kg de Teprosyn NP+Zn	300.00
20 kg de Zabra granulado (gallina ciega)	450.00
7 bultos de fórmula 20-10-10	4,400.00
2 h tractor con sembradora neumática	700.00
1 h tractor para surcado	350.00
2 riegos	2,000.00
2 escardas con tractor	1,000.00
Foliales	
Aplicación de herbicida gramoxone super	500.00
Aplicación de dimetoato 40% contra trips	500.00
Aplicación de coragen contra gusano cogollero	500.00
Aplicación foliar 19-19-19 con microelementos	600.00
Segunda fertilización a la segunda escarda	
150 kg de Entec 26	1,900.00
Tercera fertilización al jiloteo	
150 kg de fosfonitrato	1,300.00
Cosecha: Maquila trilladora	2,500.00
Renta de la tierra	2,000.00
Total de costo directo por hectárea	27,450.00
Total de costo financiero (14% ASSI por seis meses)	1,921.00
Total de costo por hectárea	29,371.00
Ingresos	
14 toneladas de maíz	49,000.00
100 pacas de rastrojo	2,000.00
Ingreso total/ha	51,000.00
Balance	
Ingresos (\$51,000.00) - Costos (\$29,371.00)	21,629.00
Relación Beneficio/Costo	1.73

Fuente: Elaboración propia con datos de campo del ciclo primavera-verano 2016.

para las labores debido a la sustitución de insumos químicos mediante el uso intensivo de mano de obra. Su impacto social es alto, ya que se requieren 61 jornales por hectárea.

Los paquetes tecnológicos y la sustentabilidad

El Cuadro 4 presenta los tres paquetes tecnológicos analizados y los factores que se consideraron como atributos

Cuadro 3. Análisis financiero del Paquete Tecnológico Alternativo para maíz (*Zea mays* L.) en Huandacareo, Michoacán, ciclo P-V 2016.

Concepto/costo	Monto (\$ ha ⁻¹)
Preparación del terreno	
8 h de barbecho con arado tirado por caballo	1,200.00
10 h con barra desmenuzadora tirada por caballo	1,500.00
Siembra con semilla criolla	
50 kg de semilla	350.00
0.5 toneladas de pollinaza	1,050.00
5 h de surcado con timón surcador tirado por caballo	750.00
4 jornales para siembra y abonado con pollinaza	800.00
Abonado	
10 toneladas de estiércol transportado en camión al terreno	1,100.00
2 jornales para dispersar el estiércol en el terreno	400.00
1 riego	1,000.00
Escardas, deshierbes	
4 h de escarda con timón tirado por caballo	600.00
6 jornales para deshierbe manual	1,200.00
Comida y bebida para jornaleros	500.00
Foliales	
2 aplicaciones de lixiviados de lombriz al 5%	800.00
Aplicación de caldo sulfocálcico al 3%	400.00
Segunda abonada	
3 toneladas de bocashi	4,000.00
6 jornales para aplicación de bocashi	1,200.00
Cosecha	
28 jornales para cosechar mazorcas	5,600.00
100 Costales	300.00
Gasolina para transportar mazorcas al almacén	400.00
15 jornales para desgranar mazorcas (\$150 por jornal)	2,250.00
1 h tractor para desvare de cañas	350.00
Renta de la tierra	2,000.00
Total de costo directo por hectárea	27,750.00
Total de costo financiero (14% ASSI por seis meses)	1,942.00
Total de costo por hectárea	29,692.00
Ingresos	
5 toneladas de maíz (valor más alto: rango de 4 a 5 t ha ⁻¹)	17,500.00
Balance	
Ingresos (\$17,500.00) – Costos (\$29,692.00)	-12,192.00
Relación Beneficio/Costo	0.58

Fuente: Elaboración propia con datos de campo del ciclo primavera-verano 2016.

para el análisis de la sustentabilidad en el cultivo de maíz, indicando brevemente que los convencionales, en sus dos modalidades, no son sustentables porque, si

Cuadro 4. Paquetes tecnológicos para maíz (*Zea mays* L.) y análisis de sustentabilidad en Huandacareo, Michoacán, ciclo P-V 2016.

Paquete tecnológico	Viabilidad económica (B/C)	Sostenibilidad ecológica (impacto positivo)	Aceptabilidad social (jornales usados)	Sustentable*
Convencional no intensivo	SI (1.57)	No	Escasa (6)	No
Convencional intensivo	SI (1.73)	No	No (0)	No
Alternativo	No (0.58)	Si	Si (61)	No

*Cualidad del paquete tecnológico al que le favorecen todos los factores de la sustentabilidad evaluados.

Fuente: Elaboración propia con información de campo 2016.

bien cumplen con el atributo de la viabilidad económica, no cumplen con ninguno del resto de los atributos de la sustentabilidad. Sin embargo, aun cuando la tecnología alternativa no califica tampoco; se presenta como el más cercano a este concepto, resaltando que, con el alcance de un equilibrio en los valores económicos, sería el de mayor viabilidad.

Existen otras limitantes para la aplicación generalizada del paquete tecnológico alternativo en la región, las cuales se mencionan a continuación:

- La dificultad para satisfacer el alto requerimiento de mano de obra, ya que no todos los agricultores tienen la posibilidad de pagar 61 jornales ha^{-1} .
- El largo período de transición necesario para convertir el manejo convencional al alternativo, pues por muchos años se han cultivado las parcelas con altas dosis de productos químicos, cuyo impacto negativo es difícil corregir en el corto plazo.
- Al generalizarse el uso del paquete tecnológico alternativo, se generaría una situación de escasez de insumos, tales como: la mano de obra, el estiércol y la tracción animal, lo cual, en el corto plazo, implicaría un incremento en su precio.
- Más del 25% de las tierras cultivadas son rentadas, situación que desalienta la aplicación del paquete tecnológico alternativo, pues los beneficios obtenidos al mejorar las parcelas a largo plazo serían para el dueño, y no para el arrendatario.
- No existe un mercado regional para el maíz cultivado con manejo alternativo; éste debería venderse a \$6.00 cada kilogramo para recuperar los costos de producción. Sin embargo, en el ciclo agrícola analizado, el precio pagado al productor fue de \$3.50, lo cual afectó la rentabilidad.
- Para la obtención de un precio de venta competitivo, se deben realizar gastos extras para la certificación del producto y para la búsqueda de mercados alternativos, así como para cubrir los

costos de comercialización, tales como: acopio, transporte, embalaje y almacenamiento.

El paquete tecnológico convencional no intensivo es rentable, produjo 10 t ha^{-1} , generó una ganancia de \$13,210.00 ha^{-1} y ofreció una RB/C de 1.57; pero no cumple con los demás factores para ser sustentable. El segundo paquete convencional intensivo, es rentable puesto que produjo 14 t ha^{-1} , generó una ganancia de \$21,629.00 ha^{-1} y brindó una relación B/C de 1.73; pero tampoco cumple con los demás factores para ser sustentable. El tercer paquete, o alternativo, produjo 5 t ha^{-1} , generó una relación B/C de 0.58; su baja rentabilidad y productividad, implican que no se viable económicamente, razón por la cual tampoco es sustentable.

CONCLUSIONES

Ninguno de los tres paquetes tecnológicos analizados es sustentable. Las perspectivas para lograr una producción sustentable de maíz en la región, se basan en la posibilidad de aumentar la productividad del paquete tecnológico alternativo y negociar un precio más alto para el grano producido bajo esta tecnología, lo cual daría rentabilidad positiva, además, debe acortarse el período de transición entre los procesos productivos convencionales y alternativos, para no comprometer el nivel de ingreso presente de los agricultores, ni se dañe el medio ambiente, en forma tal, que se fomente la sustentabilidad en la agricultura maicera en la región.

LITERATURA CITADA

- Caballero M. R. 2012. El suelo y la agricultura sustentable. En: Los recursos naturales suelo, agua y biodiversidad. Propuestas para su aprovechamiento y conservación. Valadez R. M., Contreras R. J., Blas S. R., Ancheyta M. G., Zaragoza O. J., Pérez J. M (Eds). Altres Costa-Amic.: Puebla.
- CMMAD. 1987. Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland): Nuestro Futuro Común. Oxford University Press, 1987.

- Fernández S. R., Morales C. L. A., Gálvez M. A. 2013. Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. Una revisión indispensable. *Fitotecnia Mexicana* 36 (Supl. 3A): 275-283.
- Foladori G., Pierri N. 2005. ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable. Colección América Latina y el Nuevo Orden Mundial. Miguel Ángel Porrúa, Universidad Autónoma de Zacatecas y H. Cámara de Diputados LIX Legislatura. 219 p.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Huandacareo, Michoacán. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 9 p.
- Luna M. B. M., Hinojosa R. M. A., Ayala G. O. J., Castillo G. F., Mejía C. J. A. 2012. Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz de México. *Fitotecnia Mexicana* 35(1):1-7.
- Márquez B. S. R., Ayala G. A. V., Schwentesius R. R., Almaguer V. G. 2007. El maíz en México ante la apertura comercial. *Extensión al campo* 1(3): 5-9.
- Muller S. 1996. ¿Cómo medir la sostenibilidad? Una propuesta para el área de la agricultura y de los recursos naturales. IICA & GTZ.: San José, Costa Rica.
- Munive H. J. A. 1994. Efecto del pH del suelo sobre la asociación *Azospirillum brasilense* cepa UAP-154 – *Zea mays* bajo condiciones de invernadero con base en el desarrollo de la planta. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 36 p.
- Peraza R. J. C. 2014. Relación de los campesinos con su ambiente en la zona de reserva del Merendón, Honduras. Universidad Autónoma Chapingo. 162 p.
- SIAP. 2016. Estadística de la Producción Agrícola 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- Surasky J., Morosi G. 2013. La relación entre los seres humanos y la naturaleza: construcción, actualidad y proyecciones de un peligro ambiental. Instituto de Relaciones Internacionales. 38 p.
- Volke H. V. 1977. Generación de tecnología para agricultura de temporal y subsistencia: el caso del maíz en la región del Plan Puebla. Escuela Nacional de Agricultura. 280 p.



IDENTIFICATION OF FUNGI AND MYCOTOXINS ASSOCIATED TO COFFEE BEANS (*Coffea* L.) IN CHIAPAS, MEXICO

IDENTIFICACIÓN DE HONGOS Y MICOTOXINAS ASOCIADAS A GRANOS DE CAFÉ (*Coffea* L.) EN CHIAPAS, MEXICO

Garrido-Ramírez, E.R.^{1*}; Hernández-Gómez, E.¹; Espinosa-Paz, N.¹; Camas-Gómez R.¹; Quiroga-Madrigal, R. R.²; Rincón-Espinosa M.P.²; Farrera-Ruiz L. D.³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Centro de Chiapas, Ocozocoautla, Chiapas, México, km 3 Carretera Ocozocoautla-Cintalapa, Ocozocoautla de Espinoza, Chiapas, México. ²Universidad Autónoma de Chiapas. Campus V. Carretera Ocozocoautla-Villaflora, Chiapas, México. ³Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, km 29020, Carretera Panamericana 1080, Boulevares, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

*Autor de correspondencia: garrido.eduardo@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Objective: To identify the mycobiota associated to coffee beans (*Coffea* sp.) collected in the state of Chiapas, Mexico, as well as the incidence and levels of contamination by total aflatoxins and ochratoxin A.

Design/methodology/approach: To obtain representative samples of coffee beans, visits were made to the main producing and storage areas in seven regions of Chiapas, from March 2006 to December 2007. From each sample, 100 grains were taken, sterilized and sown in PDA medium. The isolated fungi were identified at genus or species level. The identification of mycotoxins was performed by ELISA and the Ridasoft Win Software version 1.45 was used for their quantification.

Results: Twenty-five genera/species of fungi were identified, with *Aspergillus* being the prevalent genus, followed by *Penicillium*, *Fusarium*, *Curvularia*, *Rhizopus*, *Helminthosporium* and *Pestalotia*. *A. niger*, *A. flavus*, *A. ochraceus* and *A. clavatum* were identified. There was a difference in the incidence of fungi between grain type and sampling regions. Regarding mycotoxins, there were differences according to type of grain and origin of the sample. Total aflatoxins were not found at high levels, but high levels were found for ochratoxin A.

Study limitations/implications: Total aflatoxins in coffee do not show levels of risk to health, but ochratoxin A is present in risky levels for human health.

Findings/conclusions: The incidence of fungi and contamination with mycotoxins is variable, depending on the type of coffee bean, region and year of sampling.

Keywords: Diagnosis, aflatoxins, ochratoxin A, food safety.

RESUMEN

Objetivo: Identificar la microbiota asociada a granos de café (*Coffea* sp.) recolectados en Chiapas, México, así como la incidencia y niveles de contaminación por aflatoxinas totales y ocratoxina A.

Diseño/metodología/aproximación: Para obtener muestras representativas de granos de café, se realizaron recorridos por las principales zonas productoras y de acopio en siete regiones de Chiapas, de marzo del 2006 a diciembre del 2007. De cada muestra se tomaron 100 granos, se esterilizaron y sembraron en medio PDA. Los hongos aislados se identificaron a nivel de género o especie. La identificación de micotoxinas se realizó mediante ELISA y para su cuantificación se utilizó el Software Ridasoft Win version 1.45.

Resultados: Se identificaron 25 géneros y especies de hongos, siendo *Aspergillus* el género prevalente, seguido de *Penicillium*, *Fusarium*, *Curvularia*, *Rhizopus*, *Helminthosporium* y *Pestalotia*. Se identificó a *A. niger*, *A. flavus*, *A. ochraceus* y *A. clavatum*. Hubo diferencia en la incidencia de hongos entre tipo de grano y regiones de muestreo. Respecto a micotoxinas, hubo diferencias según tipo de grano y origen de la muestra. Las aflatoxinas totales no se encontraron en niveles altos, pero para ocratoxina A, se registraron niveles altos.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Las aflatoxinas totales en café no muestran niveles de riesgo para la salud, pero la ocratoxina A, está presente en niveles de riesgo para la salud humana.

Hallazgos/conclusiones: La incidencia de hongos y la contaminación con micotoxinas es variable, dependiendo del tipo de grano de café, región y año de muestreo.

Palabras clave: Diagnóstico, Aflatoxinas, Ocratoxina A, Inocuidad alimentaria.

Los hongos del género *Aspergillus* pueden crecer en diferentes sustratos, incluyendo granos de café (*Coffea* sp.). Estos son susceptibles a la invasión de hongos en cualquier momento de su producción, procesamiento, transporte y almacenamiento. En los productos almacenados, los factores que determinan el crecimiento de *Aspergillus* y la producción de aflatoxinas son la humedad y temperatura de almacenamiento. Una humedad relativa de 80-85% frente a una humedad del grano cercana a 17% y temperaturas de 14 a 35 °C son las condiciones ideales para la producción de aflatoxinas (Osweiler *et al.*, 1985). Estas condiciones son similares a las que se presentan comúnmente en zonas tropicales como Chiapas, México, tanto en las zonas de producción como de almacenamiento del grano.

La Ocratoxina A (OTA) es una micotoxina nefrotóxica y carcinogénica, capaz de causar efectos adversos en la salud de animales y su productividad, (Leeson *et al.*, 1995). También juega un papel en algunas enfermedades de humanos y recientemente se ha clasificado en el grupo 2B por la Agencia Internacional de Investigación para el cáncer (IARC, 1993). La toxicología general de la OTA fue revisada por la Organización Mundial de la Salud, (WHO, 2001). La presencia de OTA en productos vegetales fue reportada por primera vez en 1969 en muestras de maíz (Shotwell *et al.*, 1969). Estudios posteriores han mostrado que esta micotoxina se puede encontrar a nivel mundial en granos de cereales, de café y otros productos (Krogh, 1987). En granos verdes de café se reportó por primera vez en 1974 y posteriormente se ha demostrado

INTRODUCCIÓN

Las micotoxinas son metabolitos secundarios tóxicos producidos por cepas toxigenicas de varios géneros y especies de hongos. Los factores más importantes asociados con el crecimiento de los hongos y la producción de micotoxinas son la humedad ambiental relativa, humedad del grano, disponibilidad de agua en el grano, temperatura de almacenamiento, ventilación y niveles de oxígeno atmosférico, integridad de la cutícula del grano y presencia de material extraño en el grano (Lacey, 1989). Las aflatoxinas son el grupo de micotoxinas más importantes desde el punto de vista de salud pública, ya que se consideran agentes carcinogénicos potentes. Constituyen un grupo de metabolitos heterocíclicos sintetizados principalmente por los hongos *Aspergillus flavus* (Link) y *Aspergillus parasiticus* (Spear), (Smith y Ross, 1991). Aun cuando existen diversos tipos de aflatoxinas, la más frecuentemente sintetizada por estos hongos es la aflatoxina B1, que se caracteriza por ser la más tóxica. La exposición de animales a aflatoxinas, especialmente la aflatoxina B1, puede resultar en hepatotoxicosis, mutagenesis, inmunosupresión, teratogénesis o carcinogénesis (Leeson *et al.*, 1995).

su presencia en café tostado (Studer-Rohr et al., 1995) y café soluble (Pittet et al., 1996). En Chiapas, el cultivo del café es importante, tanto por la superficie plantada como por su papel en la generación de empleos (100,000 empleos al año). Anualmente se cosechan 235,761 ha, con una producción de 343,772 toneladas (Siap, 2017; Secretaria del Campo, 2010). Al igual que otros cultivos, el café está expuesto a la infección de una diversidad de hongos, tanto en el campo como en el almacén; algunos de estos hongos tienen el potencial de ser micotoxigenicos. Trabajos preliminares han puesto de manifiesto la presencia de hongos del género *Aspergillus* y *Penicillium* así como de aflatoxinas y ocratoxinas (Garrido et al., 2007), lo cual puede constituirse en un problema de salud pública y de comercialización.

Los hongos que producen aflatoxinas y ocratoxinas son comunes en climas cálidos y húmedos (Beardall y Miller, 1994), sin embargo, existe poca información sobre la contaminación por estas micotoxinas en café en Chiapas, México, por lo que el objetivo del presente estudio fue identificar la microbiota asociada a granos de café recolectados en dicho estado, así como la incidencia y niveles de contaminación por aflatoxinas totales y ocratoxina A en dichos granos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras de granos de café

Para obtener muestras representativas de café (*Coffea arabica* L.; *Coffea canephora* L.), se realizaron recorridos por las principales zonas productoras y de acopio en el estado, seleccionando almacenes representativos, en las regiones Soconusco, Costa, Centro, Altos, Frai-

lesca, Selva, y Norte del estado de Chiapas. Se realizaron 19 recorridos en 21 municipios, obteniéndose un total de n=229 muestras de grano de café.

Las fuentes de recolecta variaron desde productores individuales, que conservan su café para su consumo, hasta almacenes y comercializadoras, con una buena infraestructura de almacenamiento, lo que muestra la variación en las condiciones en que se acopia y comercializan el café. En relación con el tipo de grano recolectado (Cuadro 1), el mayor número de muestras fueron de café en pergamino convencional con n=108, y n=21 de pergamino orgánico, lo cual represento el 56.2% del total recolectado. La siguiente presentación importante por su frecuencia fue de café en oro, en sus presentaciones de convencional, orgánico o robusta, las cuales representaron el 24.1%, y el resto fue de café en cereza.

Aislamiento e identificación de hongos asociados a los granos de café

Las muestras recolectadas se conservaron en bolsas de papel, en el Laboratorio de Fitopatología, del Campo Experimental Centro de Chiapas (CECECH), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Ocozocoautla, Chiapas, en donde se realizaron aislamientos de los hongos asociados a los granos de café colectados, con énfasis en hongos micotoxigénicos (*Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp.), para lo cual se siguieron técnicas estandarizadas (Agrios, 2001; Romero-

Cova, 1988); se tomó una muestra de 100 granos por muestra, previamente esterilizados y se colocaron en cajas Petri con medio de cultivo Papa-Dextrosa-Agar (PDA). Las cajas se incubaron a temperatura ambiente durante una semana, al cabo de la cual se realizaron las observaciones de los hongos presentes; se realizaron transferencias y preparaciones temporales para hacer observaciones al microscopio y la identificación se realizó a nivel de género, usando claves taxonómicas y manuales especializados (Barnett y Hunter, 1998; Christensen, 1982; Farr et al., 1995; Klick y Pitt, 1988; Leslie y Summerell, 2006; Raper y Fennell, 1965). Se realizaron transferencias para purificar colonias, obteniéndose cultivos monospóricos de cepas representativas de *Aspergillus* spp., y *Penicillium* spp. Los cultivos monospóricos identificados se transfirieron a tubos con PDA en plano inclinado y tapados con algodón y parafilm, se incubaron por 8 d, después de lo cual se les agregó aceite mineral esterilizado, para su conservación a 4 °C.

Identificación y cuantificación de micotoxinas

De los granos recolectados se tomó una submuestra para el análisis de aflatoxinas totales y ocratoxina A. La

Cuadro 1. Muestras de café (*Coffea* sp.) recolectadas.

Tipo	Tamaño de muestra	%
Cerezo	21	9.2
Cerezo borbón	1	0.4
Cerezo robusta	23	10.0
Oro	45	19.7
Oro Orgánico	8	3.5
Oro robusta	2	0.9
Pergamino	108	47.1
Pergamino orgánico	21	9.2
Total	229	100

técnica usada fue la de ELISA, mediante el uso de juegos de reactivos comerciales RIDASCREEN FAST para Aflatoxinas totales y para ocratoxina A, de la compañía R-Biopharm, siguiendo las instrucciones del fabricante. Debido a las características de los granos de café, fue necesario durante la extracción, emplear columnas de inmunoafinidad específicas para aflatoxinas totales o para ocratoxina A, de la compañía R-Biopharm antes de realizar la prueba de ELISA, para su clarificación (Pittet et al., 1996). Para la lectura de la absorbancia (a 450 nm), se uso un espectofotómetro de micropozos marca BIOTEK modelo EL301. Para la determinación de la concentración de micotoxinas, se utilizó el Software Ridasoft Win version 1.45 de R-Biopharm.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aislamiento e identificación de hongos asociados a los granos de café

En general, se observó una amplia variabilidad de hongos asociados a los granos de café, de los cuales se aislaron 21 hongos diferentes en una primera fase, y 25 en una segunda, cuya diferencia entre fases fue de un año. El Cuadro 2 presenta los datos de frecuencia y porcentaje promedio de contaminación por muestra. Se registraron hongos como *Aspergillus niger* y *A. flavus* que son los mas frecuentes y con mayor contaminación en ambas fases, pero hay otros cuya presencia es variable según el

año, como, por ejemplo, *A. ochraceus* que en la primera fase se aisló en el 22% de las muestras con una contaminación del 1.1%; sin embargo, en la segunda fase no se logró aislar en las muestras recolectadas.

Los principales hongos asociados al grano del café son los del género *Aspergillus*, dentro de los que sobresalen *A. niger*, *A. flavus*, *A. ochraceus* y *A. clavatum* (Figura 1). Asimismo, se aislaron otros tres tipos de *Aspergillus*, sin identificar la especie. Frecuentemente se aisló a hongos del género *Fusarium* y *Rhizopus* (en 44.2% y 38.1% de las muestras), aunque en niveles muy bajos (2.0% y 3.2% de contaminación del grano). Esto coincide con estudios sobre hongos micotoxigenicos en café, reportados por Rosas-Morales et al. (2003).

Identificación y cuantificación de micotoxinas

Aflatoxinas totales. A nivel general, 40 de las muestras analizadas no presentaron contaminación por aflatoxinas totales (Figura 2), y con la excepción de tres muestras que presentaron niveles altos (entre 15 y 45 ppb), la mayoría tiene valores bajos, siendo la mayor proporción las muestras con un contenido de aflatoxinas entre 1.7 y 5 ppb, lo cual es un nivel muy bajo de contaminación y no representa un riesgo a la salud. Al observar la contaminación del café por aflatoxinas totales por año (fase), en general se tuvo una mayor contaminación en

Cuadro 2. Frecuencia de hongos aislados en café y porcentaje promedio de contaminación por muestra colectada, durante dos años de observaciones.

Hongo	Primera fase		Segunda fase	
	% muestras ¹	% Contaminación ²	% muestras ¹	% Contaminación ²
<i>Aspergillus niger</i>	82.3	58.0	89.0	25.3
<i>Aspergillus flavus</i>	39.8	5.8	36.0	1.5
<i>Aspergillus ochraceus</i>	22.1	1.1	0.0	0.0
<i>Aspergillus clavatum</i>	11.5	0.4	5.0	0.15
<i>Aspergillus</i> sp. ¹	0.0	0.0	2.0	0.01
<i>Aspergillus</i> sp. ²	0.0	0.0	4.0	0.01
<i>Aspergillus</i> sp. ³	0.0	0.0	4.0	0.2
<i>Rhizopus</i> sp.	38.1	3.2	33.0	1.1
<i>Mucor</i> sp.	0.0	0.0	23.0	1.1
<i>Fusarium</i> sp.	44.2	2.0	28.0	0.6
<i>Penicillium</i> sp. ¹	4.4	1.7	30.0	1.1
<i>Penicillium</i> sp. ²	14.3	1.3	0.0	0.0
<i>Curvularia</i> sp.	21.2	1.4	6.0	0.01
<i>Helminthosporium</i> sp.	4.4	0.2	1.0	0.01
<i>Monilia</i> sp.	0.0	0.0	2.0	0.12

¹ Porcentaje de muestras con este hongo, del total de muestras recolectadas.

² Porcentaje promedio de contaminación por muestra (en 100 granos por muestra).

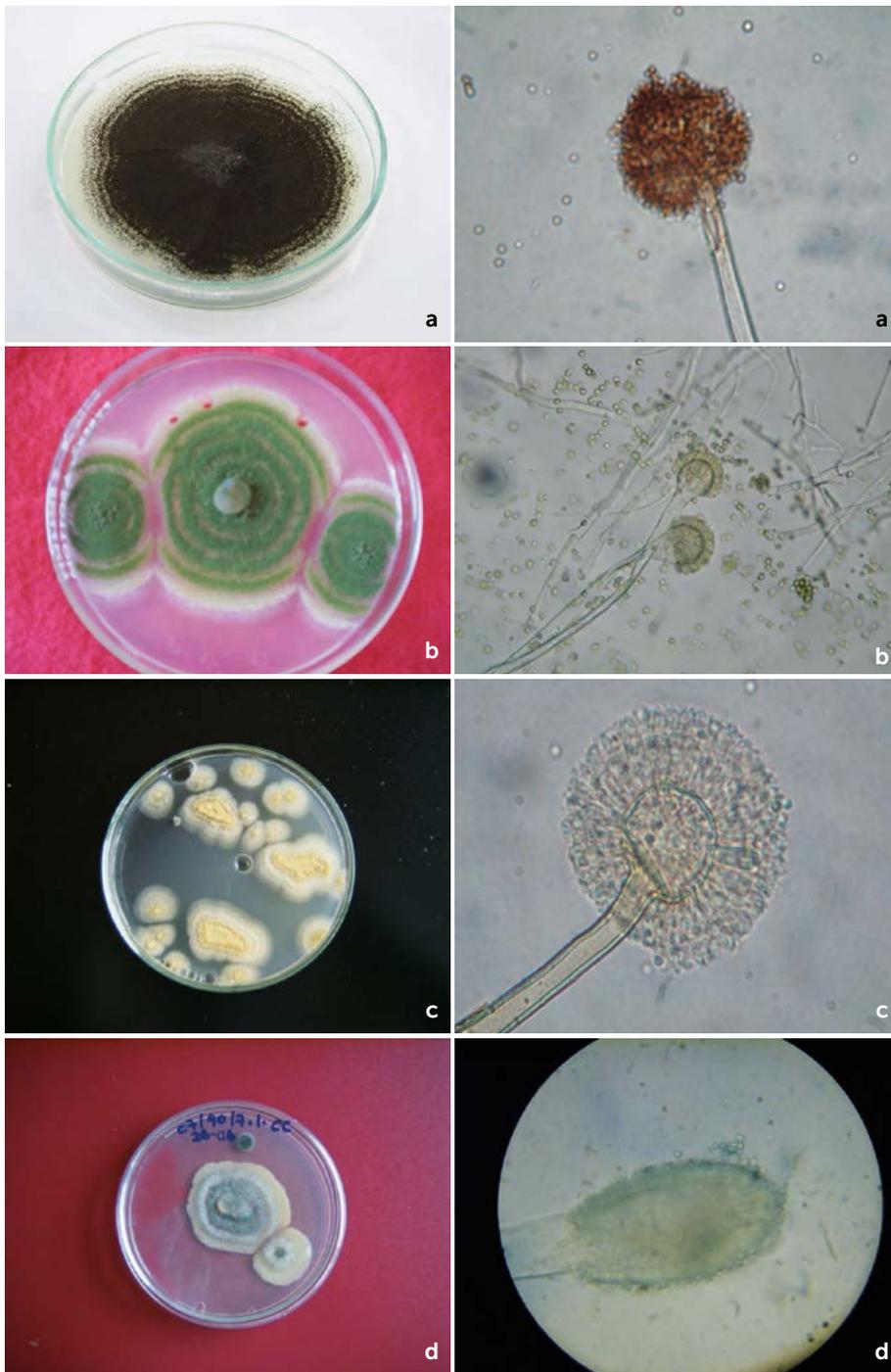


Figura 1. Colonia en medio PDA y microfotografías (40X) de conifóforos con cabezas de conidios de *Aspergillus niger* (a), *Aspergillus flavus* (b), *Aspergillus ochraceum* (c) y *Aspergillus clavatus* (d).

la primera fase que en la segunda (Figura 3). En la primera fase, se registró gran número de muestras con niveles de contaminación de 1.7 a 5 ppb de aflatoxinas, en comparación con el siguiente año; en los niveles de aflatoxinas menor a 1.7 ppb y de 15 a 45 ppb, el número de muestras fue muy similar para los dos años. Asimismo, al revisar la contaminación por región donde se recolectaron las muestras, se observó que la región del Soconusco fue donde las muestras tuvieron mayor contaminación (Figura 4), a diferencia de la Sierra, la Selva y los Altos, que presentaron los menores niveles de contaminación por estas toxinas.

Un análisis más detallado se presenta en el Cuadro 3, en la cual se indica el nivel de contaminación por región y por año. En el primer año de muestreo, en el Soconusco se recolectaron las muestras con niveles más altos, dos de ellas fueron altas en su concentración de aflatoxinas totales. Esta situación se repitió para el segundo año, en el cual una muestra de esta región presentó los niveles más altos de contaminación, seguida por la región centro. Vale la pena destacar que, en la Frailesca, en la Selva y en los Altos se recolectaron las muestras más limpias, sin contaminación o con niveles muy bajos de aflatoxinas.

Respecto a la contaminación por tipo de grano y año de recolecta, el Cuadro 4 presenta los promedios de contaminación cuantificados, se puede ver que hubo diferencia entre los años, con más contaminación en el 2006 que en el 2007; asimismo hubo diferencia entre tipos de grano, con más contaminación en pergamino en el año 1, y en cerezo robusta en el año dos.

Ocratoxina A. En el caso de esta micotoxina, todas las muestras analizadas presentaron una contaminación mayor del estándar más alto del juego de reactivos (40 ppb) utilizado, lo cual debe ser motivo de investigación y confirmación con otras técnicas más precisas, ya que esto representa un factor de riesgo a la salud humana, así como de problemas en la comercialización. Estos resultados confirman lo observado en otras partes del mundo (Levy et al., 1974; Sotwell et al., 1969; y Studer-Rohr et al., 1995) o en México, (Garrido et al., 2007); Rosas-Morales et al., 2003), que manifiestan el riesgo de contaminación en granos de café con esta micotoxina y que ha

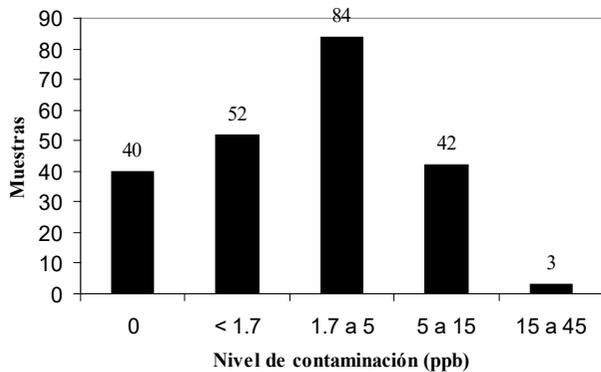


Figura 2. Contaminación con aflatoxinas totales en granos de *Coffea* sp., recolectados en Chiapas, México.

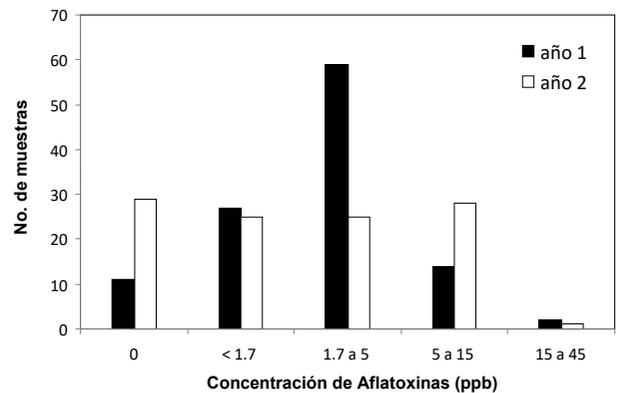


Figura 3. Niveles de contaminación por aflatoxinas en granos de *Coffea* sp., según año de muestreo.

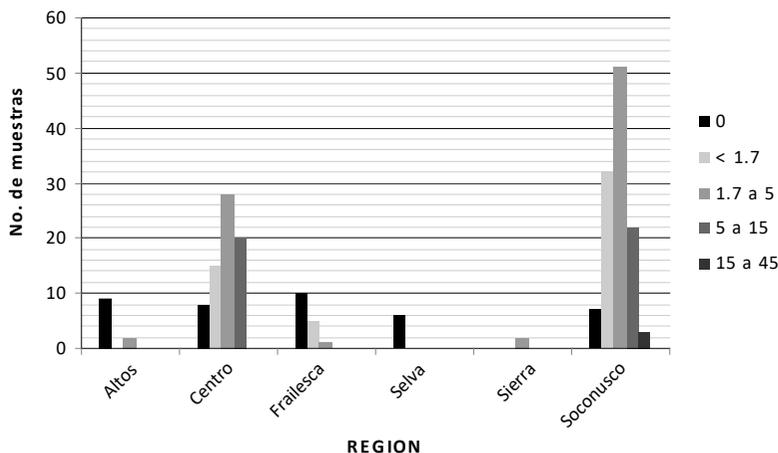


Figura 4. Niveles de contaminación por aflatoxinas en granos de *Coffea* sp., según la región de muestreo.

mientras que el 78.35% de los aislamientos de *Aspergillus carbonarius* producen altas concentraciones de OTA (>25 ppb) (Tjamos *et al.*, 2004). Por otro lado, no se encontró una correlación entre la similaridad genética de cepas de *A. niger* y *A. carbonarius* estudiadas y el potencial de productor de OTA, aunque se considera a *A. carbonarius* uno de los principales agentes productores de OTA en café y uva (Schmidt *et al.*, 2004). Considerando que en este estudio se observó una frecuencia de 82 al 89% de muestras de café de las cuales se aisló *Aspergillus niger*, y las altas concentraciones de OTA observadas, es importante considerar este riesgo para la salud y proponer

medidas para reducir tanto la infección como la producción de OTA de café en Chiapas.

medidas para reducir tanto la infección como la producción de OTA de café en Chiapas.

Respecto a las especies de *Aspergillus* productoras de OTA, algunos estudios han mostrado producción en todas las especies evaluadas, independientemente del cultivo (Varga *et al.*, 1996), o solo en algunas especies de *Aspergillus*, dependiendo del hospedante del cual se aísla; así, por ejemplo, ninguna cepa de *Aspergillus niger* aislada de higo produce OTA (Medina *et al.*, 2005), mientras que en otros estudios mencionan que solo 8.29% de aislamientos de *A. niger* obtenidos de uva (*Vitis vinifera* L.) en Grecia producen altas concentraciones de OTA,

Cuadro 3. Niveles de contaminación por aflatoxinas en granos de café (*Coffea* sp.) según región y año de muestreo.

Fase/año	Región	AFLA (ppb)					Total
		0	< 1.7	1.7 a 5	5 a 15	15 a 45	
1	Altos	0	0	2	0	0	2
	Centro	0	5	23	2	0	30
	Frailesca	7	5	1	0	0	13
	Sierra	0	0	2	0	0	2
	Soconusco	4	17	31	12	2	66
	Subtotal por año	11	27	59	14	2	113
2	Altos	9	0	0	0	0	9
	Centro	8	10	5	18	0	41
	Frailesca	3	0	0	0	0	3
	Selva	6	0	0	0	0	6
	Soconusco	3	15	20	10	1	49
	Subtotal por año	29	25	25	28	1	108
Total	40	52	84	42	3	221	

CONCLUSIONES

Existen diferencias en la incidencia de hongos entre tipos de grano de café, regiones y año de muestreo. Se aislaron 25 géneros diferentes de hongos, siendo *Aspergillus* el género más frecuente, seguido de: *Penicillium*, *Fusarium*, *Curvularia*, *Rhizopus* y *Helminthosporium*. Existen diferencias en los niveles de micotoxinas observados. Las aflatoxinas totales no muestran niveles de riesgo para la salud en café, pero la ocratoxina A, está presente en niveles de riesgo a la salud en café.

LITERATURA CITADA

- Agrios G.N. (2001) Fitopatología. 2ª. Ed. Trad. M. Guzmán Ortiz. Ed. Limusa. México. 838 p.
- Barnett H.L., and Hunter B.B. (1998) Illustrated genera of imperfect fungi. Fourth Edition. APS Press, The American Phytopathological Society, St Paul, Minn, USA. 218 pp.
- Beardall J., and Millar J.D. (1994) Natural occurrence of mycotoxins other than aflatoxin in Africa, Asia and South America. *Mycotoxin Research*. 10: 21-40
- Christensen M (1982) The *Aspergillus ochraceus* group: two new species from western soils and a synoptic key. *Mycologia* 74:210–225.
- FAO. (2006) Enhancement of Coffee Quality through the Prevention of Mould Formation. Final Technical Report- Project CFC/ICO/06 - GCP/INT/743/CFC, FAO Roma, Italy, 336 pp. (disponible en www.coffee-ota.org)
- Farr D.F., Bills G.F., Chamuris G.P., and Rossman A.Y. (1995) Fungi of Plants and plants products in the United States. APS Press, The American Phytopathological Society, St Paul, Minn, USA. 1252 pp.
- Garrido-Ramírez E.R., Camas-Gomez R., Espinosa-Paz N., Quiroga-Madriral R., Hernández-Gómez E., Gómez B.R. y Farrera R.D. (2007) Micobiota toxigena de ocratoxina A y aflatoxinas asociada a granos de café en Chiapas, México. Memorias Congreso Latinoamericano y del Caribe de Fitopatología IX Congreso Internacional/XXXIV Congreso Nacional de Fitopatología, Soc. Mexicana de Fitopatología, Cancún, Q. Roo, p 43.
- IARC (1993) Some Naturally occurring substances: Foods Items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol 56, International Agency for Research on Cancer, Lyon, pp. 489-521.
- INEGI (2002) Anuario estadístico 2001. INEGI, México, DF. 300 pp.
- Klich M.A, and Pitt JI (1988) A laboratory guide to common *Aspergillus* species and their teleomorphs. Division of Food Processing, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), Canberra, Australia.
- Klich, M.A, and J.I. Pitt. 1994. Laboratory guide to common *Aspergillus* species and their teleomorphs. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Division of Foods Processing, North Ryde, Australia.
- Krogh P. (1987) Ochratoxins in food. In: Krogh, P. (ed) Mycotoxins in Food. Academic Press, London, pp. 97-121.
- Lacey J. (1989) Prevention of mould growth and mycotoxin production through control of environmental factors. In: Nattori, S., Hashimoto, K. and Ueno, Y. (Eds.), Mycotoxins and Phycotoxins'88. Elsevier. Amsterdam. Pp 161-169.
- Leeson S., Diaz G.J., Summers J.D. (1995) Ochratoxins. In: Poultry metabolic Disorders and Mycotoxins. University Books, Guelph, pp.227-248.
- Leslie J.F. and Summerell B.A. (2006) The Fusarium Laboratory Manual. First Edition. Blackwell Publishing, Iowa USA. 388 pp.
- Levy C.P., Trenck H.L., Mohr H.K. (1974) Study of the occurrence of ochratoxin A in green coffee beans. *Journal of AOAC* 57:866-871.
- Medina A., Mateo R., Lopez-Ocaña L., Valle-Algarra F.M., and Jimenez M. (2005) Study of Spanish Grape Mycobiota and Ochratoxin A Production by Isolates of *Aspergillus tubingensis* and Other Members of *Aspergillus* Section Nigri. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(8): 4696-4702.
- Oswell G.D., Carson T.L., Buck W.E. and Van Gelder G.A. (1985) Clinical and Diagnostic Veterinary Toxicology. 3er ed. Kendall/Hunt. Iowa USA. pp 409-450.
- Pittet A., Tornare D., Huggett A., and Viani R. (1996) Liquid chromatographic determination of ochratoxin A in pure and adulterated soluble coffee using an immunoaffinity column cleanup procedure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44:3564-3569.

Cuadro 4. Niveles de contaminación por aflatoxinas en granos de café (*Coffea* sp.) según el año de muestreo y tipo de grano.

Fase/año	Grano	AFLA (ppb)					Total
		0	< 1.7	1.7 a 5	5 a 15	15 a 45	
1	Cerezo	2	6	5	0	1	14
	Cerezo robusta	0	1	4	2	0	7
	Oro	2	6	12	2	0	22
	Oro orgánico	0	1	3	0	0	4
	Pergamino	6	13	33	9	1	62
	Pergamino orgánico	1	0	2	1	0	4
	Subtotal por año	11	27	59	14	2	113
2	Cerezo	2	3	1	3	0	7
	Cerezo borbón	0	1	0	0	0	1
	Cerezo robusta	1	1	3	11	0	16
	Oro	5	7	5	3	1	21
	Oro robusta	1	0	1	0	0	2
	Oro orgánico	0	3	0	1	0	4
	Pergamino	15	9	8	8	0	40
	Pergamino orgánico	5	1	7	4	0	17
	Subtotal por año	29	25	25	30	1	108
	Total	40	52	84	44	3	221

- Raper K.B., and Fennell D.I. (1965) The genus *Aspergillus*. Williams & Wilkins Co., Baltimore, Md. 686 pp.
- Romero-Cova, S. (1988) Hongos fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 347 p.
- Rosas-Morales M., Trejo-Estrada S.R., Cerezo-Figueroa M. (2003) Detección de hongos productores de ocratoxina A en granos de café verde almacenado. Memoria del I Simposium Panamericano de Micotoxinas para la industria. Sociedad Latinoamericana de Micotoxicología. México, D.F., p.50.
- Schmidt H., Taniwaki M.H., Vogel R.F. and Niessen L. (2004) Utilization of AFLP markers for PCR-based identification of *Aspergillus carbonarius* and indication of its presence in green coffee samples. *Journal of Applied Microbiology* 97: 899–909
- Secretaría del Campo (2010) Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Consultado via internet www.agrochiapas.gob.mx el 23 de septiembre del 2010.
- Shotwell OL, Hesseltine CW, Goulden ML (1969) Note on the natural occurrence of Ochratoxin A. *Journal of AOAC*. 52:818-83
- Smith J.E., and Ross K. (1991) The toxigenic *Aspergilli*. Pp. 101-118 in: Smith, J.E. and Henderson, R. S. (Eds). *Mycotoxins and Animal Foods*. CRC Press, Boca Raton, USA.
- Studer-Rohr I., Dietrich D.R., Schlatter J., and Schaltter C. (1995) The occurrence of ochratoxin A in coffee. *Food and Chemical Toxicology*. 33:341-355
- Tjamos S.E., Antoniou P.P., Kazantzidou A., Antonopoulos D.F., Papageorgiou I., and Tjamos E.C. (2004) *Aspergillus niger* and *Aspergillus carbonarius* in Corinth Raisin and Wine-Producing Vineyards in Greece: Population Composition, Ochratoxin A Production and Chemical Control. *Journal of Phytopathology* 152, 250–255
- Varga J., Evei E., Rinyu E., Teren J., and Kozakiewicz Z. (1996). Ochratoxin production by *Aspergillus* species. *Applied and Environmental Microbiology*. 62 (12): 4461–4464
- WHO (2001) Safety Evaluation of certain mycotoxins in food. *Food Additives Series: 47*. World Health Organization, Geneva, pp. 281-415.



REPONSE OF WATERMELON CROP (*Citrullus lanatus* L.) TO THE GRAFT METHOD AND PATTERN ADAPTED TO ACID SOIL CONDITIONS

RESPUESTA DEL CULTIVO DE SANDIA (*Citrullus lanatus* L.) AL MÉTODO Y PATRÓN DE INJERTOS ADAPTADOS A CONDICIONES EDÁFICAS ÁCIDAS

Escalante-González, J.L.^{1*}; Arébalo-Madrugal, M.¹; Merida-Reyes, J.L.¹; Delgadillo-Hernández, E.U.¹;
Yañez-Coutiño, J.B.¹; Osorio-Hernández, E.²

¹Universidad Tecnológica de la Selva, Unidad Académica Selva Negra Rayón, entronque Toniná, Carretera Ocosingo-Altamirano, Col. Predio Latic, C.P. 29950, Ocosingo, Chiapas. ²Universidad Autónoma de Tamaulipas. División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Ingeniería y Ciencias. Centro Universitario Adolfo López Mateo, Cd. Victoria, Tamaulipas, Mexico.

*Autor de correspondencia: escalantegl@hotmail.com.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the watermelon crop behavior (*Citrullus lanatus* L.) over pumpkin (*Cucurbita maxima*) and chilacayote (*Cucurbita ficifolia*) patterns, to adapt and control diseases in acid soils.

Design/methodology/approach: The grafting procedure was according to the methodology proposed by Miles (2014). The research was carried out in two phases; the variable of the engraftment percentage of the pattern (EPP) was measured in the laboratory; on the field, the variables of Number of Flowers (NF), Total Flowering, and Number of Guides (NG). It should be mentioned that the study was established under completely randomized block design ($Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$), the experimental unit is made up of four plants, in which the field variables were measured. The data was analyzed with the Statistic Analysis System.

Results: According to SAS the best grafting method is approximation, because it shows a higher percentage of engraftment in both patterns, while the pumpkin pattern resulted as the best (85.50%).

Implications/ limits of the research: Due to the climatic conditions of the region, establishing the watermelon crop must be done in the first fortnight of the month of February, otherwise the reproductive stage will coincide with the season of highest precipitation, which will cause a high incidence of diseases.

Findings/conclusions: The approximation grafting had better results than the spike grafting, because there were more engraftments. Concerning the best pattern, the grafting over pumpkin gave better results in the specific adaptation to soils of the region.

Keywords: Graft, spike, approximation, chilacayote.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el comportamiento del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L.) sobre patrones de calabaza (*Cucurbita maxima*) y chilacayote (*Cucurbita ficifolia*) para adaptar y controlar de enfermedades en suelos ácidos.

Diseño/metodología/aproximación: El procedimiento de injerto fue de acuerdo a la metodología propuesta por Miles (2014). El trabajo se desarrolló en dos fases, de laboratorio, se midió la variable porcentaje de prendimiento en el patrón (PPP) y en campo, la variable Número de Flores (NF), Floración Total y Número de Guías (NG). Cabe mencionar que el trabajo se estableció bajo el diseño experimental de bloques completos al azar ($Y_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_j + \varepsilon_{ij}$), la unidad experimental lo constituyeron cuatro plantas, en las que se midieron las variables de campo. Los datos se analizaron con el paquete Statistical Analysis System.

Resultados: De acuerdo con el SAS el mejor método de injerto es aproximación, ya que este refleja un porcentaje alto en el prendimiento en ambos patrones, mientras que la calabaza resultó ser el mejor patrón (85.50%).

Limitaciones del estudio/implicaciones: Por las condiciones climáticas de la región, el establecimiento del cultivo de sandía debe realizarse en la primera quincena del mes de febrero, de no ser así, la etapa reproductiva coincidirá con la época de alta precipitación, lo que ocasionará una alta incidencia de enfermedades.

Hallazgos/conclusiones: El injerto de aproximación tuvo mejores resultados que el de púa, ya que hubo mayor prendimiento. Con respecto al mejor patrón, el injerto sobre calabaza dio mejor resultado en cuanto a la adaptación específica a los suelos de la región.

Palabras clave: Injerto, púa, aproximación, chilacayote

hasta ahora controlados por dicho producto (López-Elías *et al.*, 2008; Cohen *et al.*, 2007; Morra, 2004). Esto sobre todo porque la característica de monocultivo que presentan las especies comúnmente injertadas, solanáceas y cucurbitáceas, provoca un incremento en la presión que estos patógenos ejercen (Rojas y Riveros, 2002a; Riveros y Rojas, 2001).

El uso de portainjertos resistentes en combinación con las prácticas del manejo integrado de plagas (MIP) permite reducir el uso del Bromuro de Metilo para muchos cultivos. El injerto se utiliza en la agricultura comercialmente para incrementar los rendimientos de los cultivos y extender su tiempo de cosecha. Se han desarrollado investigaciones para identificar germoplasmas resistentes a enfermedades del suelo y nematodos en varios cultivos que recibían tratamientos con Bromuro de Metilo (Ledbetter, 2002). La importancia del injerto ha sido reconocida en todos los ámbitos agrícolas, puesto que es una técnica muy eficaz, limpia y cuyo uso implica un nulo impacto ambiental (Monera, 2003), y la prohibición del Bromuro de Metilo, revaloriza la técnica del injerto por su efecto no contaminante. Los cultivos comerciales son afectados por las sales que causan la reducción del número de hojas, crecimiento y rendimiento (Proaño, 2011). Sin embargo, se requiere buscar alternativas sustentables para obtener buenas producciones. Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento del cultivo de sandía sobre patrones de calabaza y chilacayote para aumentar la producción en los suelos ácidos, así como el control de enfermedades propagadas a través del suelo.

INTRODUCCIÓN

El empleo del injerto es reconocido con amplia difusión a partir de 1970 en España, Francia, Italia y Japón; aunque ya en 1914, en Japón se había reportado el injerto en plantas herbáceas desarrollado bajo el objetivo de prevenir Fusariosis, por otro lado, en 1917 la Universidad de Nara, publica la técnica de púa (González *et al.*, 2008). Cabe hacer mención que la utilización de injertos es muy popular para el manejo de enfermedades causadas por patógenos de suelo, tales como bacterias, hongos y nematodos, en los cultivos hortícolas (Messien *et al.*, 1995; González *et al.*, 2008).

Al presentarse como una técnica que permite otorgar tolerancias a enfermedades y patógenos de suelo se puede deducir que es una técnica útil desde el punto de vista ambiental ya que se perfila como una herramienta a incluir en planes de manejo que permitan el control limpio de enfermedades y patógenos (Lee *et al.*, 2010; Díaz *et al.*, 2006). Esto es de importancia ya que la prohibición de uso del bromuro de metilo, utilizado en agricultura para realizar la desinfección de suelo, dejará planteada la tarea de encontrar alternativas eficaces y limpias para el control de patógenos de raíces,

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó de abril a diciembre de 2017, en el campo experimental de la Unidad Académica Selva Negra Rayón de la Universidad Tecnológica de la Selva (17° 12' N y 93° 00' O a 1340 m de altitud). Las semillas, tanto de calabaza (*Cucurbita maxima*) y chilacayote (*Cucurbita ficifolia*), fueron recolectadas en la comunidad de Rincón Chamula en Chiapas, México. Para el proceso de germinación fue necesario tomar en cuenta que, entre las especies, existe diferencia en el comportamiento de en el periodo de germinación, es por ello, y de acuerdo a las pruebas realizadas; la siembra de los patrones (chilacayote y calabaza) y del injerto (Sandía), se realizaron con una diferencia de 4 d, con la finalidad de que la población de plantas en ambas especies (sandía, chilacayote y calabazas) presentaran un desarrollo uniforme. La siembra se realizó en charoles de 50 cavidades de 5 cm de diámetro y profundidad de 6 cm, material de polipropileno, con un volumen de 117 cm³ por cavidad. Se utilizó el Peat moss[®] como sustrato para la germinación y agrolita (50:50), la cual se humedeció a capacidad de sustrato, para proporcionarle al cultivo la humedad requerida para la germinación. Para realizar el injerto, se siguió la metodología recomendada por Miles (2014), siguiendo su recomendación, el injerto se realizó a los 21 d, después de emergida la planta, se cuidó que tanto el patrón como el injerto poseyeran el mismo diámetro en el momento de realizar esta actividad, para asegurar que los haces vasculares coincidieran y se tuviera éxito en la unión del injerto.

Para realizar el injerto de aproximación, se esperó que las plantas presentaran el primer par de hojas

verdaderas. Basados en esta característica, se realizó un corte de aproximadamente 45° de inclinación, hacia la parte basal del patrón (chilacayote y calabaza), el mismo ángulo de corte se realizó hacia la parte apical de la planta de sandía (injerto); se cuidó que el corte se realizará a la misma altura para lograr el mayor porcentaje de prendimiento posible. Una vez realizado el corte, se sobrepusieron los tallos y se sujetaron con la ayuda de cinta porosa.

Después del injerto, las plántulas se colocarán en una bandeja de trasplante y se mantuvieron en el laboratorio de ciencias básicas de la Unidad Académica Selva Negra Rayón, procurando mantener la temperatura ambiente entre los 20 y 25 °C. Inicialmente y durante el periodo de adaptación de las plantas se aplicaron riegos frecuentes, para mantenerlas a una humedad constante y evitar su deshidratación. Cinco días después de realizado el proceso, se eliminó la parte superior del patrón, mientras que la parte inferior del injerto o variedad se retiró siete días después.

Para realizar el Injerto de púa, se esperó que las plantas del patrón (Chilacayote y calabaza) presentaran una hoja verdadera, mientras que las del injerto (sandía), de una a dos hojas verdaderas. En el procedimiento se eliminó la hoja verdadera, el meristemo apical y las yemas axilares de la parte apical del patrón, dejando únicamente los cotiledones, esto para evitar el crecimiento vegetativo de portainjerto. Se realizó una incisión con apoyo de un bisturí entre los cotiledones.

Para el injerto, las plantas de sandía se cortaron en la parte inferior de los cotiledones en un ángulo de 45° en ambos lados, para darle forma de cuña e insertar en la incisión del portainjerto. El injerto se aseguró mediante la utilización de cinta porosa. Las plántulas injertadas se colocaron en una bandeja de trasplante y se mantuvo en un área del laboratorio, para proporcionar una temperatura ambiente entre los 20 y 25 °C, inicialmente y durante el proceso de adaptación de las plantas, se mantuvo la humedad constante en el sustrato y evitar su deshidratación.

Considerando que el tiempo desde el injerto a la conexión vascular, entre el portainjerto y el injerto, ocurre en aproximadamente 7 d, se dejaron siete días más para asegurar la unión y funcionalidad completa de los haces vasculares. Posteriormente, se sacaron del laboratorio y se dejaron por 5 a 10 d, en el invernadero para aclimatarlas. Finalmente, se procedió al establecimiento en el área de cultivo. El experimento se estableció en un macrotúnel en batería, de 10×20 m. Una vez establecido en el macrotúnel, el monitoreo se realizó de forma semanal para observar el crecimiento de la variedad injertada y poder eliminar los brotes del patrón inmediatamente.

El estudio se desarrolló bajo un diseño experimental de bloques completos al azar. En la fase de laboratorio, se midió el porcentaje de prendimiento en el patrón (PPP). Mientras que, en campo, las variables medidas fueron número de flores (NF), floración total y número de guías (NG). La unidad experimental lo constituyeron cuatro plantas, en las que se midieron las variables de campo. Los datos recolectados se anotaron en una libreta de campo, y se analizaron mediante la ayuda del paquete de Análisis Estadístico SAS

(Statistical Analysis System), respetando el modelo de bloques completos ($Y_{ij}=\mu+\beta_i+\tau_j+\epsilon_{ij}$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuando se injerta la sandía sobre patrones de calabaza y chilacayote, el desarrollo vegetativo, en su etapa de expansión de follaje y floración, se observa un cambio significativo. Este comportamiento se reflejó al realizar un análisis de varianza de los datos de campo entre tratamientos, para las variables, inicio de floración, floración total y números de guías ($\alpha=0.05$) (Cuadro 1).

El comportamiento en las comparaciones de medias entre tratamiento se observó una diferencia estadística significativa ($P\leq 0.05$) para las variables FT y NG. A pesar del comportamiento reflejado en el análisis de varianza y comparaciones de medias entre tratamientos, la población de plantas injertadas sobre el método de chilacayote, estadísticamente, presentan menor número de floración y menor número de guías (Cuadro 2).

De acuerdo con los resultados obtenidos por Hernández-González (2014), en el trabajo de investigación de injerto con pepino, encontró que el injerto sobre chilacayote y calabaza presentaron mayor desarrollo de biomasa, comparado

Cuadro 1. Análisis de Varianza entre Tratamiento de las variables cuantificadas.

Factor de Variación	Grados de libertad	Inicio de floración	Floración total	Número de guía
Bloque	3	18.03	3954.81	27.91
Tratamiento	4	4.83*	256.81**	15.11**
Error	57	22.25	4034.94	97.2
Total	64	45.12	8246.55	140.22
Coefficiente de Variación		43.91	46.1	43.22

Si $Pr>f\geq \alpha$ 0.05 no hay diferencia estadística significativa ($\alpha=0.05$), *: Si $Pr>f$ esta entre 0.01 y 0.05 > hay diferencia estadística significativa; **: Si $Pr>f<0.01$ hay diferencia estadística altamente significativa.

con el testigo (sin injertar), esto como un efecto, principalmente, por el volumen radicular que poseen los patrones (calabaza y chilacayote).

Lo anterior, puede explicar el comportamiento estadístico que se observó en esta investigación con respecto al testigo (3.40 en calabaza, 2.83 chilacayote, con respecto a 2.59 en promedio de guías por planta de las plantas sin injertar), que de acuerdo con Pulgar *et al.* (2000), un cultivo con un sistema radicular vigoroso de raíces del patrón es capaz de absorber agua y nutrimentos eficientemente que las raíces del propio cultivar, y podría servir como un proveedor de hormonas endógenas quienes se encuentran involucradas con los aspectos de desarrollo de las plantas, lo que puede explicar el comportamiento de la floración (21.25 flores en promedio por guía del injerto de púa en chilacayote y

7.75 de las plantas sin injertar) en los tratamientos.

Porcentaje de Prendimiento (PP)

El efecto de los tratamientos "métodos y técnicas de injertos" se observa un mayor porcentaje en aproximación de calabaza, con 85.50% en prendimiento (Figura 1), donde las plantas injertadas con el método de aproximación en calabaza mostraron mayor prendimiento, seguido del método de aproximación en chilacayote (82%), mientras que el método de púa, presentan menor porcentaje de prendimiento en ambos casos (67% en chilacayote y 69% en calabaza) (Figura 1). Estos mismos resultados fueron reportados por López-Elías *et al.* (2008), en la evaluación realizada entre los métodos de injerto en púa y aproximación en sandía, en el que obtuvo mayor efectividad en prendimiento los injertos de aproximación, que de acuerdo con González *et al.* (2003), el diámetro del tallo es un factor importante en el porcentaje de prendimiento, la cual está asociado con la generación de haces vasculares. Por otro lado, el comportamiento en el porcentaje de prendimiento está relacionada a la superficie expuesta y en contacto entre el patrón y patrón y el injerto.

Respecto al mejor patrón, se observó que los injertos de sandía sobre

Cuadro 2. Comparación de medias de los tratamientos de las variables cuantificadas en injertos de sandía

Tratamiento	Número de guía	Floración total
Plantas sin injertar	2.59 ab	7.75 b
Injerto de Púa en Calabaza	3.40 a	16.50 ab
Injerto de aproximación en chilacayote	1.94 ab	17.73 ab
Injerto de Aproximación en calabaza	2.83 ab	16.36 ab
Injerto de Púa en Chilacayote	1.25 b	21.25 a
Diferencia Mínima Significativa	1.68	12.31

DMS=Diferencia Mínima Significativa, Inicio de Floración (IF), Floración Total (FT), Números de Guías (NG).

calabaza, dieron los mejores resultados, ya que obtuvo mayor porcentaje de prendimiento con respecto al porcentaje de prendimiento observado en los injertos de chilacayote, esto puede deber a que, en éste, la formación de la cavidad dentro del tallo puede que sea más rápido, pudiendo ser un factor importante que reduzca la superficie de contacto entre el patrón y el injerto. Sin embargo, la diferencia observada, no representó una diferencia significativa, pudiéndose aprovechar algunas ventajas que pueda presentar el chilacayote, por ejemplo su amplia adaptabilidad en la región para el tipo de clima y suelo que predominan en la región, o resistencia a algunas enfermedades en el suelo.

CONCLUSIONES

El injerto de aproximación tuvo mejores resultados en comparación al de púa, ya que hubo mayor prendimiento. Con respecto al mejor patrón, el injerto sobre calabaza dio mejor resultado en cuanto a la adaptación específica a los suelos de la región.

LITERATURA CITADA

- Bromide. 2002. Consultada: 12 abr 2008. Disponible en <http://epa.gov/Ozone/mbr/casestudies/volume3/graftng3.html>.
- Cohen, R., Y. Burger, C. Horev, A. Koren and M. Edelstein. 2007. Introducing grafted cucurbits to modern agriculture; the israeli experience. *Plant Disease* 91(8):916-923.
- Díaz, M., F. Camacho y M.V. Huitrón. 2006. Efecto de diversos portainjertos sobre Producción y calidad de sandía triploide cv. reina de corazones. *Horticultura Global, España* 191:20-24.
- González, F. M., Gómez, L., Rodríguez, M., Hernández, A., Casanova, A., & Depestre, T. (2008). El injerto herbáceo: alternativa para el manejo de plagas del suelo. *Protección vegetal*, 23(2), 69-74.
- González J. M., F. Radillo, F. F. Martínez y M. Bazán. (2003). Evaluación de diferentes portainjertos en el desarrollo vegetativo del cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Tri-x 313. In: *Memorias del X Congreso Nacional de la Sociedad de Ciencias Hortícolas*. Chapingo, México. pp:43-49.
- Ledbetter M. 2002. Plant Grafting as a Tool to Help Reduce the Need for Soil Fumigation with Methyl.
- Lee, J.M., C. Kubota, S.J. Tsao, Z. Bie, P.H. Echevarría, L. Morra and M. Oda. 2010. Current status of vegetable grafting: Difusion,

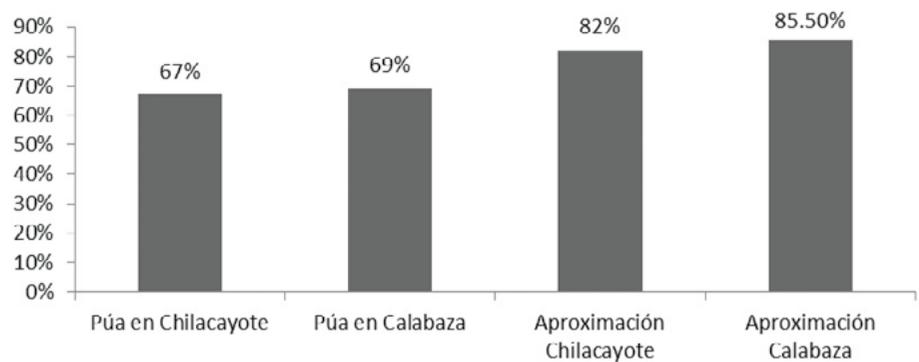


Figura 1. Porcentaje de Prendimiento (%) de los métodos de injerto.

grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae* 127(2):93-105.

- López-Elías J., A. Francisco-Romo y G. J. Domínguez. (2008). Evaluación de métodos de injerto en sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) sobre diferentes patrones de calabaza. *IDESIA* 2: 13-18.
- López-Elías, J., R. Agustín, A. Romo y J. Domínguez. 2008. Evaluación de métodos de injerto en sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) sobre diferentes patrones de calabaza. *IDESIA, Chile* 26(2):13-18.
- López-Elías, J., R. Agustín, A. Romo y J. Domínguez. 2008. Evaluación de métodos de injerto en sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) sobre diferentes patrones de calabaza. *IDESIA, Chile* 26(2):13-18.
- Miles, C., Flores, M., & Estrada, E. (2014). *Injertos Hortícolas: Sandía*. Washington: Washington State University.
- Monera R. 2003. Los hongos del suelo factor limitante del cultivo de la sandía. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_vrural/Vrural_1999_96_22_25.pdf.
- Morra, L. 2004. L'innesto erbaceo in orticoltura. pp 167-176. In: Tognoni F., Pardossi A., Incrocci L., Mensuali-Sodi A., Dimauro B. *Workshop internazionale "La produzione in serra dopo l'era del bromuro di metile"*. Comiso, Italia, Aprile 1-3, 2004.
- Proaño j., Suarez c. Briones c. 2011. Estudio de metodologías para la validación de un modelo predictivo para el manejo y control de la salinidad del suelo y del agua en la península de santa Elena. *Universidad Agraria, Guayaquil-ecuador*.
- Pulgar G., G. Villora, D. A. Moreno and L. Romero. (2000). Improving the mineral nutrition in grafted watermelon plants: Nitrogen metabolism. *Biology Plantarum* 43:607-609. 2003. Disponible en <http://www.enmedia.es/articulos/vr/hortofrut/sandia1.html>.
- Rojas, L. y F. Riveros. 2001. Efecto del método y edad de las plántulas sobre el prendimiento y desarrollo de injertos en melón (*Cucumis melo*). *Agricultura Técnica* 61(3):262-274.
- Rojas, L. y F. Riveros. 2002a. Prendimiento de injertos en hortalizas. *Tierra Adentro* 46:30-31.

TIPOLOGY OF CRAFT MEZCAL PRODUCTION UNITS IN THE DISTRICT OF TLACOLULA, OAXACA, MEXICO

TIPOLOGÍA DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE MEZCAL ARTESANAL DEL DISTRITO DE TLACOLULA, OAXACA, MÉXICO

García-Vásquez, A.J.¹; Jaramillo-Villanueva, J.L.^{1*}; Vargas-López, S.¹; Bustamante-González, A.¹; Barrera-Rodríguez, A.L.²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Maestría del PROEDAR. ²Universidad Autónoma Chapingo.

*Autor de correspondencia: jaramillo@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To analyze the characteristics of the certified craft mezcal Production Units in the Tlacolula district of Oaxaca, and to relate the supply of the raw material as a way to guarantee the continuity in quantity and quality of production.

Methodology: Socioeconomic, productive and marketing variables were defined for the design of the questionnaire. Interviews were conducted with 71 producers of certified craft mezcal from seven municipalities in the Tlacolula district. Data were analyzed with the PRINCOMP, FASTCLUST and GLM procedures of the SAS statistical package.

Results: The cluster analysis identified five types of production units: 1) high production with direct sales to the consumer (7%), 2) high production with sales to stores (11.3%), 3) medium production with sales to stands in markets (31%), 4) medium production with direct sales to the consumer (19.7%), and 5) medium production with sales to the bottler (31%). The units with high production volume are those that have the future supply of agave guaranteed because they own extensive lands with cultivation of "espadín" agave (*Agave angustifolia*).

Limitations of the study: The use of the wild species depends on the availability of those varieties, for which the municipalities should control the extraction, and elaborate and apply care plans for them.

Findings/Conclusion: The production of certified mezcal in artisanal character allows finding different types of production units. The differences are attributed to availability, quantity of raw material used, production volume and marketing channel.

Keywords: agave, supply, production units, strategy.

RESUMEN

Objetivo: Analizar las características de las Unidades de Producción de Mezcal artesanal certificado del distrito de Tlacolula, Oaxaca y relacionar el suministro de la materia prima como una forma de garantizar la continuidad de la cantidad y calidad de la producción.

Metodología: Se definieron variables socioeconómicas, productivas y de comercialización para el diseño del cuestionario. Se entrevistó a 71 productores de mezcal artesanal certificado de siete municipios del distrito de Tlacolula. La información se analizó con los procedimientos PRINCOMP, FASTCLUST y GLM del paquete estadístico SAS.

Resultados: El análisis clúster identificó cinco tipos de unidades de producción: i) alta producción con venta directa al consumidor (7%); ii) alta producción con venta a tienda (11.3%); iii) mediana producción con venta a establecimientos en mercados (31%); iv) mediana producción con venta directa al consumidor (19.7%); y v) mediana producción con venta al envasador (31%). Las unidades con alto volumen de producción poseen certeza en el suministro futuro de agave al poseer mayor superficie con cultivo de agave espadín (*Agave angustifolia*).

Limitaciones del estudio: El uso de las especies silvestres depende de la disponibilidad de las mismas, por lo cual los municipios deberían controlar la extracción, elaborar y aplicar planes de cuidado de las mismas.

Conclusión: La producción de mezcal certificado en su carácter artesanal permite encontrar diversos tipos de unidades de producción. Las diferencias se atribuyen a la disponibilidad, cantidad de materia prima utilizada, volumen de producción y canal de comercialización.

Palabras clave: agave, suministro, unidades de producción, estrategia.

producción de mezcal. La producción de mezcal artesanal con certificación, se convierte en una alternativa de forma de vida para ciertos grupos sociales (Hernández *et al.*, 2011); por la creciente demanda de productos locales auténticos (Luva y Ciliane, 2015) valorados por sus características asociadas al terroir que denota el "sabor del lugar" (Bowen y Valenzuela, 2009; Moulard, Babin y Griffin, 2015; Feroni *et al.*, 2017). El auge del mezcal conlleva a la revisión de los elementos que permitan entender las características y desempeño futuro de la producción. Primero, Borja-Bravo *et al.*, (2016) y Charters y Menival (2008) recomiendan realizar el análisis de la producción desde las características socioeconómicas, productivas y formas de comercialización para conocer la situación actual de una producción porque esto ayuda a los actores a comprender como mejorar la gestión y al diseño de políticas públicas. Segundo, la producción de mezcal se enfrenta al problema de disminución de agave (*Agave* sp.), debido a la demanda por parte de los tequileros (Bautista, Orozco y Terán, 2015). Por tanto, la permanencia en el tiempo de la producción artesanal en sus diferentes manifestaciones tiene que ver con la materia prima, donde la capacidad de acceso a las mismas asegura la continuidad de la actividad (Cardini, 2012). La teoría de capacidades dinámicas permitió explicar que el control de la cadena de suministro de materias primas por parte del productor, representa una estrategia de adaptación para alcanzar un mayor valor económico que sus competidores (Beske, Land y Seuring, 2014), pues permite adaptar, crear y extender la base de los recursos internos (Teece y Pisano 1994) como respuesta a necesidades de cambio

INTRODUCCIÓN

En México, la producción artesanal en el medio rural es una de las actividades más importantes para la mayoría de las familias (Hernández, Domínguez y Ramos, 2002) porque representa una fuente de ingresos única o complementaria (Hernández, Pineda y Andrade, 2011). La producción artesanal en el medio rural se ubica en regiones de alta y muy alta marginación y forma parte del modo de vida, se caracteriza por el uso de conocimiento tradicional heredado por generaciones, baja escolaridad y formación empresarial (Hernández *et al.*, 2002; Hernández *et al.*, 2011: 67). En el proceso productivo la mayoría de los productos son elaborados mediante la transformación de materias primas naturales básicas (Bustos, 2009) que pertenecen a la misma región (Rayado, 2003). Estos insumos le dan la característica de estacionalidad al proceso, que se traduce en períodos de mayor producción que se alternan con pausas en la misma. Esta alternancia se atribuye al limitado acceso a la materia prima o por falta de inventario (Cardini, 2012: 217). La comercialización de los productos artesanales se realiza principalmente en mercados locales y regionales (Novecos, 2008). En el contexto de la globalización, algunos productos artesanales obtuvieron algún tipo de protección, como es la denominación de origen o certificación para, ampliar su mercado nacional e ingresar al mercado internacional (FAO-IICA, 2008; Pérez, 2012). Un ejemplo es la certificación de la

ocasionadas por el ambiente externo (Easterby-Smith, Lyles y Peteraf, 2009) asegurando la continuidad de la producción. Los objetivos del presente trabajo fueron: analizar la características de las unidades de producción de mezcal artesanal certificado mediante la formación de grupos homogéneos, y relacionar el suministro de la materia prima como una capacidad dinámica de adaptación. Lo anterior, puede usarse para el diseño de mejores programas de intervención en esta actividad productiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el distrito de Tlacolula, Oaxaca, México (16° 50' N y 96° 30' O). El distrito comienza a una distancia de 38 kilómetros de la ciudad de Oaxaca (INAFED, 2015). Se eligieron siete municipios: Santiago Matatlan, Tlacolula de Matamoros, San Dionisio Ocotepec, San Juan del Rio, San Pablo Villa de Mitla, San Lorenzo Albarradas y Teotitlán del Valle. La topografía dominante es la llanura aluvial con lomerío, llanura aluvial con lomerío de piso rocoso y sierras de cumbres tendidas. El clima es semiseco semicálido con una temperatura de 16 a 26 °C y la altura de 400 a 800 m (INEGI, 2005). Las características edáficas, clima y altura son aptas para el cultivo del agave y producción de mezcal (Bautista y Terán, 2008).

Determinación de variables

Se diseñó y aplicó un cuestionario a 71 productores certificados pertenecientes a siete municipios, en los meses de septiembre y octubre del 2017. Las variables se clasificaron en las siguientes categorías: socioeconómicas, productivas y de comercialización (Miele et al., 2007; Borja-Bravo et al., 2016). Las variables socioeconómicas fueron: edad, escolaridad, experiencia y años con certificación de CRM. Las variables productivas fueron: superficie con cultivo de agave espadín (ha), cantidad de

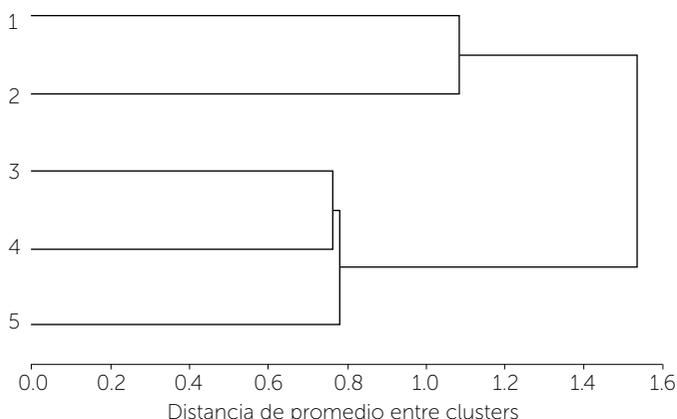


Figura 1. Clasificación de los tipos de producción de mezcal artesanal certificado.

agave espadín(t), cantidad de agave propio(t), cantidad de agave tóbala, arroqueño y tepeztate (t), capacidad del horno (kg), capacidad de las tinajas de fermentación (L), número de tinajas, mano de obra asalariada y familiar (jornales), conversión (kg para producir un litro de mezcal), número de procesos al año, volumen de producción total (L) y mezcal por categoría (botellas de 750 mL). En las variables de comercialización se consideraron los cinco canales: venta directa al consumidor, venta a tiendas, venta a establecimientos en mercados y venta al envasador (Espinoza, Rivera y González, 2017; Vega y Pérez, 2017).

El análisis de datos se ejecutó con el programa SAS (2014). Se realizaron los siguientes procedimientos: a) análisis de componentes principales (PRINCOMP), b) análisis de clúster (FASTCLUST), c) GLM y pruebas de medias Tukey ($p \leq 0.05$). Para el procedimiento GLM se consideró el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + C_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde: Y_{ij} son las variables que representan el aspecto social, productivo y de comercialización, C_i es la clasificación obtenida del análisis de clúster y ε_{ij} es el error aleatorio.

El nombre asignado a los grupos se realizó considerando el volumen de producción anual según la clasificación del Plan Rector Agave Mezcal (2006): los productores "pequeños" (menor a 1,000 litros por año), los productores "medianos", (de 1,001 a 5,000 litros de por año) y los productores "grandes" (más de 5,000 litros por año).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a la naturaleza artesanal del proceso de producción del mezcal es frecuente encontrar diferentes tipos de unidades de producción (Vera, Santiago y López, 2009). El análisis de clúster permitió clasificarlas en cinco grupos (Figura 1): 1) alta producción y venta al consumidor directo (7.0%), 2) alta producción y venta a tiendas (11.3%), 3) mediana producción y venta a establecimientos en mercados (31.0%), 4) mediana producción y venta directa al consumidor (19.7%) y 5) mediana producción y venta al envasador (31.0%).

Los grupos se caracterizan por una serie de similitudes y diferencias. En cuanto a las primeras, los productores de mezcal en esta región tienen 40 años de edad y bajo nivel de escolaridad (<9 años). Las condiciones

socioeconómicas de las comunidades donde habitan son de alta y muy alta marginación (López et al., 2012). El grupo de productores de alta producción y venta al consumidor directo tienen escolaridad de 15.20 ± 1.76 años (Figura 2). La actividad productiva se caracteriza por ser eminentemente familiar. Esto coincide con lo reportado por Espinoza et al. (2017), quien reportó que el productor busca, a través del involucramiento de la familia en las actividades productivas, se puedan generar recursos económicos necesarios para satisfacer sus necesidades y reducir costos. Esta situación se aplica a todos los grupos, excepto a los productores de alta producción con venta directa al consumidor, en quienes predomina el uso de mano de obra contratada.

En el proceso productivo, la capacidad del horno de piedra guarda una relación directa con el volumen de producción. La materia prima para el proceso productivo es el agave cultivado: agave espadín (*Agave angustifolia* Haw) y los agaves silvestres: tóbala (*Agave potatorum*), arroqueño (*Agave americana* var. Oaxacensis) y tepeztate (*Agave marmorata* Roezl). Los productores pre-

fieren utilizar agave cultivado en la región. Bautista y Terán (2008) explican que existe una preferencia por el uso de agave cultivado en Valles Centrales de Oaxaca, debido a su rendimiento en la elaboración artesanal del mezcal que se asocia a las condiciones climáticas. Un aspecto importante es la eficiencia con la que se realiza la transformación de la materia prima en mezcal. Se encontraron diferencias ($p < 0.05$) en las cantidades de agave necesarias para producir un litro de mezcal en cada uno de los grupos: 1) 11.2 ± 0.45 kg, 2) 11.87 ± 0.36 kg, 3) 13.04 ± 0.21 kg, 4) 13.07 ± 0.27 kg y 5) 12.45 ± 0.21 kg; los cuales son muy cercanos a la media registrada (12.7 kg de agave para producir un litro de mezcal) en trabajos llevados a cabo en la zona (Caballero, Montes y Silva, 2013). Anteriormente, la estrategia de producción implicaba que gran parte del producto se destinara a la obtención de mezcal joven abocado, mismo que ahora se produce en bajas cantidades y sólo bajo solicitud de algún comprador. Actualmente la estrategia es generar la categoría de mezcal joven y reposado (Figura 3) que son los de mayor venta en el mercado (CRM, 2017). Las diferencias en la producción actual se en-

cuentran en los años de experiencia en la producción, tiempo de poseer la certificación, superficie sembrada con agave, cantidad de agave utilizado, número de procesos, volumen de producción y canal de comercialización. Diferencias que determinan el desempeño actual y futuro de las fábricas y su capacidad para enfrentar los retos propios de la industria. A continuación, se realiza la descripción de los grupos considerando estas diferencias:

Alta producción con venta directa al consumidor

Los productores de este grupo tienen amplia experiencia en la producción de mezcal (33.0 ± 4.25 años) y los primeros en obtener la certificación (15 años) de CRM. Esto se refleja en un alto volumen de producción (686.0 ± 73.73 litros) y número de proceso al año (8.4 ± 0.55). Respecto a la materia prima utilizan agave espadín (8.2 ± 0.68 t), agave tóbala (0.90 ± 0.15 t) y agave arroqueño (0.20 ± 0.11 t). Se reconoce a estos productores pues tienen la mayor superficie cultivada con agave espadín (4.80 ± 0.38 ha), que el resto de las agrupaciones con lo cual asegura el suministro futuro de agave y producción de mezcal. Esto

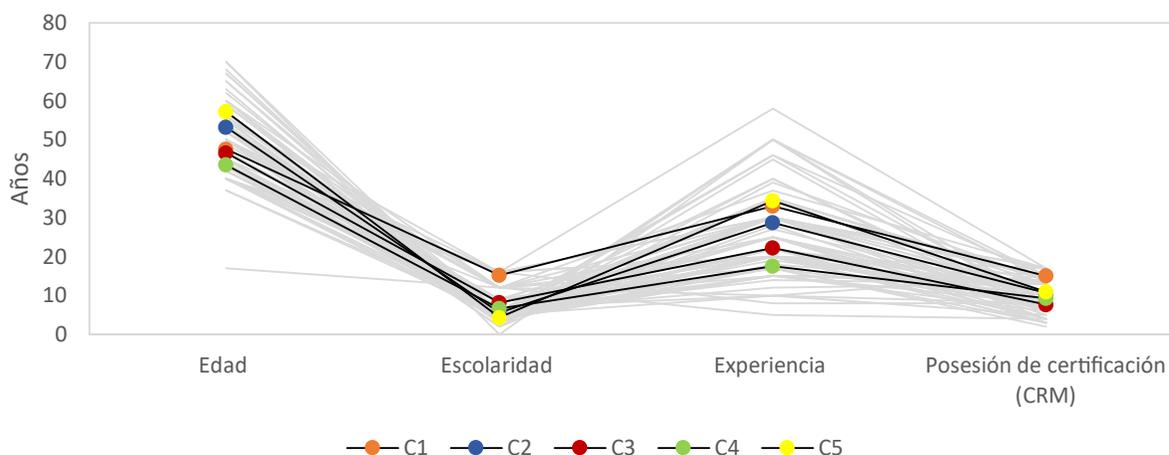


Figura 2. Características socioeconómicas de los productores de mezcal.

Nota: Las líneas negras indican las medias de cada clúster. Las líneas grises son los valores de cada observación.

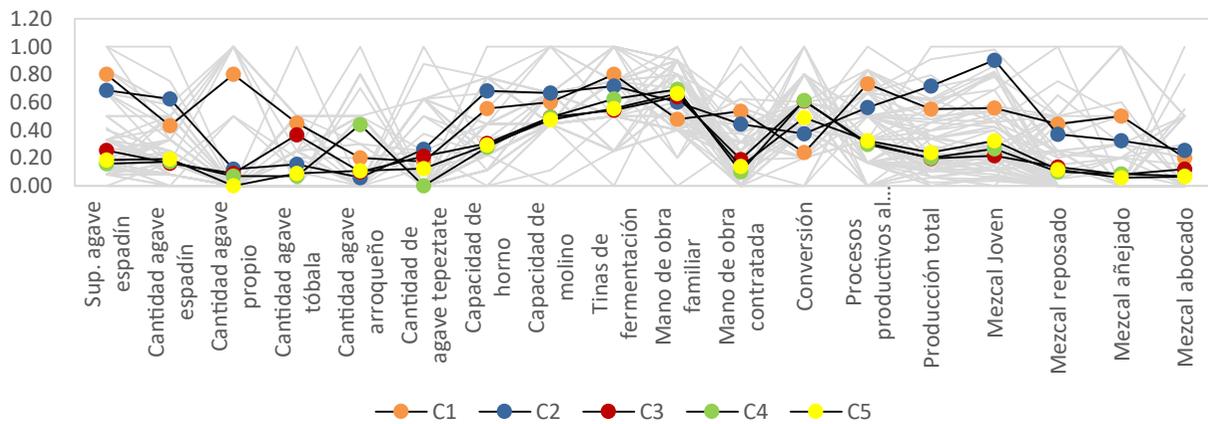


Figura 3. Características productivas de las fábricas de mezcal artesanal certificado: materia prima, infraestructura, mano de obra y producción.
 Nota: Las líneas negras indican las medias normalizadas de cada clúster y las líneas grises son los valores normalizados de cada observación (Normalización Min-Max).

representa una estrategia de supervivencia productiva para el productor de mezcal ya que, de acuerdo con Bautista et al. (2015), así garantiza la calidad mediante la utilización de agave cultivado en la zona. Se caracteriza por vender directamente al consumidor (49%). La venta está a cargo de la familia y generalmente se realiza en los palenques (sitios de destilación) turísticos establecidos en la ruta llamada “Camino del mezcal” (Vega y Pérez, 2017) donde el turista llega a conocer el proceso productivo.

Alta producción con venta a tiendas

Los productores de este grupo tienen una posición intermedia en

cuanto a experiencia en la producción (28.6 ± 3.36 años); sin embargo, forman parte del grupo de altos productores. Utilizan agave espadín (10.5 ± 0.54 t) y dependiendo de la disponibilidad, usan agave tócala (0.31 ± 0.12 t) y agave tepeztate (0.21 ± 0.07 t). Similar al grupo anterior poseen seguridad en el suministro futuro al contar con cultivo de agave espadín (4.12 ± 0.30 ha). La seguridad en materia prima es importante para estas unidades pues son los principales productores mezcal (830 ± 45.32 litros). En la comercialización, la venta se realiza principalmente a tiendas (52.2%) y su segunda opción es la venta directa al consumidor (41.25%). La venta se lleva a cabo en tiendas específicas dentro

del país e internacionalmente (Vega y Pérez (2017).

Mediana producción con venta a establecimiento en mercados

Los productores poseen una experiencia intermedia (22.1 ± 2.03 años), registran el menor número de procesos (5.86 ± 0.26 al año) y volumen de producción (374.09 ± 27.33 litros) de todos los grupos. Para la producción demandan de agave espadín (4.97 ± 0.32 t) y el único agave silvestre relevante es el tócala (0.73 ± 0.07 t). Cuentan con 1.53 ± 0.18 hectáreas con cultivo de espadín, una cantidad inferior a la de los grupos anteriores. Realiza venta al consumidor directo (50.2%) pero se distingue por venta a establecimiento en mercados

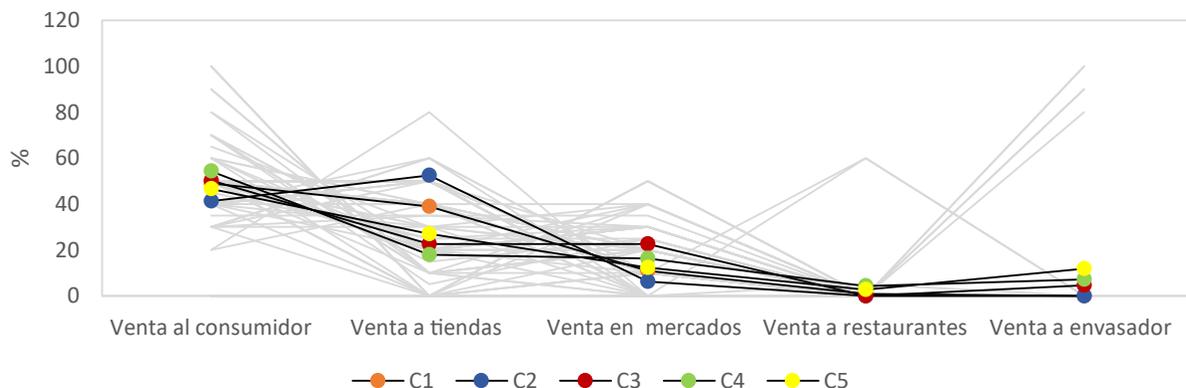


Figura 4. Canales de comercialización utilizados en la distribución del mezcal
 Nota: Las líneas negras indican las medias de cada clúster. Las líneas grises son los valores de cada observación.

(22.5%). De acuerdo con Espinoza *et al.* (2017) la venta en establecimientos de mercados del centro de la ciudad y en mercados de los pueblos es importante debido a que, el mezcal es utilizado como un objeto espiritual (ritual) en las comunidades en ceremonias como bodas, entierros, y bautizos. Además de ser parte fundamental en sus fiestas patronales (calendas).

Mediana producción con venta directa al consumidor

Los productores registran la menor experiencia (17.50 ± 2.54 años) en la producción respecto a todos los grupos y tienen una producción promedio de mezcal por número de procesos (5.7 procesos por año) de 378.57 ± 34.26 litros. En la elaboración utilizan agave espadín (5.07 ± 0.40 t) y agave silvestre arroqueño (0.44 ± 0.06 t). En este grupo, la producción futura de mezcal se ve en riesgo debido a que poseen la menor superficie con cultivo de espadín (0.9 ± 0.23 ha) y a que el agave alcanza su madurez después de siete años (Bautista y Ramírez, 2008), lo cual implica preocupación pues los productores deben buscar una fuente de suministro continua. El canal principal de comercialización de la producción es la venta directa al consumidor (54.2%).

Mediana producción con venta al envasador

Para los productores de este grupo, la experiencia (34.2 ± 2.03 años) representa su principal recurso pues el conocimiento es altamente valorado en el contexto del mezcal por la acumulación de saberes que pasan de generación en generación (Espinoza *et al.*, 2017). A pesar de ello su producción es intermedia (411.82 ± 27.33 litros) y realizan 5.9 procesos al año. Utilizan agave espadín (5.3 ± 0.32 t) y cuando existe la disponibilidad adquiere agave tóbala (0.18 ± 0.07 t). Una desventaja es la superficie que poseen con cultivo de espadín (1.1 ± 0.18 ha) pues la producción de mezcal puede verse comprometida en el futuro. El canal de comercialización principal es a través del consumidor directo (46.5%) y se distingue por vender una porción al envasador (11.8%). En este caso venta al envasador representa una desventaja ya que los grupos envasadores que adquieren el mezcal lo revenden a precios más altos, etiquetados y con marca propia (Vega y Pérez, 2017:125).

CONCLUSIONES

La producción de mezcal certificado en su carácter artesanal, permite encontrar diversos tipos de unidades de producción. Las diferencias se atribuyen a la cantidad de materia prima utilizada, volumen de producción y canal de comercialización. Los pro-

ductores utilizan una especie cultivada (agave espadín) y especies silvestres (agave tobalá, arroqueño y tepezta-te) en la elaboración de mezcal. Ante la disminución de materia prima se registró que la estrategia de adaptación por parte de los productores es un esfuerzo continuo por la posesión de cultivos propios de agave espadín. De esta forma aseguran la existencia del cultivo, suministro y la continuidad de la producción. En cuanto a las especies silvestres, su uso depende de la disponibilidad de las mismas, por lo cual los municipios deberían controlar la extracción y elaborar y aplicar planes de cuidado de las mismas. Los grupos de alta producción con venta al consumidor y alta producción con venta a tiendas poseen seguridad en el suministro futuro de agave al tener la mayor superficie con espadín. Principalmente se produce mezcal joven y mezcal reposado, ambos son los de mayor comercialización en la actualidad. En cuanto a la comercialización, los productores dan mayor importancia a la venta directa al consumidor; sin embargo, en algunos casos es la segunda opción la que representa una estrategia de diferenciación respecto a otros grupos. Las diferencias encontradas pueden utilizarse para mejorar el diseño de políticas de desarrollo de esta actividad en la región de estudio y en el estado de Oaxaca.

LITERATURA CITADA

- Bautista J.A., Ramírez J. 2008. Agricultura y pluriactividad de los pequeños productores de agave en la región del mezcal, Oaxaca, México. *Agricultura Técnica en México* 34(4): 443-451.
- Bautista J.A., Terán E. 2008. Estrategias de producción y mercadotecnia del mezcal en Oaxaca. *El Cotidiano* 23(148): 113-122.
- Bautista J.A., Orozco S., Terán E. 2015. La disminución de la producción artesanal de mezcal en la Región del mezcal de Oaxaca, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 6(6): 1291-1305.
- Beske P., Land A., Seuring S. 2014. Sustainable supply chain management practices and dynamic capabilities in the food industry: A critical analysis of the literatura. *Int. J. Production Economics* 152: 131-143.
- Borja-Bravo M., Reyes-Muro L., García-Salazar J.A., Almeraya-Quintero S.C. 2016. Tipología de productores de uva (*Vitis vinifera* L.) en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(2): 249-261.
- Bowen S. Valenzuela A. 2009. Geographical indications, terroir, and socioeconomic and ecological sustainability: The case of tequila. *Journal of Rural Studies* 25: 108-119.
- Bustos C. 2009. La producción artesanal. *Visión Gerencial* (1): 37-52.
- Caballero M., Montes J.L., Silva M.E. 2013. Innovación de un molino de agave cocido para la producción de mezcal. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 22: 45-49.
- Cardini L.A. 2012. Producción artesanal indígena: saberes y prácticas de los Qom en la ciudad de Rosario. *Horizontes Antropológicos*. Porto Alegre 8(38): 101-132.
- Charters S., Menival D. 2008. A Typology of Small Producers in the Champagne Industry. *Book*. ECU Publications. 1-15.

- Consejo Regulador del Mezcal (CRM). 2017. Informe 2016.
- Easterby-Smith M., Lyles M.A., Peteraf M.A. 2009. *British Jour. of Management* 20:1-8.
- Espinoza D.E., Rivera G., González B.E. 2017. Caracterizando la producción y organización de los mezcaleros en Matatlán, México "Capital mundial del mezcal". *Estudios Sociales*, 27(50).
- FAO-IICA. 2008. Calidad de los alimentos vinculada al origen y las tradiciones en América Latina: estudios de casos. 5-14.
- Froni F., Vignando M., Aiello M., Parma V., Paoletti G.M., Squartini A., Rumiati R.I. 2017. The smell of terroir! Olfactory discrimination between wines of different grape variety and different terroir. *Food Quality and Preference* 58: 18-23.
- Hernández J.P., Domínguez M.L., Ramos A.O. 2002. canales de distribución y competitividad en artesanías. *Espiral*, IX (25), 143-164.
- Hernández V., Pineda D., Andrade M.A. 2011. Las mipymes artesanales como un medio de desarrollo para los grupos rurales en México. *Univ. Empresa*, Bogotá (21): 65-92.
- INAFED. 2015. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Recuperado de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM20oaxaca/index.html> (22/01/18).
- INEGI. 2005. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. 1-9.
- Luva C., Ciliame C. 2015. El souvenir artesanal y la promoción de la imagen del lugar turístico. *Estudios y Perspectivas en Turismo* 24: 188-204.
- López G., Martínez J.L., Cavazos J., Mayett Y. 2012. La cadena de suministro del mezcal del estado de Zacatecas Situación actual y perspectivas de desarrollo. *Contaduría y Administración* 59 (2): 227-252.
- Miele M., Coldebella A., Waquil P.D., Miele A. 2007. Segments of competition in south brazilian wineries. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)* 64 (3): 227-234.
- Moulard J., Babin B.J., Griffin M. 2015. How aspects of a wine's place affect consumers' authenticity perceptions and purchase intentions The role of country of origin and technical terroir. *International Journal of Wine Business Research* 27 (1): 61-78.
- Novelos V. 2008. La fuerza de trabajo artesanal mexicana, protagonista ¿permanente? de la industria. *Alteridades* 18 (35): 117-126.
- Pérez J.S. 2012. La artesanía en el derecho. 125 *Vniversitas*, 287-318.
- Plan rector del sistema producto Maguey-Mezcal. 2006. Comité Nacional Sistema Producto Maguey-Mezcal, A.C.
- Rayado J. 2003. La calidad en los productos del medio rural. *Acciones e Investigaciones Sociales* 18: 191-195.
- SAS. Statistical Analysis Systems. 2014. SAS/ETS® 13.2 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Tecce D., Pisano G.1994. The Dynamic Capabilities of Firms: an Introduction. *Industrial and Corporate Change* 3 (3545): 537-556.
- Vega N.V., Pérez P. 2017. Oaxaca y sus regiones productoras de mezcal: Un análisis desde cadenas globales de valor. *Perspectivas Rurales*. Nueva Época 29: 103-139.
- Vera A.M., Santiago P.A., López M.G. 2009. Compuestos volátiles aromáticos generados durante la elaboración de mezcal de *Agave angustifolia* y *Agave potatorum*. *Rev. Fitotec. Mex.* 32(4): 273-279.

EVALUATION AND SELECTION OF GENOTYPES OF JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa* L.) UNDER RAINFED CONDITIONS IN TUTUTEPEC, OAXACA, MEXICO

EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa* L.) BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN TUTUTEPEC, OAXACA, MÉXICO

Ovando-Cruz, M.E.^{1*}; Salinas-Moreno, Y.²; Gálvez-Marroquín, L.A.¹; Ortiz-Curiel, S.³; Martínez-Bolaños, M.³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Melchor Ocampo No. 7, Santo Domingo Barrio Bajo, Etla, Oaxaca. C. P. 68200. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco-INIFAP. Km. 8, Carretera Libre Tepatitlán-Lagos de Moreno. Av. Biodiversidad # 2470. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, CP. 47600. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa. Km 18 Carretera Tapachula-Cacahoatán, Tuxtla Chico, Chiapas. C.P. 30870.

*Autor por correspondencia: galvez.luis@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate phenological, morphological and yield variables of genotypes of Jamaica from Nayarit, under rainfed conditions in Río Grande, Tututepec, Oaxaca, México.

Design/methodology/approximation: Nine genotypes were evaluated [UAN-7, UAN-8, UAN-13, UAN-16, UAN-29, UAN-30, UAN-31, Negra Quiquinta (NQ) and Tempranilla Flor (TF)] and as a regional witness the Jersey Acriollada variety (JA). A block design was used completely at random. The variables evaluated were: days to flowering and harvest; plant height and first fruit; number of branches and calyxes; and yield of fresh and dried calyxes per plant. The stockings were compared by the Tukey test.

Results: The later genotype was UAN-30, with 100 days at flowering and 133 days at harvest, the earliest were UAN-7, UAN-13 and JA, which in turn had lower height, while UAN-8, UAN-16, UAN-30 and TF, were the highest. The highest yields of fresh calyxes were obtained in UAN-7, UAN-13 and UAN-16 (531.71, 545.97 and 532.83 g/plant, respectively); NQ and JA obtained the lowest (346.41 and 336.23 g/plant, respectively). The highest yields of dry calyxes were obtained from UAN-8, UAN-16 and TF (63.02, 59.17 and 60.15 g/plant, respectively).

Findings/conclusions: The earliest genotypes to have 50% flowering were JA, UAN-7 and UAN-13; UAN-30 was the latest. UAN-7, UAN-29 and JA, showed greater precocity for harvest; the latest was UAN-30. The highest yields of dried calyxes were obtained in UAN-8, UAN-16 and TF (58.1, 62.3 and 58.47% higher than JA, respectively).

Keywords: phenology, morphology, yields of *Hibiscus*.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar variables fenológicas, morfológicas y de rendimiento en genotipos de jamaica procedentes de Nayarit, bajo condiciones de temporal en Río Grande, Tututepec, Oaxaca, México.

Diseño/metodología/aproximación: Se evaluaron nueve genotipos [UAN-7, UAN-8, UAN-13, UAN-16, UAN-29, UAN-30, UAN-31, Negra Quiviquinta (NQ) y Tempranilla Flor (TF)] y como testigo regional la variedad Jersey Acriollada (JA). Se empleó un diseño bloques completamente al azar. Las variables evaluadas fueron: días a floración y cosecha; altura de planta y a primer fruto; número de ramas y cálices; y rendimiento de cálices frescos y secos por planta. Las medias fueron comparadas por la prueba de Tukey.

Resultados: El genotipo más tardío fue UAN-30, con 100 días a floración y 133 días a cosecha, los más precoces fueron UAN-7, UAN-13 y JA, que a su vez presentaron menor altura, mientras UAN-8, UAN-16, UAN-30 y TF, fueron las de mayor altura. Los mayores rendimientos de cálices frescos se obtuvieron en UAN-7, UAN-13 y UAN-16 (531.71, 545.97 y 532.83 g/planta, respectivamente); NQ y JA obtuvieron los menores (346.41 y 336.23 g/planta, respectivamente). Los mayores rendimientos de cálices secos se obtuvieron de UAN-8, UAN-16 y TF (63.02, 59.17 y 60.15 g/planta, respectivamente).

Hallazgos/conclusiones: Los genotipos con mayor precocidad para tener 50% de floración fueron JA, UAN-7 y UAN-13; UAN-30 fue la más tardía. UAN-7, UAN-29 y JA, presentaron mayor precocidad para cosecha; el más tardío fue UAN-30. Los mayores rendimientos de cálices secos se obtuvieron en UAN-8, UAN-16 y TF (58.1, 62.3 y 58.47% superiores a JA, respectivamente).

Palabras clave: fenología, morfología, rendimientos de *Hibiscus*.

y Jersey Acriollada, con rendimientos promedio de cálices secos de 495 y 325 kg ha⁻¹ (Serrano, 2011). En fechas recientes, Ariza *et al.* (2014), informaron rendimientos de 376.5 a 570 kg de cálices secos por hectárea en las variedades Alma Blanca, Rosaliz, Cotzaltzin y Tecoaapa, que son variedades adaptadas a las regiones productoras de Guerrero y Oaxaca. Sin embargo, Caro-Velarde *et al.* (2016) reportaron rendimientos promedio de 900 kg ha⁻¹ de cálices secos en genotipos adaptados a las condiciones del estado de Nayarit. No existen reportes sobre el comportamiento de estos genotipos de origen Nayarita al ser cultivados en la región Costa de Oaxaca, que es la principal zona productora, por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar y seleccionar nuevos genotipos promisorios de jamaica bajo condiciones de temporal en la región Costa de Oaxaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el Sitio Experimental Costa de Oaxaca dependiente del Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca del INIFAP, ubicado en Río Grande, Municipio de Tututepec, Oaxaca (97° 25' 19.37" LO y 19° 59' 38.1" LN, a 7 m de altitud), bajo condiciones de temporal del ciclo agrícola primavera-verano 2017.

Los genotipos de jamaica evaluados fueron: UAN-7 (U7), UAN-8 (U8), UAN-13 (U13), UAN-16 (U16), UAN-29 (U29), UAN-30 (U30), UAN-31 (U31), Negra Quiviquinta (NQ), Tempranilla Flor (TF) y Jersey Acriollada (JA). Esta última se utilizó como testigo regional. Todos los materiales con el prefijo UAN fueron proporcionados por la Universidad Autónoma de Nayarit. Las características edáficas del sitio de trabajo fueron:

INTRODUCCIÓN

La Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) es un cultivo de importancia para las áreas tropicales de México, donde se cultiva como monocultivo o en asociación con maíz (*Zea mays* L.). La superficie sembrada en México es de 20,061.31 ha, de donde se obtienen 7,538 toneladas de cálices secos (SIAP, 2016), cantidad que abastece a menos del 50% de la demanda nacional; el déficit se importa de países de África y Asia. Los cálices de jamaica se utilizan frescos o secos para preparar bebidas refrescantes, mermeladas, vinos, helados, chocolates, agentes saborizantes, jaleas, pudines y pasteles (Bolade *et al.*, 2009). Por su composición particular en compuestos fitoquímicos tales como ácidos orgánicos, antocianinas, polisacáridos y flavonoides y la relación de la ingesta de estos compuestos con efectos benéficos a la salud humana (Cid-Ortega *et al.*, 2012), hace que los cálices de jamaica sean de interés para la industria alimentaria y farmacéutica.

Los principales estados productores de jamaica son: Guerrero, Oaxaca, Michoacán, Colima, Puebla, Tabasco y Veracruz. Oaxaca ocupa el segundo lugar a nivel nacional con una superficie sembrada de 2,726 ha (SIAP, 2016). Las variedades cultivadas por tradición en la Costa de Oaxaca son Criolla Oaxaca

suelo migajón arenoso, pH de 6.3 y contenido de materia orgánica de 1.9%, 20.4 mg kg⁻¹ de N, 87.3 mg kg⁻¹ de P y 43.3 kg ha⁻¹ de K. La siembra del experimento se realizó el 27 de agosto de 2017. Durante el periodo de desarrollo del experimento, la temperatura promedio fue de 26.3 °C y precipitación pluvial acumulada de 495.6 mm (Figura 1).

Las plantas se establecieron en un sistema de siembra de marco real, con distancia de 1×1 m (10,000 plantas ha⁻¹). El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron las distintas variedades que se aleatorizaron dentro de cada bloque. En cada tratamiento se utilizaron 35 plantas distribuidas en cinco surcos de 7 m de longitud. Como parcela útil se utilizaron 15 plantas de los tres surcos centrales de cada repetición (esto se realizó para eliminar el efecto de orilla). El manejo agronómico consistió en dos aplicaciones de fertilizante: a los 30 d, después de siembra (10 g planta⁻¹ de 17N-17P-17K) y la segunda a los 60 d, posteriores a siembra (10 g planta⁻¹ de 46N-0-0). El control de malezas y cosecha de cálices frescos fue de manera manual. Las variables evaluadas en cada tratamiento fueron: número de días al formar la primera flor (DPF), días a tener el 50% de floración (DF), días a tener la última flor (DUF) y días a cosecha (DC). También se evaluaron las variables: altura al primer fruto, altura de planta, número de ramas y cálices por planta, peso fresco y seco de los cálices. Esta última, se realizó mediante secado al sol de los cálices frescos, hasta estandarizar un contenido de humedad del 12 %.

Los datos se analizaron mediante ANOVA y las comparaciones de medias con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$); de igual manera se comprobaron los supuestos de normalidad del error, homogeneidad de varianzas, independencia del error e interacción entre bloques mediante el programa SAS versión 9.0 (SAS, 2002). Para determinar el grado de similitud que guardan entre si las variedades de jamaica, se aplicó un análisis de conglomerados de agrupación jerárquica empleando la distancia euclidiana y el algoritmo jerárquico acumulativo de Ward que minimiza la variación in-

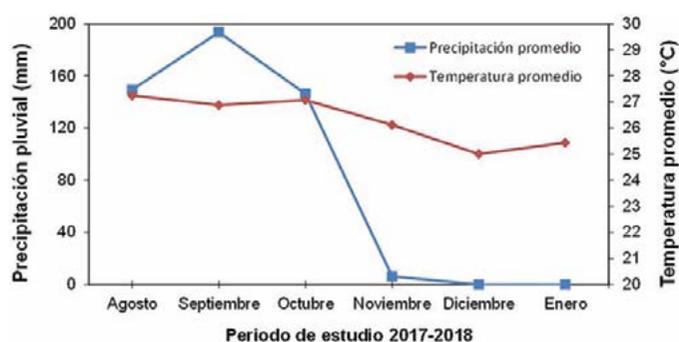


Figura 1. Precipitación pluvial y temperatura media mensual en Rio Grande, Tututepec, Oaxaca durante el periodo agosto 2017-enero 2018.

tra grupos y tiende a generar conglomerados pequeños y de tamaño similar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables fenológicas y morfológicas

Se presentó diferencia estadística ($p<0.05$) entre los genotipos para la variable DPF. De manera general, los valores oscilaron entre 80 y 90 días después de la siembra (dds) para los genotipos evaluados. El genotipo que requirió el menor número de días fue Jersey Acriollada (80 dds), en tanto que los genotipos UAN-8, UAN-16, UAN-30 y UAN-31 fueron los que requirieron el mayor número de días (Cuadro 1).

El periodo para alcanzar 50% de floración promedio (DF) varió entre 85 y 100 dds. Los genotipos con el menor número de días para alcanzar esta etapa fenológica fueron Jersey Acriollada, UAN-7 y UAN-13, en tanto que UAN-30 fue el que requirió el mayor número de días (100 dds). La correlación entre estas dos variables

Cuadro 1. Días a floración y cosecha de 10 genotipos de *Hibiscus sabdariffa* L. bajo condiciones de temporal en Tututepec, Oaxaca, México, ciclo primavera-verano 2017.

Variedad	Días a primera flor	Días a floración (50%)	Días a última flor	Días a cosecha
U-7	82.25d	85.00d	101.25d	116.5de
U-8	89.25a	94.25b	108.25b	122.25b
U-13	81.00d	85.25d	100.25de	116.5de
U-16	88.25ab	91.00c	108.25b	122.25b
U-29	82.25d	90.00c	99.0e	115e
U-30	90.25a	100.25a	120.5a	133.25a
U-31	88.25ab	92.5bc	107.25b	118.5cd
Negra Quiviquinta	86.25bc	90.25c	101.25cd	120.5bc
Tempranilla Flor	85.25c	90.25c	103.5c	118.25cd
Jersey Acriollada	80.25e	85.25d	100.25de	115.25e

En columnas letras similares indican que los valores son estadísticamente iguales (Tukey, $p\leq 0.05$).

(DPF y DF) es elevada ($r=0.89$, dato no mostrado) por lo que se podría optar por medir una u otra. Respecto al periodo de emisión de la última flor, se registró una variación entre 99 y 120.5 dds. El genotipo que requirió el menor número de días fue UAN-29, en tanto que el que requirió el mayor número de días fue UAN-30. De manera general, el periodo requerido para que los diferentes genotipos llegaran a cosecha fue entre 115 y 133 días; los genotipos de cosecha temprana fueron UAN-7, UAN-29 y Jersey Acriollada, mientras que la cosecha tardía se registró en el genotipo UAN-30.

La correlación entre la variable días a última flor (DUF) y días para cosecha (DC) fue de $r=0.95$ (dato no mostrado) por lo que se podría optar por medir una u otra variable, la que resulte más sencilla de medir.

La altura de planta fue significativa en los genotipos de jamaica ($p<0.01$; $cv=8.66$). Las mayores alturas se registraron en los genotipos UAN-8, UAN-16, UAN-30 y Tempranilla Flor; mientras que las menores se presentaron en los genotipos UAN-13 y Jersey Acriollada (Figura 3a). La altura de planta es una característica de interés para el productor ya que en la región Costa de Oaxaca se presentan fuertes vientos en el mes de noviembre que provocan el acame de las plantas de jamaica de porte alto, tal como se ilustra en la Figura 2. El acame, además de dificultar las actividades de cosecha, ocasiona que los cálices frescos establezcan contacto con el suelo y se tenga mayor presencia de enfermedades causadas por hongos, lo que reduce la calidad de los cálices por la presencia de manchas oscuras.



Figura 2. Fotografía que muestra el acame que se presenta en plantas de jamaica.

En lo referente a la altura del tallo donde se presentó el primer fruto de jamaica, existieron diferencias significativas ($p<0.01$, $cv=9.5$) entre los genotipos. El genotipo con menor altura fue Jersey Acriollada, mientras que la de mayor porte fue UAN-30 (Figura 3b). Las variables de altura de la planta de jamaica y altura al momento de la emisión de su primer fruto están determinadas en parte por la sensibilidad al fotoperiodo del genotipo (Ariza *et al.*, 2014). La sensibilidad de la jamaica al fotoperiodo también se ve reflejada en la variable de floración, donde plantas con fotoperiodos menores a trece horas promueven la floración (McCaleb, 1996). Sin embargo, el mismo factor puede influir en la reducción de rendimientos a medida que los días se acortan (Duke, 1978).

El número de ramas por planta fue diferente entre los genotipos de jamaica evaluados ($p<0.01$, $cv=15.38$). Los genotipos con mayor número de ramas fueron UAN-7, UAN-13, Negra Quiviquinta y Jersey Acriollada, con promedio de 11.5 ramas; el menor número se registró en UAN-8 y Tempranilla Flor, con promedio de 6.5 ramas (Figura 3c). El número de ramas está asociado con el rendimiento de cálices tanto frescos como secos (Terán y Soto, 2004). El mayor número de cálices por planta se obtuvo del genotipo UAN-30 (104), mientras que el menor número lo presentó el genotipo UAN-8 (65) ($p<0.01$, $cv=16.77$) (Figura 3d).

Los genotipos de jamaica difieren significativamente en el rendimiento de cálices frescos ($p<0.01$, $cv=12.49$). La variedad Jersey Acriollada tuvo una media de 336.23 g de cálices frescos por planta, rendimientos similares se obtuvieron en los genotipos UAN-8, UAN-29, UAN-30, UAN-31, Negra Quiviquinta y Tempranilla Flor. Sin embargo, los genotipos UAN-7, UAN-13 y UAN-16 presentaron rendimientos promedio de cálices frescos de 531.71, 545.97 y 532.83 g/planta, que corresponden a 58.13, 62.37 y 58.47% más de rendimiento comparado con la variedad Jersey Acriollada (Figura 3e). El aspecto de los cálices frescos se relaciona con el color que estos presentarán al ser deshidratados, y este último es un indicador de calidad e identidad de las

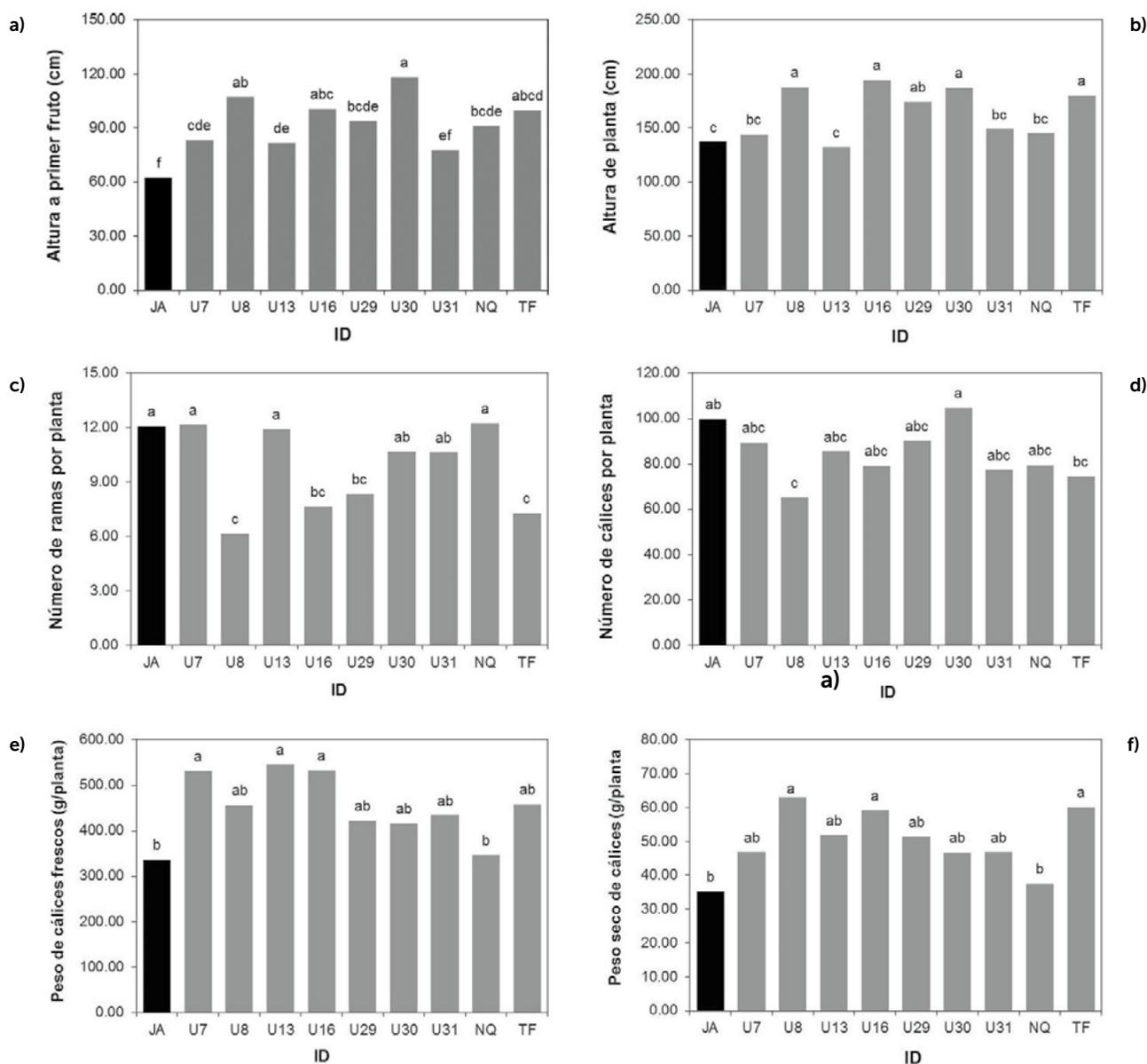


Figura 3. Variables morfológicas de las variedades de *Hibiscus sabdariffa* L., evaluadas durante el ciclo primavera-verano 2017 bajo condiciones de temporal en Tututepec, Oaxaca, México.

variedades de jamaica. En la Figura 4 se muestran fotografías digitales de los cálices frescos de cuatro de los genotipos evaluados, entre los que se incluye el utilizado como testigo (Jersey Acriollada).

Respecto a la variable rendimiento de cálices secos de los genotipos de jamaica evaluados, los mayores valores se obtuvieron en los genotipos UAN-8, UAN-16 y Tempranilla Flor ($p < 0.01$, $cv = 12.4$), en tanto que los menores rendimientos los presentaron las variedades Negra Quiquinta y Jersey Acriollada (Figura 3f).

Los rendimientos obtenidos en los genotipos sobresalientes, superaron a los reportados para variedades loca-

les de jamaica, tales como Alma Blanca, Rosaliz, Coatzalzin y Tecoanapa cultivadas en los estados de Oaxaca y Guerrero (Ariza et al., 2014); así como a los reportados para variedades cultivadas en el estado de Quintana Roo (Contreras-Guardado et al., 2009).

Por el análisis de conglomerados de agrupación jerárquica se formaron 4 grupos homogéneos internamente y diferentes entre sí (Figura 5). En el Grupo I se localiza la variedad JA, en el Grupo II las variedades U7 y U13, en el III U30 y NQ, y en el IV U31, U29, U8, U16 y TF.

De acuerdo con estos agrupamientos, los genotipos del Grupo IV son las de menor similitud con el genotipo JA,

esta última se caracteriza por su precocidad, baja altura de planta y bajo rendimiento de cálices secos. Los genotipos U8, U16 y TF sobresalieron por sus elevados rendimientos de cálices secos.

CONCLUSIONES

Para las condiciones edafoclimáticas de Tututepec, Oaxaca, los genotipos con mayor precocidad para tener 50% de floración fueron Jersey Acriollada, UAN-7 y UAN-13; la más tardía fue el genotipo UAN-30. Los genotipos con mayor precocidad para cosecha fueron UAN-7, UAN-29 y Jersey Acriollada; el más tardío fue el genotipo UAN-30. Los mayores rendimientos se obtuvieron en los genotipos UAN-8, UAN-16 y Tempranilla Flor, que fueron 58.1, 62.3 y 58.47 % superiores a la variedad regional Jersey Acriollada, de manera respectiva.

LITERATURA CITADA

Ariza-Flores R., Serrano-Altamirano V., Navarro-Galindo S., Ovando-Cruz M. E., Vázquez-García E., Barrios-Ayala A., Michel-Aceves A. C., Guzmán-Maldonado S. H., Otero-Sánchez M. A. 2014. Variedades mexicanas de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) 'Alma Blanca' y 'Rosaliz' de color claro, y 'Cotzaltzin' y 'Tecoanapa' de color rojo. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37: 181-185.

Bolade M. K., Oluwalana I. B., Ojo O. 2009. Commercial practice of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) beverage production: Optimization of hot water extraction and sweetness level. *World Journal of Agricultural Sciences* 5: 126-131.

Caro-Velarde F. J., Navarrete-Valencia A. L., Machuca-Sánchez M. L., Hernández Villareal A. E. 2016. Catalogo descriptivo de genotipos de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) de México. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit, México. 142 p.

Cid-Ortega S., Guerrero-Beltrán J. A. 2012. Propiedades funcionales de la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 6: 47-63.

Contreras G. J. Á., Soto R. J. M., Huchin C. A. 2009. Tecnología para el cultivo de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en Quintana Roo. INIFAP. Centro de Investigación Regional Sureste. Campo Experimental Chetumal. Chetumal, Quintana Roo, México. 48 p.

Duke J. A. 1978. The quest for tolerant germplasm. In Jung G.A. (Ed.) *Crop tolerance to suboptimal conditions*. ASA Spec. Pub. No 32. American Society of Agronomy, Madison, WI.

McCaleb R. 1996. *Manual de la Producción de Roselle*. USA: Herb Research Foundation.

SAS Institute Inc. 2002. *SAS/STAT® 9.0. User's guide*. Carey, North Caroline, USA.



Figura 4. Cálices frescos de genotipos de *Hibiscus sabdariffa* L.: A) Jersey Acriollada, B) U-8, C) U-16 y D) Tempranilla Flor.

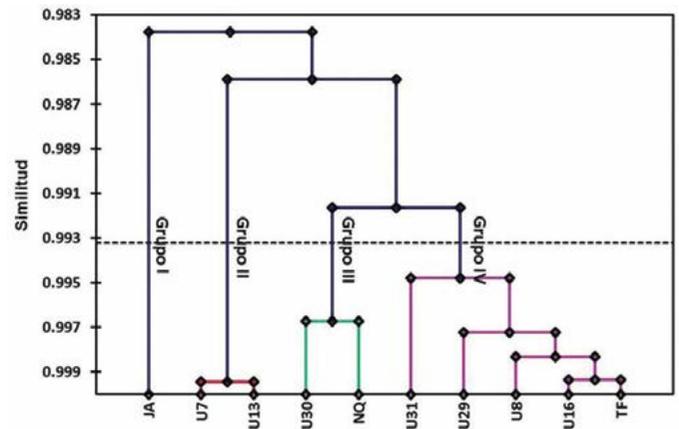


Figura 5. Agrupamiento de 10 genotipos de *Hibiscus sabdariffa* L., cultivados en Tututepec, Oaxaca, México, construido mediante el algoritmo jerárquico acumulativo de Ward y distancias euclidianas a partir de diez variables morfológicas.

Serrano A. V., Navarro G. S., Guzmán M. S. H., Ariza F. R., Herrera, H. G. 2011. Descripción varietal de: Alma Blanca, Cotzaltzin, Rosaliz y Tecoanapa, primeras variedades de jamaica registradas en México. INIFAP. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Etla, Oaxaca. 36 p.

SIAP. 2016. Anuario Estadístico de la producción agrícola. http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/ (Último acceso: 27/02/2018).

Terán Z., Soto F. 2004. Evaluación de densidades de plantación en el cultivo de la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Cultivos Tropicales* 25: 67-69.

IS THE DEVIL FISH (*Hypostomus plecostomus* L.), THAT HABITS THE ECOSYSTEM OF PLAN DE AYALA, OSTUACÁN, CHIAPAS, EDIBLE?

¿ES COMESTIBLE EL PEZ DIABLO (*Hypostomus plecostomus* L.), QUE HABITA EN EL ECOSISTEMA DE PLAN DE AYALA, OSTUACÁN, CHIAPAS?

Ramírez-Albores, E.O.¹; Méndez-Lau, N.²; Castañón-González, J.H.²; Lagunas-Rivera, S.²; Ferrera-Alcázar, R.²; Rosales-Quintero, A.¹; Villalobos-Maldonado, J.J.^{2*}

¹Instituto Tecnológico de Tuxtla-Gutiérrez, Ingeniería Bioquímica. ²Instituto Tecnológico de Tuxtla-Gutiérrez. Laboratorio de Biotecnología, Carretera Panamericana km.1080, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

*Autor de correspondencia: juanjovillam@hotmail.com

ABSTRACT

Objective: To evaluate the exploitation of Devil fish (*Hypostomus plecostomus*), analyzing the content of heavy metals, as well as its ecosystem.

Design/methodology/approximation: To address the study two zones were selected; three random samples were taken with three replications in each zone, analyzing the physicochemical parameters of water *in situ* and *ex situ*, for heavy metals and chemical demand of oxygen. Devil fish samples were collected to analyze their content of heavy metals, in gills, muscle and liver, using the optical emission spectrophotometer with inductively coupled plasma (ICP-OES). The results were the average of the determinations in each case and, a proximal chemical analysis on the Devil fish meat was also carried out.

Results: The water quality of the Grijalva River that crosses the town of Plan de Ayala, Ostuacan, complied with the maximum permissible limits of the applicable regulations to water bodies of national goods. The content of heavy metals in the organs of Devil fish fulfilled the maximum permissible limits of national and international regulations, making its consumption viable regarding this parameter.

Limitations of the study/implications: This study is a general diagnosis, and therefore it is necessary to study the use more thoroughly, to raise confidence.

Findings/Conclusions: Due to its high protein content, Devil fish can be an alternative for balanced feeding of other aquatic species in captivity.

Keywords: Heavy metals, Grijalva River, protein, pollution.

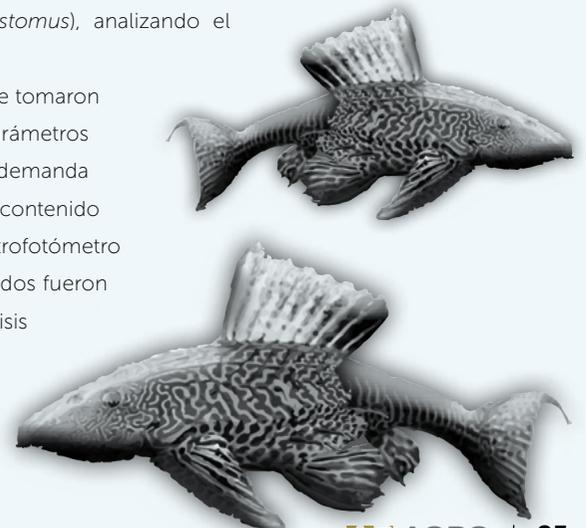
RESUMEN

Objetivo: Evaluar el aprovechamiento del Pez Diablo (*Hypostomus plecostomus*), analizando el contenido de metales pesados, así como de su ecosistema.

Diseño/metodología/aproximación: Se seleccionaron dos zonas de estudio, se tomaron tres muestras al azar con tres repeticiones en cada zona, el análisis de los parámetros fisicoquímicos de agua *in situ* y *ex situ*, para los metales pesados y la demanda química de oxígeno. Se recogieron muestras de peces Diablo para analizar su contenido de metales pesados, en las branquias, músculo e hígado, utilizando el espectrofotómetro de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES), los resultados fueron la media de las determinaciones en cada caso y, también se realizó un análisis químico proximal a la carne del Pez.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 12, diciembre. 2018. pp: 85-90.

Recibido: junio, 2018. **Aceptado:** agosto, 2018.



Resultados: La calidad del agua del río Grijalva que atraviesa la ciudad de Plan de Ayala, Ostuacán, cumplió con los límites máximos permisibles de las regulaciones aplicables a los cuerpos de agua de los bienes nacionales. El contenido de metales pesados en los órganos de los peces diablo, cumplió con los límites máximos permisibles de las regulaciones nacionales e internacionales, haciendo que su consumo sea viable en relación con este parámetro.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Este estudio es un diagnóstico general, por lo tanto, es necesario estudiar el uso más a fondo, para elevar la confianza.

Hallazgos/conclusiones: Debido a su alto contenido de proteínas, el Pez Diablo puede ser una alternativa de alimentación balanceada para otras especies acuáticas en cautiverio.

Palabras clave: Metales pesados, Río Grijalva, Proteína, Contaminación

de los ecosistemas acuáticos continentales, y para las pesquerías de agua dulce en México. Es una especie nativa de la cuenca del Amazonas en Sudamérica, pertenecen a la familia Loricariidae, de la cual se conocen hasta el momento más de 680 especies en el mundo y aún existen varias sin descubrir. Su presencia se ha extendido y en los últimos tres años, los plecos se han expandido rápidamente y actualmente es común encontrarlos en varias de las cuencas hidrológicas más grandes del país. Los peces diablo, especies invasoras perfectas que tienen diversas particularidades de su morfología, su fisiología y su comportamiento acentúan el potencial invasivo de los peces diablo, como una reproducción precoz y con una alta tasa reproductiva, un comportamiento de anidación que junto con sus hábitos nocturnos los hacen imperceptibles, y el cuidado parental que resulta en una alta supervivencia larval.

El desarrollo de escamas con fuertes espinas y placas óseas, en gran medida, explica la carencia de depredadores. Los peces diablo desplazan a otras especies, algunas de ellas endémicas, de diversas formas entre las que destacan la ingestión incidental de sus huevos y la competencia por algas y detritus. Sus hábitos alimenticios resultan en la re-suspensión del sedimento y en cambios en el tamaño y la distribución de las partículas en el fondo, por ello es posible que también sean portadores de enfermedades y parásitos. Por tal motivo no existe el interés de pescarlos y comercializarlos, ni mucho menos consumirlos (Amador-del Ángel et al., 2014).

Este trabajo se enfocó en generar datos confiables que a futuro aseguren

INTRODUCCIÓN

La Ecotoxicología es la ciencia que estudia los efectos tóxicos de sustancias químicas contaminantes y agentes físicos sobre los diversos organismos vivos, especialmente sobre comunidades y poblaciones dentro de los ecosistemas, incluye el conocimiento de las rutas de estas sustancias e interrelación con el ambiente (Truhaut, 1977; Butler, 1978). Se puede decir que la ecotoxicología se encarga del estudio de las relaciones directas e indirectas entre las causas, los impactos sobre los individuos y las alteraciones finales sobre las poblaciones y comunidades. La ecotoxicología utiliza dos métodos para realizar la investigación en un ecosistema: El monitoreo ambiental y el monitoreo biológico.

Dado que el estudio ecotoxicológico es muy amplio y complejo, ya que incluye, presencia de sustancias contaminantes, estudios histológicos, biomarcadores bioquímicos y moleculares, entre otros, en el presente estudio por lo que respecta al monitoreo ambiental, se realizó un reconocimiento general de la cuenca donde se encuentra el poblado de Plan de Ayala ecosistema en estudio, y la calidad del agua determinando los parámetros siguientes: oxígeno disuelto, temperatura, pH, conductividad eléctrica, demanda química de oxígeno, además de metales pesados, por lo que respecta al monitoreo biológico se capturaron ejemplares del pez diablo a los cuales se les practicó análisis de contenido de proteína total, determinación de metales pesados, la importancia de realizar monitoreo, es generar un conocimiento que asocie el ecosistema del pez diablo con su calidad e inocuidad que nos proporcionará la confianza para su consumo y aprovechamiento, ya que esta especie soporta condiciones de contaminación (presencia del pez diablo en aguas residuales), que por lo mismo su calidad e inocuidad no es confiable para su consumo.

Los peces diablos, conocidos como plecos, "limpia-peceras", "limpia-vidrios, también llamados "bagre sudamericano" o *Hypostomus plescostomus*, quienes se han expandido alarmantemente en cuantos años, y la falta de interés de comercializarlos está causando una gran amenaza para la biodiversidad

el consumo de los llamados plecos, conociendo su ecosistema de origen y de esta manera poder romper el gran paradigma que impide el aprovechamiento integral de los peces diablos actualmente, de igual manera obtener los beneficios que nos puede aportar su carne, rigiéndonos en normas establecidas para el consumo de especies acuícolas, y de otras especies (pollos, conejos, etcétera), por lo cual posteriormente se pretende elaborar harina de la carne del Pez Diablo (*Hypostomus plecostomus*), ya que estudios previos demuestran que el consumo de 100 g de carne seca de pez diablo, contiene 85 g de proteína y omega-3, y de estos 83.3 g es aprovechado por el cuerpo. (CONAPESCA, 2011). Con base en lo anterior, se evaluó el aprovechamiento del Pez Diablo (*Hypostomus plecostomus*), analizando el contenido de metales pesados, así como de su ecosistema.



Figura 1. Muestreo de agua en el río Grijalva

MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio de la cuenca

Se efectuó un reconocimiento de la cuenca delimitando su área, identificando sus afluentes, líneas divisorias con otras cuencas, su fisiografía o relieve que está relacionada con la climatología, identificando poblaciones cercanas, así como el giro de sus actividades, para conocer de qué manera están impactando al ecosistema, y datos precipitación pluvial, temperatura media, máxima y mínima.

Zona de estudio (área de recolecta)

El río Grijalva, se interna en territorio mexicano por el estado de Chiapas, atraviesa las montañas de la Sierra Madre del Sur y la depresión central de Chiapas, en donde se localizan las principales presas hidroeléctricas; y es en una de éstas donde se localiza el poblado de Plan de Ayala, y donde se decidió tomar las muestras. Se lo-



Figura 2. Captura del pez diablo.

calizaron dos zonas de muestreo, ubicándolos con un sistema de posicionamiento global (GPS), en las coordenadas 17.472583,-93.481525 (zona 1), poblado de Plan de Ayala y 17.463038,-93.473285 (zona 2), aguas abajo de la presa peñitas.

Trabajo de campo (Muestreo de agua y de ejemplares de pez diablo)

Las muestras de agua se tomaron en los sitios que corresponden a la zona 1 y 2, realizándolo con botes de polietileno, estériles, para su transporte en una hielera a 4 °C, hasta ser analizadas. En el momento de la toma de muestras, las botellas se enjuagaron con el agua del río antes de tomar la muestra definitiva (Figura 1). Los ejemplares utilizados se obtuvieron a través de la captura por pescadores de la región, durante el día (Figura 2). Se depositaron en hieleras, adecuadamente rotuladas para su identificación y se conservaron en hielo para su transporte hasta ser analizados.

Análisis fisicoquímico y de metales pesados en el agua

La caracterización fisicoquímica del agua *in situ*, se determinó utilizando un medidor portátil Hach, modelo HQ 400d cuantificando el oxígeno disuelto, temperatura, potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica, además de demanda de química de oxígeno (DQO) *ex situ*. En la determinación de metales pesados se utilizó el equipo de Plasma de Acoplamiento Inductivo, junto con un Espectrofotómetro de Emisión Óptica (ICP-OES).

Metales pesados en el Pez diablo

En la planta piloto del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, a cada pez se le realizó una incisión ventral en plano sagital para retirar las vísceras (Figura 3). Las branquias, músculo e hígado fueron separados y colocados en recipientes de cristal.

Cada tejido se procesó por separado y secado en una estufa a 40 °C hasta tener un peso constante.

Digestión acida de las muestras

Una vez obtenidas las muestras secas de hígado, branquias y músculo; se tomaron 5 g de cada una y se colocaron en recipientes de vidrio, se les adicionó 2 mL HNO₃ y 1 mL HCl, se taparon y se calentaron a 90 °C hasta tener una apariencia cristalina, posteriormente se filtraron con papel filtro Whatman grado 4, el extracto se colocó en tubos de Falcon y se aforaron a 50 mL, para su posterior análisis en el ICP-OES.

Para las muestras de agua se tomaron alícuotas de 50 ml se les adicionó 3 mL de HNO₃ y se calentó a 90 °C hasta obtener una apariencia cristalina y clara, una vez hecho esto, se filtraron con papel filtro Whatman grado 4, el extracto se colocó en tubos de Falcon y se aforaron a 50 ml, para su posterior análisis en el ICP-OES.

Análisis químico proximales a la carne del pez diablo

Con la finalidad de conocer el aporte nutrimental de la carne del pez diablo para su posible aprovechamiento, se efectuaron los siguientes análisis químico proximales: humedad (NOM-116-SSA1-1994), cenizas (NMX-F-607-NOMRMEX-2002); proteína cruda (METODO INTERNO ET-BR04, en NMX-F-608-2002), grasa (NMX-F-615-NORMEX-2004), y carbohidratos.

Orográficamente la zona estudiada se encuentra en la zona de transición entre las grandes montañas de Chiapas y las planicies de Tabasco, al oriente del río Grijalva.

La hidrológia la constituye el río Grijalva y su afluente Ostuacán y los arroyos Alapac, San José, Cambac, Copano, Agua Tibia, Shuxpac, Muxpac,



Figura 3. Disección del pez diablo.

Laja, Maspac, Catedral, Amacoite, Sangre y Tanchichal. El territorio del municipio está integrado en la Región Hidrológica Grijalva-Usamacinta y a la Cuenca Río Grijalva-Villahermosa.

La central hidroeléctrica “Peñitas”, tiene una capacidad de almacenamiento total de 1,485 millones de m³, un área de captación de 127,500 Has. Y una generación neta de energía de 1,610.82 Gigawatts h⁻¹. Plan de Ayala tiene un clima tropical. En comparación con el invierno, los veranos tienen mucha más lluvia. El clima aquí se clasifica como Aw por el sistema Köppen-Geiger, a una altitud de 40 m. Con una población de 1,463 habitantes, en la zona se practican las actividades de agricultura, ganadería, crianza de Tilapias en acuacultura, en menor proporción la pesca y minería. (Estación Metereológica CFE río Grijalva, 7106 Peñitas 2016).

El contenido de metales pesados detectados en el río Grijalva se muestran a continuación en el Cuadro 2.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Los valores obtenidos para la calidad del agua, utilizando el medidor Hach, se muestran a continuación en el Cuadro 1.

Los valores promedio del contenido de metales pesados detectados en los órganos del pez diablo, se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 1. Valores de los parámetros del agua del Río Grijalva.		
Parámetros	Zona analizada	Valor promedio ± desviación estándar
Oxígeno disuelto (mg L ⁻¹)	1	4.5±0.02
	2	3.6±0.01
Conductividad eléctrica (µS m ⁻¹)	1	350±0.57
	2	3980.00
pH	1	7.0±0.02
	2	7.5±0.05
T (°C)	1	29.5±0.50
	2	29.2±0.23
DQO (mg O ₂ L ⁻¹)	1	37.7±5.80
	2	19.1±7.01

Zonas: (1) poblado; (2) presa peñitas.

Los valores obtenidos del análisis químico proximal a la carne del pez diablo se muestran en el Cuadro 4.

Los resultados obtenidos expresados en el Cuadro 1, en el río Grijalva cumplen con los estándares considerados, en la protección de la vida acuática, especificados en la NOM-001-SEMAR-

Cuadro 2. Concentración de metales pesados en el Río Grijalva.

Zona	Metales presentes en el Río Grijalva (mg L ⁻¹)						
	Cu	Ni	Pb	Al	As	Cd	Cr
1	0.02233	0.00147	0.00912	0.00664	0.000	0.00080	0.00157
2	0.00017	0.00120	0.00014	0.00717	0.000	0.00072	0.00103
Valores máximos permisibles OMS/UE	2.0	0.02	0.01	0.2	0.01	0.005	0.05
NOM-001-SEMARNAT- 1996 Protección vida acuática	P.D. 6.0	P.D. 4.0	P.D. 0.4	-	P.D. 0.2	P.D. 0.2	P.D. 1.0

P.D.= Promedio diario; Zonas: (1) poblado; (2) presa peñitas.

Cuadro 3. Metales pesados en los órganos del pez diablo (*Hypostomus plecostomus* L.).

Zona	Órgano	Contenido de metales pesados (mg kg ⁻¹)						
		Cu	Ni	Pb	Al	As	Cd	Cr
1	Músculo	0.00525	0.00022	0.00032	0.00038	0.00005	0.00019	0.00046
	Branquias	0.00204	0.00014	0.00023	0.00069	0.00003	0.00002	0.0003
	Hígado	0.00712	0.0052	0.00618	0.0247	0.00001	0.00397	0.00717
2	Músculo	0.00457	0.00055	0.00061	0.03357	0.00003	0.00223	0.00514
	Branquias	0.54387	0.02167	0.1217	0.74666	0.00008	0.07244	0.08496
	Hígado	0.44343	0.00223	0.1032	0.58193	0.00005	0.04096	0.05557
*	Músculo	30.0	5.0	2.0	0.2	3.0	0.25	0.1
**	Músculo	-	-	1.0	-	-	0.5	-
***	Músculo	30.0	10.0	-	-	-	1.0	-

Zonas: (1) poblado; (2) presa peñitas; * UE=Unión Europea límites máximos.

** NOM-242-SSA1-2009.- Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. *** FAO/OMS=Límites máximos permisibles.

Cuadro 4. Análisis químico proximal de la carne del pez diablo (*Hypostomus plecostomus* L.).

Muestra	Humedad (g 100 g ⁻¹)	Cenizas (g 100 g ⁻¹)	Proteína cruda (g 100 g ⁻¹)	Grasa (g 100 g ⁻¹)	Carbohidratos (g 100 g ⁻¹)
Carne de pez diablo	7.4778	2.7748	90.5996	2.2048	0.00

NAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en la descarga de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Los resultados expresados en el Cuadro 2, correspondientes al contenido de metales pesados, en el río Grijalva cumplen con los estándares considerados en la protección de la vida acuática, especificados en la NOM-001-SEMARNAT-1996, incluyendo la demanda química de oxígeno que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en la descarga de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Así mismo los valores medidos en comparación con los límites máximos permisibles que marca la Organización Mundial de la Salud/

Unión Europea, son inferiores en cada uno de los parámetros.

Los resultados del Cuadro 3, correspondientes al contenido de metales pesados en los órganos músculo, branquias e hígado del pez diablo que habita en el ecosistema delimitado del río Grijalva cumplen con los estándares contemplados, en la normatividad de la Unión Europea, y de la FAO/OMS, además cumplen con los límites máximos permisibles especificados en la NOM-242-SSA1-2009, Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Para el contenido de los metales pesados de Plomo y Cadmio. Autores como Maldonado et al. (2015)



registraron valores más elevados en el contenido de metales pesados contenidos en el pez diablo procedente del río Usumacinta (México), pero inferiores a los límites máximos permisibles de la FAO/OMS.

Los elementos que se encontraron en una mayor concentración correspondiente a la zona 1 en músculo fueron Cu>Al>Pb y en la zona 2 en músculo fueron Al>Cr>Cu, Vinodhini *et al.* (2008) encontraron que son el hígado y riñones donde más acumulación de metales pesados existe. Tao *et al.* (1999) realizó un estudio sobre la ingestión de Pb a través de branquias en el pez *Carassius auratus*, llegando a la conclusión de que el Pb es más disponible cuando no hay movimiento de corrientes que cuando las hay y cuando esta adherido a pequeñas partículas, pudiera ser el caso que el plomo y otros metales están más biodisponibles debido a esto. Dan, (1997), menciona sobre la concentración de elementos (Aluminio, Arsénico, Cadmio, Calcio, Cobre, Cromo, Hierro, Plomo, Potasio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Níquel y Selenio) en el Río Kiamichi en Oklahoma (E.U.), que cuando el río se encuentra en su mínimo nivel, las concentraciones de estos elementos tienden a ser superiores, presentándose niveles altos ya sea en sedimentos, adheridos a partículas y en el agua superficial, volviéndolos biodisponibles para la biota acuática.

Relativo al Cuadro 4, sobre los resultados del examen químico proximal de la carne (músculo), y enfocándose al contenido de proteína se registró un alto contenido, que potencialmente puede ser aprovechado y utilizado en alimentación animal, por ejemplo, como ingrediente de alimento balanceado para Tilapias.

CONCLUSIONES

Existe diferencia estadística significativa en las concentraciones de Cobre y Plomo, en el río Grijalva, entre la zonas 1 y 2. En base a los resultados obtenidos en cuanto a la concentración de metales pesados en los órganos del pez diablo, músculo (carne), branquias e hígado en la dos zonas, estos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para consumo humano, señalado en los estándares de la Unión Europea (UE), Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación (FAO/OMS) y NOM-242-SSA1-2009. En un futuro se pueden realizar otras pruebas en sedimento y de toxicidad y bioacumulación, al pez diablo de estas zonas para su consumo, sino para alimentación humana en un primer momento, si para alimentación animal y considerando que el contenido de proteína del músculo

reúne los requisitos para la elaboración de alimento balanceado para peces, este puede competir con algunas marcas comerciales.

La variación de los caudales del río se ve afectada, por su regulación que tiene la Presa Peñitas y estos influyen en la concentración de contaminantes presentes en el río.

LITERATURA CITADA

- Anuario estadístico y geográfico de Chiapas 2015. INEGI
- Amador-del Ángel. L.E., Wakida-Kusunoki, A.T. (2014). Peces invasores en el sureste de México. Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad, México, pp. 425-433.
- Butler G.C. (1978). Principles of Ecotoxicology. Scientific committee on problems of the environment (SCOPE). John Wiley and Sons.
- CLIMATE COMPUTING (CLICOM) Estación Meteorológica CFE río Grijalva, 7106 Peñitas 2016
- CONAPESCA. (2011). Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca-SAGARPA.
- Dan B.M., (1997), Concentrations of selected elements in the Kiamichi River above Hugo reservoir. Environmental Quality Program, Tulsa Oklahoma. 20 p.
- EU, Directiva 98/83 CE del Consejo de 3 de noviembre de 1998 relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano.
- Maldonado-Enríquez, E.J. (2015). Contenido de metales pesados en músculo de pez. Revista Iberoamericana de Ciencias, 67-73.
- NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en la descarga de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- NOM-116-SSA1-1994, Bienes y servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico.
- NOM-242-SSA1-2009.- Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados.
- NMX-F-607-NOMRMEX-2002. Alimentos- Determinación de cenizas en alimentos.
- METODO INTERNO ET-BR04. Referenciado en la NMX-F-608-2002.
- NMX-F-615-NORMEX-2004 Determinación de extracto etéreo (Método Soxhlet) en alimentos.
- OMS. (2017) Guidelines for drinking-water quality, Fourth edition of the World Health Organization's 633: 307-433.
- Plan Municipal de Desarrollo 2015-2018, Ostuacán, Chiapas.
- Tao *et al.*, (1999). Uptake of particulate lead via the gills of fish (*Carrasius auratus*). Archives of Environmental Contamination and Toxicology 37: 352-357.
- Truhaut R. (1977). Ecotoxicology: objectives, principles and perspectives. Ecotoxicology Environmental safety.1: 151-173.
- Vinodhini R, Narayanan M (2008). Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp). Int. J. Environ. Sci. Technol. 5(2):179-182.

SYNCHRONIZATION OF ESTRUS IN COWS WITH TWO NORGESTOMET LEVELS IN TWO CLASSES OF BODY CONDITION

SINCRONIZACIÓN DE ESTRO EN VACAS CON DOS NIVELES DE NORGESTOMET EN DOS CLASES DE CONDICIÓN CORPORAL

Avila-Castillo B. R.¹; Molina-Mendoza P.²; Peralta-Ortiz J. G.¹; García-Flores E. O.³;
Cordero-Mora J. L.⁴ y Sánchez-Torres-Esqueda T.^{4*}

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Rancho Universitario. Av. Universidad, Km. 1, Ex-Hda. de Aqueztalpa, AP 32. Tulancingo, Hidalgo, México. ²Universidad Intercultural del Estado de Puebla División de Ciencias Naturales, Ingeniería Forestal Comunitaria. Calle Principal a Lipuntuahuaca S/N, Lipuntuahuaca, Huehuetla, Puebla. ³Universidad de Guadalajara, Centro de Investigaciones Pecuarias, Dpto. de Producción Agrícola CUCSUR, Autlán, Jalisco, México. ⁴Colegio de Postgraduados Programa de Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería. carretera México-Texcoco. Km. 63.5 Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP 56230.

*Autor de correspondencia. teresa@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To determine the effect of two doses of norgestomet in the presentation of estrus in cows with two levels of BC.

Design/methodology/approximation: Twenty-four Holstein cows were evaluated by BC to create two groups, cows with normal BC (normalBC) and cows in low BC (lowBC). The treatments to be evaluated resulted from the combination of the two levels of BC with the two doses of norgestomet: 1) cows in normal BC received 1 norgestomet implant; 2) cows in normal BC received 1.5 norgestomet implants; 3) cows in low BC with 1 norgestomet implant; 4) cows in low BC with 1.5 norgestomet implants.

Results: Estrous presentation was 50% for the normalBC 1N and normalBC 1.5N groups and 66.6% for the lowBC 1N and lowBC 1.5N groups, without differences between treatments.

Limitations/implications: The use of progestogens allows to imitate the function of the corpus luteum, which is the basis for estrus synchronization.

Findings/conclusions: Under the conditions of this study it is concluded that the application of 1 or 1.5 implants of norgestomet to cows with different class of CC have the same probability of response to estrus synchronization.

Key words: cows, synchronization, estrus, body condition.



RESUMEN

Objetivo: Determinar el efecto de utilizar dos dosis de norgestomet en la presentación de estro en vacas con dos niveles de CC.

Diseño/metodología/aproximación: Veinticuatro vacas Holstein fueron evaluadas por CC para tener dos grupos, vacas en CC normal (CCnormal) y vacas en CC baja (CCbaja). Los tratamientos a evaluar resultaron de la combinación de dos niveles de CC con dos dosis de norgestomet: 1) vacas en CC normal recibieron 1 implante de norgestomet; 2) vacas en CC normal recibieron 1.5 implantes de norgestomet; 3) vacas en CC baja con 1 implante de norgestomet; 4) vacas en CC baja con 1.5 implantes de norgestomet.

Resultados: La presentación de estro fue de 50% para los grupos CCnormal 1N y CCnormal 1.5N y de 66.6% para los grupos de CCbaja 1N y CCbaja 1.5N, sin diferencias entre tratamientos.

Limitaciones del estudio/implicaciones: El uso de progestágenos permite imitar la funcionalidad del cuerpo luteo, lo cual es la base para la sincronización del estro.

Hallazgos/conclusiones: Bajo las condiciones del presente trabajo se concluye que la aplicación de 1 o 1.5 implantes de norgestomet a vacas con diferente nivel de CC tienen la misma probabilidad de respuesta a la sincronización del estro.

Palabras clave: vacas, sincronización, estro, condición corporal.

objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la utilización de dos dosis de norgestomet en la presentación de estro de vacas Holstein con dos clases de CC, siendo la hipótesis que la CC de las vacas influye en la respuesta a estro sincronizado con diferentes dosis de norgestomet.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la unidad de bovinos de la granja experimental del Programa de Ganadería del Colegio de Postgraduados, ubicada en Montecillo, Municipio de Texcoco, al oriente del Estado de México (98° 48' 27" O, y 19° 48' 23" N, a 2241 m de altitud). Se utilizaron 34 vacas Holstein, de entre 60 y 90 d posparto (para evitar efectos sobre la reproducción derivado del balance energético negativo del posparto temprano (Karslioğlu y Koyuncu, 2017), con dos o más partos y ciclos estrales normales, que fueron presincronizadas mediante la administración de dos inyecciones de PGF_{2α} (25 mg de dinoprost por vaca en cada aplicación; Lutalyse-Upjohn, México), aplicadas con once días de separación (Figura 1). Siete días después de la segunda aplicación de PGF_{2α} las vacas fueron evaluadas por CC (1 al 5 en la escala de Ferguson *et al.*, 1994; Mishra *et al.*, 2016), realizada por dos evaluadores distintos para reducir la variación en la evaluación, solo las hembras en CC de 2 y 3 fueron incluidas en el experimento. Se formaron dos clases por CC: clase 1, vacas en CC normal (normal=3; 12 hembras) y clase 2, vacas en CC baja (baja=2; 12 hembras). En cada clase se aleatorizaron las dos dosis de norgestomet, 1 implante (3 mg de norgestomet; Crestar, Intervet) o 1.5 implantes (4.5 mg de norgestomet) resultando en 4 tratamientos

INTRODUCCIÓN

La infertilidad afecta el rendimiento reproductivo del ganado, lo que influye negativamente en la productividad y el rendimiento de la inversión del negocio agropecuario. El manejo de la reproducción es un componente importante en ganado lechero (Ayad *et al.*, 2015). En ganado Holstein se tienen bajos porcentajes de detección de estros de entre 50 y 59% (López *et al.*, 2004), lo que finalmente resulta en disminución del porcentaje de preñez (Yamada, 2005). Los métodos para mejorar la detección de estros incluyen la sincronización de estro usando progesterona (Yamada, 2005) o progestágenos como el norgestomet (Ayad *et al.*, 2015) en tratamientos de largo tiempo con lo que se esperan altos porcentajes de estro pero con baja tasa de fertilidad, debido a esto se ha buscado elevar la tasa de fertilidad a través de utilizar la combinación entre P₄ y prostaglandina F_{2α} (PGF_{2α}; Yamada, 2005) o P₄ más PGF_{2α} y hormona liberadora de gonadotropinas (Harms *et al.*, 2014). A su vez, el estro y la ovulación en el ganado son inhibidos por el sistema de retroalimentación negativa de la P₄ sobre la hormona luteinizante (Andringa *et al.*, 2013). El uso de progestágenos permite el control de este mecanismo de retroalimentación, el cual es la base para esta técnica de sincronización del estro (Twagiramungu *et al.*, 1992).

Existe evidencia de que la fertilidad puede ser afectada por la condición corporal (CC). En una inspección de 3000 vacas, el incremento en la fertilidad fue asociado a una CC de 3.5 (Broster y Broster, 1998). Por lo que para obtener mejores beneficios en el rendimiento reproductivo es necesario llevar un control de la CC durante la lactancia (Karslioğlu y Koyuncu, 2017). El

(n=6): 1) vacas en CC normal que recibieron un implante de norgestomet (CCnormal 1N; grupo testigo); 2) vacas en CC normal con aplicación de 1.5 implantes de norgestomet (CCnormal 1.5N); 3) vacas en CC baja con 1 implante de norgestomet (CCbaja 1N); 4) vacas en CC baja con 1.5 implantes de norgestomet (CCbaja 1.5N). El implante de progestágeno fue colocado en la base de la oreja por vía subcutánea y permaneció in situ por nueve días.

Detección de estro

Un día después de que se retiraron los implantes y hasta seis días después, todas las vacas fueron observadas durante 30 min en la mañana y 30 min en la tarde (8:00 am y 16:00 pm respectivamente) con la finalidad de detectar conducta de estro.

Toma de muestras sanguíneas

Para determinar concentraciones de P_4 , se recolectaron muestras sanguíneas de 5 ml por venopunción de la vena yugular cada tercer día, desde el día experimental -17 hasta el día 21 después de retirados los implantes. Posteriormente todas las muestras sanguíneas fueron centrifugadas a 1500 g durante 15 min, el suero fue separado por decantación para ser congelado y almacenado a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su análisis.

Análisis hormonales

La determinación de las concentraciones de P_4 se realizó por medio del método inmunoenzimático, la sensibilidad del análisis fue de 0.12 ng ml^{-1} con un coeficiente de variación intra e interensayo de 8.2 y 10.18%, respectivamente (Immunometrics UK Ltd, 280 Munster Road, London SW6 6BQ) validado por Darwash et al., (1999).

Análisis estadístico

Se utilizó un arreglo factorial con dos factores (CC) y dos niveles (1 a 1.5 implantes) en un diseño completamente al azar. Los porcentajes de presentación de estros se analizaron mediante la prueba exacta de Fisher, a través del PROC FREQ (SAS, 2008). Las diferencias entre las medias de los tratamientos ($P<0.05$) se analizaron mediante la prueba de comparación de medias de Tukey. Las concentraciones P_4 corresponden a valores promedio \pm error estándar de la media (EEM) utilizando PROC GLM (SAS, 2008). Las diferencias entre las medias de tratamiento ($P<0.05$) se analizaron mediante la prueba de comparación de medias de Tukey. Las concentraciones de P_4 del periodo tres fueron analizadas mediante el análisis de mediciones repetidas a través del tiempo con

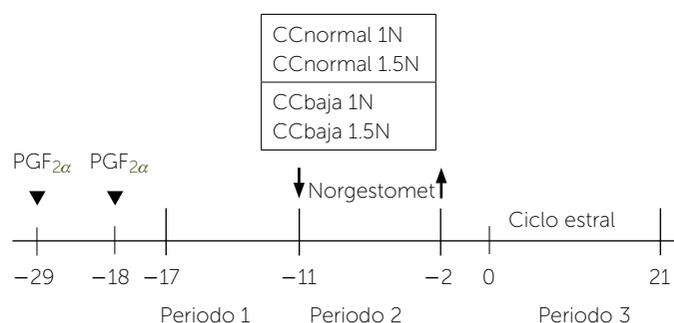


Figura 1. Diagrama esquemático de los tratamientos. Aplicación de $\text{PGF}_{2\alpha}$ ▼; Aplicación de implante ↓; Retiro de implante ↑. El día 0 se considera como día de estro en las vacas. Periodo 1, corresponde al día -17 hasta el día -11; Periodo 2, tiempo de permanencia del implante de norgestomet (día -11 hasta el día -2); Periodo 3, tiempo desde el retiro del implante hasta un ciclo estral normal (día -2 hasta el día 21).

el PROC MIXED (SAS, 2008) para un diseño completamente al azar (Littell et al., 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Presentación e inicio de estro

Los resultados de presentación e inicio de estro se muestran en el Cuadro 1, sin diferencias entre grupos ($P>0.05$).

Concentraciones de P_4

Las concentraciones promedio de P_4 del periodo 1 y 2 (Cuadro 2) no mostraron diferencias ($P>0.05$). En el periodo 3, correspondiente al momento del retiro del implante hasta un ciclo estral normal, se encontraron diferencias significativas ($P<0.001$) por CC en las concentraciones de P_4 , para los grupos de CCbaja en comparación a los grupos de CCnormal.

Las concentraciones promedio de P_4 del periodo 3 (Cuadro 3), fueron menores ($P<0.05$) en los días experimentales 7, 9, 11, 13 y 15 del grupo de CCnormal 1N, en comparación con el grupo de CCbaja 1.5N. Para el

Cuadro 1. Presentación e inicio del estro después de retirados los implantes.

Grupo*	Presentación de estro (%)	Inicio de estro (h)
CCnormal 1N	50 (3/6)	120
CCnormal 1.5N	50 (3/6)	72
CCbaja 1N	66.6 (4/6)	84
CCbaja 1.5N	66.6 (4/6)	66

* CCnormal 1N, condición corporal normal (normal=3) con 1 implante de norgestomet; CCnormal 1.5N, condición corporal normal con 1.5 implantes de norgestomet; CCbaja 1N, condición corporal baja (baja=3) con 1 norgestomet; CCbaja 1.5N, condición corporal baja con 1.5 norgestomet.

riza por la permanencia in situ de los implantes de norgestomet durante la fase lútea media, estas concentraciones de P₄ son similares a las reportadas por Garverick *et al.* (1992) y Evans *et al.* (1997) durante este periodo de fase lútea. En el periodo tres, se observó mayor concentración de P₄, para las vacas en CCbaja en comparación con los grupos de CCnormal. En este sentido, Burke *et al.* (1998) mencionan que la disminución en concentración de P₄ en vacas con CC alta, puede ser debido a una mayor tasa de metabolismo de la P₄ en el hígado.

En el periodo tres, correspondiente al momento del retiro del implante hasta un ciclo estral normal, se encontraron diferencias significativas (P<0.001) por condición corporal en las concentraciones de P₄ (Cuadro 2), obteniéndose mayor concentración de P₄ (7.31 ng ml⁻¹) para los grupos de CCbaja en comparación a los grupos de CCnormal (4.60 ng ml⁻¹). Las concentraciones promedio de P₄ del periodo 3 (Cuadro 3), fueron menores (P<0.05) en los días experimentales 7, 9, 11, 13 y 15 del grupo de CCnormal 1N, en comparación con el grupo de CCbaja 1.5N. Para el grupo de CCnormal 1.5N, las concentraciones promedio de P₄ en los días experimentales 7, 9 y 13 fueron menores

Cuadro 2. Concentraciones promedio de P₄ (ng ml⁻¹) después de retirados los implantes.

Grupo*	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
CCnormal	1.34	6.70	4.60 ^a
CCbaja	1.77	5.49	7.31 ^b

*Grupos de condición corporal normal (normal=3) con un implante de norgestomet (CCnormal 1N) y condición corporal normal con 1.5 implantes de norgestomet (CCnormal 1.5N). Grupos de condición corporal baja (baja=2) con un norgestomet (CCbaja 1N) y condición corporal baja 1.5 norgestomet (CCbaja 1.5N).

^{ab} Literales distintas en la misma columna indican diferencias (P<0.001).

grupo de CCnormal 1.5N, las concentraciones promedio de P₄ en los días experimentales 7, 9 y 13 fueron menores (P<0.05) en relación con grupo de CCbaja 1.5N. En el grupo de CCbaja 1N, las muestras 7 y 9 fueron menores (P<0.05) en concentración de P₄ en comparación al grupo de CCbaja 1.5N.

En presentación e inicio de estro no se encontraron diferencias (P>0.05) entre todos los grupos. Resultados similares a los grupos de CCbaja 1N y CCbaja 1.5N (66.6% en presentación de estro en ambos grupos, 84 h y 66 h para inicio de estro, respectivamente), fueron obtenidos por Smith y Stevenson (1995) quienes reportaron 64 y 67% de presentación de estro, y un intervalo al estro de 76 y 61 h en la sincronización de estro con norgestomet más cuerpo lúteo (CL) y norgestomet sin CL, respectivamente. Autores como, Sánchez *et al.* (1993) reportaron un intervalo al estro sincronizado de 70 y 52 h, después del retiro de los implantes en dos diferentes réplicas de vacas tratadas con norgestomet en presencia del CL. En el presente experimento no se determinó la presencia del cuerpo lúteo; sin embargo, el diseño de los tratamientos estuvo encaminado para que existiera un CL al momento de la inserción de los implantes de norgestomet. Otros como, Martínez *et al.* (2015) obtuvieron 55% de estros, que se presentaron 48 h después de finalizados los tratamientos, utilizando un dispositivo intravaginal impregnado con P₄ en vacas con una CC normal.

Las concentraciones promedio de P₄ del periodo uno, fueron menores a 2 ng ml⁻¹, debido a la aplicación de PGF_{2α}, para todos los grupos. Estas concentraciones de P₄ corresponden a una fase de poca actividad lútea (Custer *et al.*, 1994). Durante el periodo dos, las concentraciones promedio de P₄ fueron mayores a 5 ng ml⁻¹, para todos los grupos. Este periodo se caracte-

Cuadro 3. Concentraciones plasmáticas promedio de progesterona (ng ml⁻¹) durante el periodo 3.

Grupo*	Días experimentales después de retirados los implantes											
	-1	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21
CCnormal 1N	3.44c	3.10	4.31	3.93	1.77c	1.88c	1.33c	2.92c	4.16c	5.73	6.53cd	8.42
CCnormal 1.5N	6.23	6.67	4.36	3.02	3.06c	3.61c	6.02cd	5.34c	5.58cd	5.78	6.61cd	6.77
CCbaja 1N	10ad	4.71b	4.28	4.12	3.14c	4.46c	5.93cd	7.61cd	10.87d	9.16	11.48c	7.20
CCbaja 1.5N	5.91	4.42	3.57	5.54	9.27d	11.09d	10.35d	11.09d	10.67d	8.79	5.71d	6.24

a, b Literales distintas en la misma línea indican diferencias (P<0.05).

c, d Literales distintas en la misma columna indican diferencias (P<0.05).

*CCnormal 1N: condición corporal normal (normal=3) con 1 implante de norgestomet; CCnormal 1.5N: condición corporal normal con 1.5 implantes de norgestomet; CCbaja 1N: condición corporal baja (baja=2) con 1 norgestomet; CCbaja 1.5N: condición corporal baja con 1.5 norgestomet.

($P < 0.05$) en relación con grupo de CCbaja 1.5N. En el grupo de CCbaja 1N, las concentraciones de P_4 de los días 7 y 9 fueron menores ($P < 0.05$) en comparación al grupo de CCbaja 1.5N. Resultados similares fueron reportados por Burke *et al.* (1998) quienes mencionan que la disminución en concentración de P_4 en vacas con CC alta, puede ser debido a una mayor tasa de metabolismo de la P_4 en el hígado.

Después de retirar los implantes (Periodo tres), todos los grupos tuvieron concentraciones elevadas de P_4 (mayores a 3 ng ml^{-1}), esto pudo evitar que se obtuviera uniformidad al estro sincronizado. Hampton *et al.* (1999) reportaron que la aplicación de un implante de 6 mg de norgestomet en el día tres del ciclo estral resulta en mantenimiento de un CL funcional y elevadas concentraciones de P_4 ($> 1 \text{ ng ml}^{-1}$) hasta dos días después de retirados los implantes (Hampton *et al.*, 1999) y las hembras no exhiben estro sincronizado (Pratt *et al.*, 1991).

La secreción pulsátil de LH está involucrada en el desarrollo y función normal del CL bovino. El soporte pulsátil de LH en el periodo del día 2 al 12 del ciclo estral, es necesario para el desarrollo del CL y una adecuada producción de P_4 (Peters *et al.*, 1994). La administración de 6 mg de norgestomet durante el metaestro (día tres del ciclo estral) resulta en disminución de pulsos de LH con desarrollo de un CL funcional en algunas vacas o con un subsiguiente CL no funcional en otras vacas (Burns *et al.*, 1993). En el presente experimento no se determinaron concentraciones de LH durante el periodo de permanencia del implante de 3 mg de norgestomet, pero los datos obtenidos en los estudios señalados permiten sugerir que hubo vacas con desarrollo de CL funcional y otras vacas sin desarrollo de un CL funcional.

En este contexto las vacas que no formaron CL funcional, probablemente desarrollaron un folículo ovárico persistente. Lugo *et al.* (1999), mencionan que el uso de CIDR-B y la aplicación de $\text{PGF}_{2\alpha}$ al inicio del tratamiento, aumenta hasta 66.6% el número de animales que ovulan un folículo persistente, después de retirar el implante.

El desarrollo de folículos persistentes sólo ocurre si el CL no está presente durante el periodo de tratamiento con progestágenos (Kinder *et al.*, 1996). El aumento de frecuencia pulsátil de LH en el periodo de tratamiento con norgestomet sugiere que la retroalimentación del progestágeno sobre la LH está disminuida, lo que a su

vez altera el desarrollo folicular produciendo aumento de diámetro del folículo dominante (Savio *et al.*, 1993).

En el periodo tres se observó una disminución en las concentraciones de P_4 y posteriormente una consecuente elevación de la misma, por un periodo aproximado de 8 a 10 d en todos los grupos, a este respecto Garverick *et al.* (1992) mencionan que vacas con fases lúteas subnormales tienen ciclos estrales de corta duración (7-10 d) con disminución en las concentraciones de P_4 , comparados con vacas con fases lúteas normales. Por lo que, la aplicación del implante no tuvo efecto sobre la vida media del CL o sobre la secreción de P_4 . Datos similares fueron reportados por Darwash *et al.* (1999) quienes mencionan que la aplicación de CIDR no afecta significativamente el intervalo de máxima actividad lútea o el número de días de la fase lútea.

CONCLUSIONES

La dosis de norgestomet y la condición corporal tiene efecto sobre las concentraciones de progesterona del ciclo estral subsecuente a los tratamientos; sin embargo, no se observan diferencias sobre el porcentaje de presentación de estros, por lo que bajo las condiciones del presente estudio, la aplicación de 1 o 1.5 implantes de norgestomet en vacas con diferente clase de condición corporal tienen la misma probabilidad de respuesta a la sincronización de estro.

LITERATURA CITADA

- Andringa M.F.A., Cavestany D., van Eerdenburg F.J.C.M. 2013. Relaciones entre la expresión de celo, tamaño del folículo y la ovulación en vacas de leche en pastoreo. *Veterinaria (Montevideo)* 49(1): 4-15.
- Ayad A., Mourad S., Touati K., Iguer-Ouada M., Benbarek H. 2015. Evaluation of norgestomet Crestar® on oestrus synchronization and reproductive performance of dairy cows in Algeria. *Asian Pacific Journal of Reproduction*. 4(1): 54-60.
- Broster W.H., Broster V.J. 1998. Body score of dairy cows. *Journal of Dairy Research*. 65(1): 155-173.
- Burke J.M., Hampton J.H., Staples C.R., Thatcher W.W. 1998. Body condition influences maintenance of a persistent first wave dominant follicle in dairy cattle. *Theriogenology*. 49(4): 751-760.
- Burns P.D., Spitzer J.C., Bridges W.C. Jr., Henricks D.M., Plyler B.B. 1993. Effects of metestrous administration of a norgestomet implant and injection of norgestomet and estradiol valerate on luteinizing hormone release and development and function of corpora lutea in suckled beef cows. *Journal of Animal Science*. 71(4): 983-988.
- Custer E.E., Beal W.E., Wilson S.J., Meadows A.W., Berardinelli J.G., Adair R. 1994. Effect of melengestrol acetate (MGA) or progesterone-releasing intravaginal device (PRID) on follicular development,



- concentrations of estradiol-17 β and progesterone, and luteinizing hormone release during an artificially lengthened bovine estrous cycle. *Journal of Animal Science*. 72(5): 1282-1289.
- Darwash A.O., Ward G.L., Lamming G.E., Woolliams J.A. 1999. The effects of raising post-oestrus progesterone concentrations on luteal activity in post-partum dairy cows. *Animal Science* 68(3): 527-532.
- Evans A.C., Komar C.M., Wandji S.A., Fortune J.E. 1997. Changes in androgen secretion and luteinizing hormone pulse amplitude are associated with the recruitment and growth of ovarian follicles during the luteal phase of the bovine estrous cycle. *Biology of Reproduction*. 57(2): 394-401.
- Ferguson J.D., Galligan D.T., Thomsen N. 1994. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. 77(9): 2695-2703.
- Garverick H.A., Zollers Jr. W.G., Smith M.F. 1992. Mechanisms associated with corpus luteum lifespan in animals having normal or subnormal luteal function. *Animal Reproduction Science*. 28(1-4): 111-124.
- Hampton J.H., Spitzer J.C., Henricks D.M., Hix B.S., Higdon H.L. 1999. Retention of a functional corpus luteum and peripheral concentrations of 13, 14-dihydro-15keto-prostaglandin F_{2 α} following metestrus administration of Syncro-Mate-B. *J. Anim. Sci*. 77(4): 948-953.
- Harms J.D., Summers A.F., Funston R.N. 2014. Effect of 2 ovulation synchronization protocols on reproductive performance of May-calving cows. *The Professional Animal Scientist*. 30(5): 497-501.
- Karslıoğlu K.N., Koyuncu M. 2017. Relationships between body condition score in dry-off, calving or different lactation days and selected reproductive parameters in dairy cows. *Journal of Biological and Environmental Sciences*. 11(33): 143-148.
- Kinder J.E., Kojima F.N., Bergfeld E.G.M., Wehrman M.E., Fike K.E. 1996. Progesterin and estrogen regulation of pulsatile LH release and development of persistent ovarian follicles in cattle. *Journal of Animal Science*. 74(6): 1424-1440.
- Kojima N., Stumpf T.T., Cupp A.S., Werth L.A., Roberson M.S., Wolfe M.W., Kittok R.J., Kinder J.E. 1992. Exogenous progesterone and progestins as used in estrous synchrony regimens do not mimic the corpus luteum in regulation of luteinizing hormone and 17 beta-estradiol in circulation of cows. *Biology of Reproduction*. 47(6): 1009-1017.
- Littell R.C., Henry P.R., Ammerman C.B. 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal of Animal Science*. 76(4): 1216-1231.
- López H., Satter L.D., Wiltbank M.C. 2004. Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science*. 81(3-4): 209-223.
- Lugo L.S., Hernández C.J., López L.L. 1999. Función del cuerpo lúteo formado a partir de la ovulación de un folículo dominante persistente, en vaquillas Holstein tratadas con un dispositivo intravaginal de liberación de progesterona (CIDR-B), en ausencia de un cuerpo lúteo. *Veterinaria México*. 30(1): 95-98.
- Martínez B.M., Gil J., Costa G., Pombo I., Peñagaricano J., Lutz M., Freire A., Cavestany D. 2015. Evaluación de dos formulaciones de progesterona en protocolos HeatSynch en vacas Holando lactando en sistemas pastoriles. *Veterinaria (Montevideo)*. 51(200): 26-35.
- Mishra S., Kiran K., Dubey A. 2016. Body condition scoring of dairy cattle: A review. *Research and Reviews: Journal of Veterinary Sciences*. 2(1): 58-65.
- Peters K.E., Bergfeld E.G., Cupp A.S., Kojima F.N., Mariscal V., Sánchez T., Wehrman M.E., Grotjan H.E., Hamernik D.L., Kittok R.J., Kinder J.E. 1994. Luteinizing hormone has a role in development of fully functional corpora lutea (CL) but is not required to maintain CL function in heifers. *Biology of Reproduction*. 51(6): 1248-1254.
- Pratt S.L., Spitzer J.C., Burns G.L., Plyler B.B. 1991. Luteal function, estrous response, and pregnancy rate after treatment with norgestomet and various dosages of estradiol valerate in suckled cows. *Journal of Animal Science*. 69(7): 2721-2726.
- Sánchez T., Wehrman M.E., Bergfeld E.G., Peters K.E., Kojima F.N., Cupp A.S., Mariscal V., Kittok R.J., Rasby R.J., Kinder J.E. 1993. Pregnancy rate is greater when the corpus luteum is present during the period of progestin treatment to synchronize time of estrus in cows and heifers. *Biology of Reproduction*. 49(5): 1102-1107.
- SAS. 2008. System Analysis Statistical, Institute Inc. SAS/STAT[®] 9.2 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. [En línea]. <https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statugstatmodel/61751/PDF/default/statugstatmodel.pdf>. Fecha de consulta: 13 de noviembre de 2017.
- Savio J.D., Thatcher W.W., Morris G.R., Entwistle K., Drost M., Mattiacci M.R. 1993. Effects of induction of low plasma progesterone concentrations with a progesterone-releasing intravaginal device on follicular turnover and fertility in cattle. *Journal of Reproduction and Fertility*. 98(1): 77- 84.
- Smith M.W., Stevenson J.S. 1995. Fate of the dominant follicle, embryonal survival, and pregnancy rates in dairy cattle treated with prostaglandin F₂ alpha and progestins in the absence or presence of a functional corpus luteum. *Journal of Animal Science*. 73(12): 3743-3751.
- Twagiramungu H., Dufour J.J., Guilbault L.A., Proulx J. 1992. Effects of Synchro-Mate B and prostaglandin F_{2 α} on estrus synchronization and fertility in beef cattle. *Canadian Journal of Animal Science*. 72(1): 31-39.
- Van Eerdenburg F.J.C.M. 2008. Possible causes for the diminished expression of estrus behaviour. *Veterinary Quarterly*. 30: 79-100.
- Yamada K. 2005. Development of ovulation synchronization and fixed time artificial insemination in dairy cows. *Journal of Reproduction and Development*. 51(2): 177-186.

FLORAL INDUCTION IN SUNFLOWER *Helianthus annuus* L. (ASTERACEAE) cv. Victoria WITH FOLIAR APPLICATION OF GIBBERELIC ACID

INDUCCIÓN FLORAL EN GIRASOL *Helianthus annuus* L. (ASTERACEAE) cv. Victoria CON APLICACIÓN FOLIAR DE ÁCIDO GIBERÉLICO

Montalvo-Sierra, A.¹; Ortiz-Flores, E.A.¹; Díaz-López, E.^{2*}; Morales-Ruiz, A.²

¹Universidad Tecnológica de Tehuacán. Ingeniería en Agricultura Sustentable y Protegida. Prolongación del 1 sur 1101 San Pablo Tepetzingo Tehuacán, Puebla México. C. P. 75859. ²Universidad Tecnológica de Tehuacán. Cuerpo Académico "Ecofisiología Aplicada a Cultivos en Zonas Áridas".

*Autor de correspondencia: ernesto.lopez@uttehuacan.edu.mx

ABSTRACT

Objective: determine the effect of three levels of GA₃ gibberellic acid, on flowering and four parameters of agricultural importance, in sunflower cv. Victoria.

Design/methodology/approach: Free-pollinated sunflower achenes cv. Victoria, under the ecological conditions of the Tehuacán Valley. To determine the effect of gibberellic acid (GA₃), a completely randomized design was used: three treatments and seven repetitions (n=21 experimental units). The treatments consisted of: 0, 100 and 200 mg L⁻¹ of GA₃ applied foliarly. The variables evaluated were: days to flowering, yield, leaf area, plant height and chapter diameter. When the response variables were significant, the Tukey test was applied to a level of significance of 5% error probability.

Results: The application of 200 mg L⁻¹ of GA₃, it achieve to advance up to 26 days the flowering with respect to the witness, In addition to having a positive effect by increasing the leaf area and grain yield.

Study limitations/implications: The GA₃, positively affects the sunflower crop up to a dose of 200 mg L⁻¹. Doses less than 100 mg L⁻¹, are not recommended for sunflower, since there is no response.

Key words: flowering, yield, leaf area.

RESUMEN

Objetivo: determinar el efecto de tres niveles de ácido giberélico AG₃, sobre la floración y cuatro parámetros de importancia agrícola, en girasol cv. Victoria.

Diseño/metodología/aproximación: Se sembraron achenos de girasol de polinización libre cv. Victoria, bajo las condiciones ecológicas del valle de Tehuacán. Para determinar el efecto del ácido giberélico (AG₃), se utilizó un diseño completamente aleatorizado: tres tratamientos y siete repeticiones (n=21 unidades experimentales). Los tratamientos consistieron en: 0, 100 y 200 mg L⁻¹ de AG₃ aplicado foliarmente. Las variables evaluadas fueron: días a floración, rendimiento, área foliar, altura de planta y diámetro de capítulo. Cuando las variables respuesta resultaron significativas, se les aplicó la prueba de Tukey a un nivel de significancia del 5 % de probabilidad de error.

Resultados: La aplicación de 200 mg L⁻¹ de AG₃, logran adelantar hasta 26 días la floración con respecto al testigo, además de tener un efecto positivo al incrementar el área foliar y el rendimiento de grano.

Limitaciones del estudio/implicaciones: El AG₃, afecta de manera positiva al cultivo de girasol hasta dosis de 200 mg L⁻¹. Dosis menores a 100 mg L⁻¹, no se recomiendan para girasol, ya que no hay respuesta alguna.

Palabras clave: floración, rendimiento, área foliar.

INTRODUCCIÓN

La floración es un proceso fisiológico, mediante el cual las plantas superiores inician su etapa reproductiva (Salisbury y Ross, 1993). Este es regulado por dos factores: ambientales y biológicos (Taiz y Zeiger, 1991). Desde el punto de vista ambiental, la temperatura juega un papel importante en la floración, debido a que esta influye en la acumulación de unidades calor, las cuales son necesarias para los organismos logren culminar su ciclo ontogénico, acortando o alargándolo (Velázquez *et al.*, 2015; Villalobos y Retana, 1997). Otro factor ambiental que interviene en la floración, es el régimen hídrico, ya que al agua constituye 90% del protoplasma celular, además que la mayoría de los procesos fisiológicos dependen del agua en todos los organismos incluidas las plantas (Rincón *et al.*, 2006). El régimen nutrimental también es importante, ya que elementos como el fósforo, inducen la floración, producción de frutos y semillas (Quintana *et al.*, 2017). Respecto al factor biológico, la carga genética también juega un papel importante en el proceso de floración, ya que la expresión de los genes en combinación con el ambiente, determinan y limitan la producción de flores y como consecuencia, el rendimiento de los cultivos (Cervantes *et al.*, 2014). Siguiendo con esta tendencia, las hormonas vegetales también influyen en este proceso y se puede decir, que quizá son el aspecto bioquímico más importante en la floración, ya que compuestos como el ácido giberélico (AG₃), están directamente relacionados con la inducción floral, amarre de fruto y formación de frutos partenocarpicos, como en cítricos y uva (Varela *et al.*, 2018; González *et al.*, 2007). Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue: inducir la floración con ácido giberélico (AG₃), en el cultivo de girasol (*Helianthus annuus* L.) cv. Victoria.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la Colonia La Purísima, Tehuacán Puebla, México (18° 27' 46" N, 97° 23' 39" O, y a 1800 m de altitud). El germoplasma consistió de aquenios de girasol cv. Victoria, de polinización libre, los cuales fueron sembrados en bolsas de polietileno de 5 kg de capacidad. Las propiedades fisicoquímicas del sustrato utilizado fueron: pH=5.8; C.E, 2.4 dS m⁻¹; contenido de materia orgánica 2.3 %; densidad aparente 1.56 g cm⁻³; color 2.5 YR 5/1 en seco y 2.5 YR 3/2 mojado. Por cada bolsa, se depositaron tres semillas de girasol a una separación de 20 cm, y 1 cm de profundidad. El diseño experimental utilizado, fue completamente al azar

(DCA), donde los tratamientos fueron los niveles de ácido giberélico 0, 100 y 200 mg L⁻¹ y siete repeticiones (3×7)=21 unidades experimentales, evaluadas bajo el modelo matemático

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

donde: Y_{ij} , es la variable respuesta del i -ésimo nivel de ácido giberélico en la j -ésima repetición; μ , media general verdadera; τ_i , es el efecto del i -ésimo nivel de ácido giberélico y ε_{ij} , es el error experimental del i -ésimo nivel de ácido giberélico en la j -ésima repetición. La unidad experimental fue, una bolsa de polietileno con una inflorescencia de girasol.

Las variables respuesta fueron: días a inducción floral, contando los días a floración a partir de la aplicación del ácido giberélico; altura de planta, midiendo con un estadal topográfico de aluminio modelo Est-5m, midiendo la altura desde el epicótilo hasta la yema apical; área foliar, midiendo en forma de cruz el largo y ancho de la hoja y utilizando la fórmula

$$A = (L \times A) 0.75$$

donde A , es el área foliar por hoja, L , es el largo de la hoja y A , ancho.

Cabe mencionar que esto se realizó a todas las hojas de la planta; Diámetro de capítulo, midiendo este en forma de cruz y obteniendo el promedio correspondiente, con un vernier digital modelo 500-196-20 CD6 y rendimiento de semilla, pesando el total de aquenios por planta, con ayuda de una balanza digital BAPRE-3 y expresar el resultados en g planta⁻¹. Para tener un mejor control del experimento, se midieron las normales climatológicas temperatura máxima y mínima, así como evaporación.

Las normales climatológicas temperatura máxima y mínima, así como la evaporación total, se presentan en la Figura 1. En ella se puede apreciar, que la temperatura máxima osciló entre 23.1 y 32.9 °C, mientras que la mínima entre 5.6 y 13.0 °C. La evaporación total fue 625.4 mm. La tasa de evaporación se incrementó, a partir de la primera decena del mes de marzo, hasta la tercera decena de abril, coincidiendo con la última etapa vegetativa del cultivo y toda la etapa reproductiva hasta la madurez fisiológica. Bajo estas condiciones ambientales, el cultivo completo su ciclo sin problemas (Figura 1).

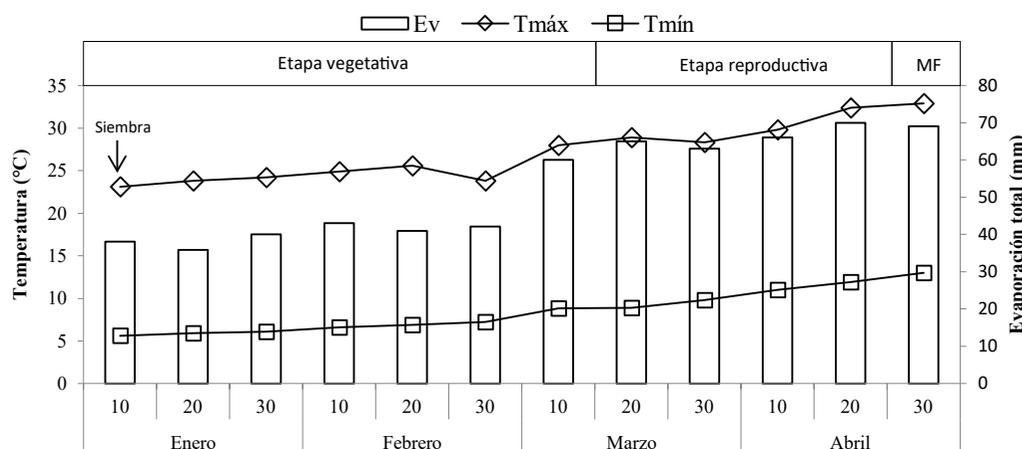


Figura 1. Temperatura máxima, mínima y evaporación total decenal, durante el ciclo ontogénico de girasol (*Helianthus annuus* L.) cv. Victoria, bajo tres niveles de ácido giberélico (AG_3). La Purísima Tehuacán Puebla, México. 2018. Ev, evaporación; Tmáx y Tmín, temperaturas máximas y mínimas; MF, madurez fisiológica.

Cuando las variables respuesta resultaron ser significativas, se les aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey, a un nivel de significancia de 5 % de probabilidad de error.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 presenta el análisis de varianza y prueba de comparación múltiple, observando que existieron diferencias altamente significativas para todas las variables. El coeficiente de variabilidad para diámetro de capítulo, fue de 10.60% indicando que fueron confiables. Para el resto de las variables el CV, osciló entre 15.43 y 25.13% mostrando así que fueron datos confiables. La comparación de medias para días a floración, muestra que la aplicación de 200 mg L^{-1} de AG_3 , adelantó la floración en 17 d respecto a la aplicación de 100 mg L^{-1} de AG_3 y 26 d respecto al testigo. Rojas (2003), menciona que las hormonas vegetales juegan un papel muy importante, en procesos como la producción de raíces, desarrollo y floración, a pesar de no tener estudios de su interacción con el genoma de la planta. El área foliar, altura de planta, diámetro de capítulo y rendimiento de semilla, tuvieron un comportamiento similar, de este modo el tratamiento T_2 , superior a la aplicación de 100 mg L^{-1} y testigo con $3,600 \text{ cm}^2$, 179.12; 10.12 cm y $35.10 \text{ g planta}^{-1}$ respectivamente. Esta respuesta ha sido comprobada por Azcón (2008), quienes mencionan que las giberelinas como el ácido giberélico, influyen en el crecimiento y desarrollo del tallo, debido a que inducen el alargamiento de las células, provocando que en plantas donde se

que el diámetro de capítulo sea mayor, que en el tratamiento testigo.

Respecto al rendimiento agronómico Espinoza et al. (2001), mencionan que aunque el AG_3 no influye directamente en el llenado de grano, si juega un papel importante en la sincronía de floración masculina y femenina, en cultivos como el maíz (*Zea mays* L.), y de este modo se puede incrementar el rendimiento, provocado por esta sincronía en ambas floraciones.

Los modelos matemáticos entre el AG_3 y las variables respuesta, se presentan en la Figura 2, registrando, que todos los modelos de ajuste fueron exponenciales, con coeficientes de determinación altamente significativos, 0.99 para rendimiento y altura de planta, mientras que los valores bajos 0.97 y 0.98 correspondieron al área foliar y diámetro de capítulo con 0.97 y 0.98 respectivamente. Los modelos matemáticos anteriores, indican que a medida que aumenta la dosis de AG_3 de 100 a

Cuadro 1. Análisis de varianza y prueba de comparación múltiple, para cinco variables respuesta a la aplicación de tres niveles de ácido giberélico (AG_3), en girasol (*Helianthus annuus* L.) cv. Victoria. La Purísima Tehuacán Puebla, México. 2018.

Tratamiento mg L^{-1}	DIF (días)	AF (cm^2)	AP (cm)	DC (cm)	R (g planta^{-1})
T_0	96.00 a	2,600 b	145.20 b	6.70 b	20.11 b [†]
T_{100}	87.00 a	2,900 b	159.33 b	7.90 b	25.80 b
T_{200}	70.00 b	3,600 a	179.12 a	10.12 a	35.10 a
DSH	11.40 **	465.12**	16.40**	2.10**	8.66**
CV %	15.43	22.33	25.13	10.60	20.33

[†]Medias dentro de columnas con la misma literal, estadísticamente son iguales según Tukey a una $P \leq 0.05$; T_1 , T_2 y T_3 , tratamientos; DIF, días a inducción floral; AF, área foliar; AP, altura de planta; DC, diámetro de capítulo; R, rendimiento; DSH, diferencia significativa honesta; CV, coeficiente de variación.

aplica este fitoregulator, inducen un alargamiento del tallo; sin embargo, Díaz et al. (2016), al trabajar con inflorescencias de girasol en postcosecha, encontraron que la aplicación de 50 mg L^{-1} de AG_3 , indujo un mayor diámetro de capítulo, mencionando que este, tiene un efecto negativo, debido a que las flores tubulares de la inflorescencia, maduran en menor tiempo que las flores tubulares, provocando

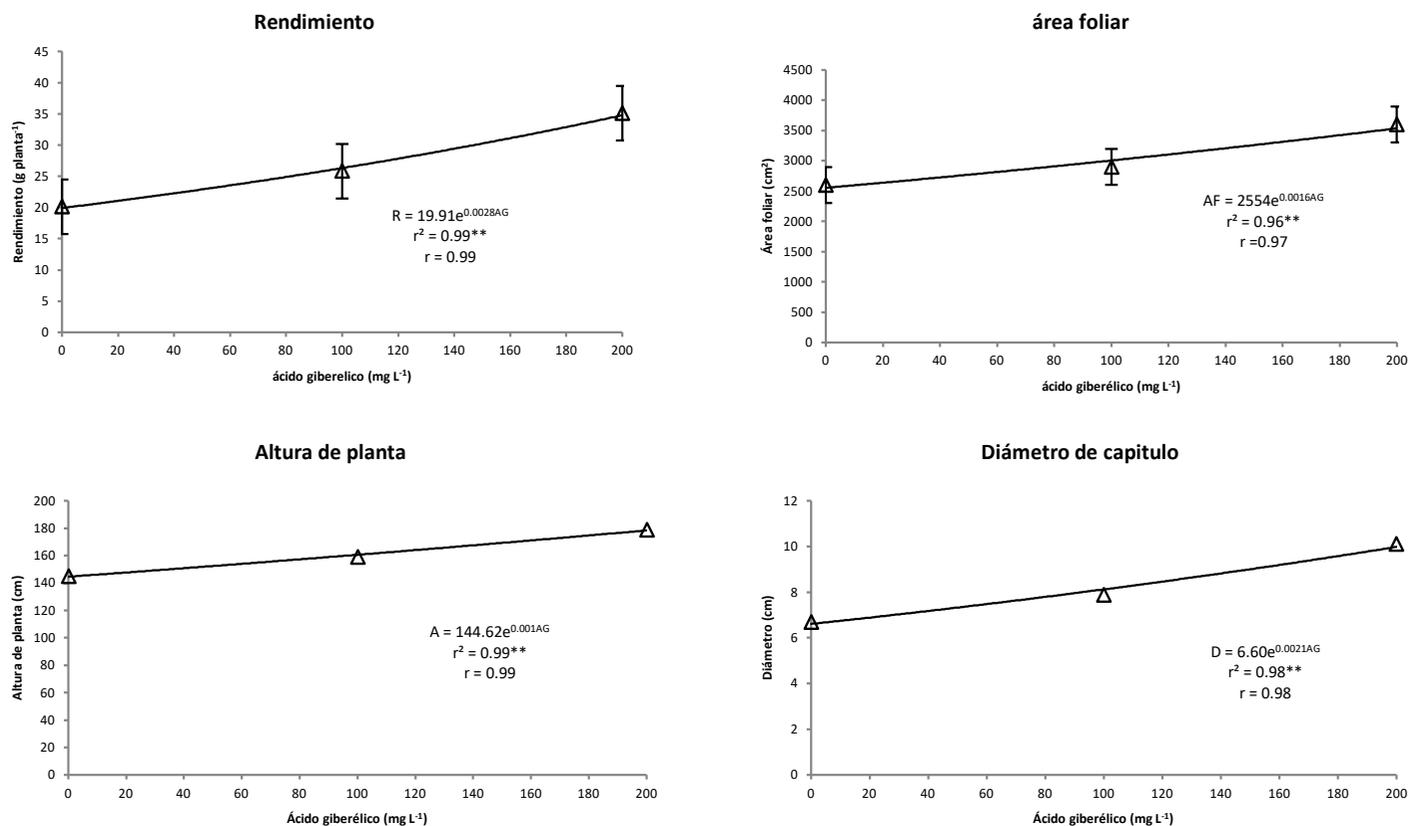


Figura 2. Modelos matemáticos de regresión entre concentración de ácido giberélico AG₃ vs rendimiento, área foliar, altura de planta y diámetro de capítulo, en girasol (*Helianthus annuus* L.) cv. Victoria. La Purísima Tehuacán Puebla, México. 2018.

200 mg L⁻¹, las variables respuesta rendimiento, área foliar, altura de planta y diámetro de capítulo, experimentan incremento. De lo anterior sugiere que el AG₃, tiene efecto positivo en el girasol en dosis que van de 100 a 200 mg L⁻¹, tal como lo han demostrado Silva et al. (2011), quienes mencionan que al AG₃, tiene un efecto positivo en los aspectos morfológicos del girasol, así como en el rendimiento del mismo.

CONCLUSIONES

El ácido giberélico AG₃ puede adelantar la floración en girasol, hasta por 26 d en concentraciones de 200 mg L⁻¹. El área foliar, así como la altura de planta y diámetro de capítulo, se afectaron positivamente, al aplicar como máximo 200 mg L⁻¹ de AG₃. Aunque el AG₃ no interviene directamente en el rendimiento agronómico en girasol, puede incrementar el área foliar en éste, permitiendo un mayor despliegue del dosel vegetal, que permite aumentar la asimilación de carbohidratos en la semilla. El AG₃, puede ser una alternativa para adelantar la floración en girasol, permitiendo que los productores de flor de corte, adelanten las fechas de corte, alcanzando mejores precios en el mercado.

LITERATURA CITADA

Azcon, V. J. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. 2ª Ed. McGraw Hill. 656 p.

Cervantes, O. F., Gasca, O. M. T., Andrio, E. E., Mendoza, E. M., Guevara, A. L. P., Vázquez, M. F. y Rodríguez, H. S. 2014. Densidad de población y correlaciones fenotípicas en caracteres agronómicos y de rendimiento en genotipos de maíz. Ciencia y Tecnol. Agrop. México 2(1): 7-18.

Díaz, L. E., Loeza, C. J. M. y Brena, H. I. 2016. Comportamiento postcosecha en girasol (*Helianthus annuus* L.) en función de soluciones de pulso. Investigación y Ciencia. 24(69): 26-31.

Espinoza, A., Tadeo, M., Medina, H., Gutiérrez, J. R. y Luna, M. 2001. Alternativas para favorecer la polinización y producción de semilla del híbrido H-311 de maíz. Agronomía Mesoamericana. 12(2): 229-235.

González, M. L., Caycedo, C., Velásquez, M. F., Flores, V. y Garzón, M. R. 2007. Efecto de la aplicación del ácido giberélico sobre el crecimiento de coliflor (*Brassica oleraceae* L.) var. Botrytis DC. Agronomía Colombiana 25(1), 54-61.

Quintana, B. W. A., Pinzón, S. E. H., Fernando, T. D. 2017. Effect of thermal phosphate on growth and production of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cv 'Ica Cerinza'. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. 20(1): 51 – 59.

Rincón, T., Castro, N. J. A. S., López, S. J. A., Huerta, A. J., Trejo, L. C. y Briones, E. F. 2006. Temperatura alta y estrés hídrico durante la floración en poblaciones de maíz tropical. Phytion. 75: 31-40.

- Rojas, G. M. 2003. Conceptos sobre fisiología vegetal reproductiva. *Ciencia UANL*. 7(2): 171-175.
- Salisbury, B. F. y Ross, W. C. 1993. *Fisiología Vegetal*. Ed. Iberoamerica. 759 p.
- Silva, M., Gómez, H., Zavala, F., Cuevas, B. y Rojas, M. 2017. Gibberellic acid effect on growing, quality and yielding of tomato plants under controlled conditions. *Temas Agrarios*. 22(2): 70-79.
- Taiz, L. y Zeiger, E. 1991. *Fisiología Vegetal*. 3ª Ed. BLUME. 509.
- Varela, D. O. E., Livera, M. M., Muratalla, L. A., Carrillo, S. J. A. 2018. Inducción de partenocarpia en *Opuntia* spp. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 41 (1): 3-11.
- Velázquez, J., Rosales, A., Rodríguez, H. y Salas, R. 2015. Determinación de las etapas de inicio de macollamiento, inicio de primordio, floración y madurez en la planta de arroz, con el sistema S, V y R correlacionado con la sumatoria térmica. *Agronomía Costarricense*. 39(2): 121-129.
- Villalobos, R. y Retana, J. 1997. Posibles efectos de un calentamiento global en el cultivo de arroz de secano en el pacífico norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 21(2): 179-188.



DIVERSITY AND IMPORTANCE OF WILD BEES: MUCH MORE THAN HONEY AND BUMBLEBEES

DIVERSIDAD E IMPORTANCIA DE LAS ABEJAS SILVESTRES: MUCHO MÁS QUE MIEL Y ABEJORROS

Martínez-Peralta, C.^{1*}; Rosas-Echeverría, M. V.¹; Platas-Neri, D. A.¹

¹Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Escuela de Estudios Superiores del Jicarero. Carretera Galeana-Tequesquitengo s/n Col. El Jicarero, C. P. 62909. Jojutla, Morelos.

*Autor de correspondencia: concepcion.martinez@uaem.mx

ABSTRACT

Objective: Within the global biodiversity crisis, a topic of great concern has been the loss of bee pollinators. However, generated information is notably biased towards the honeybee (*Apis mellifera*) and the bumblebee (genus *Bombus*). The objective of this study is to highlight the importance of wild bees as pollinators in natural ecosystems and crops, and hence, to human welfare.

Approach: We compare the biology of the wild bees with that of the domesticated honeybee, detailing the differences in social and solitary habits, as well as their nesting. We also provide a general context of wild bee diversity in Mexico and the world. This comparison emphasizes the fundamental role of wild bees in pollination.

Implications: This work provides information about wild bees and their importance as pollinators, in order for the public to gain access to an integral and adequate outlook of the major causes for their decline, as well as recommendations from worldwide scientists for their conservation.

Conclusions: It is fundamental to generate basic ecological knowledge of the huge diversity of wild bees which, although scarcely recognized by the general public, are the insects that maintain natural vegetation and pollinate the fruits and seeds that provide diversity to our diet.

Keywords: Apoidea, pollination, conservation, solitary bees, diversity.

RESUMEN

Objetivo: Dentro de la crisis global de biodiversidad, un tema de gran preocupación ha sido la pérdida de las abejas polinizadoras. No obstante, la información está notablemente sesgada hacia la abeja mielera (*Apis mellifera*) y los abejorros (género *Bombus*). El objetivo de este trabajo es resaltar la importancia de las abejas silvestres como polinizadores en los ecosistemas naturales y los cultivos y, por lo tanto, en el bienestar humano.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 12, diciembre, 2018. pp: 103-107.

Recibido: agosto, 2018. **Aceptado:** noviembre, 2018.



Aproximación: Se hace una comparación de la biología de las abejas silvestres con la domesticada abeja mielera, detallando las diferencias en el hábito social y solitario, así como sus formas de anidación. Se expone un panorama general de la diversidad de las abejas silvestres en México y en el mundo. Esta comparación enfatiza el papel fundamental de las abejas silvestres en la polinización.

Implicaciones: Este trabajo provee información sobre las abejas silvestres y su importancia como polinizadoras, de manera que se fomenta entre el público un panorama integral y adecuado de las principales causas de su disminución, así como las recomendaciones que científicos en todo el mundo proponen para su conservación.

Conclusiones: Es indispensable generar conocimiento ecológico básico de la enorme diversidad de abejas silvestres que, aunque poco reconocidas por el público en general, son los insectos que mantienen la vegetación natural y polinizan los frutos y semillas que le dan diversidad a nuestra dieta.

Palabras clave: Apoidea, polinización, conservación, abejas solitarias, diversidad.

Otra característica de las abejas es que una estructura de sus patas posteriores o traseras, llamada basitarso, es mucho más ancho en comparación con aquél de las avispas, lo que aumenta la superficie en la que el polen puede ser recolectado; estas características, entre otras, han evolucionado favoreciendo la efectividad de las abejas como vectores de polen entre flores (Figura 2).

La abeja más conocida es la abeja mielera (*Apis mellifera* L.) traída a América durante la época colonial para la producción de miel y productos, tales como el propóleo y jalea real. Actualmente, su manejo está muy extendido, y se encuentra naturalizada en prácticamente todas las regiones geográficas. Esta abeja vive en colonias perennes, conformadas por una reina que se encarga de la reproducción, mientras que las obreras, infértiles, buscan el alimento y cuidan a las larvas; a esta repartición de las tareas se le llama división de labores. Además de *A. mellifera*, abejas de los géneros *Melipona* y *Scaptotrigona*, originarias de Mesoamérica, forman

INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha aumentado la información sobre la crisis de polinizadores, en particular del colapso de las colonias de abejas mieleras. Como una forma de resaltar su importante función como polinizadores, el 20 de mayo ha sido nombrado por la FAO como el Día Mundial de las Abejas, mientras que en México la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), hace este reconocimiento a nivel nacional el 17 de agosto. Sin embargo, mucha de la información a la que tiene acceso el público se enfoca en la abeja mielera (característica por sus rayas negras y amarillas), que es sólo una de las 20 mil especies de abejas descritas en la actualidad. Las abejas son insectos especializados en la visita floral, por lo que superan en su incidencia como polinizadores a grupos tales como los escarabajos, mariposas y polillas, incluso a los colibríes y murciélagos. Ante este escenario de crisis de polinizadores, es indispensable exhibir la diversidad de las abejas, y a su vez, que se reconozca que la polinización de los cultivos y de la vegetación natural realizada por las abejas es una pieza indispensable para el bienestar humano.

Biología de las abejas

Las abejas son insectos del orden Hymenoptera, parientes cercanos de las hormigas y las avispas. Se caracterizan por tener dos pares de alas membranosas, pero, a diferencia de sus ancestros, las avispas, que son parasitoides o depredadoras, las abejas están especializadas en obtener su alimento de las flores. Los adultos beben néctar por medio de estructuras bucales que forman un tubo muy delgado, y sólo las hembras recolectan polen para alimentar a sus larvas ayudadas por su abundante pubescencia (zonas cubiertas de quetas o pelos) (Stephen *et al.*, 1969; Michener, 2007) (Figura 1).



Figura 1. Abeja del género *Diadasia* (Familia Apidae) recolectada en Sierra de Huautla, Morelos, México. Alas membranosas (A), las estructuras bucales (B) y las escopas (C). Es notable la pubescencia (zonas de quetas o pelos) en gran parte del cuerpo de la abeja, y el polen recolectado en la escopa de la pata trasera.

colonias, resaltando que en la cultura Maya, algunas de estas especies han sido domesticadas para el aprovechamiento de la miel y sus subproductos para tratar diversos padecimientos de salud (Cahuich-Campos 2013). Otro ejemplo icónico de las abejas son los abejorros, agrupados en el género *Bombus* Latreille. Estas abejas son reconocidas por su gran tamaño, abundante pubescencia y vuelo ralentizado; y similar a la abeja mielera, los abejorros son sociales, pero sus colonias son anuales: se terminan en el otoño cuando emergen nuevas hembras reproductivas, que una vez fecundadas pasarán la temporada desfavorable hibernando, y emergerán en primavera para fundar su propia colonia (Stephen et al., 1969).

Abejas solitarias y silvestres

Contrario al estereotipo de las abejas sociales, el 85% (17 mil especies) de las especies de abejas viven de forma solitaria (Batra, 1985): una hembra fértil vive sola en un nido que ella misma construye, y no existe división de labores (Figura 3). Los nidos están constituidos por varias celdas, en cada una de ellas la abeja hembra forma una bola de polen sobre la cual oviposita una larva (Figura 4); este polen es la provisión de alimento para cada larva, que emergerá en la temporada siguiente como adulto. Los machos, por su parte, no recolectan polen ni construyen nido,

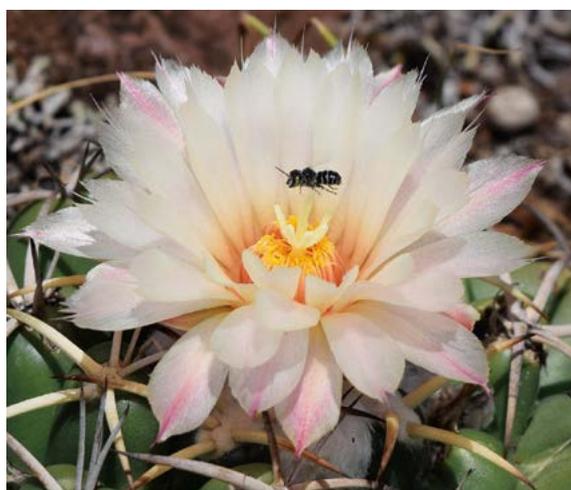


Figura 2. Abeja de la familia Megachilidae polinizando a la cactácea *Coryphantha elephantidens* en Tlaquiltenango, Morelos, México.



Figura 3. Hembra del género *Hesperapis* (familia Melittidae) entrando a un nido (Arizona, EU). Estas abejas construyen agregaciones de nidos en el suelo (flechas), pero cada hembra vive sola en un nido.

esperan a las hembras en las flores o cerca de los nidos para aparearse, y en muchas especies tienen menor longevidad que las hembras, pues tienden a morir una vez que se aparean. Las abejas solitarias construyen sus nidos en el suelo, en

ramas, troncos, o madera en descomposición, y constan de cavidades preexistentes o que ellas mismas cavan, y pueden incluir en la construcción materiales, tales como hojas, resinas, lodo y guijarros. Las abejas del género *Osmia*, por ejemplo, son llamadas abejas albañil porque construyen paredes de barro en los nidos para dividir cada celda. Las abejas carpinteras (género *Xylocopa*), son abejas grandes y con suficiente fuerza para cavar sus nidos en troncos, en inflorescencias gruesas como las de los agaves, o incluso en madera de construcciones (Figura 4).

Entre los hábitos social y solitario existen niveles intermedios, que consisten en mezclas de conducta y anidación entre estos extremos. Por ejemplo, abejas solitarias pueden formar en el suelo una agregación de nidos, en un área muy localizada (Figura 3). Por otra parte, los nidos comunales son colonias constituidas por dos o más abejas que usan el mismo

nido, pero no hay división de labores, pues cada una se encarga de la alimentación de sus propias larvas (Michener, 2007). Estas variaciones en las formas de agregación de las abejas constituyen sin lugar a dudas, evidencia evolutiva del hábito

solitario (característica que apareció primero en las abejas) a la sociabilidad en sentido estricto. Relacionado con el hábito solitario, la mayoría de



Figura 4. Nido de *Xylocopa* sp. (Apidae) en una inflorescencia de *Agave* sp., (Arizona, EU). Las flechas señalan la provisión de polen para cada larva. A la derecha, están las celdas con las larvas más desarrolladas; los puntos negros son heces de larva.

las especies de abejas no producen miel, por lo que no han sido sujetas a manejo por parte del ser humano, por lo tanto son silvestres.

Diversidad de abejas silvestres en México

Las abejas se agrupan en siete familias, seis de ellas se distribuyen en México, e incluyen cerca de dos mil especies (Ascher y Pickering 2018). A diferencia de otros grupos de insectos y sus propios hospederos, las plantas con flor, cuya diversidad es mayor en los trópicos, las abejas son más diversas y abundantes en regiones xéricas, como los desiertos templados y regiones con clima Mediterráneo (Minckey y Ascher 2012). Este patrón está relacionado con la forma de anidación de las abejas: la bola de polen en que ovipositan y el nido mismo, son más susceptibles a ser atacadas por patógenos como bacterias y hongos en los trópicos debido a la humedad, mientras que en las zonas xéricas se mantienen libres de estos patógenos, por lo que su diversidad y abundancia son favorecidas (Michener 2007).

Dentro del territorio mexicano, la zona más diversa en abejas comprende los desiertos Sonorense y Chihuahuense, que se comparten con los EU, seguido de las regiones con bosque tropical caducifolio, y en menor medida zonas tropicales, tales como las selvas húmedas del sureste (Ayala, 1996; Minckey y Ascher, 2012). Sin embargo, este patrón es bastante general y todavía conservador, debido a que hay zonas más estudiadas que otras. Para el estado de Morelos en México, se calcula que existen 250 especies, cifra que correspondería al 10% nacional (autor: datos no publicados).

La crisis de polinizadores

La función principal de las abejas en los ecosistemas es la polinización, función dominada por las abejas silvestres, tanto en número de especies como en número de individuos. A nivel mundial, las abejas silvestres polinizan entre el 85 y 94% de la vegetación natural, así como el 75% de los cultivos. En consecuencia, el valor ecológico y monetario de las abejas silvestres, es por mucho, mayor que el de la miel y sus subproductos. Tan sólo para México, se calcula que 85% de todas las frutas y semillas que se consumen dependen de polinizadores, y que además generan un ingreso por hectárea que duplica al de los cultivos que no requieren polinizadores (Ashworth *et al.*, 2009).

Las primeras observaciones de la crisis de polinizadores fueron realizadas en la abeja mielera, cuando grandes y pequeños apicultores notaron la muerte masiva de las colonias. En Inglaterra, se ha registrado una reducción importante en la distribución geográfica de abejorros en los últimos 60 años, relacionado con el aumento de la temperatura (Potts *et al.*, 2010). Esta mortalidad masiva de abejas mieleras y abejorros ha sido directamente relacionada con patógenos, como el ácaro *Varroa destructor*, que se alimenta de la hemolinfa de las abejas y debilita su sistema inmune, al aumento de la temperatura global, y al uso masivo de insecticidas neonicotinoides, como Imidacloprid, utilizado para atacar plagas de cultivos (Vanbergen e Insect Pollinators Initiative 2013). Actualmente, se sabe que la amenaza hacia las abejas es multifactorial, porque el cambio climático, la proliferación de especies invasoras, el cambio de uso de suelo, así como prácticas de agricultura intensiva (monocultivos, uso de agroquímicos, incremento de la frontera agrícola), afectan de manera negativa y directa la diversidad y abundancia de abejas, tanto en manejo, como silvestres, e incluso a otros grupos de insectos polinizadores.

Estrategias de conservación

El gran problema para conservar las abejas silvestres es que para la mayoría se desconocen sus aspectos ecológicos básicos (distribución, diversidad, abundancia, así como su relación con las plantas hospederas), en particular en regiones tropicales. Estos aspectos son fundamentales para realizar un diagnóstico confiable de la proporción de especies amenazadas, áreas más susceptibles, o incluso estimar la magnitud de esta crisis en términos ecológicos y económicos (Vangerben e Insect Pollinators Initiative). Sin estos datos, trazar estrategias de conservación resulta sumamente difícil, y en muchos casos, improductivo. No obstante, es un hecho que la amenaza es real y urgente por atender. Una de las principales estrategias que promueven los ecólogos es la provisión de recursos florales suficientes y de calidad para que las abejas puedan alimentarse. Por ejemplo, se indica enfáticamente la conservación de plantas nativas, tanto en hábitats naturales como transformados. En áreas agrícolas, se ha pedido a los agricultores que toleren —e incluso que cultiven— plantas herbáceas nativas, pues fomentan la diversidad de abejas silvestres que, a su vez, favorecen el rendimiento de los cultivos cuando polinizan sus flores. En áreas urbanas, el mantenimiento de áreas verdes y jardines incrementa la diversidad floral, que se traduce en mayor diversidad y abundancia de las abejas, en ocasiones mayor que en el hábitat natural, siempre que se mantenga la conectividad entre ambos tipos

de hábitat. Por la diversidad de formas y sitios de anidación, otro de los principales retos en la conservación de las abejas es mantener una adecuada diversidad de sitios de anidación. Por ejemplo, en suelos de cultivos, la ausencia de vegetación natural favorece la anidación de abejas en el suelo; por el contrario, en suelos muy compactados o erosionados, disminuyen notoriamente las preferencias de las abejas por anidar.

CONCLUSIONES

La crisis de polinizadores, y de abejas en particular, afecta de manera directa y negativa al bienestar humano. Las causas de esta crisis se han encontrado, pero el siguiente paso para una efectiva conservación es la aplicación de medidas, a pequeña, mediana y gran escala, que permitan el mantenimiento de recursos florales de calidad, así como sitios de anidación, que aseguren la salud de las poblaciones de abejas tanto manejadas como silvestres. Para lo anterior, un paso indispensable es generar conocimiento ecológico básico de la enorme diversidad de abejas silvestres, pues estas 20 mil especies, ciertamente poco reconocidas, son las que realizan una labor de valor incalculable, que es mantener la vegetación natural y polinizar flores que producen frutos y semillas.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo fue realizado con el apoyo del proyecto "Visitantes florales de lináloe (*Bursera linanoe*) con énfasis en polinizadores y reproducción sexual" otorgado al Cuerpo Académico de Conservación por parte de PRODEP (SEP).

LITERATURA CITADA

- Ascher J.S., Pickering J. 2018. Discover Life bee species guide and world checklist (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). http://www.discoverlife.org/mp/20q?guide=Apoidea_species.
- Ashworth L., Quesada M., Casas A., Aguilar R., Oyama K. 2009. Pollinator-dependent food production in Mexico. *Biological Conservation* 142: 1050-1057.
- Ayala R., Griswold T.L., Yanega D. 1996. Apoidea (Hymenoptera). En: Llorente-Bousquets J., García-Aldrete A. N., González-Soriano E. (eds.). Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Pp. 423-464.
- Batra S. W. T. 1984. Solitary bees. *Scientific American* 250: 120-127.
- Cahuich-Campos D. 2013. Los artrópodos utilizados en la medicina tradicional maya mencionados en los libros de Chilam Balam, Chan Cah y Tekax y Nah E Ixil. *Etnobiología* 11: 16-23.
- Michener C. D. 2007. *The bees of the world*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 953 p.
- Minckey R. L., Ascher J. S. 2012. Preliminary survey of bee (Hymenoptera: Anthophila) richness in the northwestern Chihuahuan Desert. En: Gottfried Gerald J.; Folliott P. F.; Gebow B. S., Eskew L. G., Collins L. C. Merging science and management in a rapidly changing world: Biodiversity and management of the Madrean Archipelago III and 7th Conference on Research and Resource Management in the Southwestern Deserts. Tucson, AZ. Proceedings. RMRS-P-67. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Pp. 138-143.
- Potts S. G., Biesmeijer J. C., Kremen C., Neumann P., Schweiger O., Kunin W. E. 2013. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution* 25: 345-353.
- Stephen W. P., Bohart G.E., Torchio P.F. 1969. *The biology and external morphology of bees. With a synopsis of the genera of northwestern America*. Agricultural Experiment Station, Oregon State University, Oregon, 140 p.
- Vanbergen A. J., Insect Pollinators Initiative. 2013. Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. *Frontiers on Ecology and Environment* 11: 251-259.



SUCROSE AND ACTIVATED CHARCOAL *in vitro* DETERMINES THE GERMINATION OF *Heliconia* L. ZIGOTIC EMBRYOS

SACAROSA Y CARBÓN ACTIVADO *in vitro* DETERMINAN LA GERMINACIÓN DE EMBRIONES CIGÓTICOS DE *Heliconia* L.

Ortiz-Curiel, S.¹; Iracheta-Donjuan, L.¹; Carrillo-Castañeda, G.²; Avendaño-Arrazate, C.H.¹; Gálvez-Marroquín, L.A.³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa. Carretera Tapachula-Cacahoatán km 18, Tuxtla Chico, Chiapas, México. C. P. 30870.

²Colegio de Posgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, México. C. P. 56230. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Melchor Ocampo No. 7, Santo Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca, México. C. P. 68200.

*Autor de correspondencia: ortiz.simitrio@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Objective: To determine an *in vitro* culture medium that allows close to 100% germination rates of zygotic embryos of four heliconia species (*H. champneiana*, *H. latispatha*, *H. uxpanapensis* and *H. vaginalis*), native to Mexico.

Methodology: Mature zygotic embryos from heliconia species, naturally pollinated, were incubated *in vitro* in permanent light for 27 d. An experiment was established under a 2X10 factorial arrangement with a Completely Randomized Design where two genotypes (*H. uxpanapensis* and *H. champneiana*) were evaluated and 10 MS culture media added with sucrose-activated charcoal concentrations. In a second phase, the best treatment was validated with the additional incubation of *H. latispatha* and *H. vaginalis*. The data were interpreted by means of variance analysis and mean comparison using Tukey with 95% confidence.

Results: The combinations 3-0.2 and 4.5-0.05% sucrose-activated charcoal in *H. uxpanapensis* and *H. champneiana*, respectively, favored 100% of germination, in addition to the growth and optimal development of the seedlings. In the second phase, treatment with 3-0.2% sucrose-activated charcoal, also germinated 100% embryos of *H. latispatha* and *H. vaginalis*.

Implications: The medium with 3% sucrose and 0.2% activated charcoal eliminates the problem of reduced germination of *Heliconia* and can contribute to germinate with the same success hybrid seed or seed of other species of the same genus.

Conclusions: The balance of 3% sucrose and 0.2% of activated charcoal in the MS medium favored 100% germination of four *Heliconia* species, as well as generating plants with optimal growth and development.

Key words: *in vitro* reproduction, germination, *Heliconia* spp. *H. champneiana*, *H. latispatha*, *H. uxpanapensis*, *H. vaginalis*.

RESUMEN

Objetivo: Determinar un medio de cultivo *in vitro* que permita tasas de germinación cercanas al 100% de embriones cigóticos de cuatro especies de heliconias (*H. champneiana*, *H. latispatha*, *H. uxpanapensis* y *H. vaginalis*) nativas de México.

Metodología: Embriones cigóticos maduros de cuatro especies de heliconia, de polinización natural, se incubaron *in vitro* en luz permanente durante 27 d. Se estableció un experimento factorial 2x10 con diseño completamente al azar donde se evaluaron dos genotipos (*H. uxpanapensis* y *H. champneiana*) y 10 medios de cultivo MS adicionados con concentraciones de sacarosa-carbón activado. En una segunda fase se validó el mejor tratamiento con la incubación adicional de *H. latispatha* y *H. vaginalis*. Los datos se interpretaron mediante el análisis de varianza y comparación de medias mediante Tukey con 95% de confianza.

Resultados: Las combinaciones 3-0.2 y 4.5-0.05% sacarosa-carbón activado en *H. uxpanapensis* y *H. champneiana*, respectivamente, favorecieron el 100% de germinación, además del crecimiento y desarrollo óptimo de las plántulas. En la segunda fase el tratamiento con 3-0.2% sacarosa-carbón activado, también germinó el 100% de embriones de *H. latispatha* y *H. vaginalis*.

Implicaciones: El medio con sacarosa al 3% y carbón activado al 0.2% elimina el problema de la baja germinación de *Heliconia* y puede contribuir a germinar con el mismo éxito semilla híbrida o semilla de otras especies del mismo género.

Conclusiones: El balance de 3% sacarosa y 0.2% de carbón activado en el medio MS favorecieron el 100% de germinación de cuatro especies de *Heliconia*, y generaron plantas con óptimo crecimiento y desarrollo.

Palabras clave: Reproducción *in vitro*, germinación, *Heliconia* spp. *H. champneiana*, *H. latispatha*, *H. uxpanapensis*, *H. vaginalis*.

indujeron a la germinaron semillas de *H. stricta* frescas y secas mediante el uso de escarificación; obtuvieron 60% al remojarlas por 24 h en agua y 72% de germinación al tratarlas con ácido sulfúrico por 20 min. Gómez-Merino *et al.* (2010) establecieron embriones frescos *in vitro* de *H. latispatha* y obtuvieron 23.5% de germinación, mientras con *H. collinsiana* fue cercana al 70%.

Un buen balance nutrimental, de reguladores de crecimiento y condiciones óptimas de fotoperiodo en condiciones de cultivo *in vitro* aseguran buenos resultados en la germinación de diversas especies de heliconias. Torres *et al.* (2005) evaluaron 1, 2 y 3% de sacarosa como fuente de carbohidratos en la germinación de embriones *in vitro* de *H. rostrata* y obtuvieron 70, 76.67 y 88.89% de germinación respectivamente. Ulises *et al.* (2010) en embriones de *H. bihai* mediante el uso de sacarosa y glucosa pero con ½ Murashigue y Skoog (MS) obtuvieron 85% y 41% de germinación, respectivamente. Resultados más favorables fueron reportados por Souza *et al.* (2010) al balancear concentraciones de sacarosa y carbón activado complementado con AG₃ o BAP en el medio de cultivo para embriones de *H. bihai* y *H. rostrata*; la germinación osciló de 20 a 100%. Ortiz-Curiel *et al.* (2016) en estudios preliminares con embriones de *H. bourgaeana* mediante el balance de carbón activado (0.1 a 0.4%) y sacarosa (3 al 9%) obtuvieron 85.7% de germinación. En los esquemas de mejoramiento genético cada semilla toma relevancia cuando para obtenerla se recurre a costosos y complejos métodos para lograr la hibridación, y en consecuencia cada individuo representa una combinación única de genes que puede

INTRODUCCIÓN

El género *Heliconia* incluye plantas adaptadas a clima tropicales y subtropicales (Kress *et al.*, 2004). La variabilidad morfológica intra e interespecífica, tanto en planta como en inflorescencia, posibilita su uso ornamental como flor de corte, jardinería o macetas (Berry y Kress, 1991; Gómez-Merino *et al.*, 2018; Jácome-Chacón *et al.*, 2018).

El fruto que producen estas especies es una drupa que posee de uno a tres semillas. Cada semilla presenta un endocarpio petrificado impermeable al agua (Kress y Roesel 1987; Simão *et al.*, 2006) que le confiere grados de latencia y porcentajes variables de germinación según la especie. Por esta razón diversos estudios han explorado estrategias y mecanismos que permitan incrementar las tasas de germinación.

Méndez (2009) usó sustratos convencionales para germinar semillas de *H. chartacea* cv. Surinam Gold y obtuvo 40% de germinación en los primeros dos meses; 22 meses después obtuvo 40% adicional. Kress y Roesel (1987)

ser de utilidad para el fitomejorador. El presente trabajo tuvo por objetivo determinar un medio de cultivo *in vitro* con la concentración adecuada de sacarosa y carbón activado que permita tasas cercanas al 100% de germinación de embriones cigóticos de especies de heliconias nativas de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Biotecnología del INIFAP-Campo Experimental Rosario Izapa durante los meses septiembre 2017 a abril de 2018. El estudio se dividió en dos fases y en ambos se utilizó el medio de cultivo de Murashigue y Skoog (1962). En la primera fase, por cada litro de medio se agregaron 100 mg de mioinositol, 0.1 mg de tiamina, 0.5 mg de ácido nicotínico, 0.5 mg de piridoxina, 2 mg de glicina, además se adicionó de forma independiente concentraciones de sacarosa y carbón activado. La solución se ajustó a pH de 5.8, se le adicionó 3 g de Gelrite® y esterilizó durante 20 minutos. En cada frasco se vertieron 20 mL de medio de cultivo.

Frutos maduros, con epicarpio de color azul se cosecharon de plantas que se encuentran establecidas en el banco de germoplasma de heliconias del citado Campo Experimental. Los frutos se lavaron con detergente y posteriormente de forma manual y con agua corriente se eliminó toda la pulpa. En campana de flujo laminar las semillas se sometieron al siguiente procedimiento: Se lavaron con alcohol al 70% durante un minuto, en NaClO al 3% durante 20 min y finalmente con NaClO 1.5% durante 15 min. Después de cada lavado se enjuagaron con agua esterilizada. Posteriormente, con una pinza esterilizada se presionó a la semilla en la parte opuesta al opérculo para que expulsara el embrión con base en la metodología propuesta por Torres et al. (2005), inmediatamente los embriones se colocaron en los medios de cultivo correspondientes e incubaron en luz permanente con intensidad lumínica de 900 lux durante 27 días y a temperatura de 26 ± 2 °C.

Se estableció un experimento con arreglo factorial 2×10 con diseño completamente al azar. Los factores evaluados fueron: genotipo (*H. uxpanapensis* y *H. champneiana*) y medio de cultivo con los siguientes porcentajes de sacarosa-carbón activado (p/v): 1) 1.5-0.05, 2) 1.5-0.1, 3) 1.5-0.2, 4) 3-0.05, 5) 3-0.1, 6) 3-0.2, 7) 4.5-0.05, 8) 4.5-0.1, 9) 4.5-0.2 y 10) 0-0. Cada tratamiento se integró por cuatro repeticiones; un frasco con medio de cultivo fue la unidad experimental.

Las variables respuesta fueron: porcentaje de germinación (número de embriones establecidos/número de embriones germinados $\times 100$), número de hojas, número de raíces, altura de planta (cm), peso fresco (mg) y peso seco (mg). Se consideró embrión germinado a aquel que presentó la radícula y el protófilo.

Para determinar el peso seco, las muestras se extrajeron de *in vitro*, se pesaron y colocaron en estufa a 60 °C y se pesaron cuando el peso se mantuvo constante.

Los datos se interpretaron mediante el análisis de su varianza con su previa comprobación de supuestos del modelo y la comparación de medias mediante Tukey con 95% de confianza. Se utilizó el paquete estadístico SAS versión 9.0.

Validación del medio de cultivo que favoreció la germinación y el desarrollo de plántulas

La segunda fase consistió en validar el medio de cultivo que propició, en la fase previa, la mayor tasa de germinación, pero además las mejores características de plántulas. Se indujeron a la germinación embriones de los genotipos previamente estudiados además de *H. latispatha* y *H. vaginalis*. El procedimiento de desinfección de semillas y extracción de embriones cigóticos fue el anteriormente descrito. Además, el medio de cultivo utilizado fue con las mismas sales y suplementos del medio MS. Las variables fueron germinación y, altura de planta a los 27 días después de siembra. Las plántulas generadas durante la etapa de validación fueron aclimatadas en sustrato 90% turba-10% agrolita.

RESULTADOS Y DISUSIÓN

El balance de sacarosa-carbón activado en el medio de cultivo determinó la germinación de los embriones. En el testigo (medio blanco), los embriones permanecieron vivos durante el experimento, mostraron indicios de reactivación en la zona meristemática pero no emitieron ni la radícula ni el protófilo. El 100% de germinación de ambos genotipos se obtuvo en los medios de cultivo 3, 4, 6 y 7, mientras que, en el resto de los medios que se caracterizaron por concentraciones marginales de sacarosa-carbón activado, la germinación fue menor (Cuadro 1). A partir de que Nathan et al. (1992) utilizaron con éxito sacarosa al 3% como fuente básica de carbohidratos con fines de multiplicación de yemas axilares y apicales de *Heliconia psittacorum*, Torres et al. (2005) utilizaron concentraciones entre 1 y 8% para germinar

Cuadro 1. Comparación de medias del efecto del genotipo, medio de cultivo y la interacción, en la germinación de embriones de heliconia.

Factor	Ger (%)	NH	NR	AL (cm)	PF (mg)	PS (mg)
Genotipo						
H. uxp	87	2.5 a	5.6 a	2.9 a	127.5 a	6.8 a
H. cham	85	2.4 a	4.1 b	2.5 a	116.9 a	6.8 a
Medio de cultivo con sac-ca						
9) 4.5-0.2	96	2.8 a	8.0 a	3.7 a	188.3 a	11.4 a
8) 4.5-0.1	92	2.7 a	6.1 abc	2.6 ab	142.2 abc	8.4 abc
7) 4.5-0.05	100	2.7 a	6.8 ab	2.8 ab	157.5 ab	9.9 ab
6) 3-0.2	100	3.0 a	5.7 abc	3.7 a	167.5 ab	8.7 abc
5) 3-0.1	94	2.6 a	4.5 bc	2.7 ab	111.4 bcd	6.2 cde
4) 3-0.05	100	2.5 a	5.1 abc	2.4 ab	89.9 cd	5.0 de
3) 1.5-0.2	100	3.0 a	4.6 bc	3.7 a	142.4 abc	6.7 bcd
2) 1.5-0.1	92	2.8 a	4.7 bc	3.5 ab	143.3 abc	7.0 bcd
1) 1.5-0.05	93	2.6 a	3.1 c	2.0 b	65.0 de	3.2 ef
10) 0-0	0	0 b	0 d	0 c	14.3 e	1.3 f
Combinación						
Uxp-9	92	2.7 a	10 a	3.8 a	197.0 a	12.0 a
Uxp-8	100	2.7 a	7.9 ab	2.9 a	152.7 abc	8.3 abcd
Uxp-7	100	2.9 a	7.8 ab	3.3 a	184.8 ab	10.8 ab
Uxp-6	100	2.9 a	5.6 abc	3.4 a	156.2 abc	7.8 abcd
Uxp-5	100	3 a	5.5 abc	3.1 a	123.7 abc	6.4 bcde
Uxp-4	100	2.6 a	6.0 abc	2.8 a	100.7 abc	5.1 cde
Uxp-3	100	3 a	5.0 bc	4.1 a	149.0 abc	6.0 abcde
Uxp-2	92	2.7 a	4.3 bcd	3.4 a	131.9 abc	6.2 bcde
Uxp-1	92	2.7 a	4 bcd	2.0 ab	65.4 cd	3.1 de
Uxp-10	0	0 b	0 d	0 B	15.5 d	1.4 e
Cha-9	100	2.8 a	6.1 abc	3.6 a	179.6 ab	10.8 ab
Cha-8	84	2.8 a	4.3 bcd	2.3 ab	131.8 abc	8.5 abcd
Cha-7	100	2.4 a	5.8 abc	2.3 ab	130.3 abc	9.0 abc
Cha-6	100	3.2 a	5.7 abc	4.0 a	178.0 abc	9.6 abc
Cha-5	89	2.3 a	3.6 bcd	2.3 ab	99.1 abcd	6.1 bcde
Cha-4	100	2.5 a	4.2 bcd	2.0 ab	79.2 bcd	4.9 cde
Cha-3	100	3.1 a	4.1 bcd	3.3 a	134.9 abc	6.8 abcd
Cha-2	92	2.9 a	5.1 abc	3.5 a	154.7 abc	7.7 abcd
Cha-1	94	2.5 a	2.3 cd	1.9 ab	65.5 cd	3.4 de
Cha-10	0	0 b	0 d	0 b	13.0 d	1.0 e

Nota: Ger=Germinación; NH=Número de hojas; NR=Número de raíces; AL=Altura de planta; PF=Peso fresco; PS=Peso seco; H. uxp (Uxp)=*Heliconia uxpapensis*; H. cham (Cha)=*Heliconia champneiana*; sac=Sacarosa; ca=Carbón activado. Letras distintas en las columnas indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey; P≤0.05).

embriones cigóticos de heliconias. Estos últimos autores obtuvieron que concentraciones inferiores a 1% en el medio *in vitro* no contribuyen en la germinación, mientras que concentraciones elevadas provocan un desbalance osmótico, lo cual interfiere de manera negativa en la biología de las plantas. Souza *et al.* (2010) con sacaro-

sa al 6% obtuvieron 68% de germinación en *H. rostrata* y 88% en *H. bihai*.

Diversos estudios indican que el carbón activado en el cultivo *in vitro* estimula la germinación; no obstante, los resultados son más favorables cuando se combina con

la sacarosa en el medio de cultivo. Souza et al. (2010) complementaron 0.25% de carbón activado al medio con sacarosa y obtuvo 100% de germinación en las especies previamente citadas. Diro y Staden (2004) evaluaron los beneficios del carbón activado en la germinación de *Ensete ventricosum* (Musaceae) y obtuvieron porcentajes de germinación del 75 a 100%.

Los medios de cultivo que favorecieron el 100% de germinación fueron aquellos constituidos por 1.5-0.2, 3-0.05, 3-0.2 y 4.5-0.05%, sacarosa-carbón activado, cantidades relativamente inferiores a los que utilizaron Souza et al. (2010) en las citadas especies, que cabe mencionar, son originarias de Sudamérica.

El análisis de varianza de número de hojas, número de raíces, altura, peso fresco y peso seco mostró diferencias significativas por efecto del medio de cultivo ($p < 0.0001$), así como la interacción del genotipo*medio de cultivo. El factor genotipo solamente tuvo efecto en la variable número de raíces.

La comparación de medias en la variable número de hojas mostró diferencias entre los medios de cultivo con respecto al testigo, por la razón que en este último no hubo plántulas, solamente embriones vivos (Cuadro 1).

En la variable número de raíces, *H. uxpanapensis* fue superior a *H. champneiana*. El análisis del factor medio de cultivo mostró que el medio 9 fue superior a los tratamientos 5, 3, 2, 1 y 10, pero no estadísticamente diferente a 4, 6, 7, y 8. Los medios de cultivo que indujeron mayor formación de raíces tienen en común 3 y 4.5% sacarosa con cualquiera de las concentraciones de carbón activado, excepto el medio de cultivo 5.

En la variable altura, los medios de cultivo 3, 6 y 9 (cada uno con 1.5, 3 y 4.5% de sacarosa combinados con 0.2% de carbón activado) fueron superiores estadísticamente a la altura inducida en el medio 1, pero no fueron significativamente diferentes a la altura en los medios 2, 4, 5, 7 y 8. El hecho que en altura haya solamente dos grupos (omitiendo el testigo) expresa que las plantas elongaron pero no desarrollaron, condición que se pudo discriminar en las variables peso fresco y peso seco.

En las variables peso fresco y peso seco nuevamente el tratamiento 9 fue superior a los tratamientos 5, 2 y 1, además superior al tratamiento 4, pero sin diferencias significativas respecto a los tratamientos 8, 7 y 6. Resalta

que en peso fresco y peso seco el testigo se agrupó con el medio 1, y éste a su vez con los medios 4 y 5. Cabe destacar que el medio 4, aunque generó 100 % de germinación, aparentemente no propició las condiciones para una óptima acumulación de biomasa, contrario a lo que sucedió con medios 6, 7, 8 y 9.

Con los resultados anteriores, se dedujo que en el análisis factorial, el medio 9 favoreció a la mayoría de variables cuantitativas, no obstante, la interacción mostró que el genotipo-medio 9 no fue del todo favorable en la germinación de *H. uxpanapensis*. En este mismo sentido, la interacción genotipo-medio 8 también fue desfavorable en la germinación de *H. champneiana*. Con esto como base, los medios de cultivo 7 y 6 favorecieron la germinación además de las variables previamente analizadas. En este sentido, se optó por validar el medio 6 en la siguiente fase del presente trabajo.

Germinación de cuatro especies de *Heliconia* con 3% sacarosa – 0.2% carbón activado

La efectividad del tratamiento 6 (3% sacarosa – 0.2% carbón activado) quedó demostrada al lograr la germinación del 100% de embriones en las cuatro especies; no obstante, la incidencia de germinación de cada especie permitió determinar tendencias en función del tiempo.

A los 3DDS *H. uxpanapensis* y *H. champneiana* mostraron pelos radicales en la zona meristemática anticipando la emisión de la radícula; en *H. latispatha* y *H. vaginalis* estas estructuras fueron evidentes entre el quinto y sexto día (Figura 1).

En los primeros embriones de *H. uxpanapensis* y *H. champneiana* el protófilo se observó a partir del sexto día (Figura 2 B) y los últimos se observaron al noveno día en *H. uxpanapensis* mientras que en *H. champneiana* al doceavo día.

Respecto a *H. latispatha* y *H. vaginalis*, aunque los pelos radicales se observaron dos días después que *H. uxpanapensis* y *H. champneiana*, la emisión tanto de la radícula como del protófilo en su conjunto fue heterogénea, de esta manera, la germinación concluyó a los 21 días en *H. vaginalis* y 27 días en *H. latispatha*. Estas dos especies aparentemente comparten similitudes en la respuesta con las especies *H. rostrata* y *H. bihai* que estudiaron Souza et al. (2010), ya que en dichas especies la radícula apareció a los 7 DDS; sin embargo, el 100% de germinación lo obtuvieron hasta los 45 DDS.

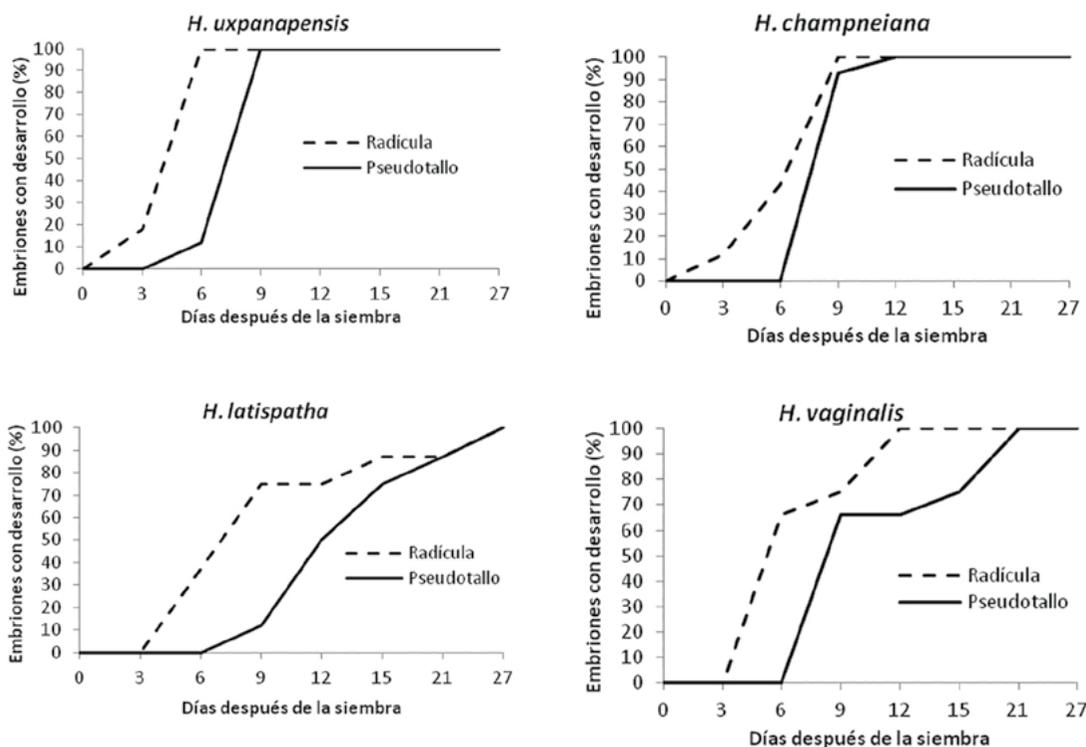


Figura 1. Respuesta de embriones *in vitro* de cuatro especies de *Heliconia* al medio de cultivo con 3% sacarosa y 0.2% de carbón activado.

Dada la incidencia de la germinación de *H. vaginalis* y *H. latispatha* se aprecia una germinación escalonada (Figura 1 C y D). Criley y Broschat (1992) y Simão *et al.* (2006) indicaron que la especie y la testa petrificada de la semilla que protege al embrión son responsables del tiempo que tardan las semillas para germinar, al menos por los métodos convencionales que han utilizado. Aun con las condiciones *in vitro* a la que se sometieron los embriones hay indicios que los patrones de germinación dependen de la especie, y para el caso de *H. vaginalis* y *H. latispatha* parece ajustarse a la tendencia que reportó Méndez (2009) al germinar semilla de *H. chartacea* (por métodos convencionales), donde un primer bloque germinó en los dos primeros meses y después de 22 meses germinó el 40% restante.

En complemento a la variable germinación, la altura promedio que alcanzaron las plantas a los 27 DDS fue de 3.8 cm en *H. champneiana*, 3.1 cm en *H. uxpanapensis*, 2.5 cm en *H. vaginalis* y 1.7 en *H. latispatha*. Souza *et al.* (2010) lograron plantas de 2.4 cm de altura en *H. rostrata* y 2.3 cm en *H. bihai* después de los 45 DDS. Esta diferencia puede estar determinada por el genotipo, pero también por las condiciones de iluminación, ya que los citados autores sometieron los embriones a oscuridad total durante todo del experimento, mientras que en el presente trabajo se sometieron a luz permanente. Simão

et al. (2006) y Benítez-Domínguez *et al.* (2011) al estudiar los aspectos morfo-anatómicos de la semilla de *Heliconia* concluyeron que pese a que los embriones están bien diferenciados a la madurez fisiológica del fruto, y aun después de un año de almacenamiento, la germinación está asociada con factores como el endocarpio petrificado, las condiciones de luz y temperatura.

Finalmente, las plántulas aclimatadas en condiciones de invernadero, después de 30 días desarrollaron hojas y raíces completamente funcionales (Figura 2D). Con base en los resultados de germinación del 100% de embriones y del desarrollo óptimo en invernadero de las cuatro especies evaluadas en el presente estudio, surgen expectativas de germinación y desarrollo óptimo de las plántulas para otras especies; asimismo, abre un campo de estudio para determinar el patrón de germinación por medios convencionales partiendo de la hipótesis que cada semilla es viable. Así, posiblemente se entenderá si el endocarpio representa una estrategia de regulación de la especie o es para dispersar su progenie en el espacio y en el tiempo.

CONCLUSIONES

En el cultivo *in vitro*, 3% sacarosa combinada con 0.2% de carbón activado permite la germinación del

100% de embriones, además el desarrollo óptimo de las plántulas. Se observó que *H. latispatha* y *H. vaginalis* presentan un patrón de germinación heterogéneo. Los resultados del presente trabajo generan expectativas de germinación óptima para otras especies.

LITERATURA CITADA

- Benítez-Domínguez, L., F.C., Gómez-Merino, L.I., Trejo-Téllez, y A., Robledo-Paz. (2011). Anatomía, contenidos de ácido abscísico y nutrimentos y germinación de semillas de *Heliconia*. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34, 189-196.
- Berry, F., and W.J., Kress. (1991). *Heliconia: An Identification Guide*. Washington, D. C., USA: Smithsonian Institution Press.
- Criley, R.A., and T.K., Broschat. (1992). *Heliconia: Botany and Horticulture of a New Floral Crop*. *Horticultural Reviews*, 14, 1-55.
- Diro M., and J.V., Staden. (2004). Germination of zygotic embryos and *in vitro* growth of seedlings of wild types of *Ensete ventricosum*. *South African Journal of Botany*, 70, 635-639.
- Gómez-Merino, F.C., Vidal-Morales B., Trejo-Téllez L. I., y C., Molinos da Silva. (2010). Escarificación y germinación *in vitro* de semillas de heliconias. *Universidad y Ciencia*, 26, 293-297.
- Gómez-Merino, F.C., L.I., Trejo-Téllez, J.C., García-Albarado, y J.A., Pérez-Sato. (2018). Diversidad, distribución y reproducción de heliconias. *Agroproductividad*, 11, 33-40.
- Jácome-Chacón, M.A., L.I., Trejo-Téllez, J.A., Pérez-Sato, J.C., García-Albarado, C., Cuacua-Temiz, y F.C., Gómez-Merino. (2018). Consideraciones sobre manejo fitosanitario, nutrimental y postcosecha de heliconias para su comercialización. *Agroproductividad*, 11, 41-48.
- Kress, W.J., and C., Roesel. (1987). Seed germination trials in *Heliconia stricta* cv. Jamaica. *Heliconia Society International Bulletin*, 2, 6-7.
- Kress, W.J., J., Betancur, and B., Echeverry. (2004). *Heliconias Llamadas de la Selva Colombiana*. Bogotá, Colombia: Cristina Uribe.
- Méndez, C.H. (2009). The Magic of Seeds—Believe in Miracles. *Heliconia Society International Bulletin* 15, 2-4.
- Murashige, T., and F., Skoog. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15, 473-497.
- Nathan, M.J., C., Goh, and P.P., Kumar. (1992). *In vitro* propagation of *Heliconia psittacorum* by bud culture. *Hort Science* 27, 450-452.
- Ortiz-Curiel, S., L. Iracheta-Donjuan, Cruz-López, P., López-Gómez, J., Pineda-Aguilar, and A., Quintana-Escobar. (2016). Efecto de la sacarosa y carbón activado en la germinación *in vitro* de embriones cigóticos maduros de *Heliconia bourgaeana*. In: XI Congreso de Biotecnología "Chiapas 2016".
- Simão, D.G., V.L., Scatena, and F., Bouman. (2006). Developmental anatomy and morphology of the ovule and seed of *Heliconia* (Heliconiaceae, Zingiberales). *Plant Biology*, 8, 143-154.
- Souza, E.H., T.L., Soares, F.V.D., Souza, and S.J.A., Santos. (2010). Micropropagation of *Heliconia rostrata* and *Heliconia bihai* from Mature Zygotic Embryos. *Acta Horticulturae*, 865, 315-320.
- Torres, A.C., F.D., Duval, D.G., Ribeiro, A.F., Barros, and F.A., Aragão. (2005). Efeito da sacarose, cinetina, isopentenil adenina e zeatina no desenvolvimento de embriões de *Heliconia rostrata in vitro*. *Horticultura Brasileira*, 23, 789-792.
- Ulisses, C., G. F., Melo-de-Pinna, L., Willadino, C., Cavalcanti de Albuquerque, and T., Rangel-Camara. (2010). *In vitro* propagation of *Heliconia bihai* (L.) L. from zygotic embryos. *Acta Botanica Brasílica*, 24, 184-192.

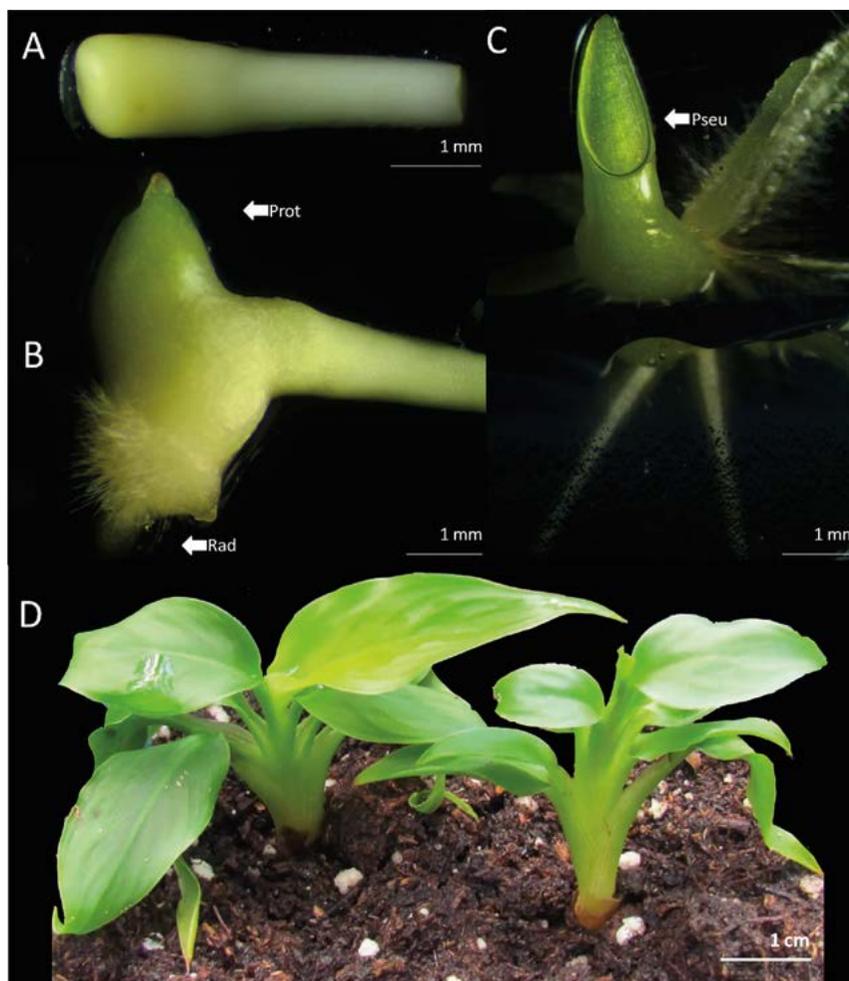


Figura 2. Fases del cultivo *in vitro* de embriones de *H. champneiana*. A) al establecimiento, B) embrión con cinco días después de siembra (DDS), C) embrión con 8 DDS y D) plántulas aclimatadas con 90 días de edad. Flechas señalan zona meristemática. Prot.-Protófilo, Pseu.-Pseudotallo y Rad.-radícula.

EVALUATION OF ORGANIC SUBSTRATES FOR THE PRODUCTION OF SUGARCANE PLANTLETS

EVALUACION DE SUSTRATOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCION DE PLÁNTULAS DE CAÑA DE AZUCAR

Domínguez-Gamas, M.I.¹; Palma-López, D.J.^{1*}; Salgado-García, S.¹; Obrador-Olán J.J.; Ruíz-Rosado, O.²

¹Colegio de Postgraduados Campus-Tabasco. Periférico Carlos A. Molina Km 3.5, H. Cárdenas, Tabasco, México. C. P. 86500. ²Colegio de Postgraduados Campus-Veracruz. Carretera Xalapa-Veracruz km 88.5, Tepetates, Manlio F. Altamirano, Veracruz, México. C.P. 91700.

*Autor por correspondencia: dapalma@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate the capacity of different types of vermicompost, in order to establish their viability as part of a substrate for the planting of seedlings of two sugarcane varieties: CP 72-2086 and Mex 69-290.

Methodology: Nine treatments and a control under nursery conditions were analyzed. The agronomic variables of the plants evaluated were height (cm), number of leaves, diameter (cm) and dry matter (g) at 116 days. Foliar analyses (N, P and K) and chemical analyses of the organic substrates implemented were carried out.

Results: The treatments showed to be statistically different among them, in most of the variables studied. The treatments with complement of cocoa husk and biochar stand out as the ones that showed the best differences.

Implications: The experiment shows that commercial substrates can be substituted with substrates produced with vermicomposts of sugarcane agroindustry residues supplemented with other residues.

Conclusions: Treatments with: 50 % of sugarcane filter cake (Ca)+25 % of bagasse (B)+25 % of cocoa husk (CC); with 25 % of Ca+25 % of B+50 % of CC, and the one with 50 % of Ca+25 % of B+25 % of biochar are the ones recommended for a good development of the sugarcane seedlings in both varieties.

Keywords: Vermicompost, sugarcane nursery, sugarcane filter cake.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la capacidad de diferentes tipos de vermicompostas, a fin de establecer su viabilidad como parte de un sustrato para la siembra de plántulas, de dos variedades de caña de azúcar: CP 72-2086 y Mex 69-290.

Metodología: Se analizaron nueve tratamientos y un testigo en condiciones de vivero. Las variables agronómicas evaluadas fueron la altura (cm), número de hojas, diámetro (cm) y materia seca (g) de las plantas a los 116 días. Se realizaron análisis foliares (N, P y K) y análisis químicos de los sustratos orgánicos implementados.

Resultados: Los tratamientos mostraron ser estadísticamente diferentes entre ellos, en la mayoría de las variables estudiadas. Destacan los tratamientos con complemento de cascarilla de cacao y biochar como los que mostraron las mejores diferencias.

Implicaciones: el experimento muestra que se pueden sustituir los sustratos comerciales con sustratos producidos con vermicompostas de residuos de la agroindustria de la caña complementados con otros residuos.

Conclusiones: Los tratamientos con: 50% de Cachaza (Ca)+25% de bagazo (B)+25% de Cascarilla de cacao (CC); con 25% de Ca+25% de B+50% de CC y el de 50% de Ca+25% de B+25% de biochar son los que se recomiendan para un buen desarrollo de las plántulas de caña de azúcar en ambas variedades.

Palabras claves: Vermicompostas, vivero de caña de azúcar, cachaza de caña de azúcar.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es uno de los cultivos más rentables en el estado de Tabasco, México. Sin embargo, su producción requiere de altos niveles de insumos químicos y mecanización, los que en consecuencia se han convertido en factores que inciden en la reducción de la materia orgánica del suelo, incremento de la erosión, reducción de la fertilidad y disminución de la densidad de poblaciones microbianas benéficas para el suelo y el cultivo (Valdez-Balero, 2009). Conjuntamente la agroindustria de la caña de azúcar genera una gran cantidad de materiales que son desechados en el ambiente, lo que es considerado un factor negativo en esta actividad tan importante económicamente en Tabasco y otros estados del México (Pérez-Méndez *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2008).

Actualmente se está dando mayor importancia al uso de alternativas que permitan recuperar los suelos, de tal forma que se logre una producción óptima sin deterioro del medio. Una de estas alternativas es la utilización de sustratos orgánicos (Pérez-Méndez *et al.*, 2011). El uso de sustratos orgánicos ha cobrado gran importancia por diversas razones, entre ellas el punto de vista económico; su uso se ha fomentado por la agricultura orgánica, ya que es una respuesta amigable al ambiente para la mejora en las prácticas agrícolas (Nieto-Garibay *et al.*, 2002). Dentro de los sustratos orgánicos, sobresale la vermicomposta o lombricomposta, debido a que su proceso de elaboración son métodos biológicos que transforman restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable (Claassen y Carey, 2004); los beneficios de la vermicomposta derivan de su contenido de sustancias activas que actúan como re-

guladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), tiene alto contenido de ácidos húmicos, aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad, lo que facilita la aireación, drenaje del suelo y los medios de crecimiento (Hashemimajd *et al.*, 2004; Rodríguez-Dimas *et al.*, 2008).

Los residuos de la agroindustria cañera pueden ser transformados mediante el vermicompostaje para obtener sustratos útiles tanto como mejoradores de suelos en el campo cañero, como para sustratos de plántulas de vivero de caña de azúcar que permitan obtener plantas saludables. Esta actividad puede permitir disminuir la contaminación generada por estos residuos, así como coadyuvar a resolver el grave problema de la despoblación de las plantaciones de caña de azúcar provocada tanto por las enfermedades y plagas, como por el daño mecánico por el paso de la maquinaria en las continuas cosechas (Pérez-Méndez *et al.*, 2011).

El objetivo del trabajo fue evaluar el uso de sustratos orgánicos producidos por medio del vermicompostaje de residuos de la agroindustria cañera combinados con otros subproductos regionales, como alternativa para la producción de plántulas de caña de azúcar en dos variedades comerciales.

MATERIALES Y MÉTODO

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, ubicadas en el municipio de H. Cárdenas, Tabasco, México. El experimento se desarrolló en dos etapas: establecimiento en vivero y evaluación fisicoquímica de los tratamientos en laboratorio. Para el establecimiento en vivero, se colectaron las yemas de caña de azúcar de las variedades CP 72-2086 y Mex 69-290. Se colectaron 15 tallos de cada una de las variedades, las cuales tenían 8 meses de edad, de cada tallo se cortaron ocho yemas que fueron desinfectadas por tratamiento térmico. Para conformar los tratamientos se utilizaron nueve sustratos orgánicos, que fueron obtenidos por vermicompostaje de residuos de la agroindustria cañera (cachaza y bagazo) y residuos regionales de otros sistemas de producción de la zona (cascarilla de cacao, estiércol bovino y carbón vegetal o biochar) (Cuadro 1). Se agregó un tratamiento con un sustrato comercial Cosmopeat® (el cual sirvió como Testigo); los tratamientos fueron establecidos con cinco repeticiones, y se mantuvieron en vivero con un diseño experimental completamente al azar, las bolsas de vivero se llenaron con una mezcla

de 250 g del sustrato orgánico+100 g de suelo de la región de textura arcillo-arenosa. En cada una de las bolsas se sembró una yema, que fue cubierta con 2 cm del mismo sustrato. Por último, cada una de las bolsas conteniendo las mezclas de sustratos fue humedecida hasta capacidad de campo y se distribuyeron para conformar cada unidad experimental. Se realizaron verificaciones diarias para supervisar la presencia de plagas o enfermedades y mantener la humedad a capacidad de campo mediante riegos por unidad experimental.

Se determinaron los parámetros: a) Número de hojas, por conteo directo, a cada unidad experimental (planta), por tratamiento en las dos variedades; b) Altura de la planta en la cual, se midieron los tallos de cada unidad experimental por tratamiento, con una cinta métrica flexible; se determinó desde la base al nivel del suelo hasta la punta de la hoja apical y se obtuvo el promedio por tratamiento; y c) diámetro del tallo, en la parte media del tallo con un vernier. A los 116 días, se colectó la biomasa aérea y se determinó materia seca (MS) por lo que se seleccionaron para cada tratamiento tres unidades experimentales promedio (Salgado-García et al., 2006). El material vegetal fue molido para realizar el análisis foliar de N, P y K, a los sustratos orgánicos de cada tratamiento y sus tres repeticiones se les realizaron análisis químicos (pH, conductividad eléctrica (CE), nitrógeno total, Capacidad de Intercambio Catiónico y materia orgánica). Los datos de cada una de las variables de estudio se analizaron estadísticamente

Cuadro 1. Origen de los residuos con que se produjeron los sustratos orgánicos obtenidos por vermicompostaje y el testigo comercial.

Tratamiento	Sustratos
Testigo	Cosmopeat®
T1	75% de Cachaza (Ca)+25% de Bagazo (B)
T2	50% de Ca+25% de B+25% de Estiércol de ganado (EG)
T3	25% de Ca+25% de B+50% de EG
T4	50% de Ca+25% de B+25% Cascarilla de cacao (CC)
T5	25% de Ca+25% de B+50% de CC
T6	50% de Ca+25% de B+12.5% de EG+12.5% de CC
T7	25% de Ca+25% de B+25% de EG+25% de CC
T8	25% de Ca+25% de B+50% de Biochar (BC)
T9	50% de Ca+25% de B+25% de BC

por medio de un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($P < 0.05$), con el programa SAS 9.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables agronómicas

Materia Seca: Los resultados del análisis de varianza para la materia seca de planta (hojas y tallo) muestran diferencias altamente significativas en la variedad CP 72-2086, lo que indica que los tratamientos son estadísticamente diferentes. El tratamiento T2 (25.93 g) presentó la mayor MS, siendo el menor una MS de 17.46 del T9. El coeficiente de variación fue de 13.85 lo que indica una baja variabilidad en esta variable. El análisis de varianza (Cuadro 2) para la variedad Mex 69-290 indica diferencias altamente significativas en los tratamientos, con un coeficiente de variación de 13.80. Los tratamientos presentaron valores

Cuadro 2. Valores promedio de las características agronómicas determinadas en los tratamientos en la variedad CP 72-2086 y Mex 69-290.

Tratamiento	No de hojas		Altura		Diámetro		Materia seca	
	CP 72-2086	MEX 69-290	CP 72-2086	MEX 69-290	CP 72-2086	MEX 69-290	CP 72-2086	MEX 69-290
Testigo	6.00a	5.33a	53.17a	50.67a	2.70ab	2.20ab	14.09a	12.74a
T1	7.00abc	6.00ab	56.83ab	54.33ab	2.70ab	2.20ab	22.34bc	17.23ab
T2	7.00abc	6.00ab	61.33abc	58.83abc	3.01ab	2.51ab	25.93c	19.72b
T3	8.33bc	7.33ab	66.67abc	64.17abc	3.13b	2.63b	23.12bc	17.47ab
T4	7.00abc	6.33ab	61.76abc	59.26abc	2.66ab	2.16ab	21.34abc	16.75ab
T5	8.00abc	7.00ab	61.45abc	58.95abc	2.67ab	2.17ab	20.88abc	17.56ab
T6	7.67abc	6.67ab	67.37bc	64.87bc	2.66a	2.16ab	20.74abc	17.67ab
T7	6.67ab	5.33a	64.04abc	61.54abc	2.35a	1.85a	18.62abc	15.04ab
T8	9.00c	7.67b	73.33c	70.83c	3.14b	2.64b	21.54ab	17.01ab
T9	8.33bc	7.33ab	74.45c	71.95c	3.12b	2.62b	17.46ab	14.29ab
Media	7.5	6.5	64.04	61.54	2.81	2.31	20.61	16.55
Prob. de F	0.0047**	0.0125*	0.0004**	0.0004**	0.0132*	0.0132*	0.0052**	0.0166*
CV	10.61	12.24	7.39	7.69	9.17	11.15	13.8	11.85

Medias con la misma literal son iguales estadísticamente $p \leq 0.05$; * = significativo; ** = altamente significativo.



de MS menores a los de la variedad CP 72-2086, presentándose el mayor contenido de MS (19.72 g) en el T2 y el T9 presentó la menor MS (17.46 g). Sin embargo, el testigo comercial presentó en ambas variedades los menores contenidos de MS: para Mex 69-290 de 12.74 g y para CP 72-2086 de 14.09 g.

Número de hojas: Los resultados del análisis de varianza indican que los tratamientos son estadísticamente diferentes. El tratamiento T8 (25% de cachaza+25% de bagazo+50% de biochar), presentó el mayor número de hojas en ambas variedades.

Altura (cm): El análisis de varianza hace referencia que los tratamientos con respecto a la altura son estadísticamente diferentes, sin embargo, en la variedad CP 72-2086 (Cuadro 3) el tratamiento T9 presentó mayor altura (74.45 cm), y el de menor altura fue el testigo, con una altura de 53.17 cm, así mismo, el T9 de la variedad Mex 69-290, alcanzó mayor altura (74.45 cm) y el tratamiento testigo la menor.

Análisis nutrimental de las plantas y suelos

Con referencia a los rangos críticos de los nutrientes N, P y K en caña de azúcar, descritos por (Salgado-García *et al.*, 2010). La variedad CP 72-2086 presentó un porcentaje de N de 3.39-5.79% de N, mientras que para la variedad Mex 69-290 (Cuadro 3), se encontraron rangos mayores de N, que oscilaron de 4.89-9.69%, lo que se considera un exceso de N, para el desarrollo de la planta.

Por lo que los tratamientos, en ambas variedades tuvieron valores altos en N, lo que puede ser consecuencia de la riqueza de los sustratos orgánicos. En la variedad Mex 69-290, los tratamientos presentaron problemas de sequía en las hojas, lo que pudo deberse a que la abundancia de N alarga el periodo de crecimiento y provoca la utilización rápida de otros elementos, que, si no se encuentran en cantidades asimilables, pueden ocasionar deficiencias como la de cobre, magnesio, pero también pueden ser susceptible a enfermedades y a las condiciones climatológicas como sequías (Ginés y Navarro, 2003).

En el Cuadro 3 se puede apreciar que los tratamientos son estadísticamente iguales para el contenido K, mientras que para el N y P los resultados del análisis de varianza indican que hay diferencias entre tratamientos. Las medias del contenido de N en las plantas para la variedad CP 72-2086 es de 4.45% mientras que para la Mex 69-290 es de 6.68%, lo que nos indica que los tratamientos en ambas variedades mostraron un exceso de contenidos de N, con respecto a los rangos señalados por Salgado-García *et al.* (2010). Para la variedad Mex 69-290 se observaron niveles altos de N en los tratamientos, los cuáles obtuvieron valores de 4.14-4.70% al final del experimento; el tratamiento testigo en ambas variedades, presentó altos contenidos de N en comparación con los otros tratamientos. Es sabido que a menores contenidos de MO en los suelos en donde se desarrolla el cultivo, menores son los contenidos de N. Sin embargo, los sus-

Cuadro 3. Contenidos nutrimentales (%) en la biomasa seca de los tratamientos con diferente sustrato en la variedad CP 72-2086 y Mex 69-290.

Tratamiento	N		P		K	
	CP 72-2086	Mex 69-290	CP 72-2086	Mex 69-290	CP 72-2086	Mex 69-290
Testigo	5.01ab	9.67d	5.12d	2.23a	4.65a	4.14a
T1	5.69b	8.53bcd	3.98bcd	2.66ab	4.22a	4.23a
T2	4.32ab	8.87cd	4.32cd	3.03abc	4.03a	4.21a
T3	4.10ab	6.48abcd	1.93abcd	3.80bc	4.34a	4.40a
T4	3.39 ^a	5.91abc	1.37abc	3.45abc	4.11a	4.48a
T5	4.44ab	4.89 ^a	0.34 ^a	3.64abc	4.74a	4.63a
T6	4.32ab	5.23ab	0.68ab	4.26c	4.35a	4.70a
T7	3.98ab	6.37abcd	1.82abcd	3.71bc	4.37a	4.55a
T8	4.55ab	5.35ab	0.80ab	4.29c	4.03a	4.54a
T9	4.67ab	5.46ab	0.91ab	3.84bc	3.83a	4.40a
Media	4.45	6.68	2.13	3.49	4.47	4.43
Prob. de F	0.0163*	0.0002**	0.0002**	0.0009**	0.3245NS	0.2602NS
CV	13.54	17.4	54.63	14.31	10.33	6.2

Medias con la misma literal son iguales estadísticamente $P \leq 0.05$; * = significativo; ** = altamente significativo; NS = no significativo.

tratos orgánicos que fueron utilizados para la siembra de las yemas, presentaron altos contenidos de MO (Cuadro 2) por lo que esa es una de las causas a las que se atribuye los contenidos altos de N. Aguilar-Rivera (2011) y Majeke et al. (2008) señalan que el N es uno de los principales macronutrientes en la etapa de crecimiento vegetativo de la caña de azúcar (50 a 70 días).

Por otro lado, los niveles de P, encontrados en los tratamientos de la variedad CP 72-2086, son excesivos, se obtuvieron valores de 4.26 a 2.23%, siendo el de mayor contenido el T8, y para la variedad de Mex 69-290, se observaron valores 2.23-4.23%. El testigo presentó el mayor contenido de P (4.23%), así mismo en ambas variedades se observan rangos altos de K, para CP 72-2086 se encontraron rangos que oscilan entre 3.83 y 4.64% de K en los tratamientos.

El análisis de varianza de los análisis químicos de los suelos de la variedades (CP 72-2086 y Mex 69-290) indica que existe diferencias estadísticas entre tratamientos, tan solo para el pH, se observaron intervalos de 5.30 a 6.40, por lo que se encuentra dentro de los valores permisibles descritos por Aguilar-Rivera (2011) (cercano a 6.5). Para la variedad Mex 69-290 el pH se encontró en intervalos de 6-7.55, este rango es aceptable, la caña azúcar puede tolerar un rango considerable de acidez y alcalinidad del suelo. Por esta razón se cultiva caña de azúcar en suelos con pH entre 5.0 y 8.5. Sin embargo, los tratamientos de la variedad Mex 69-290 presentaron valores de densidad aparente (DAP) de 1.03 g mL⁻¹, mientras que la variedad CP 72-2086 el análisis de varianza indica que son

estadísticamente diferentes y hay diferencias significativas, los tratamientos obtuvieron valores que oscilaron de 0.75 a 0.88 g mL⁻¹. En cuanto a la CE los sustratos de la variedad CP 72-2086 presentaron valores 1.10-5.12 dS m⁻¹, siendo el de menor CE el sustrato T9 compuesto por biochar. Para la variedad Mex 69-290 los sustratos presentaron valores de 0.74-5.08 dS m⁻¹ siendo el de menor CE el T9.

Por otro lado los contenidos porcentuales de MO para la variedad CP 72-2086 mostraron diferencias significativas, los valores porcentuales oscilaron en un intervalo de 11.31-47.33%, estos valores fueron bajos en comparación con los contenidos porcentuales de MO de la variedad Mex 69-290 que oscilaron en un intervalo de 48.83-80%, los valores altos (80%) lo presentaron los tratamientos T9 y el testigo. Sin embargo, los rangos para ambas variedades son aceptables para el cultivo de la caña de azúcar, lo que concuerda con Aguilar-Rivera (2011), Quintero-Durán (2008) y Osorio (2007), quienes manifiestan que los suelos que tienen contenidos <10% son adecuados para su uso en la siembra de caña de azúcar, ya que son ricos en N y P.

En el Cuadro 4, se presentan los valores de nitrógeno total (NT) y los sustratos orgánicos, de la variedad CP 72-2086, el análisis indica que los tratamientos son iguales, los valores oscilaron en un intervalos de 0.84-10.32%, el mayor contenido de NT lo presento el tratamiento T5 en comparación del testigo que presento 0.80% de NT, no obstante, el análisis de varianza de la variedad Mex 69-290 indica que los tratamientos son estadísticamente

Cuadro 4. Resultados estadísticos, de los análisis químicos de suelo de los tratamientos de la variedades CP 72-2086 y Mex 69-290.

Tratamiento	pH		DAP		CE		%NT		C/N		CIC cmol kg	
Variedad	CP 72-2086	MEX 69-290	CP 72-2086	MEX 69-290								
Testigo	6.37 d	6.1 5a b	0.84abcd	0.97a	1.20a	1.10ab	0.80a	0.89ab	3.10a	14.91a	13.50a	14.30ab
T1	5.55a b	6.43abc	0.84abcd	1.03a	2.17abc	1.71ab	9.05a	1.16bc	8.87a	5.20a	13.16a	15.93b
T2	5.84 bc	6.00a	0.77abc	1.00a	3.74cd	3.34bc	0.84a	1.07abc	11.10a	12.28a	13.80a	15.76ab
T3	6.19cd	6.37abc	0.80abc	1.03a	3.30bcd	3.24bc	6.92a	1.02abc	7.07a	7.86a	13.33a	14.95ab
T4	5.52ab	6.17ab	0.96d	1.00a	3.98cd	3.39bc	1.02a	1.03abc	4.16a	11.04a	13.67a	14.14ab
T5	6.15cd	6.77c	0.89cd	1.07a	5.12d	5.08c	10.32a	1.07abc	12.67a	4.44a	13.65a	14.62ab
T6	5.88bcd	6.68bc	0.75ab	1.03a	2.80abc	2.57ab	1.07a	1.21c	4.28a	6.75a	14.43a	15.27ab
T7	5.30 a	6.60bc	0.88bcd	1.03a	1.88a b	3.12a bc	8.86a	1.00abc	8.97a	14.06a	14.30a	16.09 b
T8	6.40c	6.90c	0.80abc	1.03a	2.23abc	2.46ab	0.87a	0.84a	11.54a	8.72a	12.20a	13.32a
T9	6.23cd	7.55d	0.75a	1.03a	1.10a	0.74a	8.74a	0.82a	10.27a	6.19a	12.03a	14.46ab
Prob.deF	0.0001**	0.0001**	0.0001*	0.5836NS	0.0001**	0.0002**	0.0156*	0.0039**	0.03817*	0.3217NS	0.2097NS	0.0156*
CV	3.06	3.04	5.47	5.05	23.09	31.89	84.95	10.83	67.19	63.14	8.26	5.8
DMS	0.52	0.57	0.13	0.14	1.83	2.46	11.9	0.31	15.93	16.69	3.2	2.49

Valores con diferente letra en cada columna son diferentes a una P=0.05; *=significativo; **=altamente significativo; NS=no significativo.

diferentes, se presentaron valores en un rango de 0.82-1.21, siendo el menor el tratamiento T9, sin embargo los tratamientos de ambas variedades están dentro de los valores aceptables por Aguilar-Rivera (2011), Quintero-Durán (2008) y Osorio (2007), quienes reportan valores para suelos utilizados en la siembra de caña de azúcar de >0.04 de NT como adecuados para el desarrollo de plántulas de caña de azúcar. Por otro lado la relación C/N de los sustratos, para la variedad CP 72-2086 presenta valores bajos, los valores oscilaron entre 4.16-11.54 siendo el menor el tratamiento T4, el análisis de varianza indica que los tratamientos son estadísticamente iguales, sin embargo, los sustratos utilizados para la siembra de la variedad Mex 69-290, obtuvo valores de 4.44-14.06. Por otro lado, los tratamientos testigo, T4 y T6 de la variedad CP 72-2086 y tratamiento T3 de la variedad Mex 69-290 presentaron valores bajos de C/N, que no son adecuados para el cultivo de la caña de azúcar, pues esta soporta valores de 8-30 (Aguilar-Rivera (2011); Quintero-Durán (2008); y Osorio (2007). La CIC para ambas variedades mostró elevados contenidos en todos los tratamientos para todas las variedades.

CONCLUSIONES

Los siete mejores tratamientos para el desarrollo de plántulas para la variedad CP 72-2086 son T1, T2, T3, T4, T5, T6 y T9. Los tratamientos T8 y T7 no son los adecuados para el desarrollo de plántulas de esta variedad.

De acuerdo a los datos obtenidos en esta investigación, se recomiendan solo tres sustratos orgánicos para la siembra en bolsas de yemas de caña de azúcar para las variedades CP 72-2086 y Mex 69-290, los cuáles están compuesto de 50% de cachaza+25% de bagazo+25% de biochar, así como el sustrato compuesto de 50% de cachaza+25% de bagazo+25% de cascarilla de cacao y por último el sustrato 25% de cachaza+25% de bagazo+50% de cascarilla de cacao para el desarrollo de plántulas.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Rivera, N. (2011). Competitividad de la agroindustria azucarera de La Huasteca México. Tesis de Doctorado en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.
- Claassen, V.P., and J.L., Carey. (2004). Regeneration of nitrogen fertility in disturbed soils using composts. *Compost Science and Utilization*, 12, 145-152.
- Ginés, N.G., y G.G., Navarro. (2003). Química agrícola, el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Madrid España: Mundi Prensa.
- Hashemimajid, K., M., Kalbas, A., Golchin, and H., Shariatmadari. (2004). Comparison of vermicompost and compost as potting media for growth of tomatoes. *Journal of Plant Nutrition*, 27, 1107-1123.
- Hernández-Melchor, G.I., S., Salgado-García, D.J., Palma-López, L.C., Lagunes-Espinosa, M., Castelán-Estrada, y O., Ruiz-Rosado. (2008). Vinaza y composta de cachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un Gleysol mólico de Chiapas, México. *Interciencia*, 33, 855-860.
- Majeke, B., J., Aardt, and M., Cho. (2008). Imaging spectroscopy of foliar biochemistry in forestry environments. *Southern Forests*, 70, 275-285.
- Nieto-Garibay, A., B., Murillo-Amador, E., Troyo-Diéguez, J.A., Larrinaga-Mayoral y J.L., García-Hernández. (2002). El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. *Interciencia*, 27, 417-421.
- Osorio, C.G. (2007). Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas -BPA- y Buenas Prácticas de Manufactura -BPM- en la Producción de Caña y Panela. Bogotá, Colombia: CORPOICA.
- Pérez-Méndez, M.A., R., Sánchez-Hernández, D.J., Palma-López, y S., Salgado-García. (2011). Caracterización química del compostaje de residuos de caña de azúcar en el sureste de México. *Interciencia*, 36, 45-52.
- Quintero-Durán, R. (2008). Efectos de la aplicación de elementos menores en caña de azúcar en suelos del valle del río Cauca. *Tecnicaña*, 20, 18-26.
- Rodríguez-Dimas, N., P., Cano-Ríos, U., Figueroa-Viramontes, A., Palomo-Gil, E., Favela-Chávez, V.P., Álvarez Márquez-Reyna, C., Márquez-Hernández, y A., Moreno-Reséndez. (2008). Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31, 265-272.
- Salgado-García, S., D.J., Palma-López, R., Núñez-Escobar, L.C., Lagunes-Espinoza, H. Deberdardi de la Vequia, y R.H., Mendoza-Hernández. (2010). Manejo de fertilizantes y abonos orgánicos. Colegio de Postgraduados-Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción en el Trópico Húmedo de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México: Colegio de Postgraduados.
- Salgado-García, S., D.J., Palma-López, L.C., Lagunes-Espinosa, y M. Castelán-Estrada. (2006). Manual para muestreos de suelos, plantas y aguas e interpretación de análisis. H. Cárdenas, Tabasco, México: Colegio de Postgraduados.
- Valdez-Balero, A. (2009). Manual para el cultivo y producción de la caña de azúcar. H. Cárdenas, Tabasco, México: Colegio de Postgraduados.



Maestría en Ciencias: INNOVACIÓN EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí

admisiones.cslp@colpos.mx



CONSULTA: Dr. Ing. habil Erich Dietmar Rössel Kipping, SNI-I

**MAESTRÍA en CIENCIAS
INNOVACIÓN en MANEJO de RECURSOS NATURALES**

OBJETIVO
Preparar profesionales a nivel postgrado, dentro del ámbito del desarrollo e innovación en el manejo sustentable de recursos naturales para la transformación rural, que se integren dentro de los sectores público y privado y sean coadyuvantes en el desarrollo rural y en el mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad.

Innovando con ciencia y visión sustentable

Programa con reconocimiento del Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del CONACYT

Duración: **2 años**

SIEMPRE A LA ASIGNACIÓN Y DISPONIBILIDAD A las fechas límite para recepción de documentos:

Becas CONACYT: los estudiantes aceptados a cursar el programa de Maestría en Ciencias en Innovación en Manejo de Recursos Naturales

Fecha límite para recepción de documentos:
31 de mayo de 2019 para ingreso en agosto 2019

Los requisitos de ingreso y formato de admisión pueden descargarse en www.colposslp.mx

Doctorado por investigación (Innovación en Manejo de Energías Renovables)

Informes
Subdirección de Educación, Campus San Luis Potosí,
Colegio de Postgraduados
Tel. 01 (496) 963 0240 y 0448 ext. 4020 y 4008
admisiones.cslp@colpos.mx
Iturbide #73, Salinas de Hidalgo, S.L.P. C.P. 78600

Temas de investigación para la tesis:

- Secador solar - calentador solar - fotovoltaica ①
- Biodigestor termófilo - calentador solar - fotovoltaica ②
- Purificador de agua - ultravioleta - fotovoltaica ③
- Conexión fotovoltaica a la red eléctrica ④
- Extracción del aceite y jugo vegetal - calentador solar ⑤
- Desfibradora - fibras de agave ⑥
- Refrigeración - fotovoltaica ⑦
- Bombeo de agua - fotovoltaica - riego por goteo etc. ⑧
- Hidrólisis - fotovoltaica
- Producción de peces - oxígeno - fotovoltaica
- Mecanización de producción de semillas de calabaza (secador, tostador, cosechador, limpiador, descascarador, etc.)
- Sistematización de biomateriales
- Balance energético
- Climatización de invernaderos - energía solar (fotovoltaica y calentador solar)
- Captación de lluvia - fotovoltaica
- Recolector de plástico usado

Resultados de las tesis realizadas:



*Los equipos numerados están patentados

INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

Objetivo

Formar talento humano con conocimiento de vanguardia en los procesos de producción, transformación y comercialización, que cuenten con habilidades y actitudes pertinentes, que les permitan contribuir al desarrollo e innovación tecnológica, socioeconómica y ambiental de los sistemas agroalimentarios, bajo una perspectiva sustentable.

Perfil de ingreso

El aspirante a la Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable debe tener estudios concluidos de licenciatura o ingeniería en las áreas de agronomía, biología, veterinaria, agroindustria, alimentos, química, maquinaria, estadística, economía, psicología, sociología, administración y carreras afines.



Lineas del Conocimiento (LGAC)

Las líneas de investigación del programa de Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable se dividen en tres ejes principales:

1 Eficiencia y sustentabilidad en la producción primaria en sistemas agroalimentarios

2 Innovación y desarrollo de procesos agroalimentarios para el bienestar social

3 Comercialización y competitividad agroalimentaria con responsabilidad social y ambiental



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
Programa Nacional de
Posgrados de Calidad (PNPC)

Becas

Contamos con becas del Programa Nacional de Posgrado de Calidad (PNPC) del CONACYT

Informes

Subdirección de Educación del
Campus Córdoba
☎ 01(271) 716 60 00 / 57 / 55 Ext. 114
✉ admision_cordoba@colpos.mx

Los requisitos de ingreso y formatos de admisión pueden ser obtenidos en la página web oficial
www.colpos.mx/posgrado/ias/index.php
www.colpos.mx

f Colegio de Postgraduados Campus Córdoba
f Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable
✉ mcinnovaciones@colpos.mx
📍 Colegio de Postgraduados / Campus Córdoba
km 348 / Carr. Federal Córdoba-Veracruz
Amatlán de Los Reyes, Ver. / CP 94946